

# Erop of erover

Introductie op het nieuwe waterveiligheidsbeleid



B.C. (Bas) van Dijk

Vrije Universiteit te Amsterdam

4-7-2014

Voor het behalen van de BSc-graad

Aarde en Economie

## VOORWOORD

Dit document is het eindproduct van mijn scriptie. Ik ben op dit moment nog 3<sup>e</sup>-jaars student Aarde en Economie aan de Vrije Universiteit te Amsterdam, en hoop met deze scriptie af te studeren en mijn BSc-grad te behalen. Aan het einde van de drie jaar durende bachelor moet elke student gedurende twee maanden zelfstandig onderzoek doen naar een onderwerp waarin zowel de aardwetenschappen als de economie in naar voren komen. Waterveiligheidsbeleid is bij uitstek zo'n onderwerp.

Dit scriptieproject is begeleid door prof. Pier Vellinga, werkzaam bij o.a. het Instituut voor Milieuvraagstukken (IVM) bij de VU en bij het onderzoeksprogramma Kennis voor Klimaat (KvK). Het doel van mijn scriptie was om voor de leek op een rijtje te zetten wat de plannen die nu gemaakt worden voor een nieuw waterveiligheidsbeleid voor gevolgen gaat hebben. Niet alleen qua veiligheid, maar ook qua ruimtelijke inrichting. Deze wens kwam voort uit het feit dat tot op heden een helder overzicht van de verschillen tussen het oude en nieuwe beleid ontbreekt. De bedoeling was oorspronkelijk dat mijn onderzoek bij zou dragen aan een vergelijkbaar project waarmee Twijnstra en Gudde op het moment in opdracht van Kennis voor Klimaat mee bezig is. Dit laatste project is echter onlangs pas van start gegaan, terwijl mijn scriptie nu klaar is. De samenwerking was daarom uiteindelijk niet zo hecht als oorspronkelijk de bedoeling was.

Ik wilde mijn rapport naast leesbaar voor leken ook interessant maken voor mensen die al redelijk thuis zijn in de waterveiligheidssector van Nederland. Uiteindelijk heb ik daarom gekozen om het hoofdrapport voor de laatste doelgroep te schrijven; de 'echte' leek kan als het goed is alle informatie die nodig is om het hoofdrapport volledig te kunnen begrijpen uit de verschillende bijlagen bij het rapport halen. Op deze manier heb ik geprobeerd het rapport toegankelijk te maken voor een heel breed publiek.

Ik zie dit document als een soort vraagbaak waar iedereen die de voor- en nadelen van het nieuwe beleid wil begrijpen, de afwegingen bij het nieuwe beleid wil kunnen volgen of gewoon meer wil weten over de waterveiligheid in Nederland in terecht kan. Dit kunnen burgers zijn, maar ook bijvoorbeeld journalisten, docenten, en zelfs beleidsmakers. Om deze mensen een eerlijk beeld te geven van de stand van zaken ben ik zo objectief en feitelijk mogelijk te werk gegaan.

Tijdens de scriptie heb ik van veel mensen ondersteuning, hulp en gegevens gekregen. Ik wil op deze plek graag prof. Pier Vellinga bedanken, die mij heeft begeleid in het scriptietraject en mij van verschillende interessante documenten heeft voorzien. Ook in het kader van begeleiding moeten dr. Kees Kasse, dr. Peter Mulder en dr. Philip Ward genoemd worden, die structuur hebben gegeven aan het hele scriptietraject. Dr. Aline te Linde, die bij Twijnstra en Gudde bezig is met het project voor Kennis voor Klimaat, wil ik bedanken voor de keren dat we hebben kunnen sparren over het onderwerp.

Dr. Eric Koomen en drs. Bart Rijken van het SPINlab (Spatial Informatics Laboratory) hebben mij voorzien van de data van toekomstscenario's voor landgebruik in Nederland. Dr. Hans de Moel heeft mij voorzien van en geholpen bij het werken met het schademodel in de case study. Deze mensen graag bedanken voor hun snelle antwoorden en hulpvaardigheid. Dr. ir. Bas Kolen heeft mij van documenten met cijfers over evacuaties in Nederland voorzien. Ir. Nisa Nurmohamed van Hoogheemraadschap Delfland heeft de tijd gevonden om mijn vragen te beantwoorden en heeft me tevens van nuttige documenten voorzien. René Piek heeft voor mij cijfers opgezocht om een realistische instroomsnelheid in de case study te kunnen gebruiken. Ik wil hen ook graag bedanken voor de genomen moeite.

Tot slot wil ik nog deze mensen bedanken: Frans van Dijk, Joyce Roders, Marius Schalkwijk, Adriaan Slurink en Marcel Sneijder waren enthousiast om mijn conceptrapport door te werken en als soort van eindredactie van erg bruikbaar commentaar te voorzien. Tevens hebben zij kunnen beoordelen of het onderwerp voor 'leken' te volgen was.

## SAMENVATTING

In Nederland woont meer dan de helft van de bevolking onder de zeespiegel. Dat betekent dat er veel mensen zijn die slachtoffer kunnen worden van een overstroming, om het over de schade maar niet te hebben. De laatste grote overstroming in Nederland vond plaats in 1953, die was ook meteen de aanleiding om plannen te maken om Nederland een stuk veiliger te maken. In 2004 stelde het toenmalige Planbureau voor de Leefomgeving echter dat Nederland wat overstromingen betreft nog lang niet veilig genoeg is.

Het huidige waterveiligheidsbeleid is namelijk gebaseerd op redelijk arbitraire risicoschattingen die rond 1960 zijn gemaakt. Het moge duidelijk zijn dat het land sindsdien behoorlijk is veranderd. Er kan bij een overstroming nu veel meer schade ontstaan dan in die tijd. Ook de kennis van overstromingen en de technische mogelijkheden voor het maken van bijvoorbeeld risicoschattingen zijn in de afgelopen 54 jaar sterk toegenomen. Andere nadelen van het huidige beleid zijn dat er weinig officiële mogelijkheden zijn om de waterveiligheid te verbeteren, en dat de gebieden waarvoor normen vastgesteld zijn veel te groot zijn. Door dat laatste kan er moeilijk gecorrigeerd worden voor plekken waar bijzonder veel slachtoffers of schade zou kunnen vallen of waar de ondergrond bijzonder zwak is.

Om al deze redenen is geconcludeerd dat het tijd is voor een nieuw beleid. Het nieuwe beleid moet uitval van kwetsbare infrastructuur (ziekenhuizen, energiecentrales) zoveel mogelijk voorkomen, maatschappelijke ontwrichting voorkomen en iedere Nederlander hetzelfde 'basisveiligheidsniveau' geven. Het basisveiligheidsniveau betekent dat niemand in Nederland een hogere kans dan 1:100.000 per jaar mag lopen om te overlijden als gevolg van een overstroming. Verder is nieuw dat het begrip meerlaagsveiligheid wordt geïntroduceerd. Dit begrip houdt in dat maatregelen om overstromingsrisico te beperken niet meer alleen bij de dijken getroffen hoeven te worden; er komt ruimte om bijvoorbeeld evacuatieplannen te maken of waterrobuust te bouwen. Het grootste voordeel van het nieuwe beleid ten opzichte van het oude is echter dat het nieuwe beleid is gebaseerd op een economisch optimalisatieprobleem. Dat betekent dat de waterveiligheid in Nederland zo efficiënt mogelijk wordt gegarandeerd.

De meerlaagsveiligheid houdt drie lagen in. Laag 1 zijn alle maatregelen die een overstroming moeten *voorkomen*, zoals dijken versterken en verhogen of meer ruimte voor het water maken. Een nieuwe normering voor dijken is onderdeel van deze laag. Laag 2 bestaat uit *gevolgbeperkende* maatregelen. Deze maatregelen beperken de schade en slachtoffers van een overstroming wanneer die wel plaatsvindt. Maatregelen in deze categorie zijn bijvoorbeeld huizen waterdicht of watervast maken of doorbraakvrije dijken aanleggen. Laag 3 omvat alle maatregelen die puur op het beperken van het aantal slachtoffers gericht zijn. Voorbeelden zijn evacuateroutes aanwijzen, vluchtplaatsen inrichten en vluchtroutes verhogen.

Sinds 2007 is er een nieuwe Deltacommissie actief. Deze is onder andere bezig met een advies over de vormgeving van het nieuwe beleid, dat komende Prinsjesdag (2014) wordt uitgebracht. De verwachting is dat dit advies redelijk letterlijk en redelijk snel overgenomen gaat worden in de wetgeving. In dit advies wordt onder andere geconcludeerd dat meerlaagsveiligheid op grote schaal toepassen in Nederland niet efficiënt is. Het is veel beter om de nieuwe normering op alle dijken toe te passen en gewoon alle dijken te verhogen/versterken waar dat volgens de nieuwe eisen nodig is. De maatregelen die in de toekomst genomen gaan worden zullen zich daarom wederom in laag 1 concentreren.

In dit scriptie-onderzoek is ook een case study uitgevoerd voor dijkkring 14, waarin verschillende soorten maatregelen uit verschillende lagen met elkaar vergeleken worden op hoeveel schade/slachtoffers ze beperken. Uit deze case study blijkt inderdaad dat de schadebeperking maatregelen alle huizen/gebouwen in overstroombaar Nederland watervast, waterdicht of drijvend maken niet opweegt tegen de kosten die voor deze maatregelen gemaakt moeten worden. Ook blijkt dat de beperking van het aantal slachtoffers door technische oplossingen vrij klein is, terwijl de oplossingen veel geld kosten.

Er zijn echter ook maatregelen die zo kansrijk zijn dat ze behoorlijk in het voordeel van meerlaagsveiligheid pleiten. Qua kostenefficiëntie scoort een lage, praktisch onbreekbare dijk bijvoorbeeld ongeveer net zo hoog als een traditionele dijk die aan de nieuwe normering voldoet. De onbreekbare dijk heeft echter meer voordelen dan de traditionele dijk, zoals een grotere reactietijd in geval van overstroming (minder slachtoffers) en minder herstelkosten aan het dijklichaam na de overstroming. Ook is gebleken dat organisatorische maatregelen in laag 3 veel slachtoffers kunnen besparen en bovendien weinig kosten. Vooral het toepassen van de doorbraakvrije dijk is in de aanloop naar het nieuwe beleid onvoldoende meegenomen. Ook is er bijvoorbeeld bij het ontwerpen van een nieuwe normering niet bewust gezocht naar een optimale *combinatie* van maatregelen uit verschillende lagen; men ging er van het begin af aan vanuit dat alle veiligheid uit laag 1 zou moeten komen.

Er zijn nog andere aanmerkingen over het nieuwe beleid. Er is bij het ontwerpen van het nieuwe beleid en de nieuwe normering een, voor een project op de hele lange termijn, erg hoge discontovoet aangehouden. Een te hoge discontovoet zorgt ervoor dat de berekende 'optimale' investering, en daarmee de 'optimale' veiligheid, veel lager uitkomt dan daadwerkelijk optimaal is. In de nieuwe normering wordt 5,5 % per jaar gehanteerd, terwijl er gepleit wordt om juist voor berekeningen op het gebied van waterveiligheid 1 of 0 % per jaar te gebruiken. Grote kans dus dat de nu berekende 'optimale' veiligheid niet hoog genoeg is.

Waar ook weinig rekening mee is gehouden is hoe men om moet gaan met onzekerheden. Hoe hoger de norm voor een dijk wordt, hoe minder zeker men weet hoe de overstroming er uiteindelijk uit gaat zien. Met andere woorden: men weet niet wat men moet verwachten. Eén ding is zeker: hoe hoger de dijk, hoe catastrofaler de overstroming op het moment dat die toch plaatsvindt. Bij de normen die nu voorgesteld worden voor het nieuwe beleid speelt die onzekerheid een grote rol. Een alternatief voor een hele hoge dijk zou kunnen zijn om te accepteren dat er vaker een overstroming gebeurt en je daarop optimaal aanpassen. Als er elke tien of twintig jaar een kleine overstroming plaatsvindt weet men precies wat men kan verwachten, en kunnen daar optimaal maatregelen voor getroffen worden. Deze maatregelen zullen dan vooral in laag 2 en 3 plaatsvinden.

Kortom: het nieuwe beleid lijkt meerlaagsveiligheid af te doen als zinloos en in plaats daarvan veel hogere normen te willen hanteren dan die nu gebruikt worden. De resultaten van dit scriptie-onderzoek, en overigens ook verschillende andere onderzoeken over waterveiligheid en doorbraakvrije dijken, wijzen echter uit dat dat wel eens onterecht en zelfs onwenselijk zou kunnen zijn. Misschien moet er, voordat er na komende Prinsjesdag wordt overgegaan tot wettelijke vastlegging, toch nog even terug naar de tekentafel gegaan worden om wat zaken te herzien.

Voorwoord .....	1
Samenvatting.....	2
Inhoudsopgave.....	4
1: Inleiding .....	6
1.1 Een nieuwe normering.....	6
1.2 Onderzoek .....	9
Leeswijzer.....	9
2: Methoden .....	10
2.1 Literatuuronderzoek .....	10
2.2 Expert opinions.....	10
2.3 Case study.....	11
3: Resultaten.....	13
3.1 Het oude beleid .....	13
Economisch optimaal...Of toch niet? .....	13
Maatregelen .....	15
3.2 WAAROM EEN NIEUW BELEID? .....	17
3.3 Het nieuwe beleid.....	19
3.3.1 De nieuwe normering.....	19
3.3.2 Meerlaagsveiligheid.....	22
3.4 De realiteit: modelleren.....	25
3.4.1 Introductie.....	25
3.4.2 Scenario's.....	25
3.4.3 Schade .....	27
3.4.4 Kwetsbare gebieden.....	31
3.4.5 Kosten.....	33
3.4.6 Slachtofferanalyse .....	34
4: Discussie .....	37

4.1 Het nieuwe beleid .....	37
4.1.2 Gevolgen voor de dagelijkse omgeving .....	38
4.2 ...Or is it?.....	40
4.3 Investerings .....	42
4.4 Waardering van onzekerheid .....	44
4.5 Beperkingen .....	45
5: Conclusies.....	47
6: Bronnen.....	52
7: Bijlagen.....	54
Bijlage 1: Geschiedenis van de waterbouw in nederland.....	54
Bijlage 2: Waterstanden en overstromingen .....	57
Bijlage 3: Wat is overstromingsrisico, en wat is een normering? .....	59
Bijlage 4: Gebiedsbeschrijving .....	60
Bijlage 5: Uitgebreide modelbeschrijving.....	62
Bijlage 6: Evacuatie.....	65
Bijlage 8: Compleet resultatenoverzicht .....	69
Bijlage 9: Kaarten op volledige grootte .....	71

## 1: INLEIDING

### 1.1 EEN NIEUWE NORMERING

In de nacht van 31 januari op 1 februari 1953 voltrok zich in Nederland een ramp. Door een combinatie van springtij en opstuwung door een zware noordwesterstorm kwam het water op veel plekken langs de westkust zo hoog te staan dat het over de dijken heen stroomde. Daardoor ontstonden vooral in de provincie Zeeland gaten in de dijken, en het water vond zo in grote hoeveelheden haar weg de polders in. Vooral in het zuidwesten van het land waren de schade en het aantal slachtoffers groot. Er vielen 1759 slachtoffers, het Rijk alleen al heeft 1,1 miljard gulden uitgegeven om de schade te herstellen. Een jaar na de ramp konden 5565 mensen nog altijd niet naar hun woning terugkeren. Veel mensen die de ramp overleefden hebben er een trauma aan overgehouden. De ramp is de geschiedenis ingegaan als één van de ergste watersnoden in de geschiedenis van Nederland.



**Figuur 1; foto van de watersnoodramp. Bron: Afdeling Multimedia Rijkswaterstaat**

Deze ramp was de aanleiding om de Deltacommissie in het leven te roepen. De regering vond dat een dergelijke ramp in een land dat economisch en technisch zo ontwikkeld was als Nederland nooit meer zou mogen plaatsvinden. De Deltacommissie heeft daarom de beroemde Deltawerken ontworpen, dat is het bekendste resultaat van de periode na de Watersnoodramp. Een andere, minstens zo belangrijke, taak was echter om advies geven aan de regering om het waterveiligheidsbeleid in Nederland aan te passen. De Deltacommissie publiceerde haar adviezen in 1960 in haar eindrapport. Op basis van deze adviezen is een nieuw waterveiligheidsbeleid opgesteld. De hogere eisen die dit beleid aan de waterkeringen in Nederland stelde betekende dat er veel verbeteringswerken plaats moesten vinden. Het duurde tot 2011 voordat alle Deltawerken, dijkverhogingen en -versterkingen klaar waren.

Het waterveiligheidsbeleid dat is ontstaan uit het eindrapport van de Deltacommissie in 1960 is echter in de tussentijd nauwelijks aangepast, terwijl Nederland sterk is veranderd. Niet alleen is de bevolking met 5 miljoen mensen toegenomen en is er veel economische groei geweest, ook de technische mogelijkheden om de gevolgen van overstromingen in te schatten zijn beter en gedetailleerder. De extra bevolking en economische groei betekent dat de schade bij een vergelijkbare overstroming als in 1960 nu veel hoger zal uitvallen. Aan de

andere kant betekenen de betere voorspellingen van overstromingen dat er meer zekerheid is over de mogelijke gevolgen van een overstroming dan in 1960 het geval was. Een beleid dat niet met deze veranderingen meegaat kan niet optimaal zijn. Er is daarom voldoende reden om te zeggen dat het huidige beleid verouderd is.

In 2007 is een nieuwe Deltacommissie opgericht. Deze commissie moest onderzoeken wat de gevolgen van klimaatverandering voor de Nederlandse waterveiligheid en watervoorziening betekenen. Als tweede, minstens net zo belangrijke, taak kreeg deze commissie de opdracht om een nieuw waterveiligheidsbeleid te ontwerpen dat in ieder geval tot 2050 houdbaar is. Daartoe heeft minister Schultz van Haegen van Infrastructuur en Milieu in haar opdracht aan de nieuwe Deltacommissie drie eisen aan het nieuwe beleid gesteld:

- Ieder mens moet basisveiligheidsniveau krijgen (1:100.000 per jaar)
- Uitval van kwetsbare infrastructuur moet zoveel mogelijk worden voorkomen
- Maatschappelijke ontwrichting moet zoveel mogelijk worden voorkomen

Het basisveiligheidsniveau betekent dat er een 'eerlijk' veiligheidsbeleid gevoerd moet worden, waarbij er niet naar locatie gediscrimineerd mag worden. Iedere Nederlander mag in het nieuwe beleid maximaal een kans van 1:100.000 per jaar lopen om te overlijden als gevolg van een overstroming (Kamerstukken II 2011/12, 27 625, nr. 262).

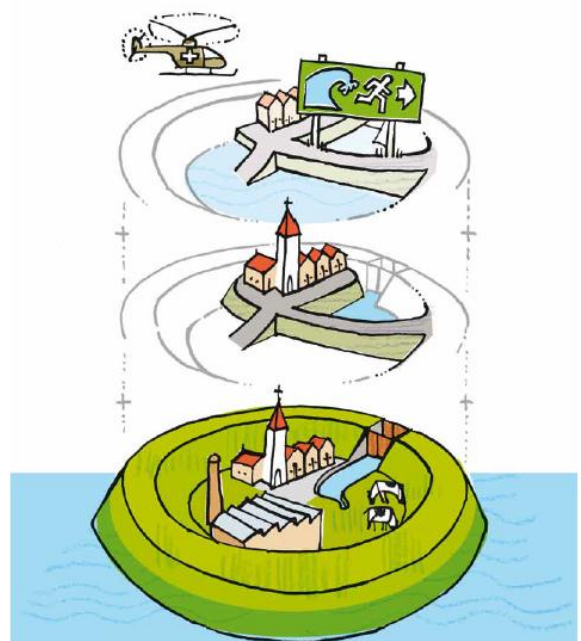
Bij het ontwerpen van het nieuwe beleid moet het mogelijk worden om extra aandacht te geven aan kwetsbare infrastructuur, zoals ziekenhuizen en nutsvoorzieningen. Het is belangrijk dat deze tijdens een ramp blijven functioneren om de gevolgen van de ramp zo klein mogelijk te houden (Deltacommissie, 2014).

De derde eis geeft aan dat grootschalige rampen voorkomen prioriteit krijgt ten opzichte van het voorkomen van kleine rampen. Maatschappelijke ontwrichting betekent namelijk dat een samenleving lange tijd nodig heeft om er na een ramp weer bovenop te komen. Oorzaken voor deze lange hersteltijd zijn grote economische schade of grote groepen slachtoffers (Klijn, Kolen, Knoop, Wagenaar, De Bruijn & Bouwer, 2013). Het nieuwe beleid moet dus grote economische schade en grote groepen slachtoffers voorkomen.

Deze doelen kunnen volgens de minister op verschillende manieren behaald worden. Deze verschillende groepen maatregelen worden 'lagen' genoemd, en samen vormen ze 'meerlaagsveiligheid'. De drie lagen zijn als volgt verdeeld:

1. Dijken en kunstwerken
2. Ruimtelijke inrichting
3. Rampbeheersing

Met laag 1 wordt het risico verkleind door op de eerste plaats te voorkomen dat er een overstroming plaatsvindt. Hoe hoger een dijk, hoe kleiner de kans dat een overstroming plaatsvindt. In laag 2 mogen er wel overstromingen plaatsvinden; het risico wordt daar beperkt door de schade bij overstroming te beperken. Bij maatregelen kan men denken aan huizen op terpen of palen bouwen. Dit wordt 'waterrobuust bouwen' genoemd. In laag 3 wordt het overstromingsrisico tenslotte beperkt door het aantal slachtoffers te beperken. Deze maatregelen moeten evacuaties zo voorspoedig mogelijk laten verlopen om zo min mogelijk slachtoffers te laten vallen.



Figuur 2; meerlaagsveiligheid. Boven laag 3, midden laag 2, onder laag 1. Bron: beleidsnota waterveiligheid 2009-2015



Het idee van meerlaagsveiligheid is dat maatregelen uit verschillende lagen tegen elkaar uitgewisseld kunnen worden. Soms zijn maatregelen uit de ene laag misschien efficiënter dan maatregelen uit een andere laag. Door zo te 'shoppen' in alle mogelijke maatregelen kunnen de waterbeheerders een optimale set maatregelen kiezen met de meeste risicobeperking per uitgegeven euro.

Een conceptvoorstel voor het nieuwe beleid is al op Prinsjesdag 2013 gepresenteerd, het uiteindelijke advies zal op Prinsjesdag 2014 uitkomen. De ambitie is om vervolgens zo snel mogelijk tot het wettelijk vastleggen van deze norm over te gaan. Er is echter nog nauwelijks iets naar de burgers gecommuniceerd over deze nieuwe normering. Dat is aan de ene kant begrijpelijk, omdat men nog niet een beleid wil presenteren dat nog niet helemaal klaar is. Aan de andere kant is een nieuw waterbeleid echter per definitie een punt dat het publiek aangaat. Het is immers een normering die de veiligheid van alle Nederlanders in hoge mate bepaalt. Ook kan het introduceren van meerlaagsveiligheid grote gevolgen voor het karakteristieke Nederlandse landschap hebben. Het is daarom belangrijk dat de bevolking begrijpt welke afwegingen er bij het ontwerpen van het nieuwe overstromingsbeleid gemaakt worden, zodat ze kan bepalen of ze het ermee eens is. Zonder draagvlak kan een nieuw beleid uitdraaien op een flop, wat zonde zou zijn van de geïnvesteerde moeite.

Draagvlak kan alleen ontstaan als de bevolking weet waar het over gaat, als ze weet wat de voor- en nadelen zijn en vooral als ze weet wat ze er zelf van gaat merken. Deze scriptie heeft als doel om dit op een begrijpelijke manier aan een breed publiek uit te leggen. In het rapport zelf worden de afwegingen van het nieuwe en oude beleid uitgelegd. Dit gedeelte is geschikt voor de lezer die al redelijk thuis is in de begrippen die in de waterveiligheidssector in Nederland gehanteerd worden. Voor de lezer die daar niet in thuis is worden in verschillende bijlagen interessante aspecten van het Nederlandse waterbeheer uitgelegd. Aan het begin van een paragraaf waarin bepaalde voorkennis nodig is wordt verwezen naar de bijlage waar die voorkennis in wordt uitgelegd. Na het lezen van de bijlage kan de 'leek' vervolgens verder met de paragraaf. Zo kan iedereen snel de informatie vinden die hij/zij nodig heeft, kan het nieuwe beleid goed uitgelegd worden, en kan er op basis van de feiten zo veel mogelijk draagvlak voor het nieuwe beleid ontstaan.

Tot op heden is er nog geen openbare publicatie geweest waarin het oude en nieuwe beleid overzichtelijk met elkaar zijn vergeleken. Er zijn diverse gedetailleerde rapporten verschenen die als bron voor een van beide beleidsvormen zijn gebruikt, maar dit rapport is voor zover aan de auteur bekend het eerste werk waarin objectief overzicht van het oude en nieuwe beleid voor een breed publiek wordt gegeven. Hierin wordt tevens, als compleet pakket, achtergrondinformatie gegeven over hoe het waterbeleid in Nederland is georganiseerd.

## 1.2 ONDERZOEK

Om duidelijkheid te krijgen over hoe het nieuwe beleid eruit gaat zien, hoe dat zich verhoudt tot het oude, waarom er een nieuw beleid moet komen, wat de gevolgen daarvan kunnen zijn en of het nieuwe beleid het beste beleid is, is een heldere probleemstelling met heldere deelvragen nodig. De probleemstelling luidt als volgt:

*Wat is het verschil tussen het huidige en het voorgestelde nieuwe beleid wat betreft veiligheid, effectiviteit en kosten voor Nederland en wat zijn mogelijke gevolgen als het nieuwe beleid wordt doorgevoerd?*

De 'mogelijke gevolgen' beperken zich hier tot veranderingen in de veiligheid van de bevolking tegen overstromingen en veranderingen in de ruimtelijke inrichting van het land. De probleemstelling is opgesplitst in de volgende deelvragen, die in dit rapport uitgewerkt zijn:

- Wat is er anders aan het nieuwe beleid t.o.v. het huidige?
  - Wat zijn potentiële voordelen t.o.v. het huidige beleid? Wat zijn potentiële nadelen?
  - Hoe ziet het huidige beleid eruit? Hoe is het ontstaan, hoe wordt de norm bepaald en hoe wordt het beleid doorgevoerd in maatregelen?
  - Hoe gaat het nieuwe beleid eruit zien? Met welke eisen wordt het nieuwe beleid ontworpen, hoe worden nieuwe normen bepaald en wat voor nieuwe maatregelen komen er beschikbaar?
  - Welke van deze nieuwe maatregelen zijn potentieel kansrijk en kunnen in de case study gebruikt worden?
  - Hoe verhouden de kosten/risicobeperkingen van het oude en nieuwe beleid zich tot elkaar?
  - Welk beleid is qua veiligheid, effectiviteit en efficiëntie het best?
  - Wat zijn verwachtingen voor de ruimtelijke inrichting van Nederland voor de toekomst?
  - Is er in de nieuwe normering nog ruimte voor verbetering?
- Literatuuronderzoek en interviews
- Case study: beredeneren en modelleren
- Analyse

## LEESWIJZER

Het rapport zit als volgt in elkaar. In hoofdstuk 2 worden de bij dit onderzoek gebruikte methoden behandeld. Dit hoofdstuk is niet essentieel voor het begrijpen van de rest van het rapport. In hoofdstuk 3 worden het oude en nieuwe beleid en de verschillen tussen de twee uitgelegd. Deze verschillen worden geïllustreerd met de resultaten van een case study. In de case study worden voor dijkkring 14 ook verschillende mogelijke richtingen die het nieuwe waterveiligheidsbeleid zou kunnen nemen bij verschillende mogelijke overstromingen in de toekomst doorgerekend. In hoofdstuk 4 wordt er, wederom mede aan de hand van literatuur, beredeneerd hoe deze resultaten gevolgen kunnen hebben voor de waterveiligheid van Nederlanders. Tot slot wordt beredeneerd hoe de maatregelen in een nieuw beleid tot een ander Nederlands landschap zou kunnen leiden, en of er nog verbeteringen mogelijk zijn in het nieuwe beleid zoals het er nu ligt. Erop of erover: worden de dijken verder opgehoogd, of komt het water eroverheen omdat Nederland waterrobuust is ingericht?

## 2: METHODEN

Voordat u begint met dit hoofdstuk lezen kan het verhelderend zijn om bijlagen 1 en 2 door te lezen. [Bijlage 1](#): geschiedenis van de waterbouw in Nederland geeft een introductie in de waterbouw in Nederland.

Bijlage 2: waterstanden en overstromingen de relatie tussen kans, waterstanden en overstromingen uit. In dit hoofdstuk (hoofdstuk 2) worden de methoden van het wetenschappelijk onderzoek dat aan dit rapport ten grondslag ligt behandeld. Het is niet noodzakelijk voor het kunnen begrijpen van de rest van het rapport om dit hoofdstuk te lezen. U kunt na het lezen van genoemde bijlagen ook direct door naar hoofdstuk 3.

### 2.1 LITERATUURONDERZOEK

Zoals in de inleiding al is gezegd is er veel gedetailleerde literatuur beschikbaar die deels als bron voor het nieuwe beleid is gebruikt. Het gedeelte 'literatuuronderzoek' in dit rapport heeft twee doelen. Allereerst wordt met informatie uit de literatuur een samenvatting gegeven van het totstandkomen en de eigenschappen van zowel het oude als het nieuwe beleid. Ten tweede dient de literatuur als belangrijke bron om aannames van cijfers die bij het modelleren gebruikt worden te verantwoorden. Hiertoe is er een uitgebreide literatuurlijst samengesteld. Zie voor een compleet overzicht van alle bronnen de bronnenlijst (hoofdstuk 6).

De methode voor het literatuuronderzoek spreekt redelijk voor zich. De informatie zal gelezen worden, de voor het onderzoek nuttige resultaten worden in hoofdstuk 4 en 5 besproken en uitgewerkt. De verantwoording van de aannames is in bijlage 5 vermeld. Veel van de informatie uit de literatuurstudie komt in de case study terug, daarom wordt de literatuurstudie het eerst uitgewerkt.

### 2.2 EXPERT OPINIONS

Om de praktijk van het beleid in beeld te krijgen kan niet alleen op de literatuur vertrouwd worden. Daarom is er een vraaggesprek geweest met Nisa Nurmohamed, senior beleidsmedewerker bij Hoogheemraadschap Delfland en al eerder betrokken bij verkennend onderzoek naar onder andere meerlaagsveiligheid in de watersector. Dit gesprek ging vooral over de praktische kant van het nieuwe beleid. Belangrijk waren de vragen hoe kansrijk meerlaagsveiligheid is in een gebied als Delfland, wat de verwachting is voor de toekomst van Delfland wat betreft werkzaamheden en landschappelijke veranderingen en hoe en wanneer het nieuwe beleid doorgevoerd wordt naar regionale en lokale keringen. Ook zijn er verschillende gegevens opgevraagd voor de case study.

Om dit praktische kader verder te scheppen heeft de auteur verder twee informatie-uitwisselingsbijeenkomsten bijgewoond. Het ene was een bijeenkomst in een reeks debatten georganiseerd door ingenieursbureau KIVI: 'Keringen klaar voor 2050' op 13 mei '14. Op deze bijeenkomst had men het vooral over laag 1 in de nieuwe normering, met wat uitstapjes naar laag 3. De tweede bijeenkomst vond plaats op 14 juni '14, en was getiteld 'Landelijke dag meerlaagsveiligheid', georganiseerd door de stichting toegepast onderzoek waterbeheer (STOWA). Deze dag was meer gericht op welke rol lagen 2 en 3 kunnen spelen in de toekomst. Beide bijeenkomsten waren nuttig om een realistisch kader te scheppen rond het nieuwe beleid.

De informatie uit het vraaggesprek met ir. Nurmohamed en de informatiedagen wordt niet apart behandeld, maar is in de tekst verwerkt.

## 2.3 CASE STUDY

Het is na het doornemen van de literatuurstudie wellicht nog lastig om een beeld te krijgen van de manier waarop meerlaagsveiligheid in Nederland toegepast kan worden. Daarnaast is het interessant om te onderzoeken hoe groot de winst van het nieuwe beleid ten opzichte van het oude beleid precies is. Om aan deze twee vragen te beantwoorden is een case study ontworpen. De case study draait om het berekenen van het overstromingsrisico (voor een uitleg over hoe risico verschilt van schade zie bijlage 3) van dijkkring 14 in verschillende situaties in de toekomst. Om dit te kunnen berekenen is er voor dit onderzoek een overstromingsmodel opgesteld.



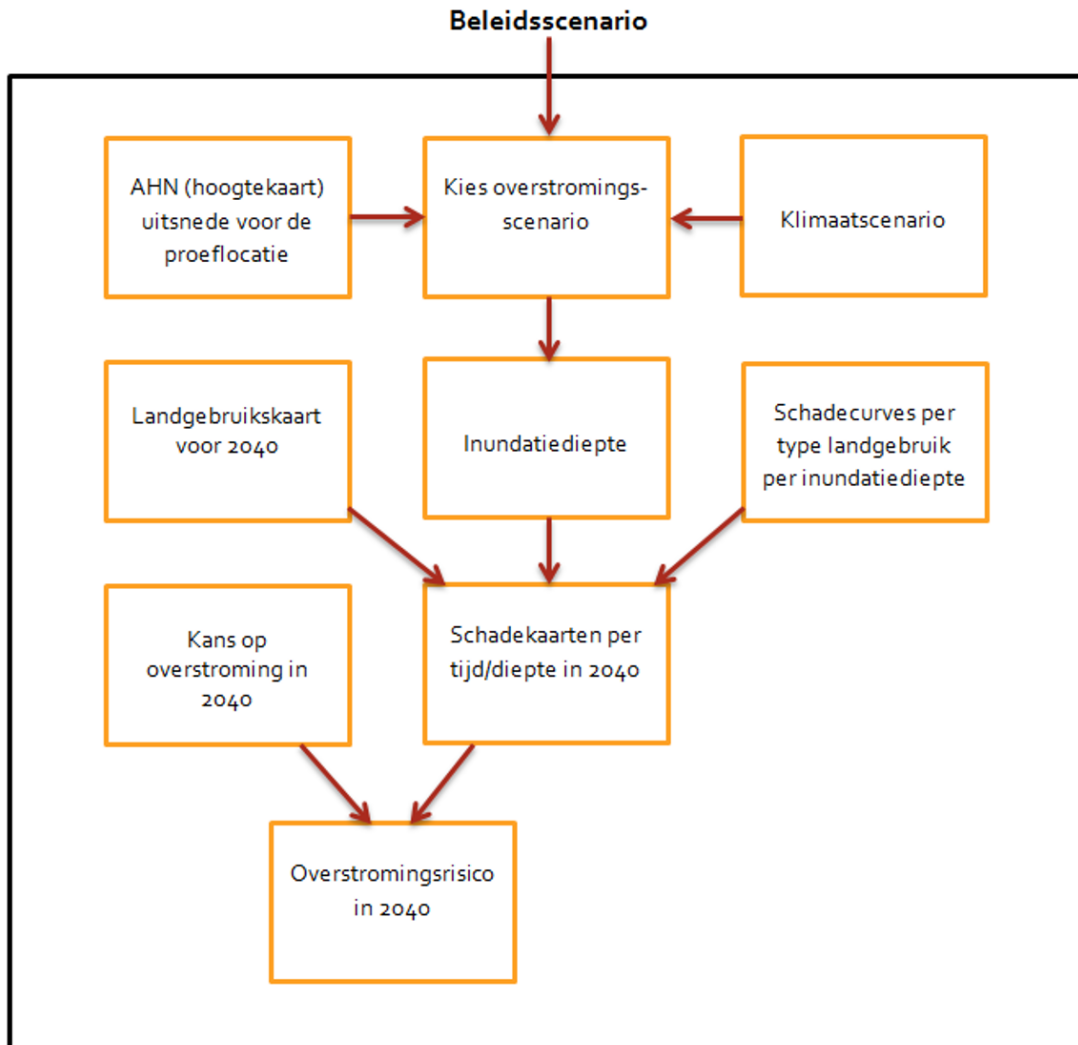
Figuur 3; dijkkring 14 omvat het grootste deel van de Randstad

Het model is gebaseerd op een zestal beleidsscenario's, twee overstromingsscenario's en twee landgebruiksscenario's. In bijlage 5 is een uitgebreide beschrijving van het model gegeven, deze paragraaf beperkt zich daarom tot een beknopt overzicht. Het model is een voor overstromingen relatief eenvoudig model. In feite is het gebaseerd op het vollopen van een dijkkring. Er wordt een overstromingsscenario gedefinieerd. Dat houdt in dat wordt gekozen hoeveel water er per seconde de dijkkring instroomt, en hoe lang dat duurt. De dijkkring kan dan gezien worden als een grote badkuip met een onregelmatige bodem, die langzaam volstroomt. Het model verdeelt het water direct over de dijkkring, beginnend bij het diepste punt. Er wordt geen realistische stroming van het water berekend; het water heeft geen reistijd tussen de plaats van overstroming en het diepste punt in de dijkkring. Aan de hand van de instroomsnelheid en de inhoud van de 'badkuip' wordt berekend hoe hoog het water na een bepaalde tijd staat. Het schademodel kijkt hoe hoog het water op een bepaalde plek staat (inundatiediepte), wat de waarde is die op die plek staat (landgebruikkaart) en wat de kwetsbaarheid van die waarde voor overstromingen is (schadecurves). Daaruit berekent het model de schade. Om het overstromingsrisico te berekenen moet de ontstane schade nog gekoppeld worden aan de kans op een dergelijke overstroming. Het model is schematisch weergegeven in figuur 4 op de volgende pagina. Het model is in het programma ArcMap 10.1 uitgevoerd.

$$\text{RISICO} = \text{KANS} \times \text{GEVOLGEN}$$

De beleidsscenario's worden op deze plek in het rapport niet toegelicht omdat de mogelijkheden van meerlaagsveiligheid bij de lezer nog niet bekend zijn. Deze toelichting volgt daarom in paragraaf 3.4.2. De gekozen overstromingsscenario's worden bij de uitgebreide modelbeschrijving in bijlage 5 verantwoord. Het studiegebied wordt in bijlage 4 kort beschreven, daar wordt meteen uitgelegd welke gevolgen de twee gekozen landgebruiksscenario's voor het studiegebied hebben. De gebruikte landgebruiksscenario's zijn opgesteld door het SPINlab aan de Vrije Universiteit in Amsterdam.

