

DE TWEEDE LAAG

Een beoordelingskader voor strategieën in de tweede laag van
Meerlaagsveiligheid toegepast op het beheergebied van
Waterschap Noorderzijlvest



Waterschap NOORDERZIJLVEST



UNIVERSITEIT TWENTE.



Foto omslag:

Wierde van Ezingen, opgebouwd tussen de 3^e eeuw v. Chr.
en de 13^e eeuw n. Chr. (genomen op 20 juni 2013)

DE TWEEDE LAAG

Een beoordelingskader voor strategieën in de tweede laag van
Meerlaagsveiligheid toegepast op het beheergebied van
Waterschap Noorderzijlvest

Roland Buysse

26 juni 2013

Afstudeerscriptie voor het behalen van de graad Master of Science in
Civil Engineering & Management
aan de Universiteit Twente

Afstudeercommissie:

Prof. dr. ir. A.Y. Hoekstra
Universiteit Twente, voorzitter

Dr. M.S. Krol
Universiteit Twente

M. Zethof MSc.
HKV Lijn in Water

Ir. J.W.H. Nieuwenhuis
Waterschap Noorderzijlvest

UNIVERSITEIT TWENTE.



Waterschap **NOORDERZIJLVEST**



Voorwoord

De afronding van dit rapport betekent de afronding van mijn studie Civil Engineering & Management aan de Universiteit Twente. In dit onderzoek heb ik een beoordelingskader gemaakt waarin zowel preventieve maatregelen als gevolgbeperkende maatregelen voor waterveiligheid kunnen worden afgewogen.

In mijn studie ben ik altijd geïnteresseerd geweest in het contact tussen de ingenieur en de beleidsmaker, want mooie initiatieven kunnen vroegtijdig stranden als de meerwaarde ervan niet duidelijk is voor alle betrokken partijen. Met dit onderzoek hoop ik een bijdrage te leveren aan een duidelijker contact.

Wel denk ik dat een kritische blik de enige manier is om dit contact echt te laten slagen. In mijn onderzoek ben ik dan ook altijd nieuwsgierig geweest naar de achtergrond van wat ik las en hoorde en ik hoop dat u als lezer van mijn rapport dit ook zult hebben en de inhoud niet zonder meer voor waar aanneemt.

In mijn onderzoek heb ik de mogelijkheid gekregen zowel bij HKV Lijn in Water als bij Waterschap Noorderzijlvest mijn werkzaamheden uit te voeren. Door deze combinatie kreeg ik inzicht in zowel de advies- als de beleidskant. De mensen die dit mogelijk hebben gemaakt wil ik dan ook hartelijk bedanken.

Allereerst Marit Zethof, dank je wel dat je me geholpen hebt met het waarborgen van de wetenschappelijke kwaliteit en het vasthouden aan de rode lijn in mijn onderzoek. En Jan-Willem Nieuwenhuis, vooral bedankt voor je motiverende woorden en de mogelijkheden die je geboden hebt om te praten met de betrokken partijen in de omgeving. Dan wil ik Arjen Hoekstra bedanken voor zijn begeleiding, vooral de gesprekken over de leesbaarheid van mijn rapport waren erg nuttig voor mij. En Maarten Krol voor het doorlezen van mijn rapport aan het eind van mijn afstuderen. Verder wil ik alle mensen bedanken die mij hebben geholpen met verzamelen van informatie in gesprekken, via enquêtes en via e-mail.

Voor mijn hele studietijd wil ik graag mijn ouders bedanken, ze hebben me altijd gesteund en interesse getoond in mij en mijn studie. Verder wil ik mijn (studie)vrienden bedanken voor de gezelligheid en het samenwerken aan projecten. Tot slot wil ik Floorke bedanken voor al het geduld dat ze gehad heeft en steun die ze me gegeven heeft tijdens mijn afstuderen.

Roland Buysse

Samenvatting

Waterbeheer neemt in Nederland de volgende stap. Toenemende economische ontwikkeling en extremere klimaatscenario's zorgen ervoor dat op het gebied van waterveiligheid de afgelopen jaren verder gekeken wordt dan alleen de dijk. In 2009 heeft de minister hiervoor in het Nationaal Waterplan (Min. V&W, Min. VROM & Min. LNV, 2009) Meerlaagsveiligheid geïntroduceerd.

In dit principe worden waterveiligheidsmaatregelen ingedeeld in drie lagen:

- Preventie
- Ruimtelijke inrichting
- Rampenbeheersing

In het huidige systeem wordt alleen met preventieve maatregelen het risico beperkt. Door niet alleen in te zetten op deze 1^e laag, maar ook op gevolgbeperking (laag 2 en 3) wordt de oplossingsruimte groter.

Er wordt inmiddels uitgebreid onderzoek gedaan naar mogelijke maatregelen en de effecten ervan (Oranjewoud & HKV, 2011). Zo ook in het beheergebied van Waterschap Noorderzijlvest waar het dijkkringdeel van de Eemshaven tot Delfzijl is afgekeurd. Dit is aangegrepen om te kijken of Meerlaagsveiligheid gebruikt kan worden bij het herstellen van de waterveiligheid. Het ontbreekt echter nog aan een eenduidige afwegingsmethodiek waarmee de maatregelen onderling vergeleken kunnen worden. In dit onderzoek wordt daarom een beoordelingskader samengesteld dat deze rol wel kan vervullen. Het onderzoek is opgedeeld in drie delen: het vaststellen van het beoordelingskader, de toepassing ervan op een casus in het beheergebied van Waterschap Noorderzijlvest en tot slot de evaluatie van de toepassing van het beoordelingskader.

Het beoordelingskader is opgebouwd uit aspecten en criteria. De aspecten zijn vastgesteld door te bepalen hoe maatregelen kunnen bijdragen aan de doelen ten aanzien van waterveiligheid. Vervolgens zijn de criteria vastgesteld door te bepalen hoe het effect van maatregelen op aspecten meetbaar gemaakt kan worden. Dit is enerzijds gedaan door andere studies over dit onderwerp te bestuderen, anderzijds zijn de bevindingen uit deze studie getoetst in een fictieve casus om de criteria te verfijnen.

Om het beoordelingskader te toe te passen zijn een aantal maatregelen uit de 2^e laag van Meerlaagsveiligheid vastgesteld die veelbelovend zijn in het beheergebied van Waterschap Noorderzijlvest. Dit is gedaan op basis van een gebiedsanalyse en een inventarisatie van de mogelijke maatregelen in de 2^e laag. Uit de gebiedsanalyse blijkt dat vooral de gaswinning in dit gebied een groot risico met zich meebrengt. Het systeem is namelijk erg kwetsbaar en als het uitvalt, heeft het grote gevolgen voor de gas- en elektriciteitsvoorziening in een zeer groot gebied.