Vanwege de beperkte tijd en middelen van dit onderzoek is ervoor gekozen om verschillende aspecten van de case study te versimpelen. Dit is vooral omdat de auteur al enige ervaring met een bepaald schademodel voor overstromingen had en er geen tijd was om een nieuw model 'aan te leren'. Vanwege diverse onzekerheden in de invoer van het gebruikte model en de versimpelingen van de werkelijkheid kunnen de in dit onderzoek berekende schadecijfers niet als absolute waarheid aangenomen worden. Het is onwaarschijnlijk dat de potentiële schade uit het model overeenkomt met de schade die in de werkelijkheid zou ontstaan.



Figuur 4; schematisch overzicht van het gebruikte model

Voor onderling vergelijk van de maatregelpakketten binnen de scenario's zijn de uitkomsten echter prima bruikbaar. Zaken die de onzekerheid van de uitkomst in grote mate bepalen, zoals inundatiediepte, het landgebruik in de toekomst en de relatie tussen inundatiediepte en schade verschillen binnen een overstroomingsscenario niet tussen de beleidsscenario's. Daardoor hebben de onzekerheden geen effect op de onderlinge vergelijkingen van de beleidsscenario's. De case study kan daarom prima de rol van illustratie van de verschillen tussen verschillende mogelijkheden voor het nieuwe waterveiligheidsbeleid vervullen.

Na het modelleren van de overstroomingschade was het de bedoeling dat de kosten van het uitvoeren van de beleidsscenario's worden berekend. Zo kan aangetoond worden wat de verhouding tussen het verkleinde risico en de kosten van die vermijding is voor de verschillende scenario's. In de literatuur zijn echter te weinig kentallen voor de kosten gevonden om iets over dit onderwerp te kunnen concluderen. Daarom is een getalsmatige berekening weggelaten en is er in plaats daarvan een overzicht gegeven van wat enkele eerdere studies naar de kosteneffectiviteit van meerlaagsveiligheid hebben uitgewezen.

De case study ook een analyse van het aantal dodelijke slachtoffers dat in het oude en nieuwe beleid kan vallen. Beslissingen over maatregelen in laag 3 worden zo in kaart gebracht. De berekende slachtoffertallen zijn gebaseerd op verschillende beleidsscenario's, die gekoppeld worden aan voorspellingen over de bevolkingsgroei in de in het schademodel gehanteerde landgebruiksscenario's en cijfers over evacuatiefracties en mortaliteitsfracties uit de literatuur. Zie voor een uitgebreid overzicht van de slachtofferanalyse bijlage 6.

### 3: RESULTATEN

Voordat u verder leest kunt u bijlage 3 doorlezen. [Bijlage 3](#): Wat is overstromingsrisico, en wat is een normering? beschrijft kort hoe overstromingsrisico en normeringen in elkaar steken.

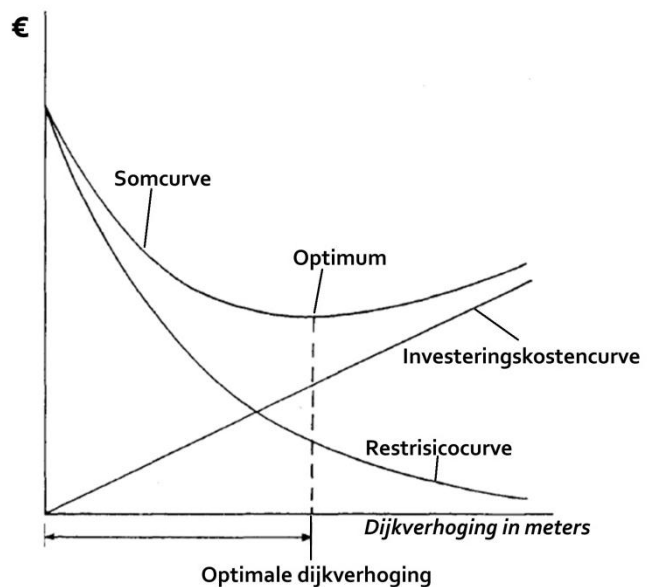
#### 3.1 HET OUDE BELEID

Het heeft een tijd geduurd voordat het huidige beleid vorm kreeg; van 1953 tot 1996. In de tussenliggende periode zijn er telkens wijzigingen in de plannen aangebracht. Het heeft zelfs tot '96 geduurd voordat de meeste adviezen van de Deltacommissie überhaupt bij wet werd vastgelegd (Mileu- en natuurplanbureau, 2004). In dit hoofdstuk worden enkele van de principes achter het huidige beleid uitgelegd. De geschiedenis op bestuurlijk niveau kunt u in bijlage 1 lezen. Het is voor het begrijpen van de verschillen tussen het oude en nieuwe beleid weliswaar niet nodig om alle rekenmethoden te kennen, maar om het modelleren van overstromingsschade te begrijpen is enige informatie over de principes van de berekeningen wel nuttig.

#### ECONOMISCH OPTIMAAL...OF TOCH NIET?

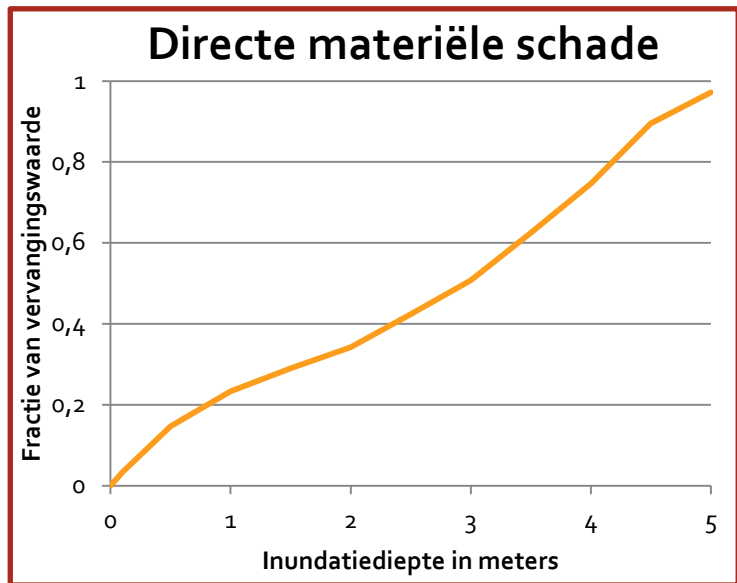
Zoals in de inleiding is vermeld heeft de eerste Deltacommissie de voorzet gegeven voor het huidige beleid. Om te voorkomen dat er te veel geld aan maatregelen uitgegeven zou gaan worden is er onder andere een economisch onderzoek uitgevoerd. De kern van dit onderzoek werd gevormd door het revolutionaire inzicht dat dijkverhogingen tegen overstromingen eigenlijk een afweging zijn tussen twee 'kosten'. Aan de ene kant zijn er de investeringskosten die gemaakt worden om de dijken te verhogen, aan de andere kant is er het restrisico dat overblijft na de verhoging. De investeringskosten nemen min of meer lineair toe met dijkhoogte, het restrisico neemt ongeveer exponentieel af naar gelang dijken hoger worden. Deze twee kosten bij elkaar opgeteld moeten zo klein mogelijk zijn om te kwalificeren als optimale investering (zie figuur 5).

De investeringskostencurve is opgesteld aan de hand van cijfers van de herstelwerkzaamheden van de Watersnoodramp en indicaties van experts van de kosten van een dijkverhoging per strekkende kilometer. Het restrisico berekenen is een combinatie van allerlei inschattingen. Restrisico is namelijk, net als alle andere soorten risico, een combinatie van schade en kans. De potentiële schade van een overstroming wordt in een risicoberekening verrekend met de kans op een overstroming. Het resultaat is een risicocijfer, meestal uitgedrukt in gemiddelde schade per jaar. Omdat zowel met het schatten van de potentiële schade als met het berekenen van de kans op een overstroming veel onzekerheden gemoeid zijn is de restrisicocurve een stuk minder zeker dan de investeringskostencurve.



Figuur 5; het optimalisatieprobleem. Op de horizontale as is dijkhoogte uitgezet, op de verticale as geldwaarde. I is de investeringskostencurve, R het restrisico en K de som van beide. Het optimum bevindt zich in A. Naar de bijdragen van het Mathematisch Centrum aan het eindrapport van de Deltacommissie

Ook het schatten van de potentiële schade op zich is veel complexer dan het schatten van de investeringskosten. De potentiële schade van een overstroming is namelijk in twee categorieën in te delen: directe schade en indirecte schade. De directe schade is materiële schade die ontstaat door het in aanraking komen van waardevolle objecten met water. Om de directe schade te kunnen inschatten zijn zogenaamde 'schadecurves' opgesteld. Deze geven voor bepaalde typen bebouwing welk deel van de vervangingswaarde verloren gaat bij welke inundatiediepte. Indirecte schade kan daarentegen ontstaan door productiederving of verloren mensenlevens of culturobjecten. Productiederving werd door het Mathematisch Centrum bij de directe schade opgeteld, maar van mensenlevens en culturobjecten vond men het onethisch om ze in geld uit te drukken. Deze zijn daarom destijds niet meegenomen in het berekenen van een economisch optimum.



Figuur 6; voorbeeld van een schadecurve

Met al deze gegevens en schattingen kan de totale potentiële schade van een overstroming worden uitgerekend, en als die gecombineerd wordt met de kans op overstroming en de investeringskosten die nodig zijn bij een bepaalde dijkverhoging kan de hoogte van een economisch optimale investering worden afgeleid. De totale potentiële schade van een overstroming blijft echter niet gelijk in de tijd. Economische groei in Nederland veroorzaakt een stijging in de waarde en het aantal van bedreigde objecten (directe schade) en de schade door productiederving. Dit effect moet meegenomen worden in de schadeberekeningen omdat waterveiligheid bij uitstek een onderwerp dat op de lange termijn speelt.

In de berekeningen gold een verwachte groei van 1,5 tot 2,5 % per jaar tot 1970. De maximale potentiële schade voor het jaar 1970 bedroeg daardoor 24,2 miljard gulden voor Centraal Holland (Deltacommissie, 1961). Op basis van dit cijfer is de optimale investering voor Centraal Holland afgeleid. Het Mathematisch Centrum vond een economisch optimale dijkhoogte van N.A.P. + 6 meter, wat correspondeerde met een overschrijdskans van 1:125.000 per jaar.

De Deltacommissie, voor wie het Mathematisch Centrum dit economisch onderzoek had uitgevoerd, was verrast door dit resultaat. Het kwam veel hoger uit dan men op basis van eerste schattingen dacht. Dat betekende grote investeringen, veel groter dan verwacht. De Deltacommissie besloot uiteindelijk om de uitkomst van het onderzoek aan de kant te schuiven en koos in plaats daarvan voor een minder onderbouwde

Basispeilen en ontwerppeilen langs de kust en de zeegaten en in het Waddengebied

Plaats	Basispeil = waterstand, in overschrijdingswaarde overeenkomend met het peil van N.A.P. + 5 m te Hoek van Holland (peilschaal) in m boven N.A.P. (bestaande toestand)	Te verwachten verhoging ten gevolge van de afdammingen in cm	Economische reductie in cm	Ontwerppeil in m boven N.A.P.		Hoogst waargenomen stand in m boven N.A.P.	
				Voor blijvende situatie (1 + 2 - 3)	Voor tijdelijk te achten situatie (15 cm lager dan 4)	Jaar	Hoogte
Overschrijdingswaarde . . . . .	10 <sup>-4</sup>						
	1	2	3	4	5	6	7
Cadzand . . . . .	5,80	+ 5	30	5,55		1953	4,75
Breskens . . . . .	5,85	+ 5	30	5,60		1953	4,80
Hoofdplaat . . . . .	5,90	+ 5	30	5,65		1953	4,85
Terneuzen . . . . .	5,90	+ 5	30	5,65		1953	4,96
Walsoorden . . . . .	6,40	+ 5	30	6,15		1953	5,25
Hedwigpolder . . . . .	6,55	+ 5	30	6,30		1953	5,43
Bath . . . . .	6,60	+ 5	30	6,35		1953	5,60

Figuur 7; tabel uit het oorspronkelijke rapport van de Deltacommissie. In de linker kolom het berekende basispeil op basis van een kans van 1:10.000 per jaar, in de vierde kolom de hoogte na korting.

methode om de hoogtenorm voor de dijken in Nederland vast te stellen (Milieu- en Natuurplanbureau, 2004). Ze koos een overstromingskans van 1:10.000 als uitgangspunt voor alle dijkringen (deelgebieden in Nederland die door één primaire kering worden omgeven), en nam aan dat deze kans gelijkstond aan de overschrijdingskans. Op deze basiskans zijn vervolgens voor alle andere dijkringen kortingen uitgevoerd. De hoogte van de korting werd bepaald door de ligging aan zoet of zout water en hoeveel de commissie dacht dat ze ongeveer waard waren. In figuur 7 zijn een paar van deze kortingen te zien.

Op deze manier is de normering ontstaan die het middelpunt van het huidige beleid vormt (figuur 8). Er hebben wel enkele aanpassingen aan de normering plaatsgevonden, maar deze hielden alleen normverlagingen in (in tegenstelling tot verhoging). Hieruit kan geconcludeerd worden dat het huidige beleid gebaseerd is op redelijk twijfelachtige schattingen, die bovendien voor het laatst in 1970 optimaal geweest zouden moeten zijn.

Voor de regionale keringen zijn pas in de afgelopen 15 jaar normen vastgesteld, deze zijn veel lager dan de normen voor de primaire keringen. Voor lokale keringen is helemaal geen officiële normering vastgesteld. Bij het ontwerpen van de normering voor regionale keringen is wederom economisch onderzoek uitgevoerd. De resultaten daarvan zijn, in tegenstelling tot bij de normering voor primaire keringen, wel in de geldende normering doorgevoerd. Deze economische onderzoeken zou gezien kunnen worden als verkennend werk voor de normering die in het nieuwe beleid doorgevoerd gaat worden, maar daarover volgt meer in paragraaf 3.3.



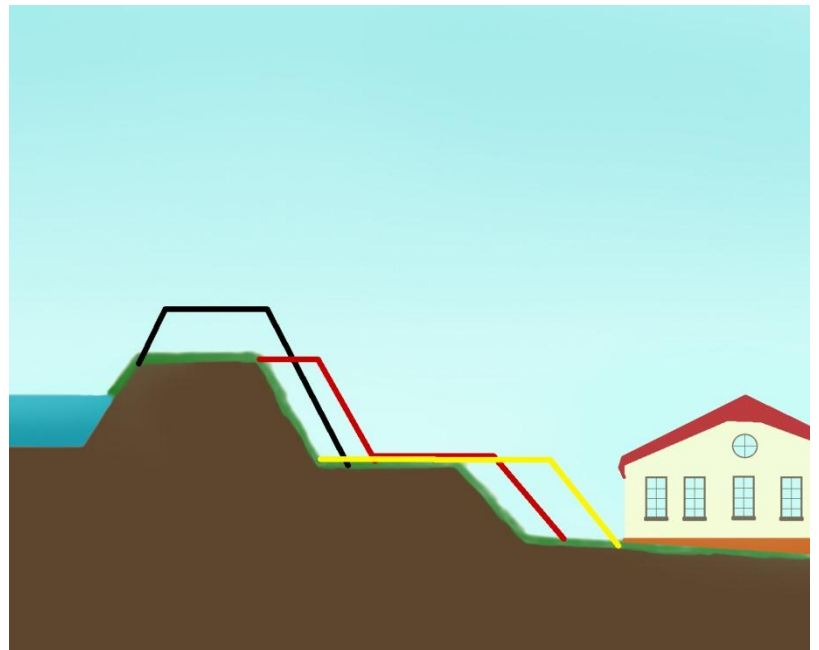
**Figuur 8; overzicht van de nu geldende overschrijdingsnormen in Nederland. Rood = 1:10.000 per jaar, oranje = 1:4.000, geel = 1:2.000 en groen 1:1.250. Voor de geeloranje gebieden geldt geen norm**

## MAATREGELEN

Het huidige beleid is compleet opgebouwd rondom de normering voor primaire keringen. Alle maatregelen die wettelijk getroffen mogen worden komen dan ook neer op het verbeteren van de waterkeringen zelf (laag 1 in het nieuwe beleid). Gevolgbeperking (lagen 2 en 3) wordt in het geheel niet meegenomen. Elke vijf jaar worden keringen getoetst aan hun normering, en de aspecten die daarbij niet blijken te voldoen moeten worden verbeterd. Veelgebruikte maatregelen worden hieronder genoemd om een idee te geven hoe waterbeheerders in Nederland aan de normen voldoen.

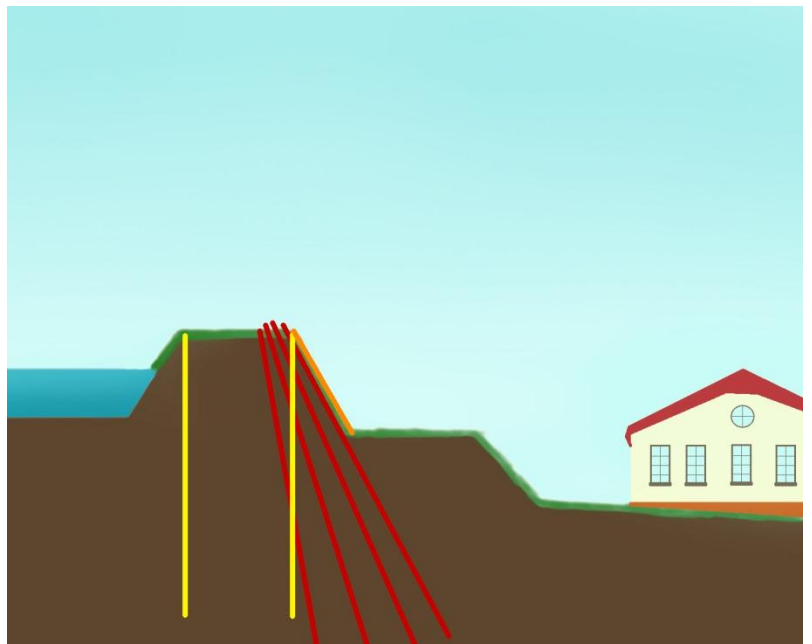


Een kering kan te laag bevonden worden om de overschrijdingskans van de normering te garanderen. De dijk moet dan opgehoogd worden. De hoogte van de kering wordt bepaald aan de hand van de waterstand die dezelfde kans op voorkomen heeft als de overstromingsnorm waar de kering aan moet voldoen (1:10.000 per jaar voor dijkkring 14). De kruinhoogte wordt bepaald door die waterstand plus een 'waakhoogte' om voor het effect van golven te compenseren (Deltacommissie, 1961). Bij het ontwerpen van een verhoging wordt een soort afschrijvingstermijn vastgesteld; zo lang moet de dijk zonder werkzaamheden kunnen voldoen aan de normen. Dit vereist dat er nog rekening gehouden moet worden met bijvoorbeeld de inklinking van de grond waar de dijk op ligt.



Figuur 9; oplossingen in grond. Zwart = verhoging, rood = verbreding van de dijk, geel = verbreding van de berm. Deze maatregelen kunnen met elkaar gecombineerd worden.

Als een kering niet sterk genoeg blijkt te zijn moet hij verstevigd worden. Dit gebeurt vooral in de breedte. Het binnentalud kan bijvoorbeeld verflauwd worden. De dijk is dan niet alleen breder, ook wordt hij minder gevoelig voor erosie aan de binnenzijde. Een minder steile helling betekent immers een lagere stroomsnelheid van het water over de helling en dus minder erosie. Een (extra) berm aanleggen behoort ook tot de mogelijkheden.



Figuur 10; constructieve oplossingen. Geel = damwanden, rood = dijkdeuvels, oranje = verharding binnentalud. Deze kunnen minder goed met elkaar gecombineerd worden.

Dijken kunnen echter ook versterkt worden zonder invloed op de breedte of de hoogte; alles gebeurt dan intern. De grondsoort waarmee de dijk is opgebouwd kan verbeterd worden. Veendijken zijn bijvoorbeeld slecht geschikt als dijk; in droge tijden drogen ze uit waardoor ze lichter worden dan water. De dijk gaat dan drijven op het water in plaats van andersom, wat doorbraken tot gevolg heeft. Klei is bijvoorbeeld een geschikte kandidaat om het veen mee te vervangen. Andere maatregelen tegen instabiliteit zijn technische oplossingen als het slaan van damwanden, aanleggen van dijkdeuvels of kwelschermen of het toepassen van een harde talusbekleding.

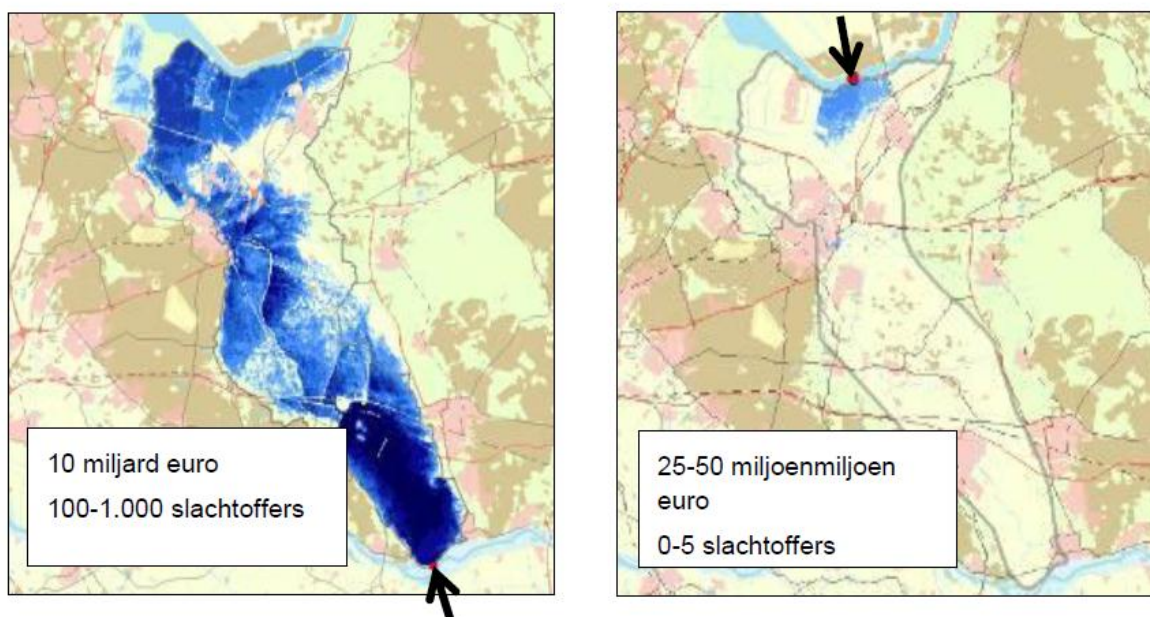
### 3.2 WAAROM EEN NIEUW BELEID?

De hoofdreden voor het opnieuw ontwerpen van een 'ideaal' waterveiligheidsbeleid is dat het huidige beleid verouderd is. Er zijn echter nog meer redenen te noemen. Het huidige beleid is gebaseerd op een normering die nooit optimaal is geweest. Destijds had men immers al de mogelijkheid om een economisch optimale normering voor dijkhoogten in te voeren. In plaats daarvan is gekozen voor een veel lagere norm, die ook nog eens redelijk arbitrair tot stand is gekomen (Milieu- en Natuurplanbureau, 2004). Het oude beleid heeft daarom een valse start gehad; bij het ontwerpen voldeed het beleid al niet.

Het beleid en de bijbehorende normering zijn in de tussentijd alleen maar minder gaan voldoen. Vanwege de sterke bevolkings- en economische groei van de afgelopen decennia zou, zeker als de zeespiegelstijging wordt meegenomen, redelijkerwijs de norm telkens aangescherpt moeten worden. Het tegendeel is echter waar: tot twee keer toe zijn de normen naar beneden bijgesteld vanwege belanghebbenden die protesteerden dat hun uitzicht belemmerd zou worden door de dijkverhoging. In plaats van mee te groeien met de 'vraag' naar veiligheid is het veiligheidsniveau juist gekrompen.

Een ander groot nadeel van het huidige beleid is dat alles draait om de kruinhoogte van de dijk. In de afgelopen dertig jaar is er weliswaar ruimte gekomen om ook iets aan de sterkte van de dijk te doen, maar doordat de normering alleen uitgaat van een kruinhoogte was het tot op heden wettelijk onmogelijk voor waterbeheerders om alternatieven voor dijkverhogingen toe te passen. Dat wordt in het nieuwe beleid anders. Niet alleen gaat het in het nieuwe beleid om overstromingskans in plaats van overschrijdingskans, waardoor in laag 1 meer alternatieven aangewend kunnen worden, ook komen laag 2 en 3 beschikbaar om mee te werken.

Tot slot is in de indeling in dijkringen die het huidige beleid hanteert te grof. Binnen een dijkring is er immers veel variatie in bijvoorbeeld ondergrond en karakteristieken van het water dat buitengehouden moet worden, om het maar niet te hebben over hoe bebouwing (gevolgen) binnen zo'n gebied kan verschillen. Een overstroming op één plek in een dijkring kan daardoor heel andere gevolgen hebben dan een overstroming elders (Deltacommissie DPV, 2014\*). In de nieuwe normering geldt een norm voor een dijktraject. Dijktrajecten zijn veel kleinere stukken dijk dan dijkringen waardoor er met normen gevarieerd kan worden tussen 'gevaarlijke' dijktrajecten en minder gevaarlijke en er zo een normering kan worden ontworpen die inderdaad zo veilig is als hij claimt te zijn.



Figuur 11; dezelfde dijkring, andere locatie overstroming, andere gevolgen. Bron: synthesedocument DPV 3.0

\* Deze informatie is afkomstig uit een voorlopig rapport. Het is niet zeker dat in het definitieve rapport dezelfde conclusies worden getrokken

Er kleven echter ook nadelen aan het nieuwe beleid. De hele watersector in Nederland is inmiddels ingesteld op de oude situatie. Het nieuwe beleid zoals het er nu ligt zal een grote verschuiving in het denken veroorzaken. Er is de laatste jaren aan een aantal keringen gewerkt om ze aan de huidige norm te laten voldoen, misschien moet daar door de nieuwe normering binnenkort opnieuw aan gewerkt moeten worden of blijkt het werk dat nu gedaan is juist overbodig. Tot slot kan niemand garanderen dat het nieuwe beleid wel optimaal is. Bij alle statistische berekeningen, dus ook bij die met normhoogten en overstromingskansen, is sprake van onzekerheden. Die kunnen groot of klein zijn, maar ze zijn altijd aanwezig. Hoe hoger je een overstromingsnorm maakt, hoe groter de onzekerheid over de grootte van de maatgevende afvoer wordt. Op sommige plekken gaat de norm van 1:3.000 naar 1:100.000. De onzekerheid over de werkelijke gevolgen van een dergelijke ramp wordt dan erg groot. Kortom: er zijn genoeg redenen om over te stappen naar een nieuw beleid, maar of het voorgestelde nieuwe beleid echt het best denkbare alternatief is moet nog blijken.

### 3.3 HET NIEUWE BELEID

Het nieuwe beleid steunt op twee pilaren: een nieuwe normering voor primaire waterkeringen, en het principe meerlaagsveiligheid. De nieuwe normering gaat zoals het er nu uitziet een hoofdrol spelen in het nieuwe beleid. De verschillen met de oude normering zullen in deze paragraaf duidelijk worden. Ook wordt de rol van meerlaagsveiligheid in het nieuwe beleid hier toegelicht.

#### 3.3.1 DE NIEUWE NORMERING

De nieuwe normering is, net als de oude, alleen vastgesteld voor primaire keringen. Maatregelen om aan deze normering te voldoen vinden volledig plaats in laag 1 van de meerlaagsveiligheid. De verwachting van ir. Nurmohamed is dat het nog zeker 10 jaar zal duren voordat dit zijn vertaling vindt naar een normering voor regionale keringen. Tot zover is alles hetzelfde. Anders dan in de huidige situatie is echter dat de nieuwe normering gebaseerd is op een economische afweging. De nieuwe normering wordt wel bestempeld als een economisch optimale investering. Om de nieuwe normering te bepalen zijn er namelijk twee onderzoeken naar optimalisatie uitgevoerd, die de basis vormen voor de nieuwe normen. Het eerste onderzoek is een analyse van economische schade, de tweede is een analyse van slachtofferrisico. In deze paragraaf volgt een korte toelichting op beide.

#### ECONOMISCHE SCHADE

De optimalisatie op basis van schade is in 2010 uitgewerkt in *'Maatschappelijke kosten-batenanalyse Waterveiligheid 21<sup>e</sup> eeuw'* (MKBA WV21). Het doel van dit onderzoek was om de combinatie van investeringskosten in dijkversterkingen en het restrisico zo laag mogelijk te krijgen. Het principe hiervan is hetzelfde als bij het economisch onderzoek in de jaren '50. Het grootste verschil is dat in de nieuwe normering de faalmechanismen van een dijktraject altijd eerst onder controle gebracht moeten worden voor er tot verhoging overgegaan mag worden. Stukken van dijkringingen waar faalmechanismen nu nog veel effect hebben kosten daardoor per saldo meer om op te hogen dan andere trajecten. Het voordeel van deze eis is dat dijken alleen nog maar zullen falen als het water hoger komt te staan dan de dijk. Aan de andere kant zullen dijken op zwakke plekken door de extra kosten in het optimum minder worden verhoogd dan dijken die nu al sterk zijn (Klijn, Van der Doef & Asselman, 2014\*). Een ander verschil met de economische optimalisering ten tijde van de oorspronkelijke Deltacommissie is dat er nu bijna geen schades worden weggelaten. Er wordt bijvoorbeeld nu een geldwaarde toegekend aan dodelijke slachtoffers om ze op die manier in de optimalisatie mee te kunnen nemen; elke persoon is €6,7 miljoen waard. Verlies van onvervangbare goederen (familiefoto's, souvenirs, etc.) wordt per getroffen op €12.000 gezet (Deltares, 2010).

Doordat zwakke plekken in dijken nu een rol gaan spelen kan de investeringskostencurve niet meer per dijkkring opgesteld worden. Ook wil men aan de risicokant van het probleem onderscheid kunnen maken tussen dijktrajecten die veel en weinig schade beperken. Dat betekent dat het hele optimalisatieproces per dijktraject uitgevoerd moet gaan worden, wat als voordeel heeft dat er een 'eerlijkere' situatie ontstaat waarin iedereen en alle waarde een vergelijkbaar veiligheidsniveau krijgt.

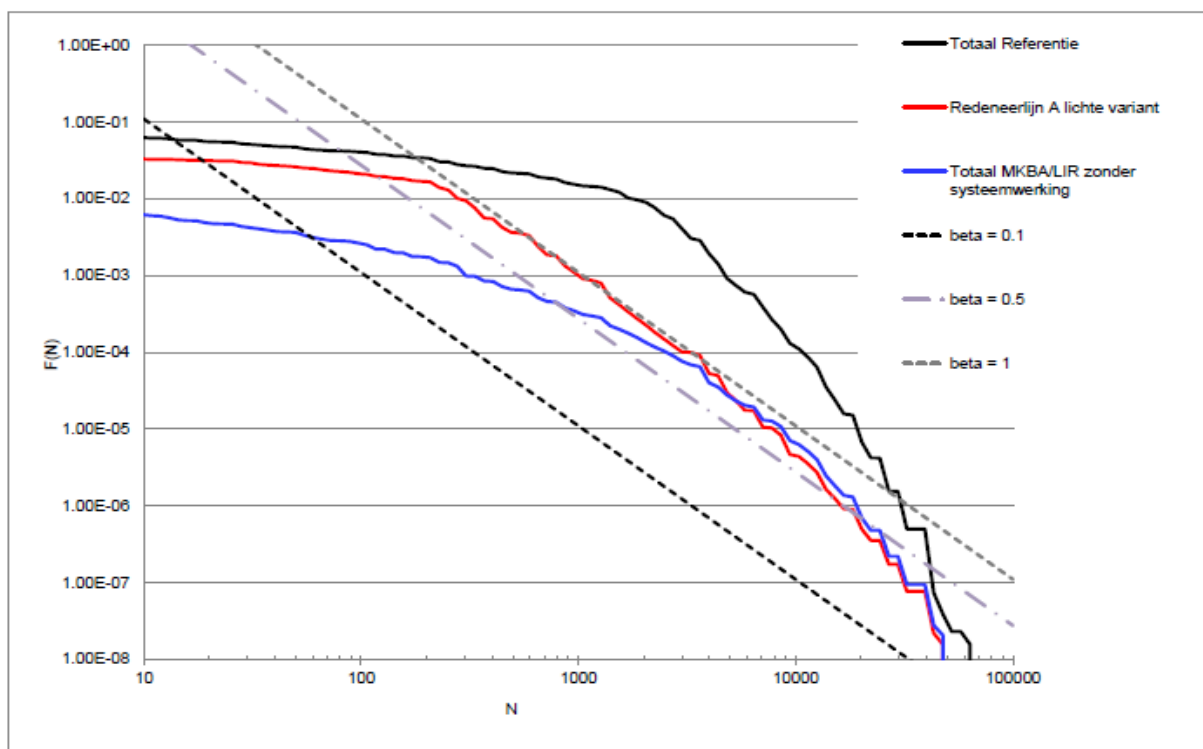
De investeringskostencurve en restrisicocurve bij elkaar optellen zorgt ervoor dat voor elk dijktraject afzonderlijk het optimale investeringsniveau afgelezen kan worden. Zo ontstaat een economisch optimale normering voor heel Nederland. Belangrijk hierbij is de notie dat deze optimale investering beperkt houdbaar is; het risico verandert immers met de tijd. Als er voor de nieuwe normering niet ver genoeg vooruit gepland wordt zal de nieuwe normering wederom snel verouderd zijn. Voor de voorgestelde normering wordt de periode tot 2050 aangehouden als tijd waarin de dijken moeten voldoen aan de eisen; daarna mogen er weer maatregelen genomen worden.

\* Deze informatie is afkomstig uit een voorlopig rapport. Het is niet zeker dat in het definitieve rapport dezelfde conclusies worden getrokken

Het komt erop neer dat de nieuwe normering in theorie economisch optimaal zou moeten zijn. Bovendien hanteren de onderzoekers die de norm hebben berekend dezelfde principes als de medewerkers van het Mathematisch Centrum rond 1957. De huidige methoden zijn echter veel geavanceerder, gedetailleerder en completer dan destijds mogelijk of wenselijk was. Het meenemen van zoveel mogelijk schadeposten houdt echter ook in dat de onzekerheidsmarge rond de uitkomst van de 'optimale' normering groter wordt. Elke schadepost voegt immers bepaalde onzekerheden toe aan het resultaat.

## SLACHTOFFERANALYSE

Vanwege de specifieke eis van de minister dat er een basisveiligheid moest komen waar iedere Nederlander recht op had is er in 2013 nog een onderzoek (Klijn, Kolen, Knoop, Wagenaar, De Bruijn & Bower, 2013) uitgevoerd dat specifiek het 'lokaal individueel risico' (LIR) bekijkt. Het LIR is het risico dat elk individu loopt met betrekking tot overstromingen. De minister heeft vastgesteld dat iedere Nederlander hoogstens een kans van 1:100.000 per jaar mag hebben om te overlijden als gevolg van een overstroming. In het LIR-onderzoek is gecontroleerd wat voor normering voor laag 1 ingesteld moet worden om aan deze eis te beantwoorden. Hiervoor is per dijktraject vastgesteld hoeveel mensen erdoor beschermd worden, en hoe hoog de dijk op dat traject moet zijn om niet vaker door te breken dan dat iedere persoon die door de dijk beschermd wordt een kans heeft van 1:100.000 per jaar om te overlijden door overstroming.

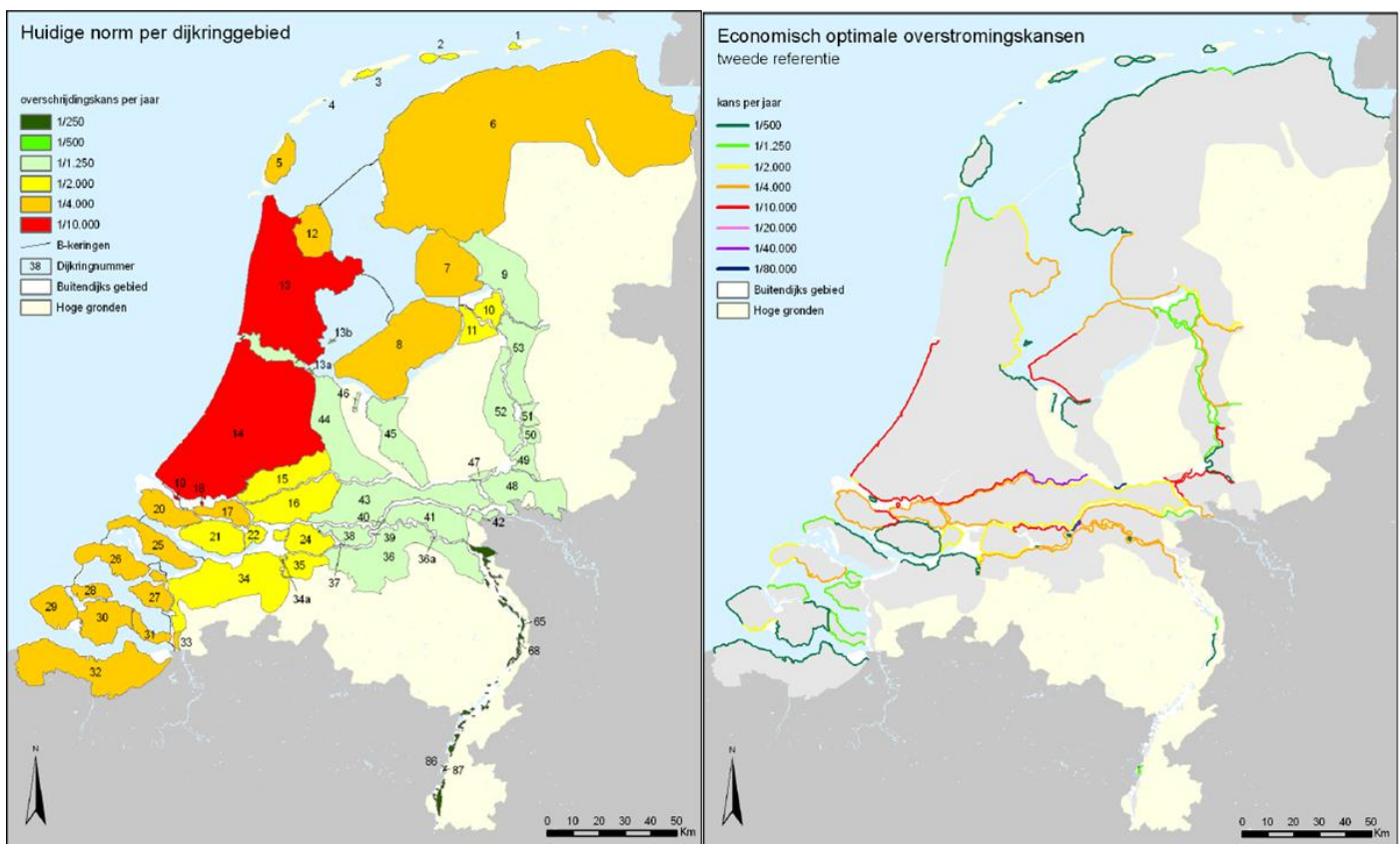


Figuur 12; De lijn beta = 1 staat voor een 'risico-aversie' van 1. Dat betekent dat de grootte van de ramp niet meetelt in hoe erg men de ramp vindt; 100 x een ramp met 10 slachtoffers is net zo erg als één ramp met 1000 slachtoffers. Hoe kleiner de beta, hoe groter de risico-aversie wordt en hoe meer men meerdere kleine rampen boven één grote ramp verkiest. De (zwarte) referentielijn is de lijn van het huidige beleid voortgezet, de rode lijn is een nieuwe normering gebaseerd op alleen het Lokaal Individueel Risico, en de blauwe lijn is een nieuwe normering gebaseerd op zowel de MKBA als de LIR. De gekleurde lijnen moeten links van een onderbroken lijn blijven om aan die eis te voldoen. Voor de nieuwe normering is gekozen voor een beta van 1 als eis. Deze grafiek is afkomstig uit synthesesdocument 3.0 van Deelprogramma Veiligheid voor DP2015.

Uit het onderzoek is gebleken dat een normering die is gebaseerd op het eerdere MKBA WV21-onderzoek vrijwel altijd minstens net zo goed scoort op overlijdensrisico als de normering die puur op basis van het LIR is berekend (zie figuur 12). Voor het uiteindelijke normvoorstel voor Prinsjesdag 2014 is daarom besloten om de resultaten van beide onderzoeken elkaar aan te laten vullen. De zwaarste eis per dijktraject is leidend. Als vanuit de MKBA een hogere kering vereist is dan vanuit de LIR geldt de MKBA, en vice versa.

## EINDRESULTAAT

Zo is de nieuwe normering voor laag 1 ontstaan (zie figuur 13). Deze normering is in principe voldoende om aan alle veiligheidseisen van de minister te voldoen. Dat betekent dat alle benodigde risicobeperking uit laag 1 gehaald kan worden; lagen 2 en 3 van de meerlaagsveiligheid hoeven, als deze normering gehanteerd wordt, niet te worden aangesproken. Op die manier kunnen de voordelen van meerlaagsveiligheid niet benut worden. Om de toepassing van meerlaagsveiligheid toch mogelijk te maken wordt er op het moment van schrijven (juli 2014) gewerkt aan een aanpassing van de Waterwet, waardoor het mogelijk wordt om dijktrajecten goedgekeurd te laten worden zonder dat aan de nieuwe norm voldaan wordt (Deltacommissie DPV, 2014\*). Het vereiste veiligheidsniveau wordt dan nog steeds gehaald, alleen wordt dijkverhoging uitgewisseld tegen maatregelen uit laag 2 of 3. Dit voorstel zal op Prinsjesdag 2014 in DP2015 worden gepubliceerd. Hier moet echter wel speciale toestemming van de minister voor gevraagd worden.



Figuur 13; de oude (links) en nieuwe (rechts) normeringen voor laag 1. Bij de huidige normering is de eis voor overstromingskansen weergegeven in de kleur van de dijkkring, voor de nieuwe normering is dat gedaan met de kleur van de dijken zelf. Het eerste dat opvalt is dat de nieuwe normering met dijktrajecten werkt in plaats van de dijkkringen in de oude. Veel dijkkringen in het rivierengebied krijgen hogere normen, langs de kust (Zeeland, Friesland, Groningen) worden normen juist lager. Centraal Holland houdt min of meer dezelfde norm. Dit betekent dat de dijken in het rivierengebied op sommige plaatsen met enkele meters verhoogd zullen moeten worden, terwijl de dijken langs de kust veelal te hoog zijn. Deze afbeeldingen zijn afkomstig uit synthesedocument 3.0 van Deelprogramma Veiligheid voor DP2015.

\* Deze informatie is afkomstig uit een voorlopig rapport. Het is niet zeker dat in het definitieve rapport dezelfde conclusies worden getrokken

### 3.3.2 MEERLAAGSVEILIGHEID

Meerlaagsveiligheid biedt de mogelijkheid om maatregelen uit verschillende lagen tegen elkaar uit te wisselen. Hierdoor kan zo efficiënt mogelijk zo veel mogelijk risicobeperking behaald worden. Recente onderzoeken hebben echter uitgewezen dat er niet veel plaatsen in Nederland zijn waar meerlaagsveiligheid echt kansrijk is (ENW, 2012). Plaatsen waar het kan zijn vooral locaties waar laag 1 vanwege ruimtegebrek en/of onevenredig hoge kosten niet toepasbaar is, zoals in buitendijks of stedelijk gebied.

#### MAATREGELEN

##### **Praktisch onbreekbare dijken: de 'doorbraakvrije dijk' (laag 2)**

Een groot nadeel van een traditionele dijk is dat hij slechts standhoudt totdat het water over de dijk stroomt. Zodra dat gebeurt wordt de binnenzijde van de dijk geërodeerd, waardoor de dijk zwakker wordt en doorbreekt. Door het ontstane gat kan het water vervolgens met veel meer geweld de polder in stromen. Een praktisch onbreekbare dijk, ook wel 'doorbraakvrije dijk' genoemd, is hiertegen bestand. Een doorbraakvrije dijk is een dijk die door interne stevigheid of breedte zelfs bij grote hoeveelheden overslag of overloop standhoudt (Silva & Van Velzen, 2008). Er ontstaat geen gat, waardoor water veel minder snel de polder inkomt. Daarbij stopt de instroom van water ook direct wanneer het hoogwater voorbij is. Bij traditionele dijken blijft het water ook dan nog naar binnen stromen omdat er nog een gat in de dijk zit. Een doorbraakvrije dijk beperkt niet alleen de totale hoeveelheid water die de polder instroomt, ook de instroomsnelheid ligt veel lager. Dat betekent meer reactietijd, minder slachtoffers en minder schade dan bij traditionele dijken.

Er zijn twee grote nadelen aan doorbraakvrije dijken. Allereerst kosten ze in constructie meer dan traditionele dijken. Dit nadeel wordt echter uitgebalanceerd doordat een doorbraakvrije dijk vaak veel minder hoog hoeft te zijn om dezelfde risicobeperking te behalen als een hoge, traditionele dijk (Klijn et al., 2014\*). Daarnaast is er voor een doorbraakvrije dijk over het algemeen meer ruimte nodig, en die ruimte is in Nederland niet overal beschikbaar. Als die ruimte er niet is moeten dure constructies worden toegepast om een dijk doorbraakvrij te maken. Maatregelen in grond zijn het verflauwen van het binnentalud, een antipipingberm aanleggen, slechte kwaliteit grond (veen en zand) door betere kwaliteit grond (klei) vervangen en het binnentalud met klei afdekken om erosie tegen te gaan. Technische oplossingen zijn een enkele of dubbele damwand in de oorspronkelijke dijk slaan, en dijkdeuvels en/of antikwelschermen aanleggen. Er kan, in stedelijke omgeving bijvoorbeeld, ook worden besloten om keermuren te bouwen.

##### **Evacuatie (laag 3)**

Een ander alternatief voor het realiseren van veiligheid in laag 1 is laag 3: evacuatie. Evacuatiemaatregelen hebben niet zozeer een effect op de schade, maar op het aantal (dodelijke) slachtoffers. In een recent onderzoek (Kolen, 2013) worden er twee typen evacuatie onderscheiden; evacuatie het bedreigde gebied uit (horizontale evacuatie) en evacuatie naar hooggelegen punten of gebouwen met meerdere verdiepingen (verticale evacuatie). Verticale evacuatie wordt in dat onderzoek aanbevolen als eerste strategie, omdat in Nederland algehele horizontale evacuatie vrijwel altijd onmogelijk is. Wanneer er zekerheid is dat de mensen die onderweg gaan toch het gebied uit kunnen komen kan dan altijd nog op (gedeeltelijke) horizontale evacuatie worden overgegaan.

Voorafgaand aan de ramp kunnen diverse maatregelen getroffen worden om ervoor te zorgen dat evacuatie (horizontaal én verticaal) tijdens de ramp zo goed en snel mogelijk kan plaatsvinden (Terpstra, Kolen & Asselman, 2013). Er kunnen evacuatieplannen worden opgesteld, waarin wordt vastgelegd welke partijen welke organiserende taak op zich nemen bij een ramp, en welke evacuatielroutes in welke gevallen gebruikt zullen worden. Deze plannen kunnen van tevoren aan de inwoners van het laaggelegen gebied bekend gemaakt worden. Belangrijke ontsluitingswegen kunnen opgehoogd worden om horizontale evacuatie langer mogelijk te maken. Alle evacuatielroutes, zowel het gebied uit als naar hoge vluchtplaatsen, kunnen met

\* Deze informatie is afkomstig uit een voorlopig rapport. Het is niet zeker dat in het definitieve rapport dezelfde conclusies worden getrokken

borden aangegeven worden. Bewustwording van het risico en de evacuatiemogelijkheden bij de burgers is sterk van invloed op het percentage overlevenden bij een ernstige overstroming. Bij verticale evacuatie is het verder essentieel dat er een plan is om de mensen in verticale vluchtplaatsen te voorzien van drinkwater en voedsel, bijvoorbeeld door drinkwatertanks in de gebouwen aan te leggen. Voorzien in warmte mag daarbij niet over het hoofd gezien worden omdat in Nederland grootschalige overstromingen vrijwel uitsluitend 's winters plaats zullen vinden.

### **Waterrobuust inrichten (laag 2)**

Waterrobuust bouwen houdt in dat gebouwen en infrastructuur zo zijn ontworpen dat overstromingsschade zo veel mogelijk beperkt wordt. Er zijn al veel verschillende methoden aangedragen om gebieden in Nederland waterrobuust te maken. Deze maatregelen horen in laag 2 van de meerlaagsveiligheid. In het kader van meerlaagsveiligheid worden dit soort maatregelen gezien als een interessant alternatief voor maatregelen in laag 1. Het hangt sterk af van de potentiële inundatiediepte wat voor soort maatregelen in laag 2 effect hebben (Royal HaskoningDHV, 2012). In dit overzicht onderscheiden we dieptes tot 2 meter en dieptes van meer dan twee meter.

Bij lage dieptes (<2 meter) kan een gebied, met de juiste aanpassingen, nog redelijk blijven functioneren. Maatregelen zijn daarom vooral gericht op het droog houden van gebouwen en voor het dagelijks leven belangrijke infrastructuur. Er wordt onderscheid gemaakt tussen dryproofing en wetproofing. Bij dryproofing wordt een gebouw, transformatorhuisje of knooppunt van watergevoelige infrastructuur (gas, water, telecom, elektriciteit) waterdicht gemaakt. Dit heeft echter effect tot een inundatiediepte tot 1 meter; daarboven wordt het drukverschil tussen binnen en buiten te groot. Dryproofing kan in bestaande bebouwing toegepast worden, maar is dan erg kostbaar (De Moel, Van Vliet & Aerts, 2014).

Een andere mogelijkheid is wetproofing. Daarbij worden de begane grond en eventuele kelder van een gebouw 'watervast' gemaakt. Meubilair wordt een verdieping hoger verplaatst, stopcontacten en meterkasten worden hoger dan normaal geplaatst en vloeren en muren worden gebouwd en bekleed met watervaste materialen. Het idee van wetproofing is dat het gebouw nat mag worden, maatregelen zorgen ervoor dat de schade van het water zo laag mogelijk blijft. Wetproofing is bij bestaande bebouwing makkelijker toe te passen dan dryproofing.

Een derde optie voor ondiepe gebieden is verhoogd bouwen. Dit kan op een terp, op een grote kunstmatige heuvel, op terpen of bijvoorbeeld volgens het principe van een drive-inwoning. Ook het toepassen van drijvende of amfibische woningen kan veel schade besparen. De hele woning kan dan met het waterniveau meebewegen en blijft droog. Al deze maatregelen kunnen alleen bij nieuwbouw gerealiseerd worden.

Bij diepe gebieden gaan de maatregelen meer uit naar de schade zoveel mogelijk beperken. Maatregelen aan gebouwen, anders dan ze drijvend of amfibisch te bouwen, zijn meestal zinloos. Het beste zou voorkomen kunnen worden dat er waarde in dergelijke diepe gebieden geplaatst wordt. Dat geldt zeker voor functies die potentieel grote gevolgen hebben als ze uitvallen. Denk aan ziekenhuizen, doorgaande (spoor)wegen, knooppunten van kwetsbare infrastructuur (gas, elektriciteit, telecom), (kern)energiecentrales, chemische installaties, etc. Belangrijke voorzieningen (behandelkamers van een ziekenhuis, noodstroom) van vitale functies die in het gebied staan en niet ontruimd worden kunnen boven overstromingsniveau gebracht worden. Er dient dan wel een realistisch plan te zijn om de vitale functie (bijv. ziekenhuis) tijdens de overstroming te voorzien van voedsel, water en energie.

### **Compartimenteren (laag 2)**

Compartimenteringsdijken aanleggen is ook een alternatief voor investeren in de buitenste dijk. Het doel van een compartimenteringsdijk is om een dijkkring op te delen in aparte, kleinere gebieden. Als in één van die gebieden een overstroming plaatsvindt wordt de schade tot dat deel beperkt. Het nadeel van deze methode is



dat het water in het overstroomde gedeelte veel sneller stijgt. Dit heeft tot gevolg dat de schade in dat deel sneller hoger wordt, maar ook dat mensen minder tijd hebben om weg te komen.

Compartimenteringsdijken kunnen dwars door een dijkkring aangelegd worden of rond specifieke, kwetsbare locaties. In het laatste geval zijn de nadelige effecten van compartimenteren kleiner, omdat de verhouding tussen droog gebied en overstroombaar gebied anders ligt. Onderzoek naar de mogelijkheden van compartimenteren heeft echter uitgewezen dat het aanleggen van nieuwe dijken altijd duurder is dan het verhogen of versterken van een bestaande dijk (ENW, 2012). Daardoor lijkt het geen grote kanshebber om in het nieuwe beleid veel toegepast te gaan worden.

## 3.4 DE REALITEIT: MODELLEREN

Voordat u verder leest wordt het aanbevolen om bijlagen 4 en 5 te lezen. [Bijlage 4](#): Gebiedsbeschrijving geeft een kort beschrijving van het studiegebied, [Bijlage 5](#): Uitgebreide modelbeschrijving omvat een gedetailleerde beschrijving van het bij de case study gebruikte model.

### 3.4.1 INTRODUCTIE

Nu de mogelijkheden en beperkingen van het oude en nieuwe beleid duidelijk zijn is het interessant om te zien hoe de verschillende invullingen van het nieuwe beleid uit zouden kunnen pakken. Om erachter te komen wat voor effect verschillende maatregelen zouden hebben moet je eigenlijk een aantal identieke polders nemen, die elk met een ander pakket maatregelen verdedigen en wachten tot ze allemaal minstens één keer zijn overstroomd om vervolgens de schade en het aantal slachtoffers op te maken. Dit is echter, zeker gezien de beperkte tijd en middelen die voor deze scriptie beschikbaar waren, een hoogst onpraktische en misschien ook onethische aanpak. Daarom worden de maatregelen hier op de computer berekend, in een theoretische case study.

Het doel van de case study is slechts om een *illustratie* te geven van de effecten van bepaalde maatregelen. Het gaat daarbij om onderlinge verschillen tussen de beleidsscenario's, niet om absolute cijfers. Om ervoor te zorgen dat de gekozen scenario's niet 'bevooroordeeld' zijn omdat ze bijvoorbeeld allemaal uitgaan van een hele grote overstroming of van een heel erg optimistisch landgebruiksscenario is voor zowel de overstroming als voor het landgebruik gekozen voor een scenario aan het uiterste van het spectrum. Eén rampzalige overstroming, en daartegenover één die juist meevalt. Eén scenario met veel bevolkingsgroei, en daartegenover één met lichte krimp. Door de resultaten van deze uitersten met elkaar te vergelijken wordt een groot deel van het spectrum aan mogelijke uitkomsten belicht, en wordt er eigenlijk een soort robuustheidsanalyse uitgevoerd. Dit geeft aan hoe afhankelijk de uitkomsten van het model zijn van de gekozen invoer. Als de verhoudingen niet sterk verschillen tussen de gekozen scenario's betekent dat dat het resultaat geldt ongeacht de grootte van de overstroming of het landgebruiksscenario.

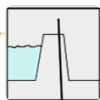
### 3.4.2 SCENARIO'S

Om na te gaan wat laag 2 en 3 kunnen toevoegen zijn er enkele beleidsscenario's opgesteld. Het model rekent voor elk beleidsscenario voor het jaar 2040 uit wat de schade bij een overstroming zal zijn. Hierbij wordt rekening gehouden met factoren als zeespiegelstijging en economische groei. Hoe deze factoren precies doorwerken in het model is uitgelegd in bijlage 5.

De beleidsscenario's zijn ontworpen om verschillende kansrijke mogelijkheden in laag 2 uit te zetten tegen laag 1. In figuur 14 is te zien hoe de scenario's zich tot elkaar verhouden in het model. Voor elk van de beleidsscenario's worden de directe materiële schade en het aantal dodelijke slachtoffers berekend. Dit wordt gedaan voor twee verschillende toekomstscenario's voor het jaar 2040 om de robuustheid voor ruimtelijke inrichting te controleren. Al deze berekeningen worden vervolgens voor een tweede overstromingsscenario uitgevoerd om te controleren voor de keuze voor overstromingsdiepte.

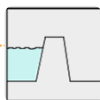


Figuur 14; overzicht van de verhoudingen van de scenario's onderling



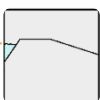
## BASISSCENARIO

In dit scenario vindt er in het heden (omstreeks 2010) een overstroming plaats. Er wordt gebruik gemaakt van een landgebruikskaart voor 2008 en traditionele dijken die voldoen aan de huidige normering. De overstroming komt voort uit een hoge rivierwaterstand in de Nieuwe Maas, waardoor het water over de Delflandsedijk begint te stromen. Dit erodeert de dijk al snel, waardoor deze doorbreekt en het water veel sneller de dijkkring binnen kan stromen. Evacuatie vindt chaotisch plaats omdat er nog geen goede evacuatieplannen zijn. Dit scenario dient als 'baseline' om de andere scenario's mee te vergelijken.



## LAAG 1: TRADITIONELE DIJKEN

Dit scenario gaat uit van de nieuwe normering. Voor dijkkring 14 is de nieuwe normering voor grote delen nog steeds 1:10.000, er wordt daarom aangenomen dat vanuit de nieuwe normering geen dijkverhoging nodig zal zijn. Er zijn daarom slechts twee verschillen met het basisscenario: de dijken zijn iets (30 cm) hoger om te compenseren voor zeespiegelstijging, en de overstromingskans is gelijk geworden aan de overschrijdingskans omdat de faalmechanismen zijn aangepakt. Dat betekent dat de dijk standhoudt tot het water net zo hoog is als de dijk. De gemodelleerde overstroming heeft hetzelfde karakter als die in het basisscenario: doorbraak. In dit (en alle volgende) scenario('s) wordt gebruik gemaakt van twee verschillende landgebruisscenario's voor 2040: Regional Communities en Global Economy. Qua evacuatie worden twee mogelijkheden bekeken: chaotisch horizontaal (als er geen integraal evacuatieplan wordt gemaakt) en perfect horizontaal (met een integraal plan en ideale uitvoering).



## LAAG 2: ONBREEKBARE DIJKEN

In dit scenario worden de dijken praktisch onbreekbaar gemaakt. Omdat er hierbij voor wordt gekozen om de nieuwe normering niet te volgen (dijken zouden zelfs lager gemaakt kunnen worden dan ze nu zijn) valt deze maatregel onder laag 2. Zelfs als het water lange tijd over de dijk heen stroomt breekt hij niet. Dat betekent

dat de dijkring veel minder snel volloopt dan wanneer er een doorbraak zou zijn. Chaotisch en perfect horizontaal evacueren worden hier uitgewerkt.



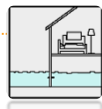
## LAAG 2: AMFIBISCHE HUIZEN

In dit scenario zijn alle woonhuizen amfibisch gemaakt. Dat betekent dat alles dat zich in het huis bevindt veilig is voor overstromingen. Alleen de tuin zal schade ondervinden van de overstroming. Bedrijfspannen en industrie zijn beoordeeld als te onpraktisch om amfibisch te bouwen. Overigens is het in de realiteit lastig tot onmogelijk om alle bestaande woonhuizen amfibisch te maken, maar voor het scenario is aangenomen dat dat wel is gelukt. In dit scenario zijn mensen die thuis blijven veiliger voor de overstroming dan in de andere scenario's omdat hun huis blijft drijven. Hiervoor is gecorrigeerd.



## LAAG 2: DRYPROOFING

Huizen en bedrijfsgebouwen zijn tot 1 meter boven maaiveld waterdicht gemaakt. Tot het water hoger komt te staan dan 1 meter blijft alles binnen dus droog. Zodra het water echter verder stijgt neemt de schade snel toe tot die gelijk loopt met de schadecurve van een ongeprepareerd gebouw. Het is zinloos om gebouwen tot hoger dan 1 meter waterdicht te maken omdat het drukverschil tussen binnen en buiten op dat moment zo groot wordt dat muren van normale sterkte het niet meer kunnen verdragen (De Moel et al., 2014). Evacuatie kan alle drie de vormen aannemen.



## LAAG 3: WETPROOFING

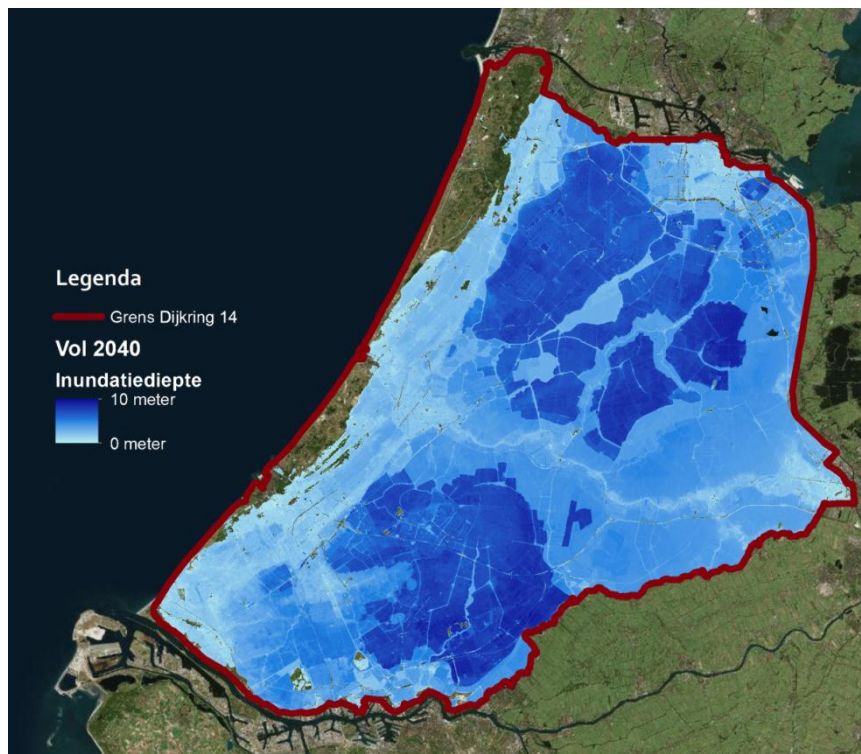
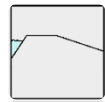
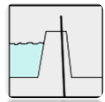
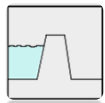
Huizen en bedrijfsgebouwen worden waterbestendig gemaakt tot aan de eerste verdieping (3 meter boven maaiveld). Hoger dan 3 meter waterbestendig maken is zinloos omdat wordt aangenomen dat alle huisraad van de begane grond naar de eerste verdieping is verplaatst. Als de eerste verdieping ook overstroombaar zou worden gemaakt moet de huisraad nog hoger worden opgeslagen, dat is niet realistisch (De Moel et al., 2014). Alle drie de evacuatiescenario's kunnen voorkomen.

### 3.4.3 SCHADE

## WORST-CASE: VOL

Eerst zijn de beleidsscenario's bij compleet vollopen van de dijkring doorgerekend. Dit overstromingsscenario kan beschouwd worden als een worst-case scenario, het zou bijvoorbeeld kunnen voorkomen als er grote bressen in de kustwering ontstaan. In figuur 15 is het gebied dat onder water komt te staan te zien.

De resultaten van de berekeningen met dit overstromingsscenario zijn samengevat in tabel 1. Als dijkring 14 in het heden (gebaseerd op cijfers uit 2008) zou overstromen en daarbij compleet met water gevuld zou worden zou de *directe materiële* schade ongeveer €278 miljard euro bedragen. Met de indirecte schade meegeteld zou dit bedrag nog veel hoger worden. Het effect van economische groei is goed te zien bij de uitkomst van het scenario 'Laag 1: Traditioneel'. Als er in het beleid niets verandert neemt de schade minimaal toe tot €362 miljard. Dat komt door een combinatie van economische groei en verstedelijking. Van alle waardevermeerdering die voor de komende 40 jaar verwacht wordt zal het leeuwendeel in overstroombaar gebied plaatsvinden: dijkring 14. De grootste ontwikkelingen daarin zullen naar verwachting zelfs op de diepste plekken in deze dijkring gaan plaatsvinden (De Moel, 2012).



Figuur 15; inundatiediepte bij compleet vollopen. Afgezien van enkele tunnels ligt de inundatiediepte tussen de 10 en 0 meter, met een gemiddelde van 3,6 meter

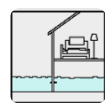


2008				
Toekomstscenario	RC	GE	Beperking t.o.v. basis	
Laag 1: Traditioneel	€ 362.308.300.762	€ 468.929.506.664	RC	GE
Laag 2: Onbreekbaar	€ 362.308.300.762	€ 468.929.506.664	0%	0%
Laag 2: Amfibisch	€ 132.149.042.335	€ 130.357.417.968	63,5%	72,2%
Laag 2: Dryproof	€ 331.821.231.827	€ 431.548.684.607	8,4%	8,0%
Laag 2: Wetproof	€ 342.633.429.014	€ 446.711.791.728	5,4%	4,7%

Tabel 1; Samenvatting van schade bij compleet vollopen van de dijkkring

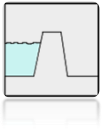


Als de beleidsscenario's onderling vergeleken worden valt op dat scenario 'Amfibische huizen' veruit de meeste schadebeperking oplevert. Dat komt doordat deze maatregel de schade aan woningen bijna tot een minimum reduceert, ongeacht de inundatiediepte. Bij de andere scenario's is dat niet het geval. Wetproofing en dryproofing hebben allebei slechts effect tot een bepaalde inundatiehoogte (1 meter voor dryproofing, 3 meter voor wetproofing). In dit overstromingsscenario (compleet vollopen) is de inundatiediepte gemiddeld 363 cm. Dat betekent dat de effecten van dryproofing en wetproofing alleen op hooggelegen plekken met relatief lage inundatiediepte te merken zijn, wat hun lage score op schadebeperking verklaart.



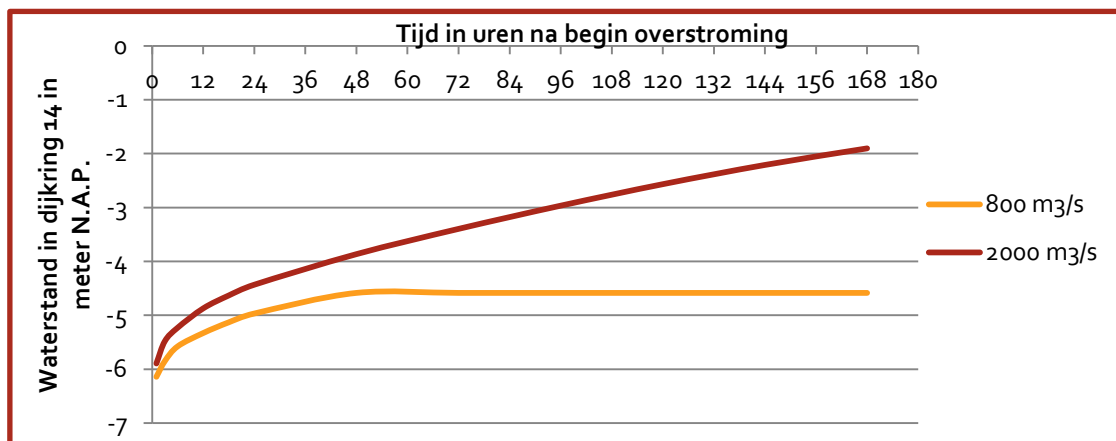
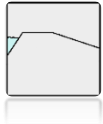
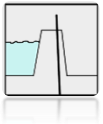
In dit overzicht komen de waarden voor de beleidsscenario's 'Laag 1: traditioneel' en 'Laag 2: onbreekbaar' overeen. Dat is omdat in het hier gebruikte overstromingsscenario, als 'worst-case', is aangenomen dat de dijkkring compleet gevuld wordt met water. Het praktisch onbreekbaar maken van dijken haalt het voordeel uit het beperken van de instroomsnelheid en het gegeven dat een hoogwater maar een bepaalde tijd duurt, maar dat is in dit overstromingsscenario niet van toepassing. Het positieve effect van onbreekbare dijken valt daardoor kunstmatig weg doordat een onrealistisch scenario is gebruikt. Het verschil van 'Amfibische huizen' tussen het GE-scenario en het RC-scenario is te verklaren door de lagere bevolkingsgroei in het RC-scenario. Er komen minder huizen bij dan in het GE-scenario.

Eerder is gezegd dat, in het kader van een robuustheidsanalyse, de verhoudingen tussen toekomstscenario's niet erg uiteen mogen lopen. In tabel 1 is de schadebeperking ten opzichte van 'Laag 1: Traditioneel' in procenten gegeven. Uit dit overzicht blijkt dat de toekomstscenario's hierin niet significant verschillen. De resultaten lijken daarom niet afhankelijk van het gekozen toekomstscenario.

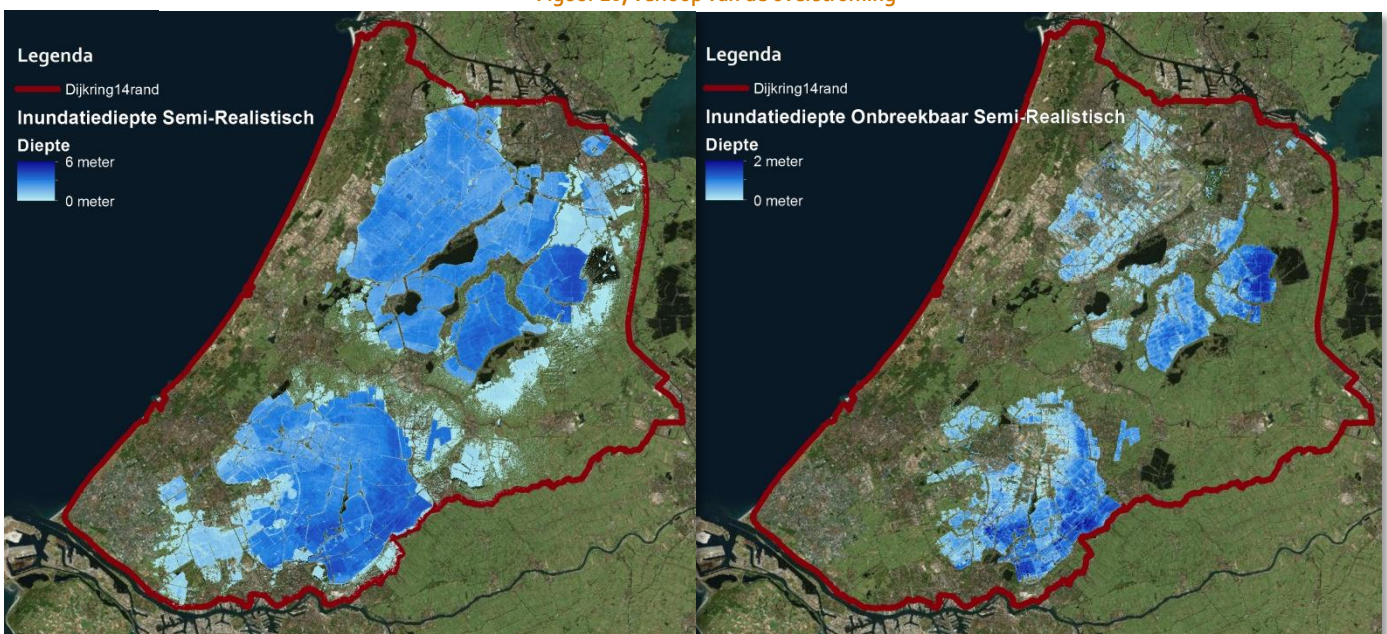


## SEMI-REALISTISCH

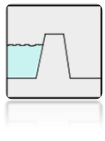
Als een iets minder extreem overstromingsscenario wordt gehanteerd worden de onderlinge verschillen tussen de scenario's pas echt duidelijk. Door de kleinere overstromingsdiepte (gemiddeld 2,1 meter) in dit scenario vallen alle schades sowieso kleiner uit. Waar de directe materiële schade voor 2008 bij compleet vollopen op ruim €278 miljard uitkomt, is dat bij dit scenario €69,5 miljard. Het semi-realistische overstromingsscenario is gebaseerd op een instroomsnelheid van gemiddeld 2000 m<sup>3</sup>/s, waarbij het hoogwater 2 dagen aanhoudt en de eventuele bres na 7 dagen is gedicht. Ter vergelijking: met deze instroomsnelheid zou het 31 dagen duren voordat de dijkkring compleet gevuld is. Omdat de bres al na 7 dagen dicht is komt het echter niet zover. In figuur 17 is te zien hoe hoog het water zal komen te staan volgens dit overstromingsscenario. Voor beleidsscenario 'Laag 2: Onbreekbaar' is vanwege het niet voorkomen van een bres een andere instroomsnelheid gekozen (800 m<sup>3</sup>/s), die bovendien slechts twee dagen aanhoudt. Zie figuur 16 voor het verloop van de overstroming, zie figuur 17 voor het effect op de maximale inundatiediepte.