Met behulp van het vastgestelde beoordelingskader zijn vervolgens de effecten van verschillende maatregelen vergeleken met het ophogen van de dijk, dit is de meest gebruikelijke maatregel in de 1^e laag. Op basis van deze analyse lijken compartimentering van het gebied en het ophogen van woonwijken geen effectieve maatregelen. Het ophogen van de dijk wel, maar dit brengt grote onzekerheden met zich mee en biedt geen kansen om de uitvoering slim te combineren met andere projecten en bij te dragen aan andere waarden dan veiligheid. Het beschermen van gaswininstallaties met een ringdijk lijkt ook effectief, dit is echter alleen het geval als deze maatregel ook de indirecte schade kan voorkomen. Het is niet duidelijk of dit het geval is, omdat informatie over de exacte faalmechanismen beperkt vrijgegeven wordt en beschikbaar is. Het is bijvoorbeeld niet zeker of de gasleidingen zullen opdrijven zodra het gebied overstroomd.

Voor de evaluatie van het beoordelingskader is het ingevulde kader voor de Noorderzijlvestcasus voorgelegd aan experts van advies- en ingenieursbureaus, onderzoeksinstituten en de overheid. De resultaten van deze evaluatie zijn vergeleken met de resultaten van een andere groep experts die een smaller en meer traditioneel beoordelingskader voorgelegd hebben gekregen. In deze vergelijking werd duidelijk dat er veel behoefte is aan het betrekken van meer criteria dan alleen risicoparameters in de afweging van maatregelen. Het beoordelingskader zoals dat hier voorgesteld is, is hier nog niet het meest geschikte middel voor.

Dit heeft verschillende oorzaken:

- Het poogt alle criteria te bepalen met een getal. Dit is vaak niet mogelijk omdat die criteria erg subjectief zijn.
- Een aantal criteria zijn erg abstract. Daardoor is het niet duidelijk wat de score precies weergeeft.
- Het beoordelingskader is te uitgebreid. Door de lange lijst met criteria raakt het overzicht verloren.

Door enerzijds deze beperkingen van het kader en anderzijds wel de roep meer criteria te betrekken in de afweging, moet gezocht worden naar een andere manier om de afweging te maken. Een mogelijkheid hiervoor zou zijn het kader te splitsen in een kwantitatief deel en een tekstueel deel. In het tekstuele deel kan dan beschreven worden hoe de overige criteria zijn meegenomen, of kunnen worden meegenomen, in de afweging.

Summary

Water management in The Netherlands takes the next step. Increasing economic development and more extreme climate scenario's elicit flood risk management to have a broader view than just the levee. In 2009 the minister introduced Multi Layered Safety (Dutch: Meerlaagsveiligheid) in the National Waterplan (Min. V&W, Min. VROM & Min. LNV, 2009).

In this principle, flood risk measures are classified in three layers:

- Prevention
- Spatial solutions
- Crisis management

In the current system, risk is only reduced with preventive measures. By not just focusing on this 1st layer, but also reduce the effects of a flooding (layer 2 and 3) the solution space becomes bigger.

Currently elaborate research is conducted in possible measures and their effects (Oranjewoud & HKV, 2011). This research is also carried out at the area of responsibility of water board Noorderzijlvest. The levee between the harbour 'Eemshaven' and the city of Delfzijl is condemned in the last national check. This was the incentive to investigate whether or not Multi Layered Safety can be used to meet the desired safety. Nevertheless, the conducted research lacks an unambiguous assessment framework which is able to assess different measures. In this research an assessment framework is introduced that can fulfill this role. The research is split up in three parts: determining the framework, applying it in a case in the area of responsibility of water board Noorderzijlvest and finally the evaluation of the application of the framework.

The framework is build up from aspects and criteria. The aspects are defined by determining how measures can contribute to goals concerning flood risk management. After that the criteria are defined by determining how the effect of the measures on the aspects could be made measureable. This is done by studying other studies concerning this topic and testing the results of this study in a fictional case to refine the criteria.

To apply the assessment framework a number of measures from the 2nd layer of Multi Layered Safety are identified which are promising in the area of responsibility of water board Noorderzijlvest. This is done based on a spatial analysis and an inventarisation of the possible measures in the 2nd layer. From the spatial analysis is derived that mainly gas production causes a very big risk in this area. The total gas system is very vulnerable, and if it collapses the effects for as well gas as electricity supply will be big in a very big area.

Using the assessment framework the effects of the different measures are compared with heightening the levee, the most common measure in layer 1. Based on this analysis compartmentalization and elevation of residential areas are not effective measures. Heightening the levee is, nevertheless this brings big uncertainties and offers no possibility to make smart combinations in the execution of different projects and in the contribution to other values than flood safety. Protecting gas production sites with ring levees seems also effective, but this is only the case if this measure can also prevent indirect damage. It is not clear if this is the case, because information about the exact failure mechanisms is limited released and available. It is for example not sure whether the gas pipes will float if the area floods.

For the evaluation of the assessment framework the filled in framework for the Noorderzijlvest case is propounded to experts from engineering consultants, research institutes and the government. The results of this evaluation are compared to the results of an other group of experts which got a smaller and more traditional framework. In this comparison it became clear that there is a need of including more criteria than only risk reduction criteria in the assessment of measures. Although the framework as proposed here is not yet the most suitable way to do this.

This has different causes:

- It tries to determine all criteria with numbers. This is often not possible because the criteria are very subjective.
- A number of criteria are very abstract. Therefore it is not clear what the score represents.
- The assessment framework is too elaborate. Because of the long list of criteria the oversight is lost.

Because of on the one hand these limitations of the framework and on the other hand the need for more criteria in the assessment, there should be sought for another way to make the tradeoff. A possibility for this is splitting the framework in a quantitative part and a textual part. In the textual part could be written how the other criteria where involved or could be involved in the tradeoff.

Inhoud

1	Introductie	1
1.1	Context.....	1
1.2	Probleemstelling	1
1.3	Doelstelling	2
1.4	Onderzoeksvraag	2
1.5	Belang.....	2
1.6	Leeswijzer.....	3
2	Kader	5
2.1	Waterveiligheid.....	5
2.2	Meerlaagsveiligheid	6
2.3	Meerlaagsveiligheid: een risicobenadering	11
3	Onderzoeksmethode	15
3.1	Beoordelingskader	15
3.2	Casus	15
3.3	Evaluatie beoordelingskader.....	23
4	Beoordelingskader.....	25
4.1	Aspecten	26
4.2	Criteria.....	28
4.3	Beoordelingsmethode.....	37
4.4	Fictief voorbeeld	38
5	Casus: Noorderzijlvest	45
5.1	Gebiedsbeschrijving	45
5.2	Veelbelovende maatregelen 2 ^e laag Meerlaagsveiligheid.....	47
5.3	Modellering.....	55
5.4	Resultaatverwerking	58

5.5	Discussie Noorderzijlvestcasus	64
6	Discussie.....	67
6.1	Enquêtes	67
6.2	Belangrijke criteria	67
6.3	Wegingen	69
6.4	Commentaren op beoordelingskader	71
7	Conclusies en aanbevelingen.....	77
7.1	Conclusies	77
7.2	Aanbevelingen	78
Bijlage 1	Componenten risico.....	85
Bijlage 2	Onzekerheid	90
Bijlage 3	Geleidelijkheid	97
Bijlage 4	Berekeningen fictieve casus	107
Bijlage 5	Gebiedskenmerken.....	113
Bijlage 6	Rekenresultaten Noorderzijlvest	122
Bijlage 7	Indirecte schade gaswinstallaties	138
Bijlage 8	Enquête.....	141

1 Introductie

In deze studie wordt het concept Meerlaagsveiligheid beschreven en wordt er een beoordelingskader voor samengesteld. Daarnaast wordt onderzocht hoe oplossingen in de tweede laag (ruimtelijke inrichting) toegepast kunnen worden in het beheergebied van Waterschap Noorderzijlvest.