Figuur 16; verloop van de overstroming

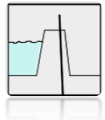


Figuur 17; maximale inundatiediepte in overstromingsscenario 'semi-realistisch', links geldt voor alle beleidsscenario's behalve 'Laag 2: onbreekbaar' (rechts). Let op de legenda!

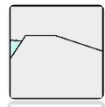


<b>2008</b>	€ 68.695.598.093				
<b>Toekomstscenario</b>	<b>RC</b>	<b>GE</b>	<b>Beperking t.o.v. basis</b>		
<b>Laag 1: Traditioneel</b>	€ 83.226.470.599	€ 112.244.458.239	<b>RC</b>	<b>GE</b>	
<b>Laag 2: Onbreekbaar</b>	€ 11.148.925.830	€ 16.258.605.951	86,6%	85,5%	
<b>Laag 2: Amfibisch</b>	€ 35.497.878.269	€ 37.426.206.345	57,3%	66,7%	
<b>Laag 2: Dryproof</b>	€ 72.773.482.266	€ 97.314.478.959	12,6%	13,3%	
<b>Laag 2: Wetproof</b>	€ 74.027.664.863	€ 100.094.550.037	11,1%	10,8%	

Tabel 2; samenvatting van de schade bij een semi-realistisch overstromingsscenario



In tabel 2 wordt een overzicht gegeven van de berekende materiële schade door een overstroming. Ten opzichte van het basisscenario (Laag 1: traditioneel) is er door dryproofing en wetproofing slechts een schadebeperking van respectievelijk ongeveer 13 en 11 % bereikt. Amfibische huizen doen het een stuk beter met een schadebeperking van 57 % ten opzichte van het basisscenario. De grote winnaar is echter de doorbraakvrije dijk. Niet alleen wordt de gemiddelde inundatiediepte significant beperkt (69 cm), waardoor de schade tot 87 % kleiner uitvalt, ook is de stijgsnelheid in de polder veel minder hoog waardoor mensen meer tijd hebben om een veilig heenkomen te zoeken. Deze enorme schadebeperking laat zien dat het aanleggen van praktisch doorbraakvrije dijken zeker in dichtbevolkte gebieden, zoals Nederland en dijkkring 14 in het bijzonder, zeker aantrekkelijk kan zijn.



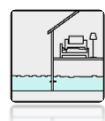
De lagere inundatiediepte die scenario 'Laag 2: Onbreekbaar' veroorzaakt doet vermoeden dat het toepassen van maatregelen uit laag 2 zoals wet- of dryproofing veel effect zouden kunnen hebben. Deze hebben effect tot dieptes van respectievelijk 3 en 1 meter, en de gemiddelde inundatiediepte in het scenario met onbreekbare dijken is 69 cm. Om te zien of er winst is te behalen door onbreekbare dijken te combineren met wet- of dryproofing is besloten om nog twee keer een scenario te runnen met deze combinaties. De resultaten hiervan staan in tabel 3.



<b>2008</b>	€ 68.695.598.093				
<b>Toekomstscenario</b>	<b>RC</b>	<b>GE</b>	<b>Beperking t.o.v. basis</b>		
<b>Laag 1: Traditioneel</b>	€ 83.226.470.599	€ 112.244.458.239	<b>RC</b>	<b>GE</b>	
<b>Laag 2: Onbreekbaar</b>	€ 11.148.925.830	€ 16.258.605.951	86,6%	85,5%	
<b>Laag 2: Amfibisch</b>	€ 35.497.878.269	€ 37.426.206.345	57,3%	66,7%	
<b>Laag 2: Dryproof</b>	€ 72.773.482.266	€ 97.314.478.959	12,6%	13,3%	
<b>Laag 2: Wetproof</b>	€ 74.027.664.863	€ 100.094.550.037	11,1%	10,8%	
<b>Combi L1 &amp; Wet</b>	€ 7.603.813.170	€ 10.426.741.428	90,9%	90,7%	
<b>Combi L1 &amp; Dry</b>	€ 4.834.683.700	€ 6.212.399.044	94,2%	94,5%	

Tabel 3; samenvatting van schadebeperking met de combinatiescenario's

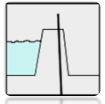
Hieruit blijkt dat wetproofing wellicht niet de beste methode is; de toegevoegde schadebeperking bedraagt slechts 4 % tegenover de 7 à 8 % die dryproofing nog kan bijdragen. Dat komt door de aard van dryproofing en wetproofing. De gemiddelde overstromingsdiepte is in dit scenario minder dan een meter. Dryproofing houdt al het water buitenshuis bij een inundatiehoogte tot een meter, bij wetproofing komt het bij de eerste 10 cm al binnen. Dit verschil verklaart waarom dryproofing in dit overstromingsscenario meer toegevoegde schadebeperking vertegenwoordigt dan wetproofing. Een combinatie met amfibische huizen is niet overwogen omdat amfibische huizen tot een waterhoogte van 1 meter hetzelfde effect hebben als dryproofing, terwijl dryproofing veel goedkoper is.



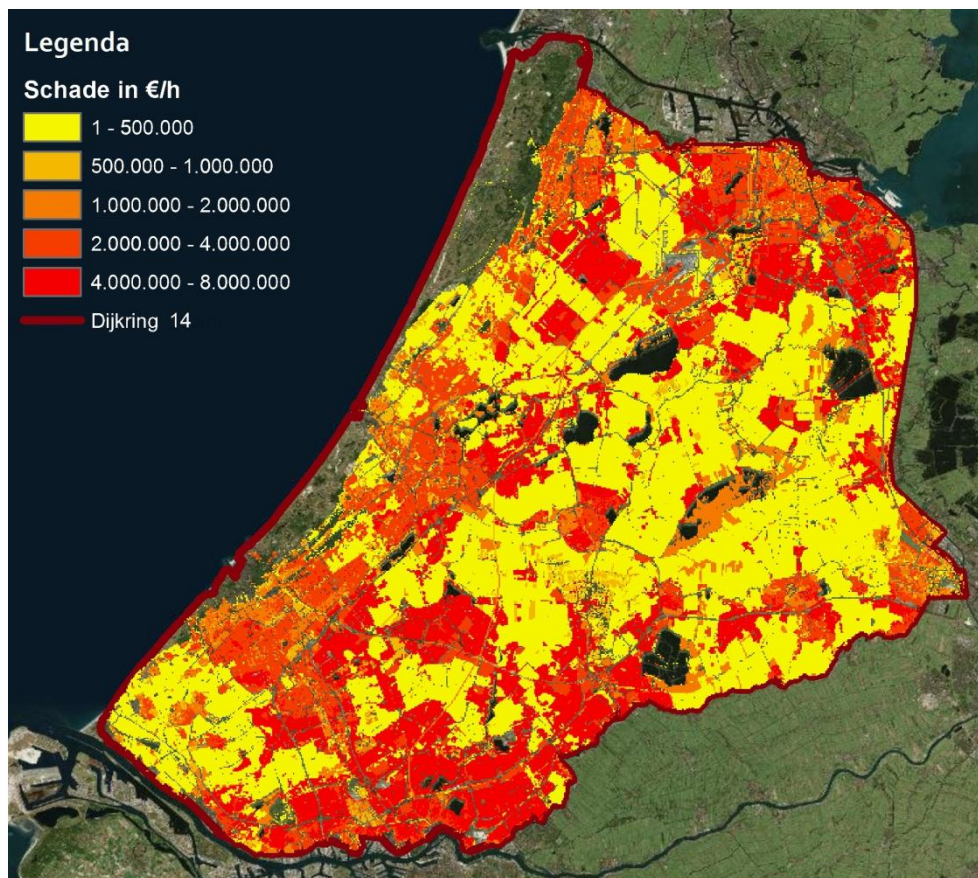
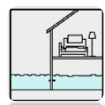
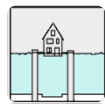
### 3.4.4 KWETSBARE GEBIEDEN



De gevaarlijkste plekken bevinden zich, misschien niet verwonderlijk, op de diepste plekken van de dijkring. Het kan door obstakels als boezemdijken of spoordijken echter gebeuren dat er eerst andere, minder diepe delen van de dijkring gevuld raken met een kleine laag water, alvorens het overloopt in de diepere gaten. Het is echter met dit model niet te zeggen waar dat zal gebeuren. De hier gepresenteerde kaarten moeten daarom vooral geïnterpreteerd worden als indicatie voor gebieden die gevaar lopen bij *grootschalige* overstromingen.

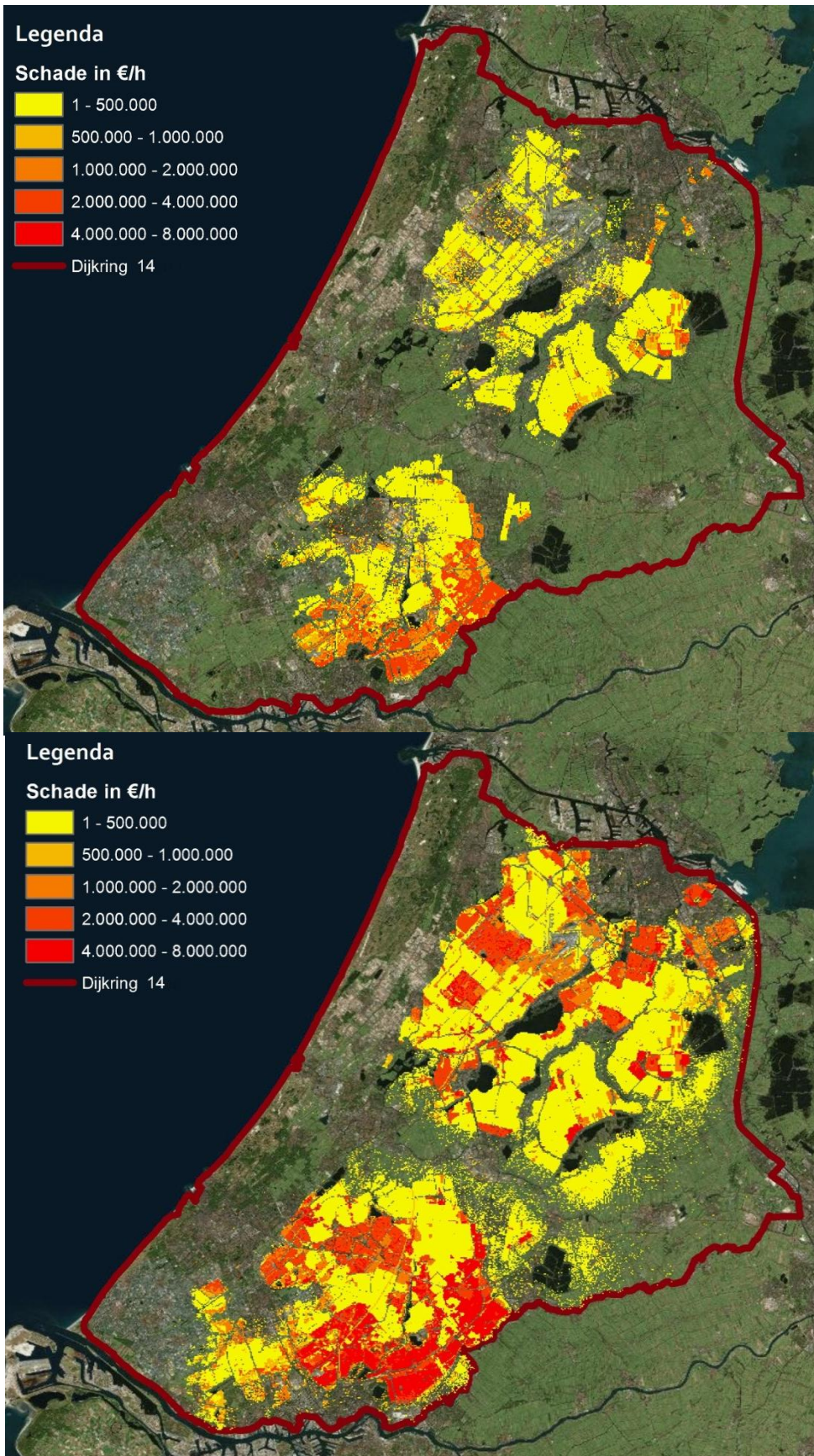
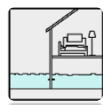
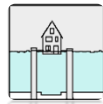
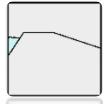
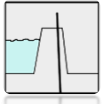


Locaties die veel schade zullen oplopen bij een overstroming bevinden zich 1) op diepe plekken in de dijkring en 2) op dichtbebouwde locaties. Diepe plekken zonder bebouwing zullen minder schade oplopen, evenals ondiepe bebouwde plekken. In figuren 13 en 14 op deze en de volgende bladzijde is te zien hoe de schade per locatie verschilt tussen het huidige beleid en twee mogelijke beleidsscenario's. De kleur duidt aan hoeveel directe materiële schade er per hectare verwacht kan worden. Niet alleen verschilt het oppervlak dat schade oploopt tussen de scenario's, ook de intensiteit van de schade verschilt sterk. Plaatsen die altijd schade zullen houden zijn het gebied ten noordoosten van Rotterdam en de polder Groot-Mijdrecht, ten zuidoosten van Amsterdam. Opvallend is dat Amsterdam in het basisscenario veel schade oploopt, maar bij andere beleidsscenario's bijna geheel buiten de schade valt.



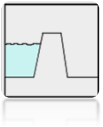
Figuur 18; schade in scenario 'Laag 1: Traditioneel' bij compleet vollopen



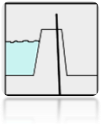


Figuur 19; schade in scenario 'Laag 2: onbreekbaar' bij semi-realistische overstroming (boven) en scenario 'Laag 1: traditioneel' bij semi-realistische overstroming (onder)

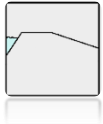
### 3.4.5 KOSTEN



De schade- en slachtofferberekening is één kant van de zaak. De andere pijler waar de optimale veiligheid op gebaseerd wordt bestaat uit de investeringskosten. Helaas waren er ten tijde van het uitvoeren van dit scriptieonderzoek geen kengetallen beschikbaar voor de kosten van alternatieve maatregelen zoals die hier in de beleidsscenario's worden uitgewerkt. Er waren wel schattingen van de kosten voor enkele maatregelen in laag 1 en 3, maar in het kader van een vergelijkingsonderzoek is het redelijk zinloos om het kostenaspect slechts deels uit te werken. Vandaar dat een complete berekening van de kosten:risicobeperking in dit rapport ontbreekt.



In een eerder, verkennend onderzoek naar meerlaagsveiligheid (ENW, 2012) had men echter wel beschikking over indicatieve kostencijfers voor alternatieve maatregelen. In genoemd rapport wordt allereerst geconcludeerd dat maatregelen in alle lagen in principe allemaal technisch haalbaar zijn. Dat aspect vormt geen belemmering voor het eventueel toepassen van die lagen. Qua effectiviteit verschillen de lagen echter wel. Laag 1 kan alle schade van een overstroming in één keer beperken, laag 2 beperkt slechts delen van de schade en delen van het aantal slachtoffers en laag 3 kan alleen maar slachtoffers beperken.



Daarbij komt dat de efficiëntie (hoeveelheid geld per risicobeperking) van lagen 2 en 3 volgens het ENW beduidend lager ligt dan die van laag 1. Uit de verschillende case studies die het ENW heeft uitgevoerd is gekomen dat maatregelen in laag 1 vrijwel altijd efficiënter zijn dan maatregelen in laag 2 of 3. Dit komt voort uit de schaalvoordelen die een dijk biedt. Hoe groter de dijkring, hoe meer land per geïnvesteerde euro beschermd kan worden. Een andere reden voor dit voordeel is dat maatregelen in laag 2 nog niet grootschalig zijn toegepast en daardoor nog relatief duur zijn. Of de kosten van deze alternatieve maatregelen in de toekomst significant zullen afnemen is niet bekend.



Mevrouw Nurmohamed van Hoogheemraadschap Delfland onderschrijft deze conclusie. Doordat met een dijk alle schade ineens wordt beperkt is dat vaak veel efficiënter dan bijvoorbeeld waterrobuust bouwen. Ook compartimenteren is altijd duurder dan de buitenste dijk nog wat sterker en hoger te maken.

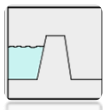


Kortom: in andere case studies, waar wel de mogelijkheid was om de risicobeperking tegen de investeringskosten af te zetten, is gebleken dat in veel gevallen laag 1 de beste keuze is om maatregelen te treffen. Op basis van deze conclusies is de keuze voor het nieuwe waterveiligheidsbeleid om in principe alleen de nieuwe normering toe te passen gerechtvaardigd. Dit kan echter in dit scriptieonderzoek niet bevestigd noch ontkend worden door het ontbreken van betrouwbare indicaties voor de investeringskosten van maatregelen in verschillende lagen.

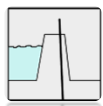


### 3.4.6 SLACHTOFFERANALYSE

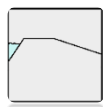
Voordat u verder leest wordt het aanbevolen om bijlage 6 te lezen. Bijlage 6: Evacuatie geeft uitleg over verschillende soorten evacuatie en beschrijft kort hoe de slachtofferanalyse in dit rapport is opgebouwd.



Bij een overstroming telt niet alleen de ontstane schade mee. Ook uiterst belangrijk is het aantal slachtoffers dat valt. In de uitvraag voor het nieuwe waterveiligheidsbeleid is daarom als hoofddoel gesteld dat iedere Nederlander hooguit een kans van 1:100.000 per jaar mag hebben om te overlijden als gevolg van een overstroming. Maatregelen die evacuatie bevorderen, maatregelen in laag 3, lijken uitermate geschikt om deze 'basisveiligheid' te garanderen. Immers, mensen die niet meer in het getroffen gebied zijn kunnen ook geen slachtoffer worden. Bovendien is evacuatie een (voor de overheid) goedkope maatregel (Terpstra et al., 2013). Om te zien wat laag 3 kan betekenen voor de basisveiligheid van inwoners in dijkkring 14 is los van het schademodel een evacuatiemodel ontworpen. Wederom gaat het hier om een verkenning van de mogelijkheden van evacuatie, en om onderlinge vergelijking. Daarom is het evacuatiemodel ook sterk vereenvoudigd ten opzichte van de modellen die in de uitgebreide studies naar dit onderwerp worden gebruikt.



Allereerst is het aantal inwoners binnen de dijkkring op dit moment (2014) geschat aan de hand van gegevens van het Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS). Voor de toekomstscenario's is dit getal vermenigvuldigd met de bevolkingsgroei zoals die gedefinieerd is voor beide toekomstscenario's (Global Economy en Regional Communities). Voor het RC-scenario betekent dat dat de bevolking niet verandert; er is sprake van lichte bevolkingskrimp (Dekkers, Koomen, Jacobs-Crisioni en Rijken, 2012) maar dat effect wordt in dit scenario gecompenseerd door de trek van het platteland naar de stad. Vandaar dat de aantallen slachtoffers van de huidige situatie en het RC-scenario in de resultaten niet verschillen. Voor het GE-scenario neemt de bevolking in dijkkring 14 evenredig toe met de bevolking van Nederland (16,5 miljoen tot 20 miljoen). In het GE-scenario is ook sprake van verstedelijking, maar vanwege onduidelijkheid over de grootte van dit effect is voor deze studie gekozen om dat effect te negeren. De hier gepresenteerde aantallen vallen daardoor waarschijnlijk wat lager uit dan ze in werkelijkheid volgens het GE-scenario zouden doen.

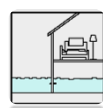


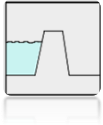
Deze inwonertallen zijn vervolgens vermenigvuldigd met evacuatiefracties en mortaliteitsfracties die gebaseerd zijn op recente literatuur over dit onderwerp (Maaskant, Kolen, Jongejan, Jonkman & Kok, 2009 en Kolen, Maaskant & Terpstra, 2013). Zie bijlage 6 voor een gedetailleerde beschrijving van dit proces.

Scenario	Bevolking in dijkkring 14
2009	5.847.000
2040 RC	5.847.000
2040 GE	7.309.000

Tabel 4; bevolking in dijkkring 14 per scenario

De evacuatiescenario's kunnen op elk beleidsscenario uit de schadeberekening toegepast worden. Veiligheidslaag 3 wordt in deze analyse namelijk gezien als een soort 'extra' die beleidsmakers, nadat de keuze voor investeringen in laag 1 of 2 is gemaakt, kunnen aanvinken. 'Chaotisch horizontaal' geldt voor alle scenario's waarin geen investering is gedaan in laag 3. Als er besloten wordt dat er geïnvesteerd wordt in laag 3, maar men past alleen horizontale evacuatie toe, geldt 'Perfect horizontaal'. Als er gekozen wordt voor investeringen in laag 3 en een optimale combinatie van horizontaal en verticaal evacueren geldt 'Perfect horizontaal en verticaal'. Er zijn twee bijzondere scenario's uitgewerkt. In 'Chaotisch horizontaal worst-case' wordt het aantal mensen dat in de auto stapt en vast komt te zitten fors verhoogd ten opzichte van 'Chaotisch horizontaal', in 'Amfibische huizen; perfect horizontaal en verticaal' zijn thuisblijvers veiliger omdat hun huis blijft drijven. In tabel 5 zijn de resultaten van de slachtofferanalyse samengevat. In de eerste twee rijen zijn de absolute aantallen dodelijke slachtoffers gegeven. Daaronder wordt getoond hoe groot dit deel is ten opzichte van alle inwoners van dijkkring 14.





	Chaotisch horiz. worst-case	Chaotisch horiz.	Perfect horiz.	Perfect horiz. en vertic.	Amfibische huizen Perfect horiz. en vertic.
Slachtoffers 2009/RC	38011	26464	18431	8374	4866
Slachtoffers GE	47514	33079	23038	10468	6082
% Slachtoffers 2009/RC	0,65%	0,45%	0,32%	0,14%	0,08%
% Slachtoffers GE	0,65%	0,45%	0,32%	0,14%	0,08%

Tabel 5; aantal doden en percentage van totaal aantal inwoners

Een slecht voorbereide evacuatie zorgt voor veel achterblijvers en veel dodelijke slachtoffers. Het aantal slachtoffers in het GE-scenario is in alle gevallen hoger omdat de bevolking in het GE-scenario groter is. Het verschil dat een goede voorbereiding van een evacuatie maakt is frappant; het aantal doden daalt met ruim een kwart. De maatregel die er echter uitspringt qua beperking van het aantal slachtoffers is verticale evacuatie. Een goed voorbereid evacuatiescenario waarin alle inwoners die horizontaal evacueren het gebied uit zijn vóór het water komt en de rest van de evacués een verticale vluchtroute kiest scheelt 70% aan doden ten opzichte van een onvoorbereid horizontaal evacuatiescenario. Met nog meer maatregelen (amfibische huizen) daalt het aantal slachtoffers nog verder, maar de toegevoegde waarde is niet meer zo groot.

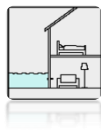
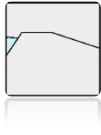
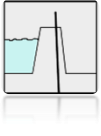
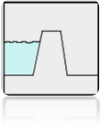
Er kan ook worden verondersteld dat de gehele bevolking, behalve de 'No Response-groep' (zie bijlage), probeert om het gebied uit te vluchten. Het wegennet kan zo'n grote vluchtelingenstroom niet aan en er ontstaan zeer lange files. Dat betekent dat een groot deel van die bevolking onderweg vast komt te staan en daar wordt verrast door het water. Stel dat de No Response 20% bedraagt, en de evacuatiefractie 10%, net als in het standaard 'Chaotisch horizontaal'-scenario. 70% van de inwoners komt dan ergens onderweg naar de grens van de dijkkring vast te zitten in het verkeer. Een deel (bijvoorbeeld 30%) kan misschien bij andere huizen onderweg een schuilplek vinden. Stel daarom dat 40% van de inwoners zich nog in of bij de auto bevindt als het water komt. Het aantal slachtoffers neemt dan drastisch toe: er vallen bijna anderhalf keer zoveel slachtoffers als in het normale 'Chaotisch horizontaal'-scenario, en 4,5 keer zo veel als bij perfect horizontaal en verticaal evacueren.

Uit deze evaluatie van evacuatiestrategieën blijkt dat er vooral veel winst te behalen valt in het vaststellen en inrichten van een evacuatieplan. Fysieke ingrepen als het aanleggen van amfibische huizen of het verbreden van wegen hebben slechts beperkt effect, en kosten bovendien ook veel meer (Terpstra et al., 2013). Het meest efficiënt is daarom om maatregelen in laag 3 puur op het organisatorische vlak te houden.

## BASISVEILIGHEID

Een interessante vraag in het kader van meerlaagsveiligheid is of laag 3 voldoende is om aan de basisveiligheid van inwoners in dijkkring 14 te beantwoorden. Het is namelijk de goedkoopste laag om maatregelen in te treffen. Met een rekenvoorbeeld is deze vraag snel beantwoord. In elk beleidsscenario dat in de case study wordt behandeld worden dijken in ieder geval op het gebied van faalmechanismen aangepakt, zodat het aannemelijk is om te zeggen dat er alleen een overstroming kan plaatsvinden als het water hoger komt te staan dan de dijk. De dijkkring is ontworpen op een overschrijdingskans van 1:10.000 per jaar, dus een overstroming komt eens in de 10.000 jaar voor. De norm voor basisveiligheid is een kans van 1:100.000 per jaar op overlijden, met andere woorden: een kans van 0,00001 per jaar. De kans om te overlijden tijdens de overstroming met het worst-case scenario is 0,0065. Dit is echter de kans tijdens die ramp om te overlijden.

Die ramp komt gemiddeld eens in de 10.000 jaar voor, dus moet dit getal eerst nog gedeeld worden door 10.000. De overlijdenskans voor inwoners van dijkkring 14 in het worst-case-scenario zijn dan 0,00000065, of ongeveer 1:1.500.000. Dat is ruim voldoende om aan de basisveiligheidsnorm te voldoen. Echter, hierbij is verondersteld dat de locatie van de bres geen invloed heeft op het aantal slachtoffers, wat in de realiteit wel degelijk speelt. Verder is aangenomen dat men enkele dagen van tevoren weet dat de overstroming zal plaatsvinden. Dat hoeft in werkelijkheid niet zo te zijn. De overlijdenskans zal door deze twee factoren in de echte wereld hoger uitvallen. Bovendien geldt dat door evacuatie alleen het aantal slachtoffers beperkt kan worden. De schade aan het gebied blijft hetzelfde. Alleen maatregelen treffen in laag 3 kan daarom nooit economisch optimaal zijn.



## 4: DISCUSSIE

Het is tijd om alles op een rijtje te zetten. Het oorspronkelijke doel van de minister voor het nieuwe waterveiligheidsbeleid was allereerst om het verouderde systeem te vervangen door een systeem dat meer aansluit bij de situatie anno 2014. Er moet een bepaalde basisveiligheid gegarandeerd worden, en het zou mooi zijn als er voor economisch optimale pakketten maatregelen gekozen kan worden. Om dit laatste te bewerkstelligen is het begrip 'meerlaagsveiligheid' geïntroduceerd. Het idee is dat de kosten van maatregelen laag kunnen blijven als er 'slimme combinaties' gemaakt worden met maatregelen uit de verschillende lagen.

In paragraaf 3.2 is eerst uiteengezet wat de verschillen tussen het oude en het nieuwe beleid zijn, gevolgd door een overzicht van een aantal mogelijke maatregelen die in het nieuwe, meerlaagse beleid toegepast zouden kunnen worden. Belangrijk is echter de vraag: hoe realistisch is het om te veronderstellen dat lagen 2 en 3 gebruikt gaan worden? Er zijn waarschijnlijk goede redenen waarom men in Nederland al een millennium lang dijken bouwt in plaats van huizen op palen. In de case study wordt bekeken wat de schadebeperking van deze maatregelen is afgezet tegen de kosten die men moet maken om de maatregelen te treffen.

### 4.1 HET NIEUWE BELEID

Op basis van verschillende literatuurstukken en de meningen van diverse experts die in dit rapport reeds de revue zijn gepasseerd kan een beeld geschetst worden van hoe het begrip 'meerlaagsveiligheid' in het nieuwe waterveiligheidsbeleid ingepast gaat worden, en hoe dat nieuwe beleid vorm gaat krijgen. In deze paragraaf een korte samenvatting van hoe dat er allemaal uit gaat zien.

Uit verkennend onderzoek en verschillende pilots is gebleken dat het inzetten van lagen 2 en 3 van de meerlaagsveiligheid op grote schaal economisch niet optimaal is. Het is in Nederland vrijwel altijd goedkoper om de risicobeperking met maatregelen uit laag 1 te realiseren. Men wil echter wel de mogelijkheid openhouden om andere lagen in uitzonderingsgevallen toe te passen. Voordat in deze gevallen laag 1 vervangen mag worden door laag 2 of 3 moet eerst toestemming komen van de minister, in alle andere gevallen gaat de nieuwe normering gelden. Mensen zullen misschien gestimuleerd gaan worden om bij nieuwbouw zelf waterrobuust in te richten, evenals dat er wellicht een verbod komt op het plaatsen van nieuwbouw op hele diepe plekken.

De nieuwe, economisch optimale, normering die de kern van het nieuwe beleid gaat vormen is berekend op basis van MKBA WV21 (Deltares, 2010) en LIR (Klijn et al., 2013), en ziet er naar alle waarschijnlijkheid uit als in figuur 20. Op veel plekken gaat een hogere norm gelden. Voor de nieuwe normering worden verder de faalmechanismen in zoverre tegengegaan dat een dijk niet meer door kan breken voordat het water hoger komt te staan dan de kruin van de dijk.

Er wordt ruimte ingebouwd voor klimaatverandering (Deltacommissie, 2013). Dat betekent dat er verschillende mogelijke paden voor klimaatverandering zijn gedefinieerd, op basis waarvan o.a. de eisen aan de kruinhoogte van de keringen worden berekend. Voor nu wordt uitgegaan van het meest ongunstige pad (hoge mate van zeespiegelstijging, hoge extreme rivierafvoeren), wanneer in de toekomst blijkt dat de werkelijke klimaatverandering een lager pad volgt worden de eisen aan kruinhoogte van de dijken overeenkomstig verlaagd.

Overigens geldt dit alles alleen voor de primaire keringen. Volgens ir. Nurmohamed van Hoogheemraadschap Delfland zal er pas na 2025 begonnen worden met onderzoeken hoe dit beleid doorgang kan vinden in het ontwerpen van regionale en lokale keringen. Rond 2050 zal het nieuwe beleid pas weer herzien gaan worden.



Figuur 20; waarschijnlijke definitieve nieuwe normering voor primaire keringen. Deze normen gelden als alleen maatregelen in laag 1 getroffen worden. Normen zijn op sommige plaatsen hoger dan ze ooit geweest zijn; met kansen als 1:30.000 en 1:100.000 per jaar. Deze kaart is afkomstig uit het synthesesdocument 3.0 van Deelprogramma Veiligheid voor DP2015.

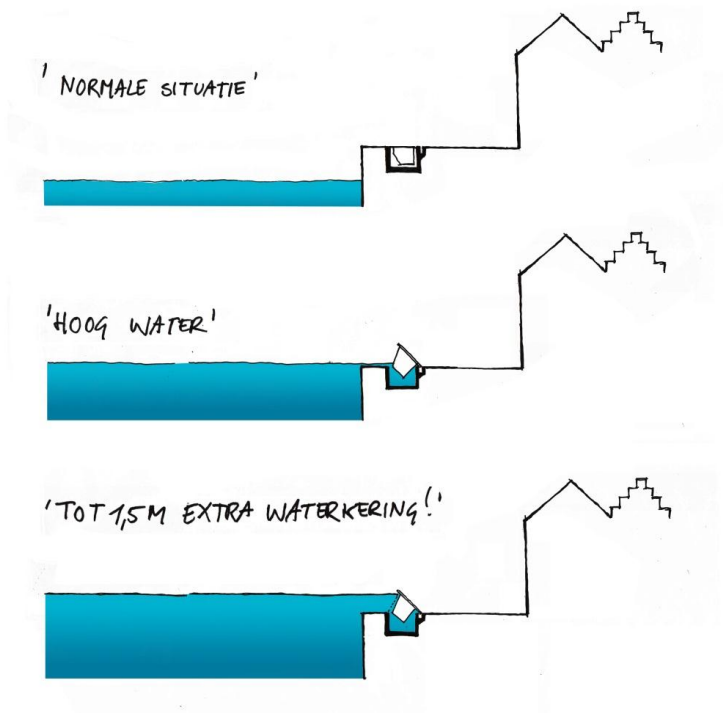
#### 4.1.2 GEVOLGEN VOOR DE DAGELIJKSE OMGEVING

De koers die het nieuwe waterveiligheidsbeleid heeft genomen betekent dat meerlaagsveiligheid wat meer op de achtergrond zal spelen dan aanvankelijk werd gedacht. Dat gaat men terugzien in het landschap. Er zullen geen huizen op zes meter hoge palen gebouwd gaan worden, de kelder en kruipruimte worden niet vervangen door piepschuim en de voordeur wordt niet waterdichte gemaakt. Er komen waarschijnlijk geen speciale, verhoogde wegen om bij overstroming het gebied uit te kunnen. Eigenlijk verandert er in het Nederlandse landschap niet zo veel.

De enige plaatsen waar wel veranderingen plaats gaan vinden zijn langs het water dat ons land bedreigt. Op plekken waar een hogere normering gaat gelden zal de dijk worden opgehoogd. Dat kan dankzij klimaatverandering zelfs gebeuren op plaatsen waar de normering hetzelfde blijft. Om faalmechanismen tegen te gaan zullen er op veel plaatsen bredere bermen tegen de dijken aangelegd worden, of worden er damwanden in de dijk geslagen. Op plaatsen waar wordt overgegaan op een praktisch onbreekbare dijk kunnen ingrijpende veranderingen plaatsvinden. Dit soort dijken kan de vorm aannemen van een zeer brede

dijk, waarop bebouwing mogelijk is. Het is, in gevallen van beperkte ruimte, echter ook mogelijk dat er gekozen wordt voor technische oplossingen in plaats van oplossingen in grond. De dijk zal dan niet (veel) breder worden, maar versterkt met een ander type berm en/of damwanden in de dijk. Anti-overstromingsmuren zijn ook denkbaar, vooral in stedelijk gebied.

De verwachting is dat de techniek steeds innovatievere oplossingen aanraagt om water buiten de dijken te houden. Een voorbeeld hiervan is de vlotterkering. Dit is een kering die het grootste gedeelte van de tijd onzichtbaar is, maar bij hoogwater uit zichzelf omhoog komt en tot 1,5 meter extra dijkhoogte biedt. Deze maatregel is duurder dan uitvoering in grond, maar het zou een uitkomst kunnen zijn in stedelijk gebied of op plekken waar omwonenden klagen dat een dijkverhoging hun uitzicht belemmert.



Figuur 22; werking van de vlotterkering. Bron: Dura Vermeer



Figuur 21; proefopstelling van de vlotterkering. Bron: Dura Vermeer



## 4.2 ...OR IS IT?

De kern van het nieuwe beleid worden dus maatregelen in laag 1. Er is een nieuwe, optimale normering ontworpen. De dijken worden verhoogd of versterkt waar dat volgens de nieuwe eisen nodig is en over veertig jaar moeten de normen misschien weer licht aangepast worden.

De conclusie van de nieuwe Deltacommissie lijkt overeen te komen met de resultaten van de case study in deze scriptie. Uit de case study blijkt weliswaar dat maatregelen in laag 2 zeer effectief kunnen zijn om schade te beperken, maar er kleven vaak praktische nadelen aan. Zo is het onmogelijk om alle bestaande woonhuizen in Nederland amfibisch te maken, dan zou het gebouw eerst gesloopt of verplaatst moeten worden teneinde een drijflichaam tussen het gebouw en de fundering te kunnen plaatsen. Een dergelijke ingreep kost meer dan de vervangingswaarde van het gebouw zodat maatregelen uit laag 2 alleen interessant zijn voor nieuwbouw.

Dryproofing en wetproofing, ook opties uit laag 2, kunnen daarentegen ook in bestaande bouw toegepast worden. Deze maatregelen zijn echter beperkt in hun effectiviteit. Dryproofing biedt alleen uitkomst als een gebouw minder dan 1 meter onder water kan komen te staan, bij wetproofing geldt 3 meter als bovengrens. In dijkkring 14 is de gemiddelde waterstand 3,6 meter waardoor deze maatregelen laag 1 niet kunnen vervangen.

Onderzoeken naar de mogelijkheden van meerlaagsveiligheid ondersteunen het standpunt van de nieuwe Deltacommissie. 'Meerlaagsveiligheid nuchter bekeken' van het Expertisenetwerk Waterveiligheid (ENW, 2012) bijvoorbeeld stelt dat, om de veiligheid van gebouwen en mensen in Nederland te garanderen, het al snel goedkoper is om extra maatregelen bij de dijken te nemen dan om bijvoorbeeld het gebied deels op te hogen. Daar komt bij dat met maatregelen in laag 2 alleen de directe, materiële schade aan het beschermde gebouw beperkt wordt. Al het omringende land en alle gebouwen die niet zijn aangepakt krijgen de volledige schade te verduren. Dat zal alsnog leiden tot bedrijfsuitval en productieverlies, met alle financiële gevolgen van dien (ENW, 2012).

Ir. Nurmohamed, senior beleidsadviseur bij Hoogheemraadschap, heeft al meermalen kritisch naar het concept meerlaagsveiligheid bij overstromingen gekeken. Zij is tot de conclusie gekomen dat grootschalige investeringen in laag 2 om maatregelen in laag 1 uit te sparen in Nederland zinloos zijn. Dezelfde toename in veiligheid kan vrijwel altijd goedkoper met laag 1 bereikt worden.

De Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer (STOWA) heeft onlangs (5 juni 2014) een informatie-uitwisselingsdag voor bestuurders en beleidsmedewerkers georganiseerd over de kansen en beperkingen van meerlaagsveiligheid. De consensus was wederom: lagen 2 en 3 zijn niet geschikt om in Nederland laag 1 compleet te vervangen.

Toch lijkt het erop dat al deze partijen de kansen van bijvoorbeeld doorbraakvrije dijken niet naar waarde schatten. De resultaten van de case study op dit gebied wijken significant af van bovenstaande; er blijken grote schadebeperkingen behaald te kunnen worden, die bovendien voor het gehele achterland gelden. Dat komt omdat de nieuwe normering hét grote voordeel van een doorbraakvrije dijk, de veel lagere instroomsnelheid, niet benut. Recent onderzoek naar de doorbraakvrije dijk (Klijn et al., 2014\*) heeft uitgewezen dat door die lagere instroomsnelheid de normhoogte vaak juist omlaag kan, wat tot een andere optimale normering leidt.

Dat heeft grote gevolgen voor de kosteneffectiviteit van de doorbraakvrije dijk. Genoemd onderzoek wijst uit dat een traditionele dijk met een hoge norm of een doorbraakvrije dijk met een lage norm ongeveer evenveel kosten voor dezelfde risicobeperking. Een doorbraakvrije dijk heeft echter veel meer extra voordelen, zoals een grotere reactietijd en minder herstelkosten na overstroming. Een combinatie van doorbraakvrije dijken met andere schadebeperkende maatregelen, die hierboven zijn afgeschreven vanwege het niet compleet

\* Deze informatie is afkomstig uit een voorlopig rapport. Het is niet zeker dat in het definitieve rapport dezelfde conclusies worden getrokken

kunnen vervangen van laag 1, kan dan zelfs kansrijk worden. Deze manier van toepassen van een doorbraakvrije dijk wordt in de literatuur die ten grondslag ligt aan het nieuwe beleid niet overwogen, en dat is een gemiste kans. Doorbraakvrije dijken worden in de plannen voor het nieuwe beleid wel genoemd, maar dan altijd als toepassing naast de nieuwe normering. Als een dijk volgens de nieuwe normering opgehoogd moet worden en daarna nog eens doorbraakvrij gemaakt moet worden scoort de doorbraakvrije dijk uiteraard slecht op kosteneffectiviteit.

Bij het ontwerpen van de nieuwe normering is geen integraal onderzoek uitgevoerd waarin bewust gezocht werd naar een (optimale) combinatie van maatregelen. Het lijkt alsof meerlaagsveiligheid is geïnterpreteerd als het *vervangen* van maatregelen in laag 1, terwijl de kracht van meerlaagsveiligheid juist zou moeten liggen in de *combinatie* van maatregelen in verschillende lagen. Op basis van deze interpretatie zou inderdaad geconcludeerd kunnen worden dat lagen 2 en 3 nauwelijks toepasbaar zijn in het nieuwe beleid. Dat zou kunnen verklaren waarom de nieuwe normering is berekend vanuit het standpunt dat aan alle veiligheidseisen met maatregelen uit laag 1 moet worden voldaan.

Bij laag 3 speelt een vergelijkbare discussie. Laag 3 heeft alleen effect op het aantal slachtoffers, en niet de schade. Daardoor is laag 3 ongeschikt om maatregelen uit laag 1 compleet te vervangen. Daarbij komt dat de nieuwe normering voor laag 1 al voldoende is om zonder andere maatregelen aan de basisveiligheidseis van een overlijdenskans van 1:100.000 per jaar te voldoen. De ontwerpers van het nieuwe beleid zijn van mening dat het ontwerp dat er nu ligt optimaal is, en dat daarom het 'voor de zekerheid' treffen van extra maatregelen in laag 3 per definitie suboptimaal is. Bovendien is laag 3 voor een overstroming met een terugkeertijd die in de duizenden jaren loopt hoogst onpraktisch. Generatie na generatie moet bewust gemaakt worden van de risico's van onder zeeniveau wonen. Evacuatieplannen moeten constant aangepast blijven worden. De aandacht voor evacuatie zal waarschijnlijk na enkele decennia verslappen (ENW, 2012), terwijl met laag 1 alleen de dijken op hoogte gehouden moeten worden.

Toch gaan er stemmen op om die laag 3 te realiseren. Ook uit de case study blijkt dat, terwijl technische oplossingen veel geld kosten en weinig slachtoffers besparen, organisatorische oplossingen in laag 3 een hoog slachtofferreductie/kosten-rendement halen. Naast dit argument kan ook de vraag gesteld worden of het standpunt van de Deltacommissie een ethisch acceptabele redenatie is. Wil men op economisch optimale manier (laag 1) bepaalde, door een minister vastgestelde doelen (1:100.000 per jaar) halen, of wil men ten alle tijden zoveel mogelijk mensenlevens redden? In het laatste geval zal er ook in laag 3 geïnvesteerd moeten worden, hoe suboptimaal dat ook mag lijken.

Uit deze paragraaf blijkt dat bij de '*standaard*' oplossingen uit laag 2, zoals wetproofing, dryproofing, huizen op palen of amfibische huizen, de argumenten opgaan die voor maatregelen in laag 1 pleiten. Op het gebied van de meer '*alternatieve*' oplossingen als de doorbraakvrije dijk en evacuatieplannen wringt het echter. En, zoals uit de volgende paragrafen zal blijken, dat is niet het enige aspect waar nog ruimte is voor verbetering.

### 4.3 INVESTERINGEN

Er zijn nog meer kanttekeningen te plaatsen bij hoe optimaal de nieuwe normering en het nieuwe beleid eigenlijk zijn. De hoogte van de optimale investering wordt aan de hand van de vermeden schade van die investering berekend. Een investering is niet meer optimaal als hij meer kost dan hij in schade vermijdt. We nemen de grootste schade die uit de schadeberekeningen van deze scriptie is gekomen; €469 miljard. Stel dat deze overstroming een kans van 1:10.000 per jaar op voorkomen heeft. Gemiddeld komt de overstroming dan eens in de 10.000 jaar voor, waaruit volgt dat de veroorzaakte schade €469 miljard/10.000 = €46,9 miljoen per jaar is. Het lijkt vanuit de theorie van het economisch optimum logisch om te zeggen dat er dan €46,9 miljoen per jaar in maatregelen geïnvesteerd mag worden om het risico zoveel mogelijk te beperken.

In het ontwerp van de nieuwe normering werkt het echter een beetje anders. Allereerst kan er nooit 100 % veiligheid gegarandeerd worden. Er blijft altijd een kleine kans bestaan dat er een overstroming plaatsvindt, hoeveel geld er ook aan maatregelen wordt uitgegeven: het restrisico. Het optimale investeringsniveau zal door het restrisico nooit gelijk zijn aan de maximale vermeden schade. Als de maximale schade gemiddeld €46,9 miljoen per jaar is ligt het optimum bijvoorbeeld bij €40 miljoen per jaar. Het restrisico is dan €6,9 miljoen per jaar.

€40 miljoen per jaar lijkt dan een logische optimale investering. Bij MKBA WV21 werkt het echter anders. Bij het plannen van investeringen die baten op de lange termijn hebben wordt er vaak een zogenaamde kosten-batenanalyse uitgevoerd. In zo'n analyse worden zoveel mogelijk kosten en baten in hun geldwaarde omgezet, zodat vergeleken kan worden of de baten wel tegen de kosten opwegen. De baten zijn in het geval van overstromingsrisico het vermeden risico (schade per jaar, dus niet de totale vermeden schade), de kosten zijn de investeringskosten voor de maatregelen. De moeilijkheid zit hem erin dat toekomstige kosten en baten in zo'n analyse minder waard zijn dan kosten en baten in het heden.

De redenatie hierachter is als volgt. Mensen hebben liever nu een euro dan dat ze hem over een jaar ontvangen. Als ze nu een euro krijgen en die op de bank zetten ontvangen ze immers rente over die euro en hebben ze over een jaar een euro plus rente, in plaats van slechts een euro. Het werkt hetzelfde met overheden die grote bedragen moeten uitgeven. Liever wachten ze tien jaar met een groot bedrag uitgeven, want in die tien jaar ontvangen die overheden rente over het grote bedrag. Om dit effect te verwerken wordt er 'verdisconteert': toekomstige waarde wordt omgezet naar hedendaagse waarde. Het is vergelijkbaar met het rekenen met wisselkoersen, alleen reken je hier niet tussen de valuta's van twee landen maar tussen de valuta's van twee tijden.

De hedendaagse waarde van toekomstige kosten of baten wordt 'netto contante waarde' genoemd. Om de netto contante waarde te berekenen wordt gebruik gemaakt van de 'discontovoet'. De discontovoet is, net als een rentepercentage of het inflatiepercentage, een percentage per jaar die waardevermindering uitdrukt. Als je geld op de bank hebt staan neemt je vermogen elk jaar met een bepaald percentage toe door de rente; door de discontovoet worden toekomstige baten en kosten elk jaar dat ze verder in de toekomst liggen minder waard in het heden. In formulevorm ziet dat er zo uit:

$$\textit{netto contante waarde} = \frac{\textit{toekomstige waarde}}{(1+\textit{discontovoet})^{\textit{tijd in jaren}}}$$

De toekomstige waarde wordt gedeeld door het getal 1 plus de discontovoet (bijvoorbeeld 4,6%:  $1+0,046=1,046$ ) tot de macht tijd. Tot de macht tijd moet omdat de waarde elk jaar minder waard wordt met een percentage van het bedrag dat elk jaar overblijft, niet met een percentage van het beginbedrag. Deze rekenmethode is vergelijkbaar met die van rente op een rekening.

Bescherming tegen overstroming is bij uitstek een voorbeeld van het *nu* maken van kosten om eventuele schade in de (verre) *toekomst* te vermijden. Hoe hoog de 'optimale' investering is, en daarmee hoe hoog het 'optimale' veiligheidsniveau, wordt in sterke mate bepaald door de waardering van die toekomstige baten. Laten we dit bekijken aan de hand van een eenvoudig rekenvoorbeeld. Laten we aannemen dat er dit jaar nog investeringen gedaan moeten worden om dijkkring 14 de komende 100 jaar veilig te houden. Waterbeheerders werken namelijk liever maar één keer aan een dijk dan dat ze elke vijf jaar moeten terugkomen. De vermeden schade stellen we op €40 miljoen per jaar, de overstromingskans op 1:10.000 en het restrisico is €6,9 miljoen per jaar (zie eerder deze paragraaf). Alle investeringen om de dijkkring veilig te houden worden dit jaar nog gedaan, daartegenover staan de baten: de vermeden schade per jaar opgeteld over de 100 jaar dat er geen werkzaamheden meer hoeven te worden verricht. De 'optimale' investering die dit jaar gedaan mag worden is volgens het principe van het economisch optimum gelijk aan de som van de vermeden schade. In tabel 6 wordt deze optimale investering voor verschillende hoogten van de discontovoet uitgerekend.

Discontovoet	Gemiddeld per jaar	Percentage van discontovoet = 0 %	Totaal investeringen voor komende 100 jaar	NCW van jaar 100
5,5 %	€ 7.562.709	19 %	€ 763.833.576	€ 189.153
3 %	€ 12.910.458	32 %	€ 1.303.956.214	€ 2.081.314
2,5 %	€ 14.896.675	37 %	€ 1.504.564.211	€ 3.385.895
1 %	€ 25.357.972	63 %	€ 2.561.155.151	€ 14.788.448
0 %	€ 40.000.000	100 %	€ 4.040.000.000	€ 40.000.000

Tabel 6; het effect van de discontovoet op de 'optimale' investering. In de eerste kolom staat de gekozen discontovoet, in de tweede kolom de optimale investering gemiddeld over 100 jaar, in de derde kolom hoeveel procent de optimale investering is van de situatie waarin niet wordt verdisconteerd, in de vierde kolom het totaal aan investeringen dat dit jaar gedaan mag worden om het gebied voor de komende 100 jaar veilig te houden en in de vijfde kolom de netto contante waarde van de €40.000.000 vermeden schade in 2114.

In de MKBA WV21, waarop de nieuwe normering in het voorstel van Deelprogramma Veiligheid voor het nieuwe waterveiligheidsbeleid op is gebaseerd, wordt een discontovoet van 5,5 % gehanteerd. Er wordt dan de komende 100 jaar niet gemiddeld €40 miljoen uitgegeven, maar €7,5 miljoen. De totale investering die dit jaar gedaan wordt om de dijkkring voor de komende 100 jaar veilig te maken is €764 miljoen, in vergelijking met €4 miljard als de discontovoet 0% zou zijn scheelt dat 81 %. Het 'optimale' veiligheidsniveau is met een hogere discontovoet al snel veel lager. Het zal dan ook niet verbazen dat de laatste tijd redelijk wat discussie is geweest over de hoogte van de discontovoet. Zoals gezegd is deze in de MKBA WV21 5,5 %, in Frankrijk is dat 4 % en in het Verenigd Koninkrijk 3,5 %. In de laatste twee landen verandert de discontovoet echter als er over de hele lange termijn gepraat wordt. In Frankrijk daalt hij dan tot 3 %, in het VK zelfs tot 1 % (Werkgroep actualisatie discontovoet, 2007). In Nederland is de officiële discontovoet inmiddels op 2,5 % gezet. Aangezien de MKBA met 5,5 % werkt is die normering daarom nu al verouderd.

In Nederland wordt de discontovoet voor overheidsprojecten door het kabinet vastgesteld. Deze wordt gebaseerd op het gemiddelde rentepercentage over een bepaalde periode. Hoe hoger de discontovoet, hoe minder veiligheid in de toekomst wordt gewaardeerd en hoe minder er in veiligheid geïnvesteerd wordt. Het gebruiken van een discontovoet op een tijdschaal van overstromingen lijkt echter erg kunstmatig. Er gaan daarom stemmen op om de discontovoet voor overstromingen op 0% te zetten. Uiteindelijk is de hoogte van de discontovoet een politieke, morele en/of ethische kwestie. Er worden nu beslissingen genomen die niet alleen onze veiligheid tegen overstromingen bepaalt, maar ook die van onze kinderen, kleinkinderen, achterkleinkinderen, en nog enkele generaties verder. Als er voor een discontovoet van meer dan 1 % wordt gekozen wordt hun veiligheid daarmee minder gewaardeerd dan onze eigen veiligheid. Is dat moreel goed te praten?

#### 4.4 WAARDERING VAN ONZEKERHEID

Een andere vraag die bij het nieuwe beleid gesteld kan worden is: wat moeten we met normen die richting de 1:100.000 gaan? Wat moet je je voorstellen bij een overstroming met zo'n terugkeertijd? Bij het modelleren van overstromingen is sprake van veel onzekerheden. Dat komt omdat bij het modelleren veel verschillende voorspellingen bij elkaar komen; er is vanwege gebrek aan veel grootschalige overstromingen weinig sprake van echte metingen. De totale onzekerheid van een overstromingsmodel is daardoor een soort optelsom van onzekerheid in (toekomstig) landgebruik, onzekerheden in de schadecurven, onzekerheid in de waarde van objecten, onzekerheid in het gedrag van water, onzekerheid over de locatie en karakteristieken van de bres en onzekerheid over de uiteindelijke waterdiepte (De Moel & Aerts, 2011). Door al deze onzekerheden kan het hoogste schadecijfer vijf tot zes keer groter zijn dan de laagste schatting. Dit zorgt ervoor dat absolute cijfers over schade door overstromingen zeer voorzichtig gepresenteerd moeten worden.

Als we het hebben over overstromingsrisico wordt de onzekerheid nog groter. Bij risico speelt immers ook de kans op het voorkomen van een overstroming (risico=kansxgevolg). In Nederland zijn de normen zo hoog (eens in de 10.000 jaar) dat het lastig is om met zekerheid te zeggen hoe hoog het water precies staat bij een rivierafvoer of storm die eens in de 10.000 jaar voorkomt. Waterstanden die eens in de twee jaar voorkomen kunnen we redelijk precies benoemen; de bestaande meetreeksen van 200 jaar of meer zijn daar lang genoeg voor. De waterstand van eens in de 200 jaar wordt al moeilijk, laat staan eens in de 10.000 jaar. De onzekerheid is groot. En dan hebben we het nog niet gehad over ruimtelijke veranderingen die op een langere termijn spelen. Klimaatverandering, verharding van het stroomgebied en andere landschapsveranderingen zijn belangrijke factoren die de kans op een waterstand ernstig kunnen beïnvloeden.

De onzekerheid omtrent overstromingsrisico betekent dat met 90 % zekerheid gezegd kan worden dat het werkelijke risico zich tussen 12 x lager en 7 x hoger dan het midden van de schattingen bevindt (De Moel, 2012). Dit houdt in dat het naarmate de norm voor een dijkkring hoger wordt steeds onzekerder is wat de gevolgen zullen zijn wanneer de dijk het echt een keer niet meer houdt. En houd daarbij in gedachten dat een norm van 1:1.000.000 niet betekent dat een hoogwater van die grootte niet pas over een miljoen jaar plaatsvindt. Dat kan net zo goed volgend jaar gebeuren. Dijkkring 14 kan dus volgend jaar overstromen als gevolg van een hoogwater waarvan de grootte en gevolgen een stuk hoger kunnen uitpakken dan verwacht. Overigens moet gezegd worden dat de gevolgen ook een stuk kleiner kunnen zijn dan verwacht.

Door deze onzekerheid is het te verdedigen dat het misschien veiliger is om de normering van dijken lager te houden (bijvoorbeeld eens in de 100 jaar) en te accepteren dat er vaker overstromingen plaatsvinden. Het is veiliger omdat men redelijk zeker weet wat men van een dergelijke overstroming kan verwachten, waardoor de gevolgen te overzien zijn en het landschap er optimaal op aangepast kan worden. Dit is een vorm van het waarderen van onzekerheid; mensen kennen dan een hoge waarde toe aan zekerheid over de gevolgen van een overstroming.

Verzekeringsmaatschappijen leven van de waardering van onzekerheid. Ze kunnen alleen bestaan als veel mensen gedurende hun leven meer premie afdragen dan ze van de verzekering terugkrijgen. Mensen willen 'gewoon het risico niet lopen'. Een ander voorbeeld de vraag of iemand liever een zeker jaarlijks inkomen van €30.000 wil hebben of een heel onzeker inkomen van €100.000 per jaar. Veel mensen hebben liever een lager, maar vast salaris dan slechts een kans op een groot bedrag.

Vanuit dit standpunt bekeken hebben Nederlanders misschien liever wat vaker een kleine overstroming dan af en toe een hele grote. Op de kleine kan men zich dan met grote zekerheid optimaal voorbereiden, de grote blijft tenslotte omgeven door grote onzekerheden. Dit pleit wederom in het voordeel van veiligheidslagen 2 en 3.

## 4.5 BEPERKINGEN

Dit onderzoek heeft zich gericht op het verzamelen en op een begrijpelijke manier bundelen van zoveel mogelijk informatie over het oude en nieuwe waterveiligheidsbeleid in Nederland. Voor dit onderzoek was twee maanden tijd gereserveerd. Om het doel binnen de gestelde tijd te kunnen realiseren zijn er bepaalde keuzes gemaakt die ertoe hebben geleid dat sommige resultaten niet zo valide zijn als anders mogelijk was geweest. Dit rapport gaat namelijk over onderzoek naar een natuurlijk onderwerp, en daarbij is altijd sprake van onzekerheden.

Bij de literatuurstudie spelen onzekerheden geen grote rol. Een deel daarvan gaat over het beleid in Nederland, en beleid is een kwestie van afspraken tussen mensen. Een afspraak is er of hij is er niet, daar kan weinig onzekerheid over bestaan. Om er zeker van te zijn dat het hier gestelde klopt met wat er komende september gepubliceerd gaat worden is er gebruik gemaakt van een groot aantal bronnen, waaronder zoveel mogelijk documenten die ook zijn gebruikt als bron voor de (tussentijdse) rapporten van de nieuwe Deltacommissie. Door het bezoeken van verschillende informatie-uitwisselingsbijeenkomsten en het houden van een vraaggesprek met een specialist is geprobeerd om opinies van zoveel mogelijk betrokken partijen te horen en mee te nemen in dit onderzoek. Natuurlijk kunnen er nog details veranderen in de periode tot het uiteindelijke beleid in werking treedt, maar ik ben van mening dat er weinig onzekerheid over kan bestaan dat de grote lijnen worden zoals ze in dit rapport zijn gepubliceerd.

Om de voor- en nadelen van meerlaagsveiligheid in beeld te brengen is ook vertrouwd op bestaande literatuur en op het horen van meningen van ervaringsdeskundigen. Hier is gepoogd de onzekerheidsfactor te verkleinen door uit zoveel mogelijk verschillende bronnen te kiezen. Natuurlijk was het ondoenlijk om alle bronnen hierover door te nemen en in dit rapport samen te vatten. Dat betekent dat er belangrijke feiten of cijfers over het hoofd gezien kunnen zijn, wat de conclusie over meerlaagsveiligheid zou kunnen beïnvloeden. Dit is geprobeerd te ondervangen door de zaak van zoveel mogelijk kanten te belichten.

De onzekerheden in dit onderzoek concentreren zich in de case study. Bij het modelleren van schade moeten vrij veel aannames gedaan worden. Deze aannames betreffen bijvoorbeeld de instroomsnelheid van het water, de duur van het hoogwater, de manieren waarop water schade aan het landschap toebrengt, maar ook hoe Nederland er over 26 jaar qua ruimtelijke inrichting uitziet en hoe het klimaat tegen die tijd is. Niet alleen moeten deze aannames gebaseerd zijn op onderzoek in de echte wereld om een enigszins realistisch resultaat te geven, het liefst heeft dat onderzoek allemaal voor het studiegebied en voor de gesimuleerde omstandigheden plaatsgevonden. Zaken als kwetsbaarheid voor overstromingen kunnen immers per regio verschillen, en het heeft weinig zin om de variabelen van een andere regio toe te passen als die niet voor het studiegebied gelden. Bij deze case study is het gelukt om (vrijwel) alle gegevens voor Nederland specifiek te krijgen, een aantal zelfs specifiek voor dijkkring 14 (de evacuatiefracties bijvoorbeeld). Alle aannames zijn zoveel mogelijk op literatuur en eerder onderzoek gebaseerd, anders is bij het presenteren van de resultaten vermeld dat het om een rekenvoorbeeld gaat. Hoe specifiek die aannames echter ook voor het onderzoeksgebied zijn, er blijven nog steeds onzekerheden mee verbonden. De onzekerheidsmarges die bijvoorbeeld in paragraaf 4.4 geciteerd worden uit De Moel (2012) en De Moel & Aerts (2011) gelden voor deze scriptie absoluut ook.

Er zijn diverse geavanceerde overstromingsmodellen beschikbaar om overstromingen mee door te rekenen. Deze houden rekening met diverse factoren, zoals het stroomgedrag van water door een bebouwde omgeving, obstakels die in de weg staan, de manier waarop een bres ontstaat en zich ontwikkelt, enzovoort. Gezien de beschikbare tijd was het onmogelijk om voor dit onderzoek een dergelijk model aan te leren en in te richten om te gebruiken. In plaats daarvan is gekozen voor een vereenvoudigde benadering. Het nadeel daarvan is dat deze benadering ons niet de gelegenheid biedt om het overstromingsgedrag zeer gedetailleerd

in beeld te brengen. Zaken als obstakels en stroomgedrag konden in de gebruikte methode helaas niet worden meegenomen. Dit is wel direct de grootste tekortkoming van het gebruikte model.

Deze beperkingen aan de case study betekenen echter niet dat de resultaten ervan nietszeggend zijn. Veel aspecten van een overstroming konden namelijk toch in het model verwerkt worden. Bresgrootte en -vorming zijn bijvoorbeeld teruggekomen in de definitie van de instroomsnelheid van het water. De schadecurves in deze studie komen voort uit de curves die al in eerdere, geavanceerdere studies naar schade door overstromingen in Nederland zijn gebruikt. Bovendien zijn onzekerheden in deze factoren veelal ondervangen door beleidsscenario's slechts binnen één overstromings- of toekomstscenario onderling te vergelijken. De schadecijfers komen redelijk overeen met cijfers uit andere, meer uitgebreide onderzoeken. Eventuele foutieve inschattingen bij de invoer van het model gelden op die manier tegelijk en in gelijke mate voor alle beleidsscenario's, wat het effect van de fout uitvlakt.

Verder moet men het doel van de case study niet uit het oog verliezen. Dit doel was slechts om de mogelijkheden van meerlaagsveiligheid te illustreren, en dat is heel wat anders dan ze te simuleren. Sommige principes komen overeen, maar voor een illustratie volstaat meestal een simpel rekenvoorbeeld al. Deze case study is iets gedetailleerder en realistischer dan een simpel rekenvoorbeeld. Tegelijkertijd moeten de rekenvoorbeelden niet te ingewikkeld worden. Het rapport, en de methoden daarin, moeten immers begrijpelijk zijn voor mensen die niet uit de watersector afkomstig zijn, en er op voorhand misschien niet veel van afweten. Deze balans tussen realisme en behapbaarheid is met deze aanpak zo goed mogelijk benaderd.

Kortom: zolang de lezer in het achterhoofd houdt dat de cijfers die uit de case study komen in absolute zin niet 100 % realistisch zijn, maar wel veel zeggen over de onderlinge verhoudingen van verschillende beleidsscenario's, zijn de resultaten in dit rapport valide. Tegelijkertijd is het doel om waterveiligheid begrijpelijk te maken voor de 'leek' behaald.

## 5: CONCLUSIES

In de inleiding van dit rapport zijn een paar vragen gesteld. Door de hoofdstukken heen zijn die vragen beantwoord. Dit hoofdstuk beperkt zich tot de conclusies in hoofdlijnen. Voor de structuur worden de onderzoeksvragen uit hoofdstuk 1 herhaald en vervolgens beantwoord. Met de antwoorden op al deze onderzoeksvragen is de hoofdvraag/probleemstelling te beantwoorden.

### WAT IS ER ANDERS AAN HET NIEUWE BELEID T.O.V. HET HUIDIGE?

---

Het karakter van meerlaagsveiligheid werd bij de uitvraag door de minister in 2009 als grootste verschil geormerkt, maar dat begrip is meer naar de achtergrond verschoven. Het verschil tussen het nieuwe en het oude beleid is sinds de uitvraag kleiner geworden. Nieuw aan het nieuwe beleid is vooral dat het gebaseerd is op een overstromingskans in plaats van een overschrijdingskans, en dat de normen economisch optimaal moeten worden. De belangrijkste methode om de veiligheid tegen overstromingen te garanderen blijft laag 1, net als in het oude beleid. In het nieuwe beleid komt echter wel de mogelijkheid om in bijzondere gevallen maatregelen in laag 2 te treffen ter vervanging van maatregelen in laag 1. Bovendien worden burgers misschien gestimuleerd om zelf maatregelen in laag 2 te nemen. Laag 3 wordt in het nieuwe beleid waarschijnlijk niet of nauwelijks toegepast.

### WAT ZIJN POTENTIËLE VOORDELEN T.O.V. HET HUIDIGE BELEID? WAT ZIJN POTENTIËLE NADELEN?

---

Alles uit het oude beleid komt in het nieuwe beleid terug. Dat betekent dat er vrijwel geen nadelen zijn aan het nieuwe beleid ten opzichte van het oude; er wordt niet minder mogelijk. Integendeel, in het nieuwe beleid komen veel meer mogelijkheden beschikbaar om waterveiligheid te garanderen. Er is één nadeel dat hieraan verbonden zou kunnen zijn; door de vergrote keuzemogelijkheid ontstaat het risico van het maken van verkeerde keuzes. Het zou echter een onderschatting van de watersector in Nederland zijn om aan te nemen dat oplossingen ontworpen worden zonder dat eerst gedegen onderzoek gedaan is naar de optimale set maatregelen voor een specifieke situatie. Verkeerde keuzes zullen in ieder geval niet ontstaan puur omdat er meer keuzevrijheid is.

Een gevolg van de vergrote hoeveelheid mogelijkheden is dat er nu economisch optimale sets maatregelen genomen kunnen worden. Waar de oude normering redelijk arbitrair tot stand is gekomen zorgt de nieuwe ervoor dat er niet te veel of te weinig geld wordt uitgegeven aan maatregelen. In een land waar elke euro maar één keer uitgegeven kan worden is dat een belangrijk argument. Bovendien is het nieuwe beleid aan de kennis van nu aangepast. Er is rekening gehouden met bevolkingsgroei, economische groei en klimaatverandering. De enorm toegenomen technische mogelijkheden uit het heden kunnen nu gemakkelijker worden toegepast. De flexibiliteit in oplossingen is vergroot.

### HOE WORDT HET HUIDIGE BELEID IN DE PRAKTIJK TOEGEPAST? HOE IS HET ONTSTAAN, HOE WORDT DE NORM BEPAALD EN HOE WORDT HET BELEID DOORGEVOERD IN MAATREGELLEN?

---

De oorspronkelijke insteek van de eerste Deltacommissie was om een economisch optimale norm op basis van overstromingsrisico te berekenen. Wegens technische beperkingen en politieke keuzes is het daar echter niet van gekomen. Het beleid richtte zich alleen op de hoogte van de dijk. De normen hiervoor hebben het karakter van overschrijdingskans gekregen. Later zijn daar inzichten in faalmechanismen aan gekoppeld. Alle primaire dijken zijn door dit beleid opgehoogd, maar naarmate de tijd vorderde leek de nadruk steeds meer te komen liggen op zo min mogelijk ophogen.



De meeste maatregelen die met het oude beleid toegepast kunnen worden genomen zijn gericht op de dijken zelf. Die kunnen verhoogd worden om de overschrijdingskans te verkleinen, of ze kunnen verbreed of op een andere manier versterkt worden. Er zijn echter ook projecten geweest die zich richtten op waterberging en meer ruimte maken voor het stroomgebied van de rivier. Deze zijn echter vrijwel allemaal in de afgelopen tien jaar gestart; wat al als een overgangperiode beschouwd kan worden naar het nieuwe beleid.

## HOE KAN HET NIEUWE BELEID IN DE PRAKTIJK WORDEN TOEGEPAST? MET WELKE EISEN WORDT HET BELEID ONTWERPEN, HOE WORDEN NIEUWE NORMEN BEPAALD EN WAT VOOR NIEUWE MAATREGELLEN KOMEN ER BESCHIKBAAR?

---

Het nieuwe waterveiligheidsbeleid is gebaseerd op drie uitgangseisen. Er zijn verschillende manieren waarop aan die eisen beantwoord mag worden; die manieren zijn onderverdeeld in drie veiligheidslagen. De geschiktheid van die lagen om de eisen op een efficiënte manier te halen varieert echter sterk. Uit diverse onderzoeken is gebleken dat laag 1 veruit de meest kosteneffectieve laag is om waterveiligheid mee te behalen. Maatregelen als waterrobuust inrichten in laag 2 kunnen soms gecombineerd worden met maatregelen in laag 1, en in heel specifieke gevallen kunnen ze laag 1 zelfs vervangen. In Nederland laag 2 op grote schaal toepassen heeft echter volgens de makers van het nieuwe beleid weinig zin. Maatregelen uit laag 3 kunnen heel effectief zijn om het aantal slachtoffers te beperken, maar economische schade wordt er nauwelijks door beïnvloed. Ook laag 3 is dus in Nederland niet in staat om laag 1 compleet te vervangen.

Maatregelen in laag 1 kunnen diverse vormen aannemen. Sowieso worden overal de faalmechanismen aangepakt. De normering voor de dijken wordt van een overschrijdingskans omgezet in een overstromingskans, en de kans zelf wordt op veel plaatsen verhoogd, en op sommige plaatsen verlaagd. Maatregelen in laag 2 richten zich op het optimaliseren van de ruimtelijke inrichting om de kwetsbaarheid van mensen en goederen te verkleinen. Voorbeelden zijn het waterrobuust inrichten van gebouwen, het bouwen van doorbraakvrije dijken, maar ook het specifiek beschermen van vitale infrastructuur en het vermijden van nieuwbouw op extra risicovolle plekken. Maatregelen in laag 3 zijn ontworpen om evacuatie, hetzij horizontaal, hetzij verticaal, zo voorspoedig mogelijk te laten verlopen. Ook probeert men hierbij onnodige evacuaties tot een minimum te beperken.

## WELKE VAN DEZE NIEUWE MAATREGELLEN ZIJN POTENTIEEL KANSRIJK?

---

Voor de case study is een aantal maatregelen gekozen die op grote schaal in Nederland zijn door te voeren. Met andere woorden: maatregelen die mensen en organisaties zelf in hun woonhuis of bedrijfsgebouw zouden kunnen doorvoeren. Gekozen is voor amfibische huizen, wetproofing en dryproofing. Ook werd in verschillende rapporten de praktisch doorbraakvrije dijk geroemd, dus deze maatregel is ook in het model berekend.

Uit de literatuur blijkt dat weinig maatregelen uit laag 2 op grote schaal erg kansrijk zijn. Amfibische huizen, wetproofing, dryproofing, compartimenteren, infrastructuur waterdicht maken, voor al deze maatregelen geldt dat ze te duur zijn voor de schadebeperking die ze opleveren. In laag 3 zijn er kansrijke maatregelen en minder kansrijke maatregelen. Kansrijke maatregelen hebben te maken met een betere organisatie en planning van evacuaties en evacuatieroutes. Weinig kansrijk zijn het vergroten van de groep hulpverlenend personeel en het verbreden van de wegen. De kosten hiervan zijn vrij hoog, en die wegen niet of nauwelijks op tegen de hoeveelheid schade die ze beperken. In laag 1 is er veel ruimte om te variëren met de mate waarin dijken worden aangepast. Een dijk kan met 10 cm of 5 meter verhoogd worden, hij kan op verschillende manieren versterkt worden. Door de schaalvoordelen die een dijk heeft en de flexibiliteit in de mate van maatregelen is dit de meest kansrijke laag met heel veel kansrijke maatregelen. Sommige maatregelen zijn echter niet overal even kansrijk (praktisch doorbraakvrij loont niet overal). Een maatregel die vrijwel niet is

bekeken is het praktisch onbreekbaar maken van dijken. Deze maatregel lijkt heel kansrijk, maar zoals het er nu uitziet gaat deze geen of slechts een kleine rol spelen in het nieuwe beleid.

Een andere kansrijke maatregel is het verbeteren van de organisatie van evacuaties, waarbij vooral verticale evacuatie een grote rol moet spelen. Dit kost relatief weinig, maar heeft de potentie om het aantal slachtoffers flink te verkleinen. De Deltacommissie vindt dit geen economisch efficiënte oplossing in vergelijking met maatregelen in laag 1 treffen, dus in de huidige plannen voor het nieuwe beleid vindt u deze maatregelen niet terug. Men kan zich afvragen of dit ethisch juist is.

## HOE VERHOUDEN DE KOSTEN/RISICOBEPERKINGEN VAN HET OUDE EN NIEUWE BELEID ZICH TOT ELKAAR?

---

Er kan heel snel geconcludeerd worden dat het nieuwe beleid efficiënter is in het beperken van overstromingsrisico dan het oude beleid. Dat komt alleen al omdat het nieuwe beleid is gebaseerd op het idee 'economisch optimaal'. Het aandeel van meerlaagsveiligheid in deze vergrote efficiëntie is echter niet zo groot. Dat komt omdat in de praktijk verreweg het meeste geld zal gaan naar maatregelen in laag 1, en dat gebeurde in het oude beleid ook al. In het nieuwe beleid wordt dat geld echter efficiënter besteed, en komen er ook in laag 1 enkele nieuwe mogelijkheden open die bijdragen aan een verhoogde efficiëntie.

## WELK (OUD OF NIEUW) BELEID IS QUA VEILIGHEID, EFFECTIVITEIT EN EFFICIËNTIE HET BEST?

---

Op het gebied van veiligheid scoort het nieuwe beleid veel beter. In het nieuwe beleid wordt er niet vanuit gegaan dat dijken waterkerend blijven tot de maatgevende afvoer is bereikt, er wordt voor gezorgd dat dat zo is. De overstromingsnorm wordt op veel plekken verhoogd. Er wordt aandacht besteed aan evacuatie en bewustwording bij de burger. Al deze zaken tillen de veiligheid naar een nieuw niveau ten opzichte van het oude beleid.