1.1 Context

Nederland is nauw verbonden met water. We genieten ervan, maar we bieden er weerstand tegen in extreme situaties en als het mis gaat, worden nieuwe methoden ontwikkeld om in de toekomst weer meer veiligheid te kunnen realiseren. Duidelijke voorbeelden hiervan zijn de deltawerken na de overstroming in zuidwest Nederland in 1953 en Ruimte voor de Rivier na de hoogwaterstanden van 1993 en 1995.

Volgens het Nationaal Waterplan (Min. V&W, Min. VROM & Min. LNV, 2009) is de grondgedachte voor duurzaam waterbeheer: ‘meebewegen met natuurlijke processen waar het kan, weerstand bieden waar het moet en kansen voor welvaart en welzijn benutten’. Een eerste stap in deze meer duurzame oplossingen is gemaakt door Ruimte voor de Rivier, maar dit programma zet nog steeds in op overstromingspreventie.

Door alleen te kijken naar mogelijkheden om de overstromingskansen van dijken te verkleinen, wordt niet de volledige oplossingsruimte voor het creëren van waterveiligheid benut. Daarom wordt in de oplossingen steeds meer gedacht over methoden om ook achter de dijk maatregelen te treffen. Op deze wijze kan het overstromingsrisico niet alleen worden beperkt met kansreducerende maatregelen, maar ook met gevolgverminderende maatregelen. Vanuit deze gedachte is het principe van Meerlaagsveiligheid ontwikkeld.

Meerlaagsveiligheid is een benadering waarbij waterveiligheid gerealiseerd wordt in drie lagen (Adviescommissie water, 2012):

1. Preventie
2. Ruimtelijke inrichting
3. Rampenbeheersing

Door niet meer alleen in te zetten op preventie, maar ook op gevolgbeperking (lagen 2 en 3), wordt de oplossingsruimte groter.

1.2 Probleemstelling

Deze nieuwe benadering betekent dat beleidsmakers en uitvoerende instanties uitgedaagd worden goede toepassingen te vinden voor deze concepten. In het huidige stelsel is er echter nog geen afwegingskader dat gebruikt kan worden bij het nemen van een besluit over de toe te passen maatregelen.

Het scala aan maatregelen is inzichtelijk gemaakt in verschillende gebiedspilots (Oranjewoud & HKV, 2011). In de gebiedspilots is echter geen uniforme methode gebruikt om overstromingsrisico's in te schatten en te beoordelen. Daarom is het nu nodig dat er een kader wordt ontwikkeld waarin effecten en kosten met de onzekerheid hierin tegen elkaar kunnen worden afgewogen.

Daarnaast zal in het afwegingskader ook meegenomen moeten worden dat het speelveld groter is geworden. In het verleden waren het rijk en de provincies normstellend en toezichhouder en Rijkswaterstaat en de waterschappen uitvoerend. Maar doordat oplossingen niet meer alleen gezocht worden binnen het beheergebied van de reguliere partijen, zullen ook andere partijen betrokken moeten worden en verantwoordelijkheid dragen.

1.3 Doelstelling

Het doel van dit onderzoek is het leveren van een bijdrage aan het formuleren van een afwegingskader waarin maatregelen in de tweede laag van Meerlaagsveiligheid tegen elkaar afgewogen kunnen worden. Hierbij wordt gekeken naar de kosten en effecten van de maatregelen, de onzekerheid hierin en wie verantwoordelijk is voor de ontwikkeling, uitvoering en kosten ervan. Dit onderzoek wordt uitgevoerd in het beheergebied van Waterschap Noorderzijlvest. Hier zal een inventarisatie gemaakt worden van het gebied en mogelijke maatregelen. De meest kansrijke maatregelen zullen binnen het voorgestelde kader worden getoetst.

1.4 Onderzoeksvraag

De hoofdvraag van het onderzoek is als volgt geformuleerd:

Welke criteria moeten meegenomen worden in een afwegingskader voor maatregelen uit de tweede laag van Meerlaagsveiligheid, zodat al het relevante onderscheid tussen maatregelen inzichtelijk wordt, en welke maatregelen uit de tweede laag van Meerlaagsveiligheid zijn op basis van dit afwegingskader geschikt om toe te passen in het beheergebied van Waterschap Noorderzijlvest?

Welk onderscheid relevant is, is onderdeel van het onderzoek en wordt beschreven in hoofdstuk 4 'Beoordelingskader'.

1.5 Belang

Dit onderzoek wordt uitgevoerd bij zowel Waterschap Noorderzijlvest als HKV LIJN IN WATER. Het belang dat het waterschap bij dit onderzoek heeft is het verkrijgen van inzicht in de effecten van verschillende maatregelen binnen het beheergebied. Daarnaast verkrijgen ze inzicht in de verantwoordelijkheden die de verschillende betrokken partijen hebben.

Het belang van HKV LIJN IN WATER is de bijdrage die dit onderzoek levert in het ontwikkelen van een afwegingskader. Het onderzoek naar de totale veiligheidskosten en onzekerheden in modelresultaten heeft hierbij de hoogste prioriteit.

1.6 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 'Kader' wordt de ontwikkeling van waterveiligheidsbeleid beschreven en de reden dat Meerlaagsveiligheid hierin de volgende stap is. De onderzoeksmethode om de onderzoeksvraag te beantwoorden wordt vervolgens beschreven in hoofdstuk 3 'Onderzoeksmethode', de uitvoering van het onderzoek wordt beschreven in hoofdstuk 4, 5 en 6. Met in hoofdstuk 4 'Beoordelingskader' de beschrijving een beoordelingskader welke de relevante onderscheidende verschillen tussen maatregelen inzichtelijk kan maken. In hoofdstuk 5 'Casus: Noorderzijlvest' de beschrijving van de Noorderzijlvestcasus en te toepassing van het beoordelingskader op maatregelen voor dit gebied. En in hoofdstuk 6 'Discussie' de discussie met op basis van expertevaluaties de terugblik op het beoordelingskader en de uitwerking van de casus. Ten slotte zullen in hoofdstuk 7 'Conclusies en aanbevelingen' conclusies getrokken worden ten aanzien van Meerlaagsveiligheid, het beoordelingskader en de casus en aanbevelingen gedaan worden voor vervolgstudies over deze onderwerpen.