Qua effectiviteit kan er gezegd worden dat het nieuwe beleid meer mogelijkheden biedt om de veiligheid te garanderen. Veel van die mogelijkheden zijn daarin niet altijd even effectief (denk aan laag 2), maar sommige wel. Alle maatregelen die in het oude beleid mogelijk waren kunnen echter nu nog steeds gebruikt worden. Het nieuwe beleid is daarmee minstens zo effectief als het oude.

Op efficiëntie scoort het nieuwe beleid hoger dan het oude. Dit heeft echter niet zoveel te maken met meerlaagsveiligheid, maar vooral omdat maatregelen in het nieuwe beleid meer op een economisch optimaal niveau worden doorgevoerd. Dat is per definitie efficiënter dan het oude beleid, dat niet ontstaan is door een optimalisatieprobleem op te lossen.

## WAT ZIJN VERWACHTINGEN VOOR DE RUIMTELIJKE INRICHTING VAN NEDERLAND VOOR DE TOEKOMST?

---

De ruimtelijke inrichting gaat niet heel erg veranderen. Misschien komt er minder nieuwbouw op erg risicovolle locaties, maar verder worden er weinig maatregelen in de dagelijkse omgeving zichtbaar. Eigenlijk zal de voornaamste plek waar er zaken zichtbaar gaan veranderen langs het water zijn. Dijken zullen op sommige plekken hoger worden, ze kunnen breder gemaakt worden, ze kunnen een andere bekleding krijgen of er kunnen damwanden in geslagen worden. Het zal niet zo zijn dat alle nieuwbouw amfibisch wordt of op palen of terpen komt te staan. Ook zullen huizen niet waterdicht of waterbestendig gemaakt worden. Het heeft ook weinig zin om kwetsbare infrastructuur als gas, telefonie en elektra waterdicht te maken.

## ZIJN ER NOG VERBETERINGEN MOGELIJK IN HET NIEUWE BELEID?

---

Er zijn zeker nog verbeteringen mogelijk. In dit onderzoek zijn drie gebieden gevonden die nog niet optimaal verwerkt zijn. Allereerst is daar de praktisch doorbraakvrije dijk. In de onderzoeken die ten grondslag liggen aan het nieuwe beleid is deze optie alleen bekeken in het licht van toepassen naast de nieuwe normering. Dat slaat echter de plank mis wat de essentie van doorbraakvrije dijken betreft. Deze zouden juist tot een veel lagere norm leiden als ze op grote schaal worden toegepast. Ook is uit recent onderzoek gebleken dat deze maatregel dan helemaal niet duurder hoeft te zijn dan traditionele dijken met een hogere normering.

Het tweede vlak waarop winst te behalen valt is de keuze van de discontovoet. Voor het berekenen van de huidige normering is een erg hoge discontovoet gekozen, wat kan leiden tot een te lage normering en daarmee een te laag veiligheidsniveau. De gekozen discontovoet is 5,5 %, er gaan stemmen op om bij het ontwerpen van een overstromingsnormering een discontovoet van 0 % te hanteren in verband met de grote tijdschaal waar de beslissingen invloed op hebben.

Het derde gebied is de waardering van onzekerheid. In zowel de brondocumenten als in het synthesedocument (3.0) voor de nieuwe normering is niets te vinden over dit onderwerp. Het hanteren van veel lagere normen omdat men dan veel beter weet wat voor overstroming men kan verwachten wordt niet in overweging genomen. Dit is een gemiste kans, er kan zeker wat aandacht aan dit onderwerp besteed worden.

### ***Wat is het verschil tussen het huidige en het voorgestelde nieuwe beleid wat betreft veiligheid, effectiviteit en kosten voor Nederland en wat zijn mogelijke gevolgen als het nieuwe beleid wordt doorgevoerd?***

Dan komen we, tot slot, tot het beantwoorden van de hoofdvraag. De reden waarom er een nieuw beleid wordt voorgesteld is inmiddels duidelijk; het huidige voldoet niet (meer). In een vergelijking tussen de twee wint het nieuwe beleid op alle fronten; het resultaat is veiliger, effectiever in de set maatregelen en veel efficiënter. Het is immers, in tegenstelling tot het oude beleid, gebaseerd op een economisch optimum. In de vorm die het nieuwe beleid zoals het er nu uitziet gaat krijgen zal het Nederlandse landschap weinig veranderen. Meerlaagsveiligheid wordt opzij geschoven; men richt de volledige aandacht op laag 1. Dat betekent dat dijken hoger en sterker (breder) zullen worden, maar dat het achterliggende, laagliggende gebied niet wordt aangetast/aangepast. Dit is het korte antwoord op de hoofdvraag.

Dan volgt nu het lange antwoord. Het nieuwe beleid is beter dan het oude, maar het is niet helemaal wat het claimt te zijn. Het claimt namelijk optimaal te zijn, maar daarvoor is eigenlijk te weinig onderzoek gedaan naar het integreren van meerlaagsveiligheid in bijvoorbeeld de nieuwe normering. De combinatie is daarin niet uitgeprobeerd; er zijn geen verschillende scenario's voor de nieuwe, optimale normering doorgerekend. Twee voorbeelden van maatregelen die pleiten voor de toepassing van meerlaagsveiligheid zijn de doorbraakvrije dijk en het organisatorisch verbeteren van evacuatie. Deze opties worden nu respectievelijk door (mis)interpretatie en economische argumenten weggevoerd.

Twee andere argumenten tegen de claim van optimaliteit zijn het hanteren van een zeer hoge discontovoet zonder voldoende onderbouwing en het feit dat er niet of nauwelijks wordt nagedacht over hoe wenselijk grote onzekerheden in de waterveiligheid zijn. Deze aspecten worden in zowel de brondocumenten voor de nieuwe normering, als in het synthesedocument van de nieuwe normering, als in documenten over het nieuwe beleid slechts zijdelings behandeld.

Alles bij elkaar lijkt het erop dat er voor een nieuw beleid dat de opdracht kreeg om de mogelijkheden van meerlaagsveiligheid uit te buiten en om zo optimaal mogelijk te zijn misschien te weinig onderzoek is uitgevoerd naar mogelijke combinaties van 'out-of-the-box' meerlaagsveiligheidsmaatregelen. Nu is de waterveiligheid niet direct een sector waarin men mensen graag ziet experimenteren met onzekere afloop,

maar te conservatief zijn is ook niet goed. Het voorgestelde nieuwe beleid is zeker niet slecht. Het biedt al veel meer mogelijkheden dan het oude, en het zou tot een veel veiliger Nederland leiden. Het kan echter nog beter; misschien is Prinsjesdag 2014 gewoon nog te vroeg om het plan te presenteren. De punten van kritiek die in dit scriptieonderzoek naar voren zijn gekomen zijn dermate belangrijk dat ze in het nieuwe beleid meegenomen *moeten* worden. Het is niet de bedoeling om te zeggen dat de Commissie haar werk niet goed gedaan heeft, maar toch lijkt de uitspraak 'terug naar de tekentafel' hier op zijn plaats.

Wat betreft de titel van dit onderzoek; 'erop of erover': helaas kan ik daar na deze twee maanden nog steeds geen eenduidig antwoord op geven. De Deltacommissie zegt 'erop', maar er is voldoende bewijs om te zeggen dat 'erover' waarschijnlijk toch beter is. Het hangt erg af van de discussie die gaat volgen op de presentatie op komende Prinsjesdag en de beslissingen die de minister en het Kabinet in navolging daarop gaan nemen welke van de twee het gaat worden.

## 6: BRONNEN

- Berendsen, H.J.A. (2008). *Landschap in delen: overzicht van de geofactoren*.
- Dekkers, J.E.C., Koomen, E. Jacobs-Crisioni, C.G.W. en Rijken, B. (2012) *Scenario-based projections of future land use in the Netherlands; a spatially-explicit knowledge base for the Knowledge for Climate programme*. Spinlab Research Memorandum SL-11, VU University, Amsterdam.
- Deltacommissie (1961). *Rapport Deltacommissie deel 1: eindverslag en interimadviezen*.
- Deltacommissie (1961). *Bijdragen van het Mathematisch Centrum*.
- Deltacommissie (2008). *Samen werken met water*.
- Deltacommissie, Deelprogramma Nieuwbouw en Herstructurering (2013). *Factsheet conceptdeltabeslissing ruimtelijke adaptatie*
- Deltacommissie (2013). *Deltaprogramma 2014: Werk aan de delta*.
- Deltacommissie (2013). *Bijlage A1 bij DP2014: Nieuwbouw en Herstructurering*.
- Deltacommissie, Deelprogramma Veiligheid (2014). *Synthesedocument Deltaprogramma Veiligheid concept 3.0*.
- Deltares (2010). *Maatschappelijke kosten-batenanalyse Waterveiligheid 21<sup>e</sup> eeuw*.
- Expertisenetwerk Waterveiligheid (ENW) (2012). *Meerlaagsveiligheid nuchter bekeken*.
- Hoogheemraadschap van Delfland (2010). *Delflands Algemeen Waterkeringenbeleid*.
- Hufen, J.A.M. (1998). *Draagvlak voor kwantitatief waterbeheer*. Bestuurskunde, Jaargang 7 (6).
- Interprovinciaal overleg, Vereniging Nederlandse Gemeenten, Unie van Waterschappen (2003). *Nationaal bestuursakkoord water*.
- Kamerstukken II 2011/12, 27 625, nr. 262.
- Kamerstukken II 2013/14, *Brief van minister Schultz van Haegen aan de voorzitter dd. 02-06-2014*
- Klijn, F., Kolen, B., Knoop, J., Wagenaar, D., De Bruijn, K. & Bouwer, L. (2013). *Maatschappelijke ontwrichting door overstromingen voorkomen?* Deltares, HKV, PBL
- Klijn, F., Van der Doef, M. & Asselman, N. (2014, soon to be published door Kennis voor Klimaat en Deltares). *Doorbraakvrije dijken: een nadere verkenning*.
- Kolen, B., Maaskant, B. & Terpstra, T. (2013). *Evacuatieschattingen Nederland: addendum*.
- Kolen, B. (2013). *Certainty of uncertainty in evacuation for threat driven response*.
- Maaskant, B., Kolen, B., Jongejan, R., Jonkman, B. & Kok, M. (2009). *Evacuatieschattingen Nederland*.
- Ministeries van Infrastructuur & Milieu en Economische Zaken (2013). *Op weg naar nieuwe normen: een technisch inhoudelijke uitwerking*.

- Ministeries van Infrastructuur & Milieu en Economische Zaken (2013). *Op weg naar nieuwe normen: een technisch inhoudelijke uitwerking: addendum over analyse van consequenties*.
- Ministerie van Infrastructuur en Milieu, Unie van Waterschappen en Interprovinciaal Overleg (2011). *Factsheet Veiligheid Nederland in kaart 2*.
- Milieu- en Natuurplanbureau & Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (2004). *Risico's in bedijkte termen*.
- De Moel, H. & Aerts, J.C.J.H. (2011). Effect of uncertainty in land use, damage models and inundation depth on flood damage estimates. *Natural Hazards*, 58(1), 407-425.
- De Moel, H. (2012). *Uncertainty in Flood Risk*.
- De Moel, H., Van Vliet, M. & Aerts, J.C.J.H. (2014). Evaluating the effect of flood damage-reducing measures: a case study of the unembanked area of Rotterdam, the Netherlands. *Regional Environmental Change*, 14(3), 895-908.
- Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) (2014). *Kleine kansen - grote gevolgen: samenvatting*.
- Projectbureau VNK2 (2012). *VNK2: Overschrijdingskansen en overstromingskansen*.
- Provincie Groningen (2004). *Nr. 2004-27.413, LW*
- Provincie Noord Brabant (2009). *Verordening water Noord-Brabant*.
- Provincie Utrecht (2010). *Handreiking Overstromingsrobuust Inrichten*.
- Royal Haskoning DHV (2012). *Analyse waterrobuuste inrichting*.
- Silva, W. & Van Velzen, E. (2008). *De dijk van de toekomst?*
- Terpstra, T., Kolen, B. & Asselman, N. (2013). Investeren in evacueren: wat kost het, wat levert het op? *Ruimtelijke veiligheid en risicobeleid*, 4(12), 23-29.
- TNO (1984). *Een verkennend onderzoek naar methoden ter bepaling van de inundatieschade bij dijkdoorbraak*.
- Unie van Waterschappen en Interprovinciaal Overleg (2004). *Visie op regionale waterkeringen*.
- Werkgroep Actualisatie Discontovoet (2007). *Advies werkgroep actualisatie discontovoet*.

### BIJLAGE 1: GESCHIEDENIS VAN DE WATERBOUW IN NEDERLAND

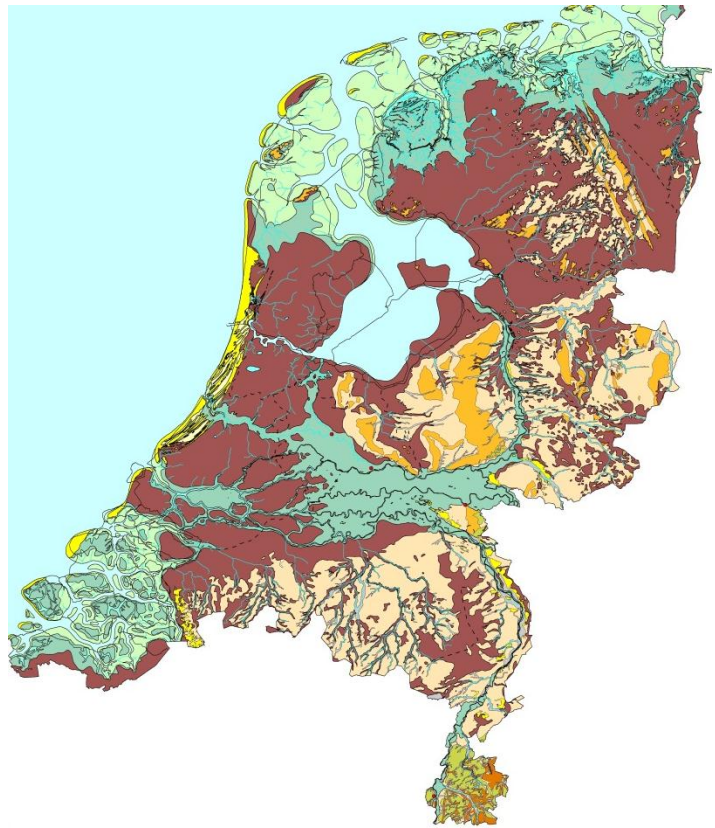
Nederland is van oorsprong één groot moeras, afgewisseld met overstromingsvlakten van rivier en zee. Op afbeelding 23 is dat goed te zien (bruin is veen, lichtgroen is overstromingsvlakte). Alleen in het oosten en zuiden van het land op de zandpakketten kon er in de prehistorie droog geleefd worden.

Omdat de natte gebieden van het land erg vruchtbaar waren wilden mensen daar echter toch graag permanente landbouw beoefenen. Men is in het noorden van het land al rond 500 v. Chr. begonnen met het opwerpen van terpen (Berendsen, 2008). Dit zijn kleine, kunstmatige heuvels met daarop een huis of boerderij, zodat het water bij overstroming niet bij het huis kan komen.

Zo'n terp betekende misschien dat het huis droog bleef, maar de omringende akkerlanden en weiden kwamen wel onder water te staan. Dat water bracht meestal zout of slib mee en liet dat op het land achter, wat voor de productie van een boerderij op zijn zachtst gezegd niet optimaal is. Op plekken waar dit te vaak gebeurde, zowel langs de kust als in het rivierengebied, begonnen de mensen rond het jaar 1000 met het aanleggen van dijken. Rond 1150 waren de rivieren in Holland en Utrecht waarschijnlijk al compleet bedijkt.

De eerste dijken lagen rondom dorpen met de bijbehorende landbouwgronden. Daarna is men pas dijken evenwijdig aan de rivieren gaan bouwen. In het begin was het bouwen van dijken nog veel experimenteren. De eerste, lage dijken overstroonden vaak, omdat het water zich door de dijken over een veel kleinere oppervlakte kon verspreiden en daardoor hoger kwam te staan dan voorheen. De dijkbouwers maakten hun dijken daarom steeds hoger, maar niet veel breder. Dijken werden te smal, en dus zwak. De kans op overstroming was groot, en hoe hoger de dijk was hoe catastrofaler de gevolgen. Soms werd er ook een stevige dijk op een zwakke ondergrond gebouwd. Het water stroomt er dan gewoon onderdoor, wat uiteindelijk tot een breuk in de dijk leidt. Men was op een gegeven moment in staat om goede dijken te bouwen die het water lange tijd buiten hielden. Door de dijken werden overstromingen van vaak voorkomende gebeurtenissen met kleine gevolgen zelden voorkomende gebeurtenissen met grote gevolgen.

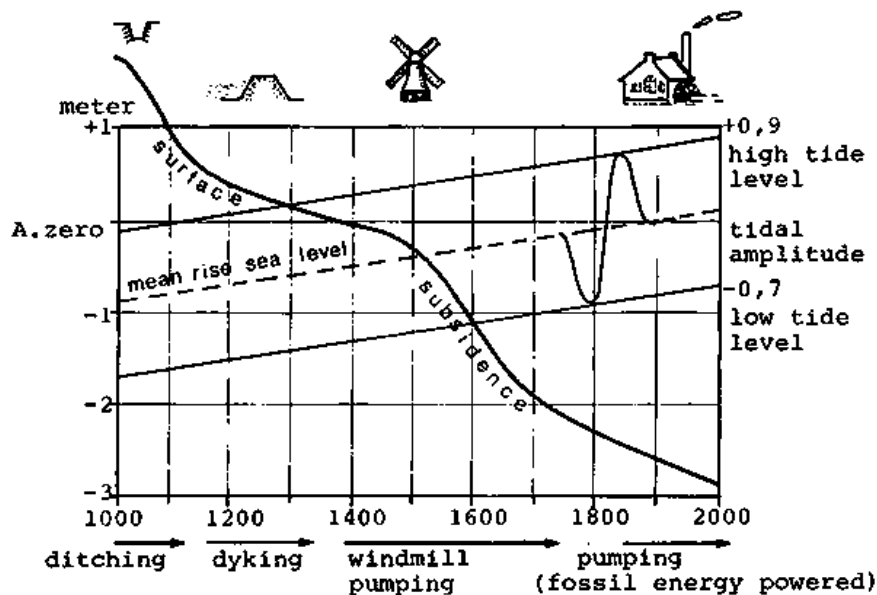
Door de ontwatering van het land begon het landoppervlak te zakken. Het werkt net als bij een spons; als je het water uit de spons knijpt wordt de spons kleiner. Op een gegeven moment lag het landoppervlak lager dan de rivieren waar de sloten het water naartoe moesten brengen. Zwaartekracht was toen niet meer voldoende om het water weg te krijgen. Met behulp van windmolens kon men het water wegpompen. Het water werd



**Figuur 23: Nederland voor men met waterbouw begon, rond het jaar 800. Bruin is moeras, lichtgroen waddengebied, alle tinten geel en oranje zand, en groenblauw overstromingsvlakten. Vos, P. & S. de Vries 2013: 2e generatie palaeogeografische kaarten van Nederland (versie 2.0). Deltares, Utrecht. Op 31-07-2014 gedownload van [www.archeologieinnederland.nl](http://www.archeologieinnederland.nl).**

door molens, soms in meerdere stappen, vanuit de poldersloten in een boezemkanaal gepompt. Dit boezemkanaal liep vanuit de polder naar een rivier, waar het door een molen uitgeslagen kon worden. Zo zijn polders ontstaan; een polder is een gebied waar tenminste een deel van het jaar kunstmatig bemaald moet worden om het droog te houden.

De uitvinding van de windmolen betekende ook dat er droogmakerijen gemaakt konden worden. De moerassen in Holland en Utrecht zaten vol met veen. Gedroogd veen (turfs) is vanaf het jaar 1000 tot aan de grootschalige steenkoolmijnbouw in de 19<sup>e</sup> eeuw de belangrijkste brandstof in Nederland geweest. Door het weggraven van het veen tot ver onder het wateroppervlak ontstonden veel plassen. De Vinkeveense en Loosdrechtse Plassen zijn hier voorbeelden van. Met de windmolenbemaling konden deze plassen drooggepompt worden en kon er op de vroegere bodem landbouw bedreven worden. Ook grote meren in het gebied zijn zo drooggemaakt. Deze gebieden heten niet voor niets 'droogmakerijen'. Een voorbeeld van zo'n droogmakerij is de Haarlemmermeer. Dit gebied, tussen Amsterdam en Haarlem was in de Middeleeuwen een uitgestrekt meer. Tijdens stormen kon het er flink tekeer gaan; er zijn verschillende overstromingen geweest in de omliggende landerijen. Daarom is besloten om het meer leeg te pompen. Schiphol, in de Haarlemmermeer, is nu een van de drukste vliegvelden ter wereld, maar vroeger was het een gevreesde plek. Schiphol betekent 'scheepshel'; tijdens stormen zijn op die plek veel schepen vergaan (Berendsen, 2008).



Figuur 24; geschiedenis van de waterbouw in Nederland. Bron: <http://www.fao.org/docrep/x5872e/x5872e09.htm>. Auteursrechtbehebbende onbekend.

Eigenlijk is er tot 1953 nooit één overkoepelend orgaan geweest dat besluiten nam over de waterkeringen (Milieu- en Natuurplanbureau, 2004). Het waren allemaal kleine waterschappen die puur op basis van ervaringen uit het verleden aanpassingen aan hun keringen deden. Van veel dijken in Nederland weet men tegenwoordig niet precies hoe die in elkaar steken omdat er eeuwenlang aan geknutseld is. Na de Watersnoodramp van '53 heeft men besloten dat het zo niet langer kon. Een dergelijke ramp mocht in Nederland nooit meer gebeuren, en dus moest de watersector in Nederland geherstructureerd worden. De Deltacommissie opgericht om een plan te maken dat de waterveiligheid in Nederland naar een nieuw niveau zou tillen: het Deltaplan.

De Oosterscheldekering is misschien wel het meest bekende werk dat in het Deltaplan voorkwam. Een wellicht nog belangrijkere aanbeveling die de Deltacommissie heeft gedaan is de normering die zij ontworpen heeft voor de dijken in Nederland. Er moest een wettelijk geldende eis komen voor de hoogte en sterkte van de dijken, waaraan de waterbeheerders hadden te voldoen (Milieu- en Natuurplanbureau, 2004). Voor de



normering werd er een nieuwe administratieve eenheid ingevoerd: de dijkkring. Het gaat om een stuk land die een gesloten ring van primaire waterkeringen als buitengrens heeft. Per dijkkring werd een norm vastgesteld.

De uitvoering van de werken om aan de normen te voldoen was een enorme investering. Direct na het publiceren van het eindrapport van de Deltacommissie in 1960 is ermee begonnen, het laatste werk van het Deltaplan is in 2010 voltooid. Nederland is daardoor gemiddeld 30 keer veiliger geworden voor overstromingen. Alle dijken zouden anno 2014 aan de normering moeten voldoen. Uit een recente toetsing van alle dijken is echter gebleken dat een aantal weer onder de norm is gezakt en opnieuw aangepakt moet worden.

In de afgelopen 55 jaar is echter niet alleen aan de dijken gesleuteld; ook de normering is niet onveranderd gebleven. Alle dijkverhogingen stuitten op weerstand vanuit de samenleving. Mensen wilden niet dat de dijk bij hun voordeur met een meter of meer werd verhoogd. Ook de politiek begon zich af te vragen of al die werkzaamheden wel echt nodig waren (Hufen, 1998). In 1975 is de commissie Becht ingesteld die de resultaten van de Deltacommissie, op een veel beperktere manier dan de Deltacommissie deed, is gaan evalueren. De nieuwe commissie kwam tot de conclusie dat de normen voor het rivierengebied wel wat omlaag konden (MNP & RIVM, 2004). De norm van 1:3000 per jaar werd meer dan gehalveerd tot 1:1250 per jaar. Dat scheelde op sommige plekken meer dan een meter aan dijkhoogte, en zorgde voor minder onrust. Bovendien kostten de werkzaamheden hierdoor ook fors minder.

In 1992 werd opnieuw besloten om de commissie Boertien in het leven te roepen om te onderzoeken of de norm niet nog verder naar beneden kon. Deze commissie vond echter dat de norm laag genoeg was. Een verdere verlaging zou een onevenredige toename van de schade veroorzaken. De maatgevende afvoer vond men echter wel te hoog. Een afvoer van de Rijn bij Lobith was maat voor de normering. Een norm van 1:1250 per jaar betekent dat de dijk een waterstand moet kunnen keren die hoort bij een afvoer van de Rijn die gemiddeld eens in de 1250 jaar voorkomt. Dit was eerst 16.500 m<sup>3</sup>/s en werd teruggeschroefd naar 15.000 m<sup>3</sup>/s. In 1993 en 1995 vonden er twee hoogwaters plaats die gelukkig net niet tot grote overstromingen hebben geleid. Deze hadden allebei afvoeren die dichterbij de maatgevende afvoer kwamen dan men ooit had gedacht, wat reden was reden om de maatgevende afvoer weer omhoog te brengen, naar 16.000 m<sup>3</sup>/s.

In 2004 is er een rapport gepubliceerd door het toenmalige Planbureau voor de Leefomgeving (het Milieu- en Natuurplanbureau), getiteld 'Risico's in bedijkte termen'. Hierin wordt gesteld dat de huidige normering, die in de jaren '50 met in vergelijking tot nu erg beperkte kennis is opgezet, en in de tussentijd alleen maar naar beneden is bijgesteld, niet voldoende is om Nederland dat in de tussentijd economisch meer waard is geworden optimaal tegen overstromingen te beschermen. Er moet iets veranderen. Daarom is in 2007 een tweede Deltacommissie ingesteld. Deze kreeg opnieuw de taak om een plan te maken dat de waterveiligheid van Nederland naar een hoger plan zal tillen. Het eindrapport van de nieuwe Deltacommissie met dit plan volgt op Prinsjesdag 2014.

Alle waterkeringen in Nederland zijn in drie categorieën ingedeeld: primaire keringen, regionale keringen en lokale keringen. De primaire keringen zijn de keringen langs de kust, de grote rivieren en de grote meren, en hebben een door het kabinet wettelijk vastgestelde normering (Deltares, 2010). De regionale keringen zijn boezemkades en dijken langs kanalen, en andere essentiële keringen voor de waterveiligheid in de provincie (Provincie Noord Brabant, 2009 en Provincie Groningen, 2004). Deze zijn door de provincie wettelijk genormeerd. De lokale keringen zijn alle keringen die overblijven, deze worden niet genormeerd maar moeten voldoen aan eisen "op basis van historie en empirie" (Hoogheemraadschap Delfland, 2010). Elk van deze drie soorten keringen valt onder de verantwoordelijkheid van een andere overheid. De primaire keringen vallen onder de regering, de provincies zijn verantwoordelijk voor de regionale keringen en de waterschappen voor de lokale (Provincie Groningen, 2004). **Terug naar: 2: Methodes**

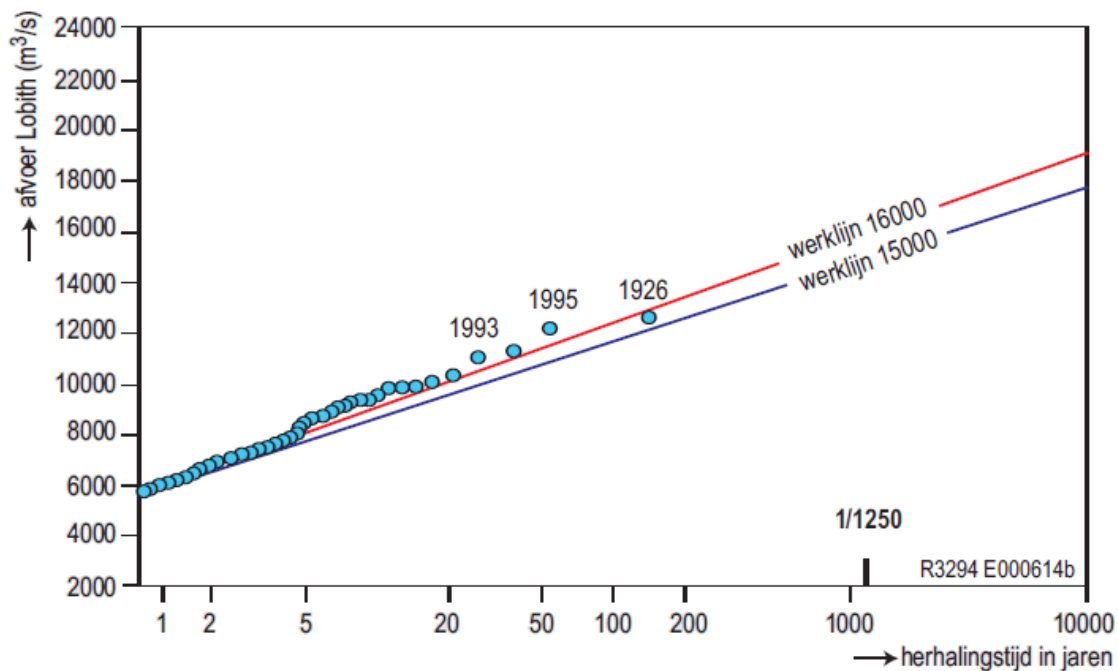
## BIJLAGE 2: WATERSTANDEN EN OVERSTROMINGEN

Overstromingen komen over het algemeen niet voor bij lage waterstanden. Pas als het water hoger dan normaal komt kan je overstromingen verwachten. In Nederland moet het water daar zelfs veel hoger dan normaal voor komen door alle maatregelen die we al eeuwenlang treffen. In deze bijlage worden verschillende soorten overstromingen die in Nederland zouden kunnen voorkomen en de kansberekening van een waterstand bestudeerd.

### WATERSTANDEN

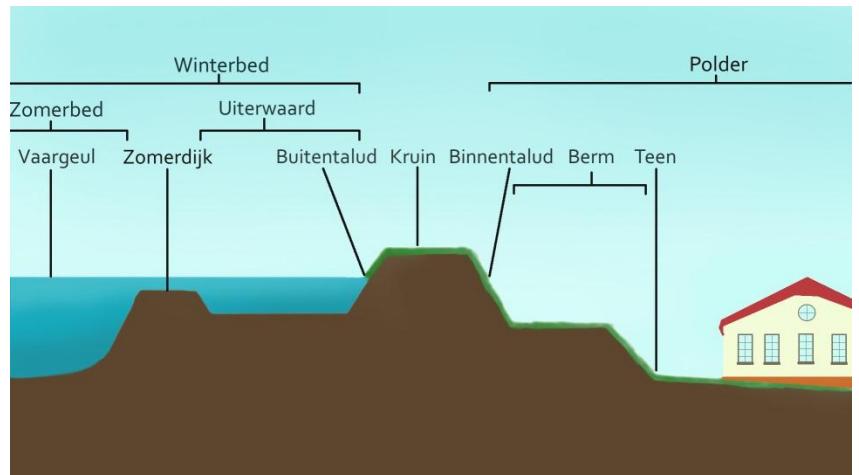
Allereerst zijn waterstanden van belang. Hoe hoger het water staat, hoe groter de kans dat er ergens een overstroming plaatsvindt. Hoger water betekent ook dat er meer schade kan ontstaan wanneer de overstroming plaatsvindt. Gelukkig blijken hoge waterstanden minder vaak voor te komen dan 'normale' waterstanden; de kans op voorkomen neemt af met de hoogte van het water. Onderzoek heeft uitgewezen dat het tot nu toe aannemelijk is om te zeggen dat dit verband logaritmisch is. De kans op voorkomen wordt uitgedrukt in kans per jaar. 1:200 Per jaar betekent dan dat een dergelijke waterstand gemiddeld eens in de 200 jaar voorkomt.

Op die manier kan op basis van historische gegevens een schatting gemaakt worden van de kans op voorkomen van verschillende waterstanden. Waterbeheerders noteren namelijk al decennia, zo niet eeuwen, regelmatig de waterstanden van 'hun' grote wateren. Als deze gegevens in een grafiek gezet worden ziet dat er uit als in figuur 25. Waterstanden worden hiertoe eerst omgezet in de bijbehorende rivierafvoer. Aan de hand van de blauwe stippen, die bepaalde afvoeren aan bepaalde terugkeertijden koppelen, wordt een werklijn opgesteld door de waargenomen trend door te trekken. De blauwe werklijn is opgesteld vóór de hoogwaters in '93 en '95. Deze hoogwaters zo kort na elkaar hebben ervoor gezorgd dat de werklijn omhoog is verschoven. Deze figuur geeft de Rijn ter hoogte van Lobith weer, maar dit soort grafieken kunnen voor elke grote rivier in Nederland gemaakt worden en bestaan ook voor de vloedstanden op verschillende plekken langs de kust.



Figuur 25; Terugkeertijd van waterstanden. Bron: RIZA (2002). *Hydraulische randvoorwaarden 2001: maatgevende afvoeren Rijn en Maas. Rapport Rijkswaterstaat/RIZA 2002.014.*

Een overstroming kan plaatsvinden als het water hoger komt te staan dan de dijk hoog is. Dit is bijvoorbeeld in 1953 gebeurd. Het zeewater golfde over de dijken heen, en spoelde de binnenkant van de dijk weg. De dijken verloren daardoor hun sterkte en begaven het. Toen kon het zeewater door grote gaten in de zeewering de Zeeuwse polders in stromen. Dit is echter niet de enige manier waarop een dijk kan 'falen' (er niet toe in staat zijn om het water buiten de polder te houden).



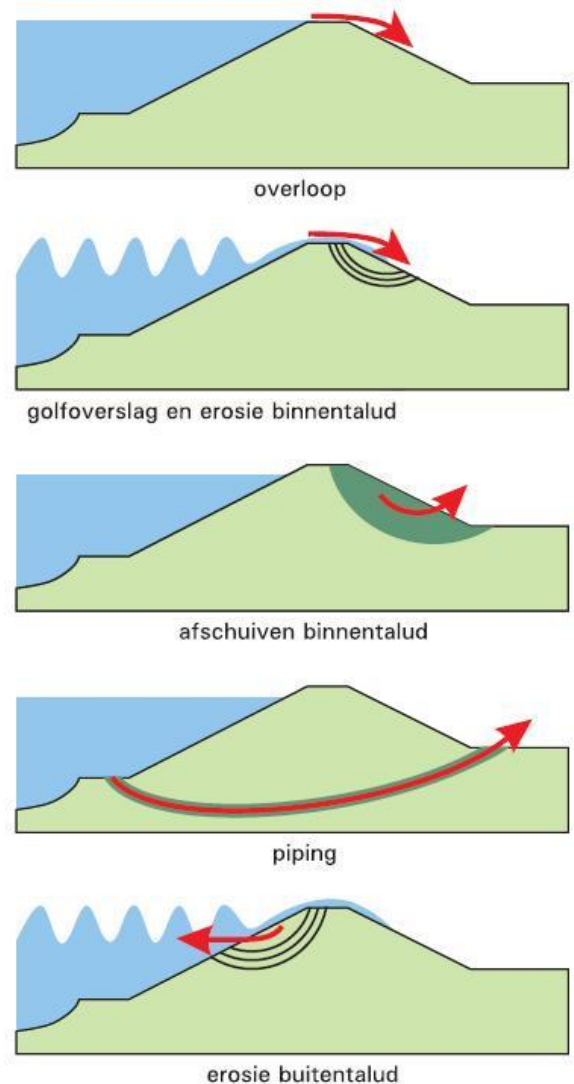
Figuur 26; Opbouw van een dijk. De zomerdijk met uiterwaard is optioneel, dit komt alleen bij de grote rivieren voor. Ook een berm komt niet langs alle dijken voor

Er zijn diverse zogeheten 'faalmechanismen' bekend. Officieel faalt een dijk zelfs als het water over de dijk stroomt, maar daarbij niet het talud erodeert. Er komt dan weliswaar water de polder in, maar het stroomt veel minder snel waardoor de schade meevalt. Golfoverslag of overloop met erosie van het binnentalud als gevolg is een voorbeeld van een belangrijk faalmechanisme. De buitenzijde van een dijk kan door stroming of golven ook geërodeerd worden, wat hetzelfde effect heeft als erosie van het binnentalud: instabiliteit, bresvorming en overstroming.

Dijken kunnen ook falen bij waterstanden die lager zijn dan de kruinhoogte (top) van de dijk. De doorbraak in Wilnis in 2003 is daar een voorbeeld van. Die dijk was gemaakt van veen. Veen zuigt water op als een spons. Wanneer een veendijk uitdroogt, verliest hij veel vocht, en daarmee veel gewicht. Op een gegeven moment kan het binnentalud dan afschuiven, omdat het als het ware op het water gaat drijven. Een doorbraak is het gevolg. Bij dijken van klei speelt dit probleem veel minder omdat klei niet zo snel water doorlaat.

Een ander veelvoorkomend faalmechanisme is 'piping'. Bij piping stroomt water langzaam door de grond onder de dijk door de polder in. Hierbij neemt het water grond mee, waardoor de basis van de dijk langzaam wordt verzwakt. Op een gegeven moment is dit proces zo ver gevorderd dat de dijk inzakt of afschuift.