2 Kader

Om inzicht te krijgen in het nut, de noodzaak of de meerwaarde van een nieuw beoordelingskader voor Meerlaagsveiligheid (MLV) maatregelen ten opzichte van de huidige afwegingsmethodiek voor waterveiligheidsmaatregelen, is het nodig de context helder te schetsen. Dit hoofdstuk beschrijft eerst de achtergrond van de huidige waterveiligheidsnormen (§2.1). Wat Meerlaagsveiligheid is (§2.2) en op welke wijze de risicobenadering nodig is om MLV te kunnen toetsen (§2.3).

2.1 Waterveiligheid

Na de watersnoodramp van 1953 in Zuidwest Nederland zijn in 1960 door de Deltacommissie veiligheidsnormen opgesteld voor heel laag Nederland. Deze normen zijn vastgesteld op basis van overstromingsrisico. Het overstromingsrisico wordt gedefinieerd als de kans op een overstroming vermenigvuldigd met de bijbehorende gevolgen van een overstroming (Deltares, 2011), de gevolgen worden uitgedrukt in schade en slachtoffers. Voor gebieden waar grotere gevolgen bij een overstroming optreden, geldt een strengere norm (kleiner toegestane overstromingskans), in vergelijking met gebieden met kleinere gevolgen. In de loop der jaren is deze normering op basis van risico vanwege de pragmatische keuze voor toetsing op maatgevende omstandigheden veranderd in een normering op basis van preventie en zijn de normen niet meer aangepast (Milieu- en Natuurplanbureau - RIVM, 2004). Het periodiek berekenen van het totale risico en vervolgens de overschrijdingsnormen op basis daarvan bepalen werd namelijk te tijd- en kostenintensief bevonden. Hierdoor wordt de risicotoename ten gevolge van de volgende factoren niet meegenomen (Van Loon-Steensma, Schelfhout, Eernink, & Paulissen, 2012):

- Demografische ontwikkelingen (steeds meer mensen);
- Economische ontwikkelingen (steeds meer kapitaal);
- Bodemdaling;
- Versnelde zeespiegelstijging en een verandering in regionale neerslagpatronen door de effecten van mondiale klimaatverandering

Om wel te compenseren voor economische activiteit en populatie zouden de normen in ieder geval elke 50 jaar aangepast moeten worden (Hoss, 2010).

2.1.1 Overschrijdingskans

De norm op basis van preventie die nu gebruikt wordt is een overschrijdingskans met een veiligheidsfactor voor de onzekerheid over de faalkans. De kering moet een zekere waterstand kunnen keren. Indien de maximaal te kunnen keren waterstand een hogere kans van voorkomen heeft dan de norm, voldoet de kering niet. Deze kans wordt berekend door met behulp van statistiek de kansen op overschrijding van zekere waterstanden te bepalen en dit te koppelen aan dijksterkte. Deze dijksterkte wordt bepaald op basis van karakteristieke waarden waarin veel veiligheidsmarges en schattingen worden gebruikt. Het grote nadeel van deze methode is dat niet aangegeven kan worden in welke mate een kering voldoet, het is immers niet bekend

wat de exacte eigenschappen van de dijk zijn, omdat er gerekend wordt met karakteristieke waarden. Bij het beoordelen van de veiligheid kan ook geen onderscheid gemaakt worden tussen de verschillende factoren die de dijksterkte bepalen wat de ontwikkeling van gerichte maatregelen onmogelijk maakt. (Projectbureau VNK2, 2012)

2.1.2 Overstromingskans

De overstromingskans is groter dan de overschrijdingskans, want overstromen doordat de waterstand de maatgevende hoogwaterstand overschrijdt is slechts één van de faalmechanismen. Een dijk kan afbrokkelen, wegschuiven of bezwijken doordat er water onder de dijk door sijpelt. Deze verschillende faalmechanismen zijn in de huidige normen meegenomen door middel van een karakteristieke waarde die niet specifiek bepaald is voor elke kering. Hierdoor is de werkelijke kans op een overstroming in een aantal gebieden groter dan de norm op basis overschrijdingskans met een veiligheidsfactor die nu wordt gehanteerd (De Fijter, 2007). Een alternatief hiervoor is het hanteren van een overstromingskans als norm voor preventie, deze neemt wel de verschillende bezwijkingsmechanismen mee. In het nieuwe Deltaprogramma 2013 wordt de overgang van overschrijdingskans naar overstromingskans beschreven. Als de norm op deze wijze geactualiseerd wordt, wordt meer recht gedaan aan het daadwerkelijke gevaar (Min. I&M & Min. EL&I, 2012).

De overstromingskans wordt bepaald door voor ieder faalmechanisme een kansverdeling op te stellen en voor de dijk een kansverdeling op te stellen van de kans op falen ten gevolge van dit faalmechanisme. Vervolgens worden rekenwaarden voor de sterkte (95% zeker over sterkte) en de belasting (95% zeker over belasting) bepaald en vergeleken. Zo kan per faalmechanisme bepaald worden in welke mate de kering voldoet (Projectbureau VNK2, 2012).

2.2 Meerlaagsveiligheid

Om inzichtelijk te maken wat de invloed van zowel preventieve als gevolgbeperkende maatregelen is op het overstromingsrisico is Meerlaagsveiligheid ontwikkeld. Meerlaagsveiligheid is in 2009 in het Nationaal Waterplan (Min. V&W, Min. VROM & Min. LNV, 2009) geïntroduceerd en is een methode om overstromingsrisico's te beheersen, gericht op zowel de bescherming tegen het water én beperking van de gevolgen en maatschappelijke ontwrichting bij een onverhoopte calamiteit.

Binnen de methodiek van MLV worden drie typen maatregelen onderscheiden, conform de volgende drielaagse indeling (Adviescommissie water, 2012):

1. Preventie: het voorkomen van overstromingen door waterkeringen en voldoende ruimte voor de rivier;
2. Ruimtelijke inrichting: een zodanige inrichting van potentieel overstroombare gebieden dat gevolgen van een eventuele overstroming beperkt blijven;
3. Rampenbeheersing: een goede organisatorische voorbereiding op een mogelijke overstroming.

Er is al door meerdere auteurs geschreven over de invulling van maatregelen in deze drie lagen (Oranjewoud & HKV, 2011). Toch is het niet altijd duidelijk wat exact het onderscheid tussen de 3 lagen is: Een Deltadijk (factor 100 lagere overstromingskans dan huidige keringen) kan zowel onder laag 1 vallen omdat de overstromingskans wordt verlaagd, als onder laag 2 omdat de gevolgen beperkt worden. Deze semantische indelingskwestie mag de toepasbaarheid en kansrijkheid van MLV niet beïnvloeden. In deze studie wordt de indeling zoals beschreven in het §5.2.1 'Beschrijving maatregelen' gebuikt.

De methode van MLV is een goed alternatief voor het huidige waterveiligheidsbeleid. Diverse argumenten zijn hiervoor aan te dragen en worden beaamd door de betrokkenen (Hoss, 2010) (Oranjewoud & HKV, 2011) :

- Alternatieve maatregelen voor preventie zijn mogelijk,
- Diversificatie, dit is economisch voordelig door spreiding van het risico over verschillende investeringen/maatregelen,
- Efficiëntie, de meest voordelige set maatregelen kan gekozen worden,
- Multifunctionele projecten maken het mogelijk ruimte en kosten te besparen en persoonlijke doelen te realiseren door samenwerking tussen partijen (meekoppelvoordelen),
- Duurzaam, het is een lange termijn oplossing en zorgt niet voor een verergering van het 'worst case'-scenario,
- Draagvlak en acceptatie vanwege mogelijkheden tot dynamiek en transparante eenduidige afwegingen,
- Financiering (gebruiker betaalt voor de maatregel en zal dus ook de kosten mee laten wegen in zijn oordeel of een maatregel nodig is),
- Mogelijkheid tot anticiperen vergroot door inzicht in de werking van het (waterveiligheid)systeem,
- Aandacht voor gevolgenreductie,
- Reserve door meerdere lagen.

Over de factoren die bepalend zijn voor de afweging tussen de tweede laag van Meerlaagsveiligheid en de eerste laag zegt ENW (ENW, 2012) het volgende:

- Schaalniveau - bij grootschalige projecten is een algemene 1^e-laagsoplossing vaak effectiever dan een lokale gevolgbeperkende maatregel. Kwetsbare of vitale objecten in een verder minder waardevolle omgeving kunnen daarentegen ook met lokale oplossingen (2^e en 3^e laag) beschermd worden
- Locatie - in buitendijkse gebieden kunnen laag-1-maatregelen de waterafvoermogelijkheden beperken en in historische kernen kunnen dijken het stadsgezicht verstoren
- Meekoppeling - indien grote kostenbesparingen behaald kunnen worden door maatregelen mee te koppelen met bijvoorbeeld nieuwbouw- of herstructureringsopgaven kunnen 2^e-laagsoplossingen positiever uit de economische afweging komen

- Gewenste type risicoreductie - lokale 2^e-laagsmaatregelen verkleinen meestal alleen de directe schade en slachtoffers, de indirecte schade door bedrijfsuitval en productieverlies echter niet.

Indien maatregelen uit verschillende lagen worden toegepast is het noodzakelijk deze goed af te stemmen met de inrichting van de openbare ruimte. In de ruimtelijke ordening spelen veel partijen een rol, om deze te verenigen met de waterveiligheidsfunctie die de maatregelen geven aan het gebied is het belangrijk duidelijk te hebben welke juridische en bestuurlijke middelen hiervoor beschikbaar zijn.

2.2.1 Beleid en ruimtelijke ordening

De integratie van maatregelen met betrekking op de ruimtelijke ordening in het waterveiligheidsbeleid is nu nog beperkt. Desalniettemin dragen deze maatregelen (mogelijk) bij aan het vergroten van de waterveiligheid. Om dit meetbaar te maken kan het effect van deze maatregelen op de reductie van het overstromingsrisico meegenomen worden in de normering. Het huidige systeem biedt geen instrumenten waarmee deze effecten zijn te toetsen.

De Watertoets is het enige instrument dat waterbeheerders kunnen gebruiken om de ruimtelijke ordening te sturen, door ruimtelijke plannen te toetsen op de gevolgen voor waterveiligheid. Deze toetst bestemmingsplannen, streekplannen, nieuwe plannen voor infrastructuur, woningbouw en bedrijventerreinen en herstructureringsplannen in het stedelijk en landelijk gebied op de invloed op de afvoer van neerslag binnen het gebied. Om het risico binnen het gebied niet te vergroten wordt getoetst of de plannen geen belemmering vormen voor vasthouden-bergen-afvoeren en de waterproblemen niet afwentelen op een ander gebied. Indien hier wel sprake van is moet aangegeven worden welke maatregelen genomen worden om dit te compenseren (Min. V&W, 2000). Op deze wijze kan in een vroeg stadium ingegrepen worden in deze projecten door wederzijdse betrokkenheid en informatievoorziening vanaf het begin (Min V&W, 2001). Dit instrument is voornamelijk geënt op regionale afvoerproblematiek en kan in deze vorm nog niet helpen bij het controleren van de effecten op het overstromingsrisico door een overstroming vanuit zee.

Naast juridische instrumenten, zoals de Watertoets, is ook de onderlinge samenwerking tussen betrokken partijen van belang. Zonder deze samenwerking kunnen contrasterende visies leiden tot bestuurlijke tegenwerking en onuitgesproken gemeenschappelijke visies tot het missen van meekoppelkansen. Bij de samenwerking kan onderscheid gemaakt worden tussen publiek en privaat, maar ook tussen regionaal en landelijk (figuur 1). Omdat de schaal waarop ze opereren verschilt, kan samenwerking tussen deze partijen bemoeilijkt worden. Zonder duidelijke richtlijnen voor de verdeling van de verantwoordelijkheden en de momenten waarop private partijen betrokken worden wordt samenwerking onmogelijk (RLI, 2011).

De verschillende schalen leiden tot drie typen samenwerking die van belang zijn:

- Publiek-private samenwerking
- Lokale publiek-publieke samenwerking
- Landelijk-regionale samenwerking



Figuur 1: Opdeling partijen in schaal en aard van hun belang (o.b.v. (Oranjewoud & HKV, 2011))

In het Nationaal Bestuursakkoord Water (NBW) is de onderlinge afstemming tussen het rijk, provincies, gemeenten en de waterschappen vastgelegd. Deze afstemming richt zich voornamelijk op regionale wateroverlast en het niet afwentelen ervan op andere regio's (Min. V&W, IPO, VNG & UVW, 2003). Naast deze samenwerking in bescherming tegen wateroverlast is het ook belangrijk meer afstemming te verkrijgen op het vlak van waterveiligheid.