**Terug naar: 2: Methoden**



Figuur 27; faalmechanismen en mogelijke oplossingen in grond. Naar <http://home.kpn.nl/mbaggen/Bibliotheek%20Mick%20Baggen/OBJIB2/OB00447.html>, 31-07-2014. Maker en auteursrecht hebbende onbekend.

## BIJLAGE 3: WAT IS OVERSTROMINGSRISICO, EN WAT IS EEN NORMERING?

Om de soorten maatregelen te begrijpen is het belangrijk om te weten hoe overstromingsrisico wordt berekend. Hier spelen drie termen een sleutelrol in: kans, gevolg en risico. Kort gezegd is het risico gelijk aan de kans op voorkomen vermenigvuldigd met de schade die zou ontstaan. Overstromingsrisico is dus de kans op een overstroming keer de schade die bij een overstroming ontstaat. Een lage kans op gebeuren en een kleine schade bij gebeuren betekent dan een laag overstromingsrisico. Een hoge kans met veel schade levert een heel groot risico op. Overstromingen hebben in Nederland echter het karakter van een hele kleine kans op voorkomen met een hele grote schade wanneer het gebeurt. Dat betekent dat het lastig is om het risico precies in te schatten.

$$\text{RISICO} = \text{KANS} \times \text{GEVOLGEN}$$

Overstromingsmaatregelen in Nederland zijn erop gericht om één van de twee componenten van het overstromingsrisico kleiner te maken. Er zijn maatregelen die de kans op een overstroming verkleinen of de gevolgen ervan beperken. Soms doen maatregelen allebei. Een voorbeeld van een kansverkleinende maatregel is het verhogen van een dijk. Water moet dan hoger staan om eroverheen te komen en de overstroming te laten gebeuren, en een hogere waterstand heeft een kleinere kans om voor te komen. Het overstromingsrisico neemt dan af. Gevolgbeperkende maatregelen maken het overstroombare gebied robuuster tegen overstromingen. Zo zouden alle gebouwen bijvoorbeeld op palen gezet kunnen worden, zodat ze ook bij overstroming niet onder water komen te staan. Misschien is het in Nederland niet zo praktisch om deze maatregel door te voeren, maar het zou veel schade beperken waardoor de gevolgen van een overstroming kleiner worden en het risico afneemt.

Er zijn wettelijk vastgelegde eisen die bepalen welke maatregelen er genomen mogen worden. Het oude beleid werkt uitsluitend met kansverkleinende maatregelen. Er is in de Waterwet een normering vastgelegd die bepaalt hoe hoog de maximale overstromingskans van een dijkring is op basis van de adviezen van verschillende commissies (Milieu- en Natuurplanbureau, 2004). De normen zijn in maximale overstromingskansen uitgedrukt, met andere woorden: er is vastgelegd hoe groot de kans maximaal mag zijn dat het gebied in een bepaald jaar door een overstroming getroffen wordt. De waterschappen moeten zelf per locatie uitrekenen hoe *hoog* en hoe *stevig* de dijk moet zijn om die overstromingskans te garanderen. Het wettelijk vastliggen van deze normering houdt in dat er elke vijf tot tien jaar gecontroleerd moet worden of de dijken inderdaad wel aan de normering voldoen. Als dat niet zo blijkt te zijn wordt de dijk direct aangemeld om verbeterd te worden in het Hoogwater Beschermingsprogramma (HWBP). Hoe ernstiger de situatie, hoe hoger de prioriteit is die de dijk krijgt en hoe eerder de verbetering plaatsvindt (Deltacommissie, 2013).

In Nederland zijn alle primaire keringen genormeerd door het Rijk. De regionale keringen zijn wettelijk genormeerd door de Provincie waar de kering toe behoort. De lokale keringen zijn niet genormeerd. Deze worden op basis van ervaring van het waterschap op hoogte en sterkte gehouden (Hoogheemraadschap van Delfland, 2010).

**Terug naar: 3.1 Het oude beleid**

## BIJLAGE 4: GEBIEDSBESCHRIJVING

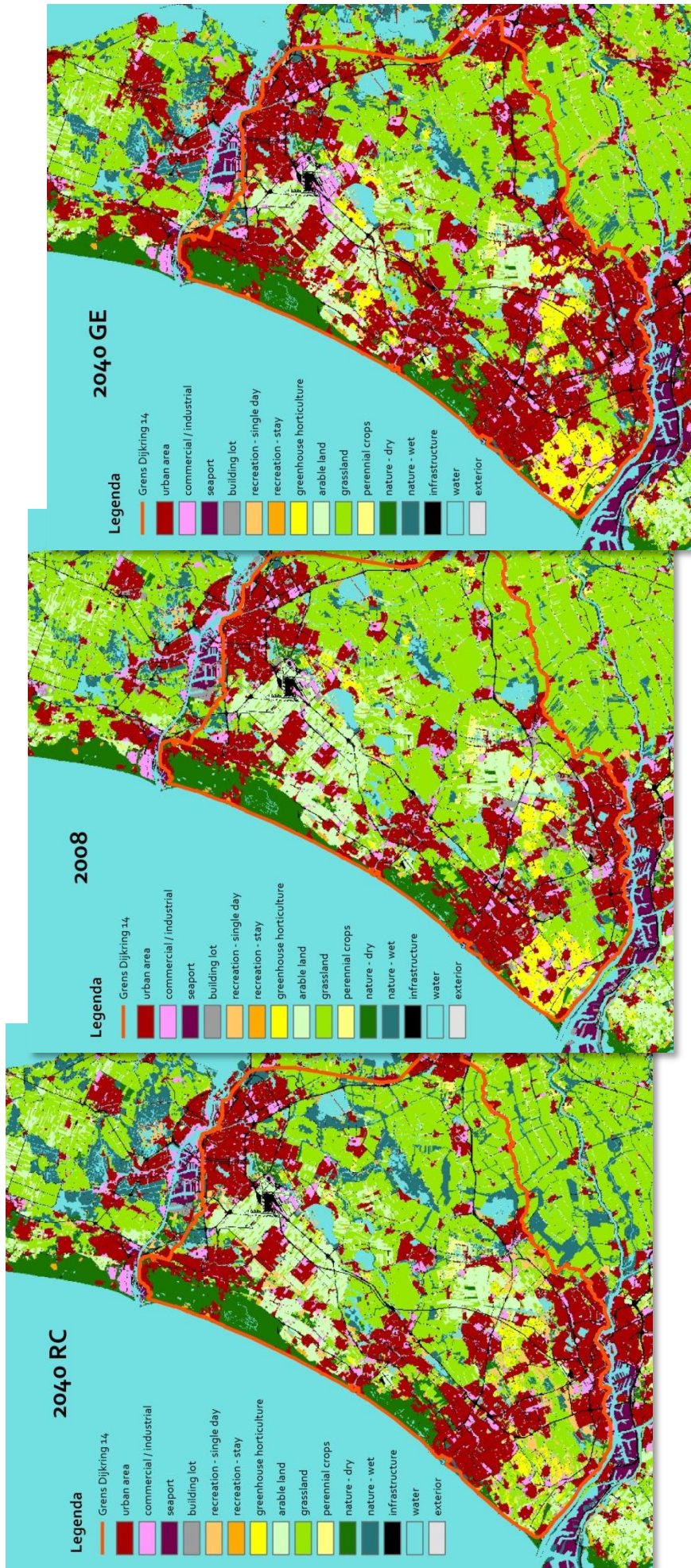
Dijkkring 14 ligt in het westen van Nederland, rond de Randstad, en is na dijkkring 6 de grootste dijkkring van Nederland. Het is ook de dijkkring met de meeste waarde; de steden Haarlem, Amsterdam, Leiden, Delft, Den Haag, Rotterdam en Utrecht liggen geheel of gedeeltelijk binnen de grenzen van de dijkkring, maar ook Schiphol bevindt zich erin. 65 % Van het nationaal product wordt in de ring verdiend. De waterkeringen die deel uitmaken van de dijkkring beschermen tegen overstromingen vanuit zowel grote rivieren als de Lek en de Nieuwe Maas, als kleine rivieren en kanalen zoals het Amsterdam-Rijnkanaal, als grote wateren als het IJ en de Noordzee. Ook bevinden de diepste plekken van Nederland zich hier.

De waterkeringen van dijkkring 14 worden beheerd door vijf waterschappen: hoogheemraadschap Delfland, hoogheemraadschap Rijnland, hoogheemraadschap Schieland en Krimpenerwaard, hoogheemraadschap Amstel, Gooi en Vecht en hoogheemraadschap de Stichtse Rijnlanden. Deze hebben elk hun deelgebied van de dijkkring waarvoor ze verantwoordelijk zijn dat het aan de normen voldoet.

Het concept van meerlaagsveiligheid is al bij verschillende projecten toegepast om te zien of het succesvol is. Dit was echter allemaal op kleine schaal. Het interessante aan de case study in dit rapport is dat het meerlaagsveiligheid verkent voor een groot gebied. Sterker nog: voor het dichtstbevolkte deel van Nederland, waar bij een overstroming het meest te verliezen is. Vandaar de keuze voor dijkkring 14.

Het SPINlab (Spatial Information Laboratory) aan de VU heeft voor dit soort onderzoek simulaties gemaakt die voorspellen hoe Nederland er in 2040 uit zal zien. Deze simulaties berekenen waar ruimtegebruik als stedelijk gebied, recreatie, natuur en landbouw waarschijnlijk gaan voorkomen aan de hand van twee sociaal-economische scenario's: Global Economy en Regional Communities. In het Global Economy scenario is er de komende decennia veel economische groei, neemt de bevolking in Nederland toe tot 20 miljoen in 2040, en wordt het milieu niet belangrijk gevonden. Regional Communities is in veel opzichten het tegenovergestelde: in de komende decennia wordt de maatschappij meer ingericht op zelfvoorzienendheid, er is een lichte bevolkingskrimp en milieubescherming komt op de eerste plaats (Dekkers et al., 2012). In deze scriptie worden beide scenario's uitgewerkt om de volledige breedte van het spectrum van toekomstige schade weer te kunnen geven.

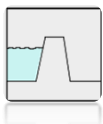
In figuur 28 op de volgende pagina is te zien hoe het gebied er in 2040 naar verwachting uitziet. In het RC-scenario neemt de bebouwing weinig toe, en alleen in de directe omgeving van grote steden. Er komt veel meer natuur en ruimte voor recreatie. In het GE-scenario is dat anders. Er komen veel nieuwe woningen en industrie bij. Natuur en recreatie groeien slechts licht. Deze verschillen in de landgebruiksscenario's zullen terug te zien zijn in schadeberekeningen. Meer bebouwing (GE) betekent meer schade bij overstroming.



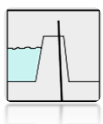
Figuur 28; landgebruiksscenario's voor dijkkring 14, in het jaar 2040. Links het Regional Communities-scenario, rechts het Global Economy scenario

## BIJLAGE 5: UITGEBREIDE MODELBESCHRIJVING

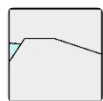
### BASIS



Voor de lezer die geïnteresseerd is in de precieze opbouw van het model waarmee de verschillende beleidsscenario's zijn doorgerekend volgt in deze bijlage een uitgebreide beschrijving daarvan. Het geschikt maken van de data zal slechts beperkt behandeld worden, wel volgt een kort overzicht van welke data zijn gebruikt en uit welke bronnen deze afkomstig zijn.



Allereerst is de precieze grens van de dijkkring 14 op een kaart ingetekend. Deze grens loopt precies over de kruin van alle keringen heen, dit om het overstromingsmodel zo precies mogelijk te krijgen. Vervolgens is langs de gehele grens van dijkkring 14 op de hoogtekaart gecontroleerd waar de dijk het laagst is. Dit bleek langs het Amsterdam-Rijnkanaal te zijn, waar de dijk slechts 1,5 meter boven N.A.P. ligt. De dijkkring kan men indenken als een grote badkuip met een onregelmatige bodem en een rand die niet overal even hoog is. Mocht de dijkkring overstromen en compleet vollopen, dan zal het water over het laagste deel van de rand naar buiten stromen, en kan het waterniveau in de badkuip niet verder stijgen. Dit hoogste waterniveau is dus 1,5 meter boven N.A.P..



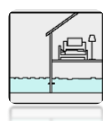
In de hoogtekaart bevinden zich op de plaats van gebouwen gaten. Daar is geen data van bekend. Dat komt goed uit. Verderop in het model wordt de schade berekend aan de hand van de hoogte van het water boven het maaiveld. Als de hoogtekaart geen gaten had gehad op de plekken van gebouwen zou daar de hoogte van het dak zijn ingevuld, en niet van de grond. Voor het model lijkt het dan of de hoogte van het dak de hoogte van de grond is, waardoor de overstromingsdiepte en als gevolg de schade een stuk kleiner worden. Deze zijn opgevuld door het gemiddelde van de directe omgeving (de straat) te nemen en die over de gaten te extrapoleren.



De volgende stap in het model is om de totale inundatiediepte te berekenen. Dit is de hoogte van het water boven maaiveld wanneer de dijkkring tot de rand gevuld is (+1,5 m N.A.P.). Dit wordt gedaan door de hoogtekaart van de kruinhoogte van de laagste dijk af te trekken. Een voorbeeld: de waterspiegel is op 1,5 m boven N.A.P., en op een bepaalde plek ligt het maaiveld op -4 m N.A.P.. De inundatiediepte (waterhoogte) daar is dan  $1,5 - -4 = 5,5$  meter. Dit is de bovengrens voor inundatiediepte op die plek.

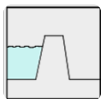


Vervolgens wordt de inhoud van het gebied bij bepaalde waterstanden berekend. Door deze inhoud te delen door de instroomsnelheid kan berekend worden hoe snel het water in de dijkkring zal stijgen. Dit zegt iets over hoeveel tijd mensen hebben om een veilig heenkomen te zoeken. De stijgsnelheid kan ook gekoppeld worden aan de verwachte duur van een hoogwater. De dijkkring hoeft namelijk helemaal niet tot aan de nok vol te komen staan. Als het hoogwater maar een beperkt aantal dagen duurt en de stijgsnelheid van het water voldoende laag is zal de uiteindelijke waterspiegel de 1,5 meter boven N.A.P. niet halen, wat weer gevolgen heeft voor de totale schade. Deze mogelijkheid wordt in het tweede overstromingsscenario uitgewerkt.



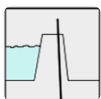
Tot slot moet door het model nog de schade berekend worden. Het schademodel dat hiervoor gebruikt wordt gaat uit van de inundatiediepte en het soort landgebruik. Voor Nederland zijn hiervoor door schade-experts zogeheten schadecurves opgesteld. Deze curves geven per type landgebruik aan hoeveel procent van de totale vervangingswaarde van een object verloren gaat bij een reeks waterstanden. Dit wordt gecombineerd met gegevens over maximale schade per type landgebruik om per punt op de kaart uit te rekenen wat de verwachte schade daar is. Het schademodel gaat op deze manier het hele gebied door.

## AANPASSINGEN VOOR SCENARIO'S

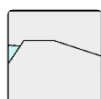


De scenario's in tekst opstellen zoals in paragraaf 3.4.2 is gedaan is redelijk eenvoudig te doen. De vertaalstap maken naar het model is belangrijk; anders kloppen de resultaten niet met de verwachtingen en/of de realiteit. In deze paragraaf wordt beschreven welke parameters in het model zijn aangepast om de verschillende scenario's zo realistisch mogelijk door te voeren.

### LANDGEBRUIKSSCENARIO'S



Het doel van dit onderzoek is om te beredeneren wat het nieuwe beleid voor de toekomst voor effecten zal hebben. Het heeft daarom weinig zin om overstromingen met landgebruiskaarten van het heden te berekenen. Toekomstig landgebruik is echter niet zomaar te voorspellen. Daarvoor worden verschillende scenario's gehanteerd, waarin parameters als economische groei, bevolkingsgroei, type economie en verstedelijking allemaal in gevarieerd worden. Om te compenseren voor onzekerheid over welke van deze scenario's uit zal komen is in dit onderzoek voor de twee scenario's met de hoogste en laagste economische groei. Dit zou ervoor moeten zorgen dat de schadecijfers uit dit rapport een soort boven- en ondergrens van de werkelijke schade zijn. Het scenario met de hoogste economische groei, die naar verwachting de meeste schade tot gevolg heeft is het 'Global Economy'-scenario, de ondergrens wordt aangegeven door het 'Regional Communities'-scenario.



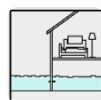
### OVERSTROMINGSSCENARIO'S



Wederom in een poging om een spectrum aan mogelijke overstromingen te vangen in de uitkomsten van de schadeberekeningen zijn er twee overstromingsscenario's gekozen. Bij het ene scenario raakt dijkkring 14 compleet gevuld met water. Een dergelijke overstroming kan eigenlijk alleen gebeuren als er tijdens een grote storm flinke bressen in de kustwering worden geslagen. Dit zal niet snel gebeuren, maar het geeft wel een beeld van de maximale schade die in de dijkkring kan ontstaan bij een overstroming, en van locaties die veel van die schade vertegenwoordigen. Het tweede overstromingsscenario is gebaseerd op cijfers die uit een andere studie (Silva & Van Velzen, 2008) afkomstig zijn. In dit andere onderzoek is (voor een andere locatie, maar de rivier heeft daar dezelfde afvoer als hier) een maximale instroomsnelheid bij een bres van 3000 m<sup>3</sup>/s gebruikt, waarbij het echte hoogwater ongeveer twee dagen aanhoudt. In dit onderzoek is daarom gekozen voor een bres die na 7 dagen gedicht is, waarbij de instroomsnelheid over die 7 dagen gemiddeld 2000 m<sup>3</sup>/s is. René Piek heeft nog cijfers opgezocht, helaas kwamen die te laat binnen om nog verwerkt te kunnen worden. Deze cijfers zijn gebruikt bij overstromingsscenario's specifiek voor dijkkring 14, nabij het gemaal Westland. Deze liggen een stuk lager dan de hier gebruikte (500 m<sup>3</sup>/s), wat betekent dat het hier gehanteerde overstromingsscenario nog steeds aan de hoge kant kan zijn. In dit gemiddelde is daarmee het vormen en dichten van de bres verwerkt, evenals het variëren van het waterpeil gedurende de overstroming. Dit geeft een beeld van de mogelijke gevolgen van een overstroming vanuit een grote rivier als de Nieuwe Waterweg. Dit is dan weer een erg optimistisch scenario; 7 dagen is weinig tijd om een bres te dichten. Na de Watersnoodramp van '53 was men 10 maanden bezig om alle gaten te dichten.



### BELEIDSSCENARIO'S

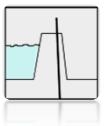
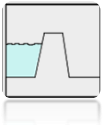


Afhankelijk van het karakter van bepaalde maatregelen zijn op verschillende plekken in het model aanpassingen gedaan. Om een verhoging van de dijken te simuleren is het maximale waterpeil in 2040 met 36 cm doorgevoerd. De overstromingsnorm van de dijkkring blijft hetzelfde, maar de zeespiegel stijgt in de komende 26 jaar met maximaal 36 cm ten opzichte van 2000. Om de norm waar te kunnen maken zullen de dijken mee moeten stijgen, wat betekent dat het 'overlooppunt' in de dijkkring bij het Amsterdam-Rijnkanaal waarschijnlijk ook hoger komt te liggen. De inhoud van de dijkkring wordt daarmee verhoogd.

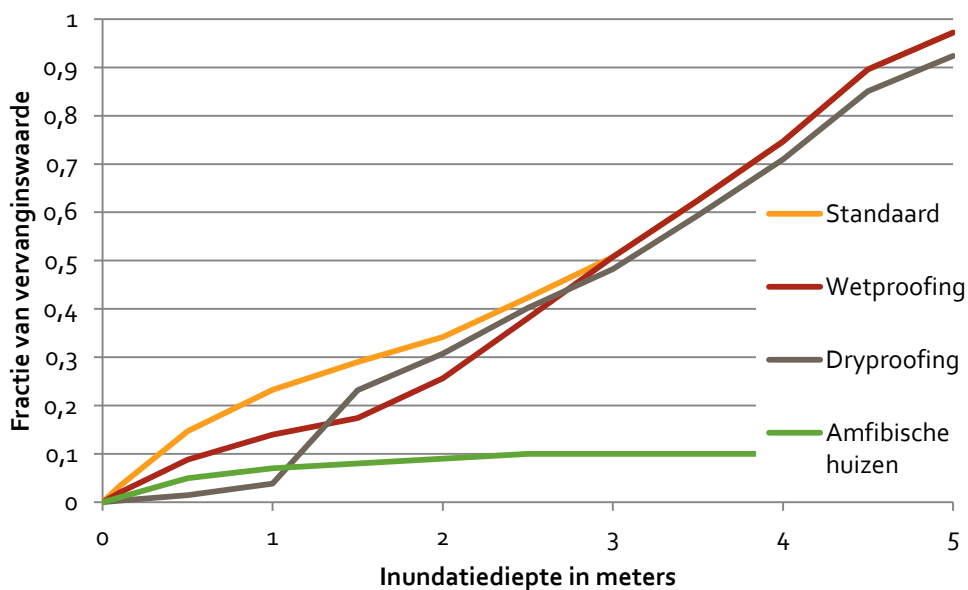
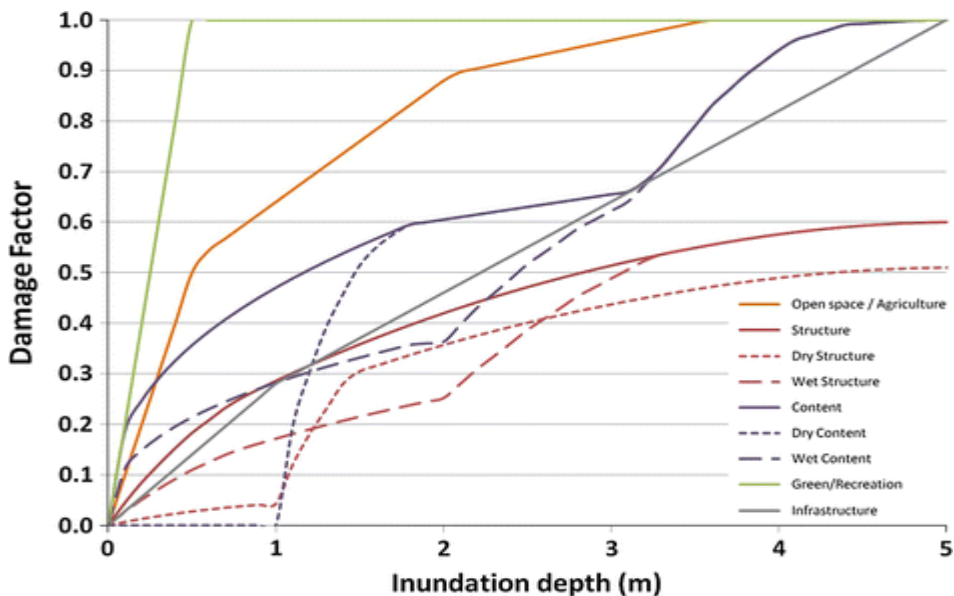


Een praktisch doorbraakvrije dijk heeft als gevolg dat de instroomsnelheid en instroomduur bij een hoogwater beperkt worden. In deze studie wordt de instroomsnelheid als gevolg van overloop bij de dijk aan de hoge kant gehouden; 40% van de instroom bij een bres (800 m<sup>3</sup>/s). Ook wordt de duur van de instroom beperkt tot de duur van het hoogwater: twee dagen.

Voor de beleidsscenario's die aanpassingen in de tweede laag inhouden zijn de schadecurves aangepast. In de modelbeschrijving is al ingegaan op hoe schadecurves op basis van inundatiediepte eruit zien. Men kan zich voorstellen dat een huis dat blijft drijven een andere schadecurve heeft dan een huis dat met dry- of wetproofing is behandeld, en die hebben op zich weer een andere curve dan een traditioneel huis. De aanpassingen van de schadecurves zijn grotendeels gebaseerd op de resultaten die in ander onderzoek (De Moel & Aerts, 2011) als realistisch uit de bus kwamen. Alleen voor amfibische huizen was geen inundatiecurve beschikbaar. In dit onderzoek is daarom aangenomen dat bij een amfibisch huis in principe geen schade ontstaat aan het gebouw of alles dat zich erin bevindt, maar alleen aan het land en bezittingen eromheen (tuin). De schade die aan deze objecten ontstaat is geschat op 10 % van de vervangingswaarde van het huis.



In figuur 29 zijn boven de schadecurves uit De Moel et al. (2014) gegeven, onder de curves die in dit onderzoek zijn gebruikt. In dit onderzoek zijn structure en content samengenomen. Terug naar: **3.4 De realiteit: modelleren**



Figuur 29; schadecurves van literatuur (boven) en uit dit onderzoek (onder)

## BIJLAGE 6: EVACUATIE

Het voornaamste doel van maatregelen nemen tegen overstromingen is om mensenlevens te sparen. Economische schade beperken is ook belangrijk, maar komt op de tweede plaats. Een mogelijke maatregel hiervoor is evacuatie. Evacuatie dient om zoveel mogelijk mensen, en in sommige gevallen ook dieren en goederen, in veiligheid te brengen. De redenering is eenvoudig: mensen, dieren en goederen die tijdens de ramp niet meer in het getroffen gebied zijn kunnen geen slachtoffer worden van de ramp. Bij evacuatie komt echter heel wat kijken. Zo heeft het enorme gevolgen voor het dagelijks leven van de evacués, die bijna alles achter moeten laten, en voor de economie. Er kunnen immers geen economische activiteiten in het getroffen gebied plaatsvinden zolang de bevolking geëvacueerd is.

Het karakter van de kosten van een evacuatie maakt het overgaan tot ontruiming een voor politici lastige keuze. Er kleven twee soorten kosten aan evacueren. Aan de ene kant zijn er directe kosten: de kosten die de overheid maakt om een evacuatie op gang te brengen zoals evacuatieplannen maken, borden plaatsen en wegen afsluiten. Indirecte kosten zijn kosten die voor de bevolking ontstaan als gevolg van de evacuatie. Hieronder vallen huisvestingskosten op veilige plaatsen, derving van productie en inkomsten in het gebied en extra transportkosten voor goederen die normaal door het getroffen gebied heen gaan en nu een andere weg moeten zoeken. Ook emotionele schade valt onder de categorie 'indirecte kosten'. Er zijn met een evacuatie relatief weinig directe kosten gemoeid, maar in een gebied als dijkkring 14 (waar ruim de helft van ons BNP wordt verdiend) grote indirecte kosten.

Er is nog een ander probleem dat voortkomt uit het grote aantal mensen dat zich in dijkkring 14 gevestigd heeft. Vanaf het moment dat het sein tot evacuatie wordt gegeven totdat de laatste inwoner het gebied verlaat verstrijken in het gunstigste geval al meer dan twee dagen. Onderzoek (Terpstra et al., 2013) heeft uitgewezen dat er voor dijkkring 14 over het algemeen slechts één tot twee dagen beschikbaar zijn voor evacuatie. Dat komt door de onvoorspelbaarheid van het weer en de hoogwaters die samen tot een overstroming kunnen leiden. Het is erg lastig om drie dagen voor een storm Nederland treft te zeggen of die sterk genoeg is om eventueel een overstroming te veroorzaken. Het dilemma is als volgt. Stel: het is bekend dat de dijkkring in drie dagen compleet leeg kan zijn. Drie dagen voor de overstroming zou kunnen plaatsvinden moet al besloten worden of de zuidwesterstorm of de hoge waterstanden in de Rijn dermate ernstig zijn om in dijkkring 14 een overstroming te veroorzaken. Men kan zich de reactie van de bevolking indenken als er besloten wordt tot evacuatie en dat achteraf niet nodig blijkt te zijn geweest. Nog lastiger te verantwoorden is het als niet of te laat besloten is om te evacueren en het wel nodig bleek te zijn.

Daar komt bij dat evacuaties lang niet altijd optimaal verlopen (Maaskant et al., 2009). Het is net als met een brandoefening; als iedereen weet wat er van hem/haar verwacht wordt, wat de vluchtroutes zijn en waar de verzamelplaatsen zijn is het gebouw een stuk sneller leeg. Sterker; als mensen niet zouden weten wat het gevaar van een brand in een gebouw is en hoe het brandalarm klinkt bestaat de kans dat bij een ontruiming de helft blijft zitten. Met evacuaties bij overstromingen is het net zo. Anno 2014 is er bij de bevolking weinig bekend over het risico dat men loopt wat betreft overstromingen, en wat de meest geschikte routes zijn om te nemen bij evacuatie. Als er nu een plotselinge evacuatie op touw gezet zou moeten worden zal het veel langer duren eer de dijkkring leeg is dan wanneer er vooraf informatie verspreid zou zijn, en er wellicht zelfs af en toe een oefening werd gehouden.

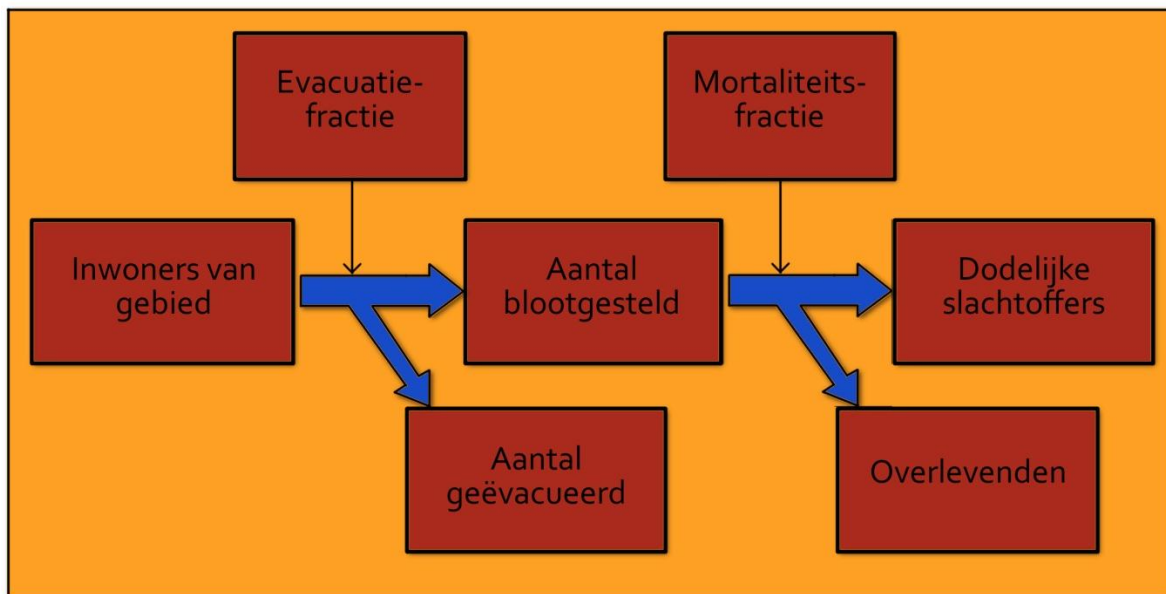
Tot op heden is er vooral aandacht besteed aan horizontaal evacueren. Dat wil zeggen: mensen zo snel mogelijk het gebied uit krijgen. Verticale evacuatie behoort echter ook tot de mogelijkheden (Kolen, 2013). Dit principe is terug te voeren tot de terpen in het noorden van het land. Mensen hoeven het gebied niet uit als er binnen het overstromde gebied voldoende hoge plaatsen zijn waar het water nooit kan komen. Denk aan vluchtheuvels, 'shelters' op palen, dijken en flatgebouwen. Het kost mensen veel minder tijd om een flatgebouw om de hoek te bereiken dan om de dijkkring waarin ze wonen te verlaten, en dat betekent een forse tijds winst op het scenario met horizontale evacuatie. Dat zorgt er weer voor dat de beslissing tot evacuatie dichter op de potentiële overstroming kan zitten, waardoor er meer zekerheid is over of er überhaupt wel een overstroming gaat komen. Indirecte kosten zijn bij verticaal evacueren fors lager dan bij horizontaal evacueren. De economie kan voorafgaand aan de evacuatie langer blijven functioneren, is na de evacuatie sneller weer opgestart en wordt minder vaak stilgelegd omdat de kans op onnodige evacuatie door de toegenomen zekerheid lager is. Het enige nadeel aan verticaal ten opzichte van horizontaal evacueren is dat mensen in vluchtplaatsen tijdens de overstroming voorzien moeten zijn/worden van voedsel, drinken en warmte. Dat is makkelijker als ze buiten het getroffen gebied zijn dan wanneer ze zich in hoge vluchtplaatsen bevinden en omringd zijn door water.

Tegenwoordig wordt er bij het ontwerpen van evacuatieplannen veel gebruik gemaakt van modellen. Om deze modellen realistisch te laten werken is er onderzoek gedaan naar hoe mensen handelen tijdens een evacuatie. Er worden vijf typen evacuatie onderscheiden:

- *Preventieve* evacuatie (horizontaal)
- *Verticale* evacuatie
- In eigen woning *schuilen* in afwachting van ramp
- *Vluchten* na het plaatsvinden van de ramp
- *Gered* worden na het plaatsvinden van de ramp

De keuze voor één van deze evacuatiemogelijkheden heeft veel invloed op het risico dat mensen lopen om te sterven tijdens een overstroming. De eerste twee opties scoren hierin beduidend beter dan de laatste drie. Mensen kunnen echter ook onderweg naar een veilige schuilplaats door de ramp overvallen worden.

Er is nog een andere indeling mogelijk. Mensen worden dan onderverdeeld naar gelang de locatie waar ze door de ramp getroffen worden. Er zijn mensen die succesvol horizontaal geëvacueerd zijn, mensen die succesvol verticaal geëvacueerd zijn, mensen die onderweg naar een evacuatieplek getroffen worden en mensen die geen gehoor hebben gegeven aan de oproep om te evacueren. Deze laatste categorie is over het algemeen ongeveer 20% van de inwoners van een gebied (Maaskant et al., 2009), maar dat aandeel kan groter zijn. De mensen die geen gehoor geven worden ook wel de No Response-groep genoemd. Elk van de groepen uit deze indeling heeft een bepaalde kwetsbaarheid. Er zijn cijfers voor deze kwetsbaarheid vastgesteld die in de evacuatiemodellen worden gebruikt.



Figuur 30; schematisch overzicht van de rol van de evacuatie- en mortaliteitsfractie. Naar Jonkman et al., 2010

Belangrijke begrippen bij het berekenen van het aantal slachtoffers zijn de evacuatiefractie en mortaliteitsfractie. Van alle inwoners in een gebied (100%) wordt eerst de evacuatiefractie (horizontaal en verticaal) afgetrokken. In dit voorbeeld is dat 60%. Het aantal blootgestelde mensen is dan 40% van het totaal aantal inwoners. Deze mensen zullen niet allemaal overlijden bij de overstroming. Hoe groot het aandeel slachtoffers zal zijn is afhankelijk van de kwetsbaarheid van verschillende groepen. Deze kwetsbaarheid is vastgelegd in de mortaliteitsfractie. Voor twintigers met ervaring op de triatlon is deze fractie bijvoorbeeld een stuk lager dan voor ouderen of mensen die in het ziekenhuis liggen. De mortaliteitsfractie geeft aan hoe groot het percentage van de blootgestelde mensen is dat waarschijnlijk zal overlijden als gevolg van de overstroming. De mensen die overblijven kunnen zich overlevenden noemen.

## SCENARIO

Voor de slachtofferanalyse in dit rapport is uitgegaan van de cijfers uit 'Evacuatieschattingen Nederland' (Maaskant et al., 2009) en het addendum daarvan. De gebruikte cijfers zijn in dat onderzoek specifiek voor dijkkring 14 berekend. In de slachtofferanalyse in deze scriptie worden drie evacuatiescenario's uitgewerkt, plus twee aangepaste. Deze scenario's zijn voor vrijwel alle beleidsscenario's uit het schademodel toepasbaar omdat onafhankelijk van de gekozen maatregelen in laag 1 of 2 gekozen kan worden om wel of niet in evacuatie te investeren.

In het eerste evacuatiescenario, 'Chaotisch horizontaal', zijn er geen maatregelen genomen in laag 3. Dat leidt tot een chaotisch verloop van een eventuele evacuatie, die bovendien alleen in horizontale richting kan verlopen. Er zijn namelijk geen hoge vluchtplaatsen aangewezen en ingericht. Het duurt lang voordat de mensen weg kunnen komen, en er blijven veel mensen achter. Er is uitgegaan van de laagste evacuatiefractie die in het rapport gegeven wordt: 10% van de mensen komt weg. 90% blijft thuis achter, waarvan één procent onderweg of buiten wordt overvallen door de overstroming. Een tweede evacuatiescenario, 'Perfect horizontaal', is een goed voorbereide, horizontale evacuatie. Ondanks de goede voorbereiding kan echter slechts 22% op tijd weggkomen. Dat komt door de beperkt beschikbare vluchttijd. Het derde evacuatiescenario heet 'Perfect horizontaal en verticaal'. Dit scenario gaat uit van dezelfde evacuatiefractie als 'Perfect horizontaal', maar iedereen die wel wil vluchten (dus niet de No Response groep van 20%) maar niet horizontaal weg kan komen kan in verticale richting vluchten.