Deze samenwerking kan op den duur ook resulteren in kostenbesparingen. Het Bestuursakkoord Water uit 2011 stuurt aan op besparingen door decentralisatie. Afgesproken is dat vanuit het rijk minder middelen voor dijkversterking beschikbaar worden gesteld, en dat de bijdrage van de waterschappen gaat toenemen. Dit vormt voor de waterschappen mede aanleiding om te zoeken naar innovatieve dijk aanpassingen, waar de kostenefficiëntie ook door kan toenemen (Van Loon-Steensma, Schelfhout, Eernink, & Paulissen, 2012). Deze financiële herverdeling is onderzocht en er wordt ingezet op een gelijke bijdrage voor projecten door waterschappen en het rijk. Tachtig procent van de bijdrage door de waterschappen wordt geleverd door de vereveningsbijdragen van de waterschappen de rest door het betreffende waterschap zelf (Atsma, 2011).

De gedeelde kosten is niet de enige bron van meer samenwerking. Doordat er bij MLV gezocht wordt naar oplossingen in het achterland zal er nauw samengewerkt moeten worden met gemeenten die verantwoordelijk zijn voor aanpassingen van bestemmingsplannen. Ook moeten private partijen zoals grondeigenaren (bv. particulieren, bedrijven Staatsbosbeheer, Natuurmonumenten, de provinciale landschappen, projectontwikkelaars etc.), bewoners, belangenverenigingen (bv. natuurverenigingen of historische verenigingen) en dergelijke betrokken worden (Van Loon-Steensma, Schelfhout, Eernink, & Paulissen, 2012). Door deze partijen te

betrekken kan MLV er voor zorgen dat de totale kosten voor de overheid verlaagd worden omdat sommige maatregelen, zoals aanpassing van gebouwen, mogelijk betaald kunnen worden door private partijen (Hoss, 2010).

Veel partijen hebben een verantwoordelijkheid voor de waterveiligheid, maar het accent verschilt per laag. In de praktijk zullen in iedere laag meerdere partijen een bijdrage moeten leveren. (Rijksoverheid, 2008). Om inzicht te krijgen in de verantwoordelijkheden in de ontwikkeling van de verschillende maatregelen is het belangrijk te weten wat de taken van de verschillende betrokken partijen zijn en aan welke taken de verschillende maatregelen bijdragen.

Laag1

Van oudsher hebben het ministerie van Infrastructuur & Milieu en de waterschappen het voortouw in de eerste laag, het voorkómen van overstromingen. Zij zijn in de eerste plaats verantwoordelijk voor de aanleg en het onderhoud van waterkeringen en het beheer van het water en de oevers (Rijksoverheid, 2008). De taak van het ministerie hierin is het vastleggen van de normen. In de kern bestaat de taak van het waterschap uit het ontwerp, de toetsing en het beheer van waterkeringen en het ontwikkelen en realiseren van de uit de wettelijke toetsing voortkomende versterkingsplannen (Van Loon-Steensma, Schelfhout, Eernink, & Paulissen, 2012). Met betrekking tot de maatregelen in de verschillende lagen van Meerlaagsveiligheid hebben de waterschappen weinig behoefte aan het betalen voor maatregelen buiten de eerste laag (Van Rijswijk, 2012). Het doel van het waterschap is immers het voldoen aan de zorgplicht en zolang de andere lagen niet in deze plicht zijn opgenomen dragen maatregelen in de andere lagen er niet aan bij (Van Rijswijk, 2012).

Laag 2

Aandacht geven aan overstromingsrisico's bij ruimtelijke inrichting, de tweede laag, is allereerst de verantwoordelijkheid van het algemeen bestuur in provincies en gemeenten en van de ministeries van Infrastructuur & Milieu en Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties.

De verantwoordelijkheid voor ruimtelijke inrichting ligt primair bij provincies, gemeenten en het ministerie van Infrastructuur en Milieu. De waterbeheerders hebben een adviserende en informerende rol, waarvoor een proactieve opstelling, met vroege betrokkenheid in de planprocessen gevraagd wordt (Rijksoverheid, 2008). De verdeling van de verantwoordelijkheid tussen deze partijen is echter onduidelijk wat zorgt voor verwarring en het uitblijven van daadkracht (Van Rijswijk, 2012).

Laag 3

De derde laag, het op orde brengen en houden van rampenbeheersing, is met name de verantwoordelijkheid van de veiligheidsregio's en het ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties. Bij een overstromingsramp of de dreiging daarvan is in eerste instantie de veiligheidsregio verantwoordelijk voor de rampenbeheersing. Zodra sprake is van een concrete dreiging of daadwerkelijke overstroming, zal in de regel snel opschaling plaatsvinden naar nationale regie door de minister van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties (Rijksoverheid, 2008).

Communicatie

Waterschappen, provincies en gemeenten zijn de eerst verantwoordelijken voor de communicatie over het overstromingsrisicobeheer in de regio. De provincies brengen de risicokaarten uit, die een belangrijke rol spelen in de informatievoorziening. Het Rijk faciliteert deze communicatie en richt zich op nationaal niveau in eerste instantie op communicatie met bestuurders en professionals bij de overheid en in het bedrijfsleven. (Rijksoverheid, 2008)

Het meest heikele punt in de huidige verantwoordelijkheidsverdeling met betrekking tot Meerlaagsveiligheid is het ontbreken van verantwoordelijkheid van de nationale overheid voor het vaststellen van normen in de tweede en derde laag. De verschillende partijen denken verschillend over de uitvoering van het decentralisatiebeginsel en of dit beginsel ook van toepassing moet zijn op deze normering of dat dit zou getuigen van afschuiven (Van Rijswijk, 2012).

2.2.2 Beleidsmatige inpassing

Om Meerlaagsveiligheid toe te passen is het noodzakelijk dat het wordt ingepast in het huidige beleid. Voor het formuleren van Meerlaagsveiligheidsmaatregelen wordt een model gebruikt dat is gebaseerd op de nu ook al veel gebruikte Deming-cyclus: Plan-Do-Check-Act (Deming, 1982) (figuur 2). Het formuleren van doelstellingen is Act, het samenstellen van een maatregelenpakket is Plan, het berekenen van het risico is Do en de evaluatie ervan is Check. Volgens de cyclus zouden daarna de doelstellingen weer geactualiseerd moeten worden, maar omdat dit in principe niet nodig is staat daar slechts een onderbroken lijn. Veelal kunnen direct nieuwe maatregelen samengesteld worden.

Daarnaast kan de cyclus ook beëindigd worden na de evaluatie indien een geaccepteerd risiconiveau bereikt is.



Figuur 2: Plan-Do-Check-Act cyclus in waterveiligheid

2.3 Meerlaagsveiligheid: een risicobenadering

2.3.1 Noodzaak risicobenadering voor Meerlaagsveiligheid

Om Meerlaagsveiligheid als leidend principe te gebruiken in het waterveiligheidsbeleid is het noodzakelijk over te stappen op een risicobenadering. Het toetsen van Meerlaagsveiligheid aan het huidige beleid dat zich richt op hoogwaterbescherming is te eenzijdig (Min. I&M & Min. EL&I, 2012)(Adviescommissie water, 2012). Doordat de norm voor de overschrijdingskans vastgelegd is in de wet, is dit het voornaamste criterium waarop de waterveiligheid getoetst wordt. De doelmatigheid (investeren daar waar de risico's het grootst zijn) en effectiviteit van maatregelen worden bepaald door na te gaan of ze voldoen aan de hoogwaterbeschermingsnorm en niet of ze bijdragen aan het beheersen van het risico. Bestuurders hebben hierdoor weinig oog voor andere aspecten van het risicomanagement, zoals schadepreventie, paraatheid, noodmaatregelen en herstel (RLI, 2011).

Doordat nationale bestuurders beleid afstemmen op de wettelijk vastgelegde overschrijdingsnormen spelen private partijen een bijrol, wat het bewustzijn van hoogwater risico in deze groep beperkt. Dit heeft tot gevolg dat het moeilijk is de spiraal van toenemend risico te doorbreken: Mensen bouwen huizen in potentieel gevaarlijke gebieden omdat de rijksoverheid voorziet in de veiligheid. Dit leidt tot een vicieuze cirkel omdat meer huizen opnieuw een hoger veiligheidsniveau vereisen (Seo, 2006).

Om de gevolgtant ook te betrekken in hoogwaterbeheer tegen overstromingen vanuit de zee en rivieren zal dus weer een risicobenadering gehanteerd moeten worden. Net als in het originele plan van de deltacommissie die in 1960 de normen vast stelde. Hierbij kunnen standaarden worden vastgesteld voor zowel economisch risico als groepsrisico als lokaal risico. Risico neemt zowel frequentie als impact mee. Ondanks dat het algemeen aanvaard is dat deze verandering er moet komen, staat in het Nationaal Waterplan dat het hoogwaterbeheer zal blijven inzetten op preventie. De mogelijkheden van het optimaliseren van de kosteneffectiviteit van hoogwaterbescherming worden echter wel erkend; en daarom wil men niet alleen de kans maar ook de impact van een mogelijk hoogwater verkleinen (Hoss, 2010).

Indien de risicobenadering volledig gevolgd wordt, stelt de verantwoordelijke met aandacht voor de impact op de gehele dijkkring een maatregelenpakket samen. Door deze omvattende aanpak zal de dijkkring als geheel voldoen aan de nationaal vastgestelde toetsnorm voor risico en worden risico's niet afgewenteld op andere delen van de dijkkring. Hierbij is er de mogelijkheid maatregelen toe te passen op specifieke gebieden waar het risico onevenredig hoog is zoals in laaggelegen stedelijk gebied (RLI, 2011).

2.3.2 Het effect van Meerlaagsveiligheid op risico

Om inzicht te krijgen in de plaats van de risicobenadering in de beleidscyclus van Meerlaagsveiligheid, is het begrip risico opgesplitst in delen waarin is aangegeven op welke componenten de verschillende lagen van Meerlaagsveiligheid aangrijpen (figuur 3). In de beleidscyclus zijn maatregelen in de drie lagen vastgesteld; de beoordeling van deze maatregelen vindt plaats op basis van het effect van een maatregel op het overstromingsrisico.

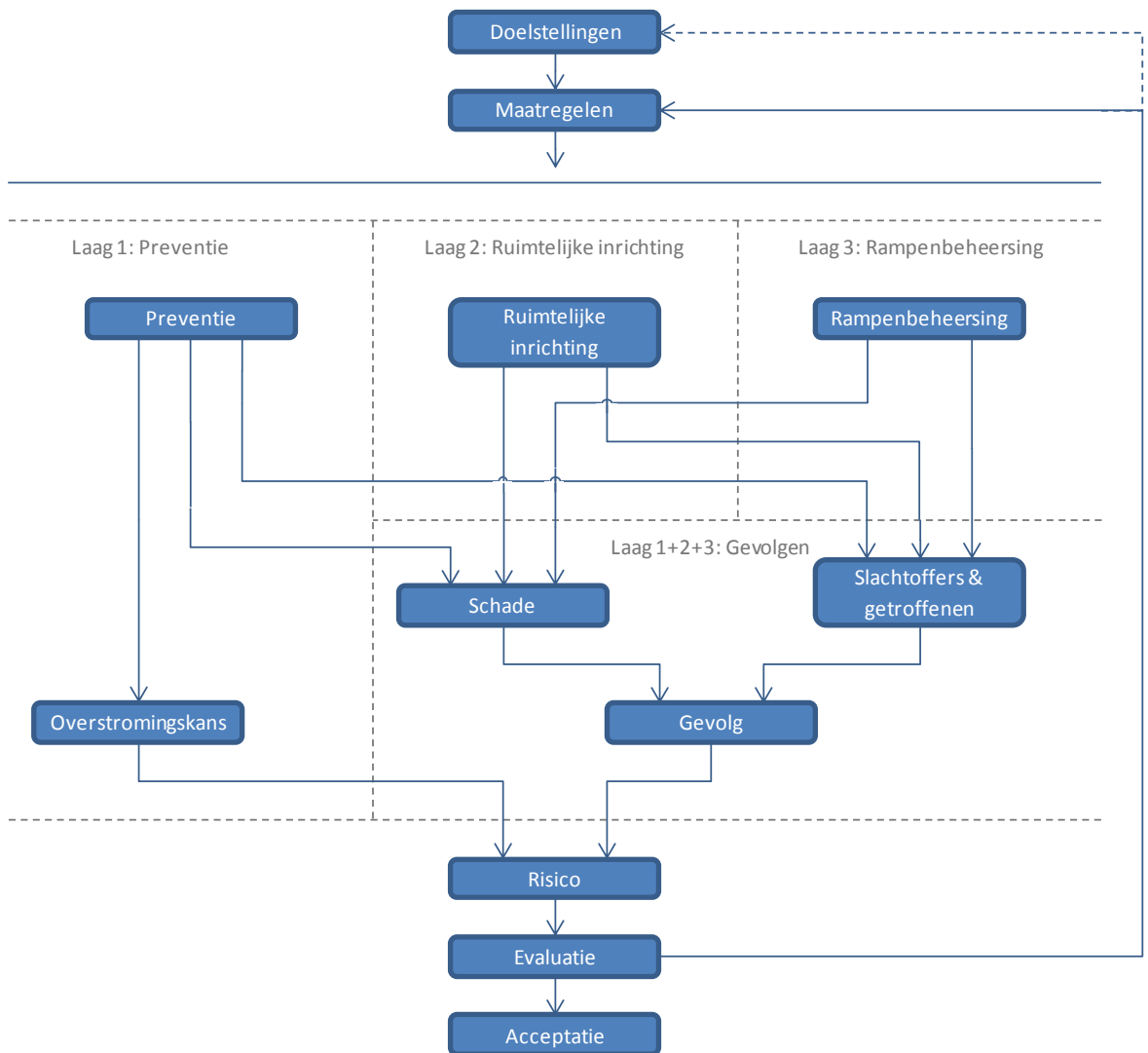
Het overstromingsrisico is gedefinieerd als kans maal gevolg waarbij gevolg bestaat uit schade, slachtoffers en getroffen¹. Hierbij heeft preventie (laag 1) voornamelijk invloed op de overstromingskans, maar doordat ook het overstromingsverloop verandert², heeft het ook invloed op het gevolg. Ruimtelijke ordening (laag 2) en

¹ In deze studie wordt gerekend met gewonden (zoals in VNK2) in plaats van getroffen (zoals in WV21).