Gezegd moet worden dat dijkkring 14 wat evacuatiefracties betreft de meest ongunstige van het land is. In het rivierengebied worden bijvoorbeeld evacuatiefracties van 70-80% genoemd. Dat komt door de veel grotere bevolkingsdichtheid, het grote oppervlak van de dijkkring en de beperkt beschikbare tijd voor evacuatie. In tabel 7 worden de evacuatie- en mortaliteitsfracties per categorie getoond.

		Chaotisch horiz.	Perfect horiz.	Perfect horiz. en vertic.	Amfibische huizen Perfect horiz. en vertic.
	Evacuatiefractie horiz.	0,1	0,22	0,22	0,22
	vertic.			0,58	0,58
Blootstelling	Thuis	0,895	0,775	0,2	0,2
	In auto of buiten	0,005	0,005	0,005	0,005
	In verticale shelter	0	0	0,58	0,58
Mortaliteit	Horiz evacués	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001
	Vertic evacués			0,001	0,001
	Thuisblijvers	0,005	0,004	0,004	0,001
	In auto of buiten	0,01	0,01	0,01	0,01
	Slachtoffers 2009/RC	26464	18431	8374	4866
	Slachtoffers GE	33079	23038	10468	6082

Tabel 7; Overzicht van de rekenmethode bij de slachtofferanalyse. Blootstelling en mortaliteit zijn in fracties, slachtoffers in absolute aantallen

Terug naar: [3.4.6 Slachtofferanalyse](#)

## BIJLAGE 8: COMPLEET RESULTATENOVERZICHT

Id\Schade	2009	Oud & verbeterd	Laag 1: Onbreekbaar	Laag 2: Amfibisch	Laag 2: Dryproof	Laag 2: Wetproof
Woningen	€ 229.321.226.043	€ 398.702.968.618,50	€ 398.702.968.618,50	€ 60.130.879.900,00	€ 365.641.977.682,79	€ 378.109.859.672,90
Industrie	€ 19.790.336.480	€ 29.360.333.096,00	€ 29.360.333.096,00	€ 29.360.333.096,00	€ 25.876.339.176,00	€ 27.950.298.104,00
Zware industrie	€ -	€ 110.980.466,80	€ 110.980.466,80	€ 110.980.466,80	€ 110.980.466,80	€ 110.980.466,80
Recreatie	€ 1.074.965.094	€ 35.023.074,00	€ 35.023.074,00	€ 35.023.074,00	€ 35.023.074,00	€ 35.015.449,50
Commercieel	€ 5.401.898.640	€ 14.674.224.672,00	€ 14.674.224.672,00	€ 14.674.224.672,00	€ 13.838.387.448,00	€ 14.459.661.276,00
Zeehavens	€ 1.322.798.300	€ 2.434.418.702,50	€ 2.434.418.702,50	€ 2.434.418.725,00	€ 2.434.418.725,00	€ 2.434.418.725,00
Natuur	€ 1.320.484.860	€ 1.827.710.394,30	€ 1.827.710.394,30	€ 1.827.710.394,20	€ 1.827.710.394,29	€ 1.827.710.394,30
Landbouw	€ 4.079.796.988	€ 3.067.000.128,40	€ 3.067.000.128,40	€ 3.067.000.128,40	€ 3.067.000.128,40	€ 3.067.000.128,40
Weide	€ 5.103.765.574	€ 4.025.152.488,60	€ 4.025.152.488,60	€ 4.025.152.488,60	€ 4.025.152.488,60	€ 4.025.152.488,60
Langjarig gewas	€ 1.120.356.629	€ 1.243.220.654,10	€ 1.243.220.654,10	€ 1.243.220.654,10	€ 1.243.220.654,19	€ 1.243.220.654,19
Bos	€ 971.774.296	€ 1.275.255.299,20	€ 1.275.255.299,20	€ 1.275.255.299,20	€ 1.275.255.299,12	€ 1.275.255.299,20
Infrastructuur	€ 8.183.301.786	€ 10.911.734.466,00	€ 10.911.734.466,00	€ 10.911.734.466,00	€ 10.911.734.466,00	€ 10.911.734.466,00
Bouwterrein	€ 644.054.840	€ 1.261.484.603,60	€ 1.261.484.603,60	€ 1.261.484.603,60	€ 1.261.484.603,60	€ 1.261.484.603,60
Water	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -
Extern	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -
	€ 278.334.759.530	€ 468.929.506.664,00	€ 468.929.506.664,00	€ 130.357.417.967,90	€ 431.548.684.606,79	€ 446.711.791.728,49

Tabel 8; Global Economy bij compleet vollopen

Id\Schade	2009	Oud & verbeterd	Laag 1: Onbreekbaar	Laag 2: Amfibisch	Laag 2: Dryproof	Laag 2: Wetproof
Woningen	€ 229.321.226.043	€ 273.098.512.560,00	€ 273.098.512.560,00	€ 42.939.252.720,00	€ 247.151.658.016,90	€ 255.096.420.642,70
Industrie	€ 19.790.336.480	€ 20.507.347.528,00	€ 20.507.347.528,00	€ 20.507.347.528,00	€ 17.670.800.736,00	€ 19.244.465.504,00
Zware industrie	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -
Recreatie	€ 1.074.965.094	€ 221.245.095,90	€ 221.245.095,90	€ 221.246.509,59	€ 221.245.095,90	€ 221.205.507,15
Commercieel	€ 5.401.898.640	€ 29.850.740.451,00	€ 29.850.740.451,00	€ 29.850.740.451,00	€ 28.147.072.851,00	€ 29.440.882.233,00
Zeehavens	€ 1.322.798.300	€ 2.296.931.705,00	€ 2.296.931.705,00	€ 2.296.931.705,00	€ 2.296.931.705,00	€ 2.296.931.705,00
Natuur	€ 1.320.484.860	€ 664.002.636,70	€ 664.002.636,70	€ 664.002.636,70	€ 664.002.636,70	€ 664.002.636,70
Landbouw	€ 4.079.796.988	€ 3.989.022.902,80	€ 3.989.022.902,80	€ 3.989.022.902,80	€ 3.989.022.902,80	€ 3.989.022.902,80
Weide	€ 5.103.765.574	€ 4.868.694.727,60	€ 4.868.694.727,60	€ 4.868.694.727,60	€ 4.868.694.727,59	€ 4.868.694.727,50
Langjarig gewas	€ 1.120.356.629	€ 1.089.698.345,40	€ 1.089.698.345,40	€ 1.089.698.345,40	€ 1.089.698.345,39	€ 1.089.698.345,30
Bos	€ 971.774.296	€ 1.277.592.430,40	€ 1.277.592.430,40	€ 1.277.592.430,40	€ 1.277.592.430,39	€ 1.277.592.430,40
Infrastructuur	€ 8.183.301.786	€ 23.183.027.775,40	€ 23.183.027.775,40	€ 23.183.027.775,40	€ 23.183.027.775,39	€ 23.183.027.775,40
Bouwterrein	€ 644.054.840	€ 1.261.484.603,60	€ 1.261.484.603,60	€ 1.261.484.603,60	€ 1.261.484.603,60	€ 1.261.484.603,60
Water	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -
Extern	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -
	€ 278.334.759.530	€ 362.308.300.761,80	€ 362.308.300.761,80	€ 132.149.042.335,49	€ 331.821.231.826,66	€ 342.633.429.013,55

Tabel 9; Regional Communities bij compleet vollopen

Id\Schade	2008	Oud & verbeterd	Laag 2: Onbreekbaar	Laag 2: Amfibisch	Laag 2: Dryproof	Laag 2: Wetproof	Combi L1 & Dry	Combi L1 & Wet
Woningen	€ 55.527.402.271	€ 94.770.307.778	€ 13.773.472.972	€ 19.952.055.760	€ 81.801.859.246	€ 83.914.195.911	€ 4.727.619.415	€ 8.411.239.446
Industrie	€ 5.272.683.720	€ 8.218.079.656	€ 996.305.888	€ 8.218.079.656	€ 6.654.352.504	€ 7.234.947.696	€ 137.535.318	€ 605.738.622
Zware industrie	€ -	€ 5.309.732	€ -	€ 5.309.732	€ 5.309.732	€ 5.309.732	€ -	€ -
Recreatie	€ 395.671.665	€ 14.134.110	€ 1.374.184	€ 14.134.110	€ 14.134.110	€ 14.078.685	€ 1.374.184	€ 1.235.477
Commercieel	€ 1.158.262.941	€ 2.598.270.945	€ 218.579.514	€ 2.598.270.945	€ 2.200.467.225	€ 2.287.661.871	€ 76.996.734	€ 139.655.490
Zeehavens	€ 236.888.365	€ 455.286.805	€ 55.653.560	€ 455.286.805	€ 455.286.805	€ 455.286.805	€ 55.653.560	€ 55.653.560
Natuur	€ 477.735.580	€ 599.511.236	€ 124.605.931	€ 599.511.358	€ 599.511.358	€ 599.511.358	€ 124.605.931	€ 124.605.931
Landbouw	€ 1.775.012.860	€ 1.357.775.551	€ 212.425.662	€ 1.357.775.551	€ 1.357.775.551	€ 1.357.775.551	€ 212.425.662	€ 212.425.662
Weide	€ 1.493.365.614	€ 1.095.478.695	€ 221.651.916	€ 1.095.478.695	€ 1.095.478.695	€ 1.095.478.695	€ 221.651.916	€ 221.651.916
Langjarig gewas	€ 244.532.210	€ 279.396.400	€ 56.327.607	€ 279.396.401	€ 279.396.401	€ 279.396.401	€ 56.327.607	€ 56.327.607
Bos	€ 228.966.631	€ 283.315.475	€ 30.595.972	€ 283.315.475	€ 283.315.475	€ 283.315.475	€ 30.595.972	€ 30.595.972
Infrastructuur	€ 1.733.223.708	€ 2.220.478.320	€ 519.209.185	€ 2.220.478.320	€ 2.220.478.320	€ 2.220.478.319	€ 519.209.185	€ 519.209.185
Bouwterrein	€ 151.852.527	€ 347.113.536	€ 48.403.560	€ 347.113.536	€ 347.113.536	€ 347.113.536	€ 48.403.560	€ 48.403.560
Water	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -
Extern	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -
	€ 68.695.598.093	€ 112.244.458.239	€ 16.258.605.951	€ 37.426.206.345	€ 97.314.478.959	€ 100.094.550.037	€ 6.212.399.044	€ 10.426.742.428

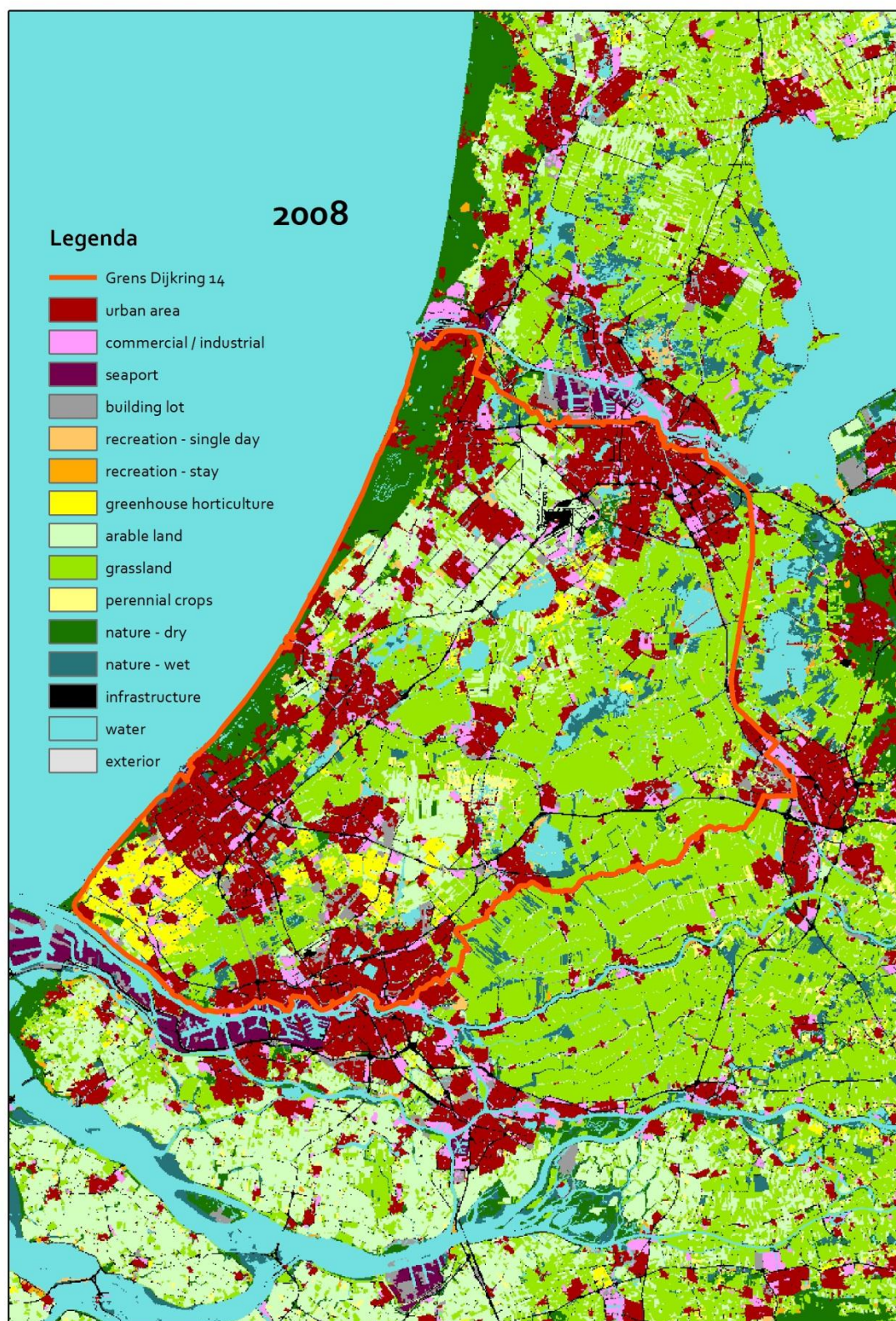
Tabel 10; Global Economy bij het semi-realistische scenario

Id\Schade	€ 2.008	Oud & verbeterd	Laag 2: Onbreekbaar	Laag 2: Amfibisch	Laag 2: Dryproof	Laag 2: Wetproof	Combi L1 & Dry	Combi L1 & Wet
Woningen	€ 55.527.402.271	€ 61.058.219.550	€ 7.461.189.877	€ 13.329.627.220	€ 52.644.023.650	€ 53.090.504.249	€ 2.324.880.349	€ 4.562.591.970
Industrie	€ 5.272.683.720	€ 5.123.977.536	€ 622.689.248	€ 5.123.977.536	€ 3.999.573.690	€ 4.429.343.706	€ 85.663.266	€ 378.086.378
Zware industrie	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -
Recreatie	€ 395.671.665	€ 68.126.921	€ 10.537.621	€ 68.126.921	€ 68.126.921	€ 67.749.508	€ 10.537.621	€ 9.852.296
Commercieel	€ 1.158.262.941	€ 7.379.081.586	€ 1.081.357.059	€ 7.379.081.586	€ 6.464.692.998	€ 6.843.002.394	€ 440.450.439	€ 680.130.501
Zeehavens	€ 236.888.365	€ 424.425.210	€ 45.463.145	€ 424.425.210	€ 424.425.210	€ 424.425.210	€ 45.463.145	€ 45.463.145
Natuur	€ 477.735.580	€ 253.905.116	€ 58.602.571	€ 253.905.116	€ 253.905.116	€ 253.905.116	€ 58.602.571	€ 58.602.571
Landbouw	€ 1.775.012.860	€ 1.698.653.056	€ 263.530.381	€ 1.698.653.056	€ 1.698.653.056	€ 1.698.653.056	€ 263.530.381	€ 263.530.381
Weide	€ 1.493.365.614	€ 1.315.318.693	€ 257.527.229	€ 1.315.318.693	€ 1.315.318.693	€ 1.315.318.693	€ 257.527.229	€ 257.527.229
Langjarig gewas	€ 244.532.210	€ 237.569.555	€ 40.476.080	€ 237.569.555	€ 237.569.555	€ 237.569.555	€ 40.476.080	€ 40.476.080
Bos	€ 228.966.631	€ 276.246.809	€ 28.604.556	€ 276.246.809	€ 276.246.809	€ 276.246.809	€ 28.604.556	€ 28.604.556
Infrastructuur	€ 1.733.223.708	€ 5.043.833.032	€ 1.230.544.504	€ 5.043.833.032	€ 5.043.833.032	€ 5.043.833.032	€ 1.230.544.504	€ 1.230.544.504
Bouwterrein	€ 151.852.527	€ 347.113.536	€ 48.403.560	€ 347.113.536	€ 347.113.536	€ 347.113.536	€ 48.403.560	€ 48.403.560
Water	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -
Extern	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -
	€ 68.695.598.093	€ 83.226.470.599	€ 11.148.925.830	€ 35.497.878.269	€ 72.773.482.266	€ 74.027.664.863	€ 4.834.683.700	€ 7.603.813.170

Tabel 11; Regional Communities bij het semi-realistische scenario

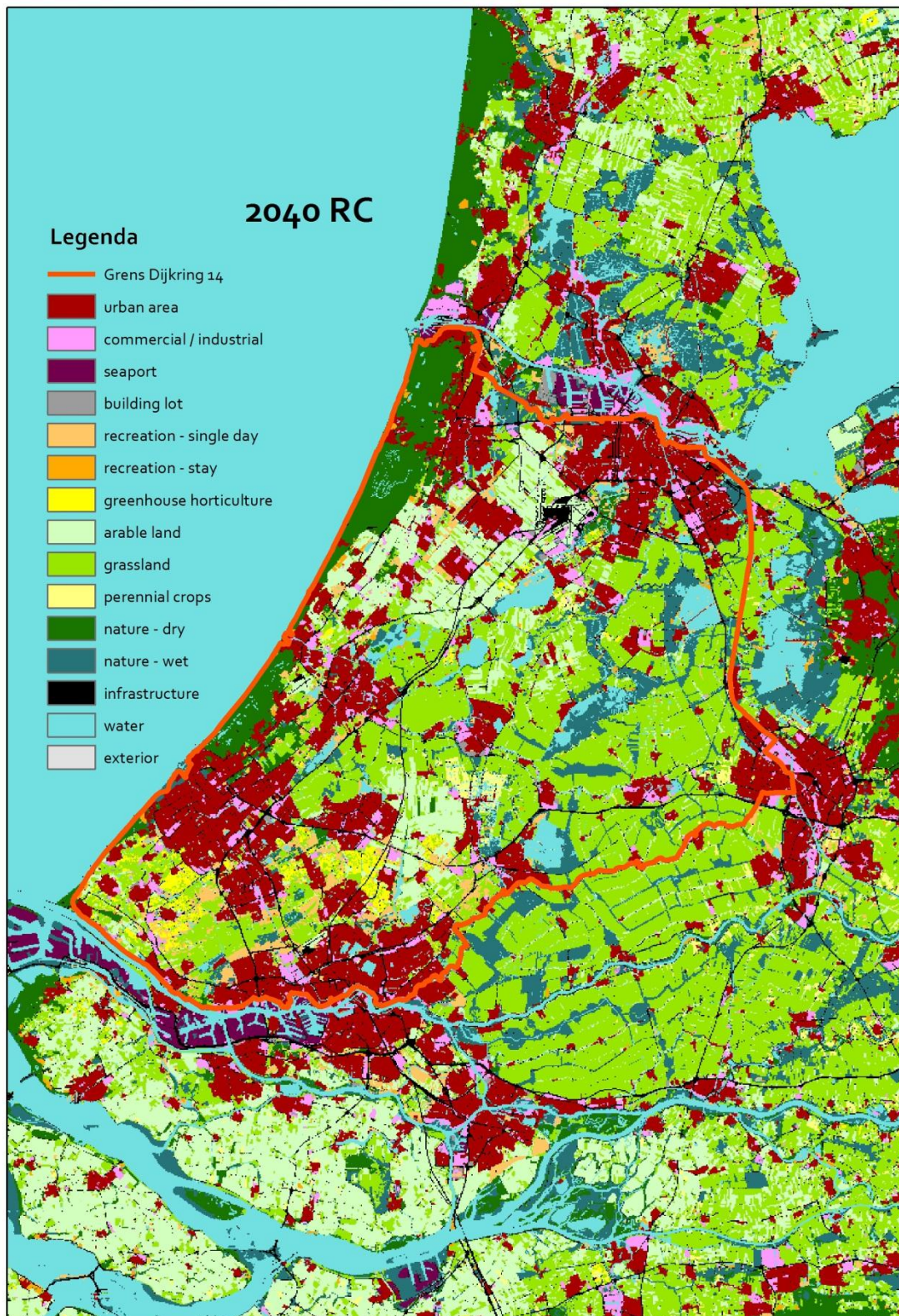
		Chaotisch horiz.	Perfect horiz.	Perfect horiz. en vertic.	Amfibische huizen Perfect horiz. en vertic.
	Evacuatiefractie horiz.	0,1	0,22	0,22	0,22
	vertic.			0,58	0,58
Blootstelling	Thuis	0,8995	0,7795	0,2	0,2
	In auto of buiten	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005
	In verticale shelter	0	0	0,58	0,58
Mortaliteit	Horiz evacués	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001
	Vertic evacués			0,001	0,001
	Thuisblijvers	0,005	0,004	0,004	0,001
	In auto of buiten	0,01	0,01	0,01	0,01
	Slachtoffers 2009/RC	26332	18273	8111	4603
	Slachtoffers GE	32915	22841	10139	5753

Tabel 12; Evacuatie- en mortaliteitsfracties met de bijbehorende aantallen dodelijke slachtoffers

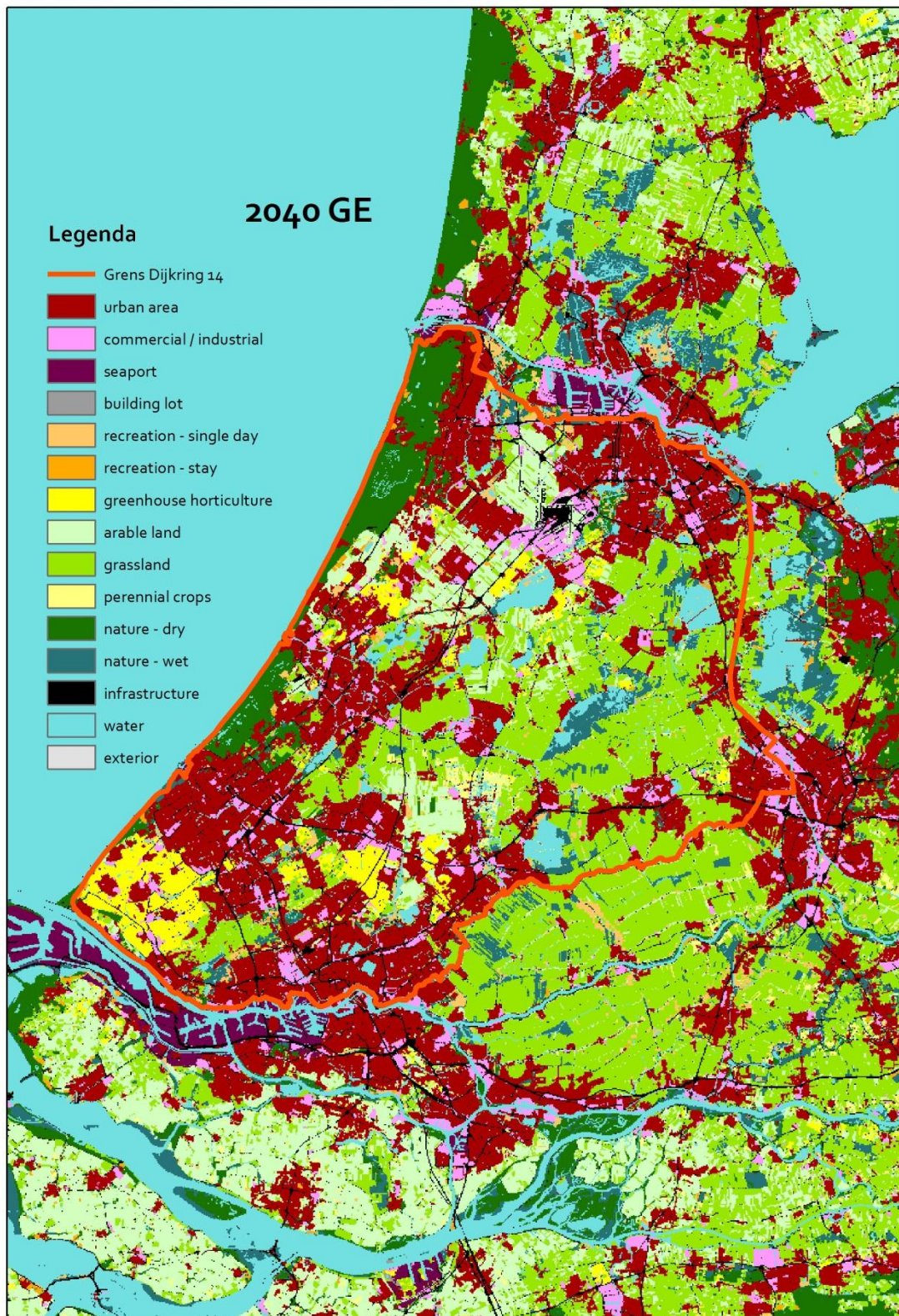


Figuur 31; landgebruik in 2008

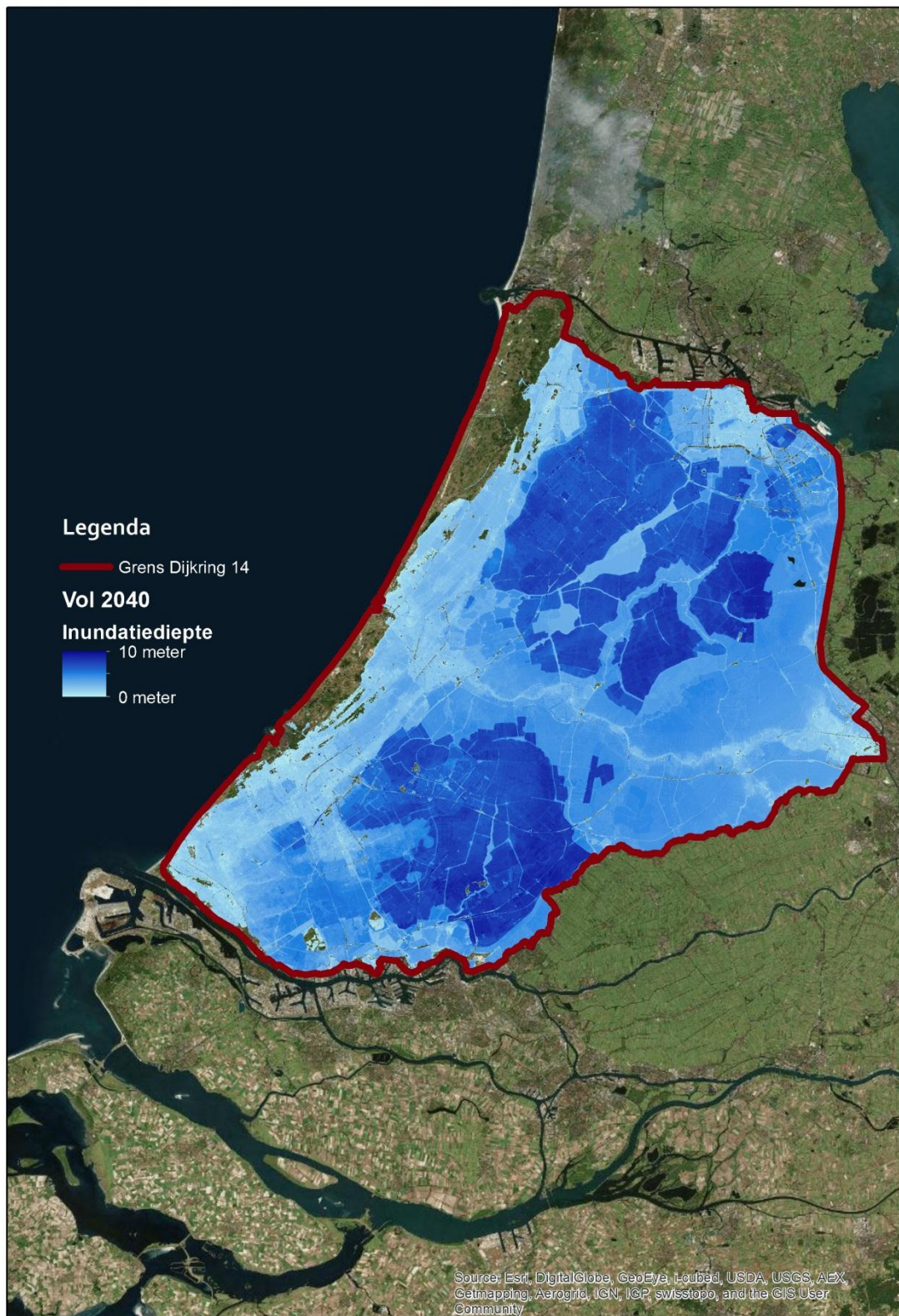




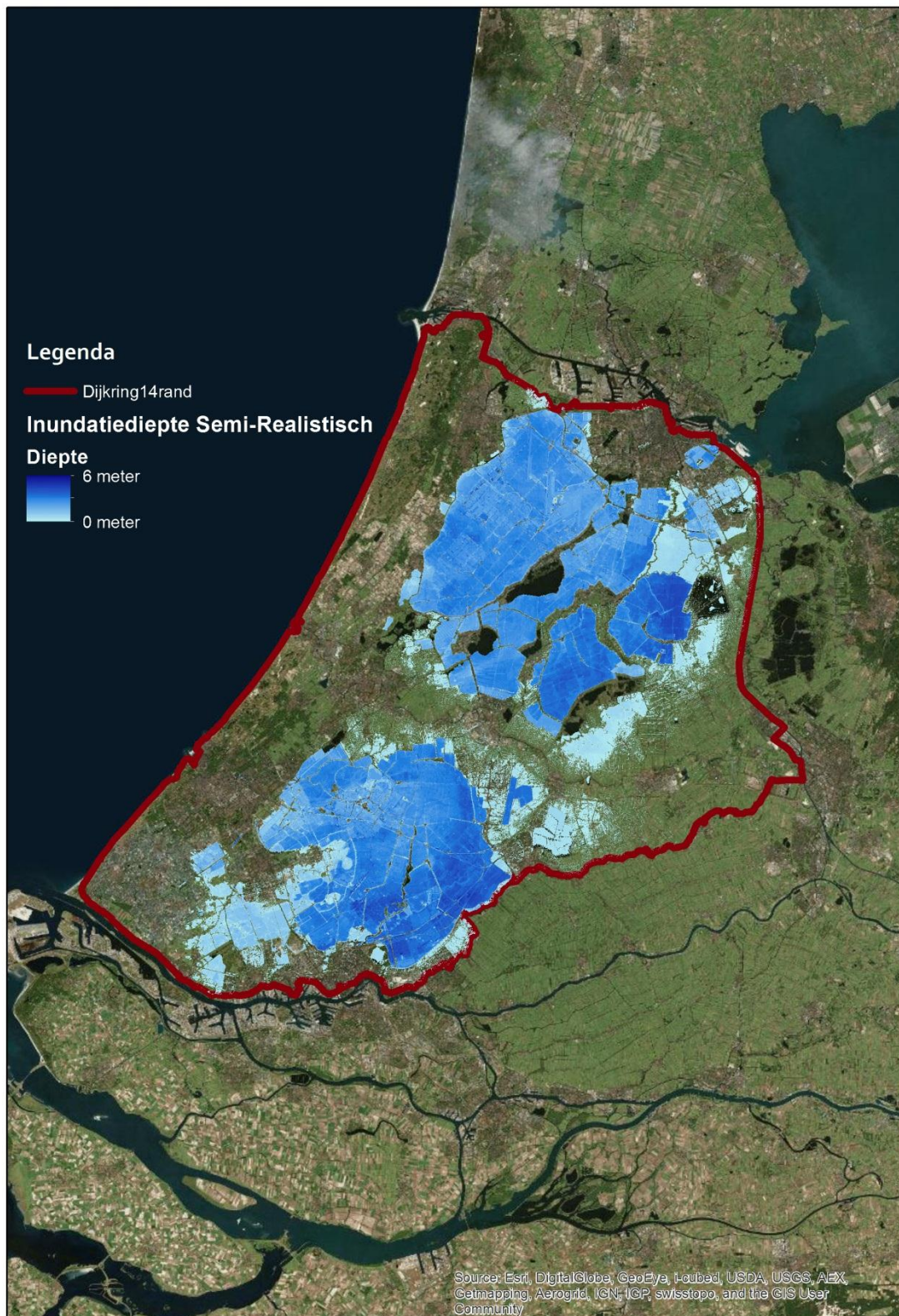
Figuur 32; landgebruik in 2040 volgens het Regional Communities-scenario



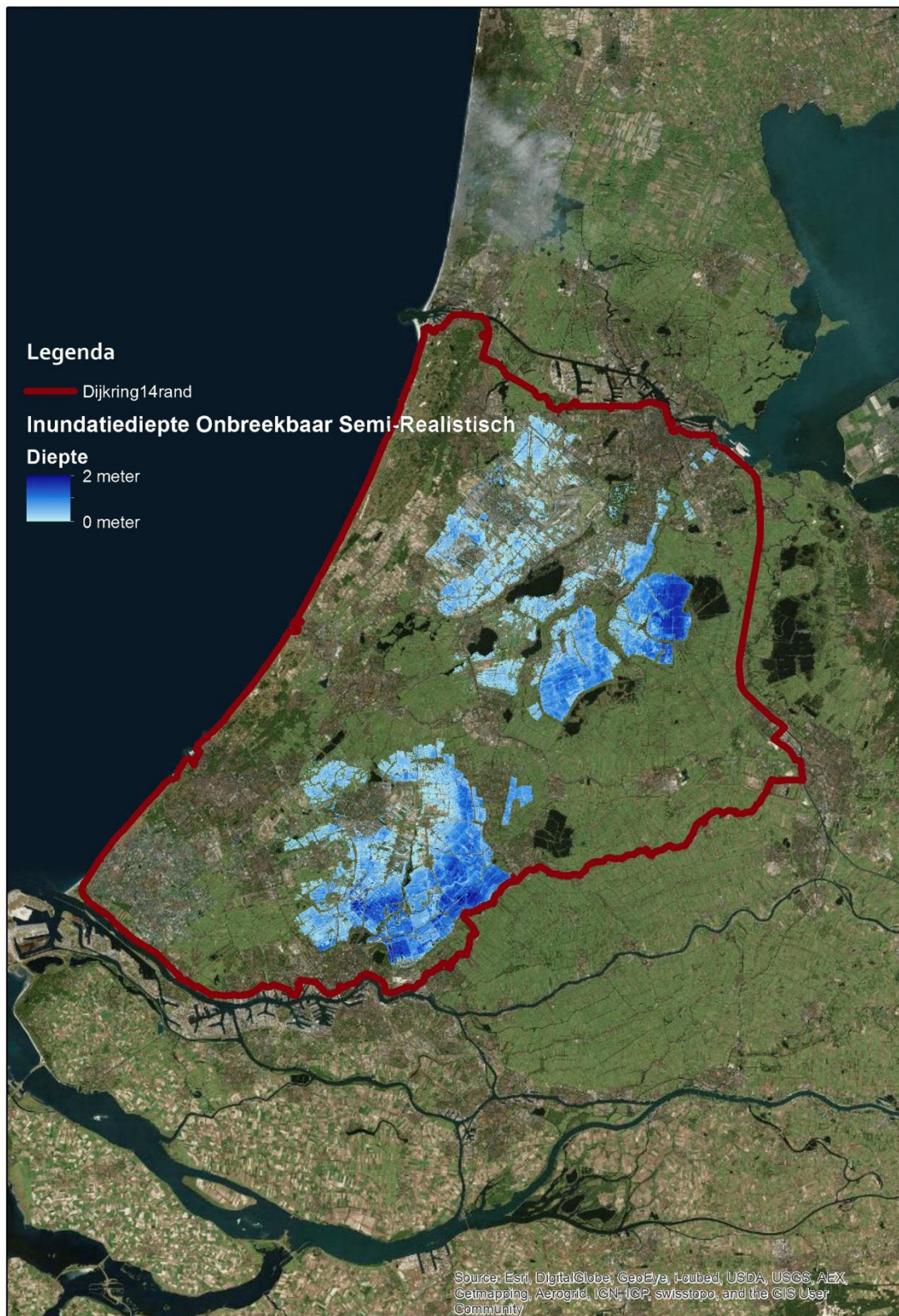
Figuur 33; landgebruik in 2040 volgens het Global Economy-scenario



Figuur 34; inundatiediepte bij compleet vollopen



Figuur 35; inundatiediepte bij de standaard beleidsscenario's in het semi-realistische overstromingsscenario



Figuur 36; inundatiediepte bij het doorbraakvrije beleidsscenario bij het semi-realistische overstromingsscenario