² Veel mensen zullen zeggen dat het overstromingsverloop niet zal veranderen als maatregelen getroffen worden in laag 1, de kans wordt immers alleen verkleind. Hier ben ik het niet mee eens. Een faalmechanisme als piping kan bijvoorbeeld andere bres veroorzaken dan falen door het overstroom van een dijk wat andere stroomsnelheden en stijgsnelheden met zich meebrengt (Van Hoestenbergh, Huygens, Peeters, & Mostaert, 2010). Indien de overstromingskans gereduceerd wordt door bijvoorbeeld geotextiel toe te passen (gericht tegen piping) zal in een compleet model ook rekening gehouden moeten worden met een ander maatgevend overstromingsverloop.

rampenbestrijding (laag 3) beïnvloeden het gevolg van een overstroming, waarbij maatregelen in laag 3 vooral gericht zijn op het beperken van het aantal slachtoffers en getroffenenen (figuur 3).

Een nadere uitwerking van de componenten waar risico uit bestaat, en op welke componenten de maatregelen dus kunnen aangrijpen is te lezen in bijlage 1. De verschillende maatregelen hebben naast het overstromingsrisico ook invloed op andere aspecten. Deze worden beschreven in hoofdstuk 4 'Beoordelingskader'.



Figuur 3: De wijze waarop de lagen van Meerlaagsveiligheid het Risico beïnvloeden in de beleidscyclus

Zelfs met dit uitgebreide beoordelingskader is de analyse niet compleet. Zo is het moeilijk in te schatten wat het effect van een maatregel in laag 2 of 3 is, levert wetproof bouwen echt het verwachte rendement? En indien de schade goed becijferd is, zijn de kosten van de ophooggrond voor de verhoogde weg alleen toe te schrijven aan waterveiligheid of ook aan het gecreëerde mooie uitzicht? MLV beïnvloedt meer aspecten dan alleen waterveiligheid, dit maakt het moeilijk om te overzien wat de (bij)effecten op verschillende lagen zullen zijn. Het blijft dus onduidelijk wat de beste strategie zou zijn gegeven de omstandigheden en randvoorwaarden (Hoss, 2010).

2.3.3 Risicomaten

Het nieuwe beleid, dat uiteengezet is in het Nationaal Waterplan, is gebaseerd op overstromingskansen. Om tegemoet te komen aan de wens ook risico te beoordelen wordt in de dimensionering van dijken een basisveiligheid voor ieder individu, een maatschappelijk aanvaardbaar risico voor grote groepen slachtoffers en een economisch optimaal veiligheidsniveau verwerkt (Min. V&W, Min. VROM & Min. LNV, 2009). Deze aandachtspunten zijn verder uitgewerkt: In VNK2 tot de risicobenadering, hiermee is het overstromingsrisico van Nederland bepaald. En in het Deltaprogramma Veiligheid voor het nieuwe normeringsvoorstel. Er zijn verschillende maten gebruikt om dit risico te definiëren. Deze maten zijn gesplitst in maten voor economisch risico en maten voor slachtoffer risico (Projectbureau VNK2, 2011).

Economisch risico

- Jaarlijkse verwachtingswaarde schade [€/jaar] – Het gewogen gemiddelde van alle schades, met de verwachte kans op die schades als gewicht.
- Jaarlijkse verwachtingswaarde schade per hectare [€/jaar/hectare] – De jaarlijkse verwachtingswaarde van de schade maar dan berekend per hectare.
- Schadecurve [€ vs. Herhalingstijd] – De schadecurve beschrijft de kansen op overstromingen met S of meer schade. De FS-curve is feitelijk een weergave van de cumulatieve kansverdeling van de economische schade.

Slachtofferrisico

- Jaarlijkse verwachtingswaarde slachtoffers [slachtoffers/jaar] – : Het gewogen gemiddelde van alle aantallen slachtoffers, met de verwachte kans op dat aantal slachtoffers als gewicht.
- Groepsrisico (GR) FN-curve [slachtoffers vs. Herhalingstijd] - Het groepsrisico beschrijft de kansen op overstromingen met N of meer slachtoffers. De FN-curve is feitelijk een weergave van de cumulatieve kansverdeling van het aantal slachtoffers.
- Plaatsgebonden risico (PR) [slachtoffers/jaar/cel] – Jaarlijkse overlijdenskans van een individu per locatie exclusief het effect van preventieve evacuatie.
- Lokaal individueel risico (LIR) [slachtoffers/jaar/cel] – Jaarlijkse overlijdenskans van een individu per locatie inclusief het effect van preventieve evacuatie.

In tabel 1 is aangegeven welke maten gebruikt zijn en hoe ze weergegeven zijn. De getallen geven een beeld van het gemiddelde van het gehele gebied. De kaarten geven de geografische spreiding van het risico weer en geven daarmee aan waar strategieën het meest doelmatig zullen zijn. De curve geeft een spreiding in de omvang van de ramp weer wat een maat is voor de beheersbaarheid van het risico.

Tabel 1: De gebruikte risicomaten in VNK2 ingedeeld naar risicotype en presentatievorm

	Getal	Kaart	Curve
Economisch risico	Jaarlijkse verwachtingswaarde schade	Jaarlijkse verwachtingswaarde schade per hectare	Schadecurve
Slachtoffer risico	Jaarlijkse verwachtingswaarde slachtoffers	Plaatsgebonden risico & Lokaal individueel risico	Groepsrisico

3 Onderzoeksmethode

Het doel van dit onderzoek is een bijdrage te leveren aan de verdere ontwikkeling van een afwegingsmethode om maatregelen uit de tweede laag van Meerlaagsveiligheid te beoordelen. In dit onderzoek zijn drie stappen doorlopen om de onderzoeksvraag te beantwoorden. Deze stappen zijn achtereenvolgens:

1. Het iteratief ontwikkelen van een beoordelingskader op basis van literatuur en een fictieve casus (§3.1)
2. Het toepassen van het beoordelingskader op de casus Noorderzijlvest (§3.2)
3. De evaluatie van de toepassing van het beoordelingskader (§3.3)

In dit hoofdstuk beschrijft de gevolgde onderzoeksmethodiek voor deze drie stappen. De stappen zijn gevisualiseerd in figuur 4. Met in het bovenste kader het beoordelingskader, het middelste kader de casus en het onderste kader de evaluatie.

3.1 Beoordelingskader

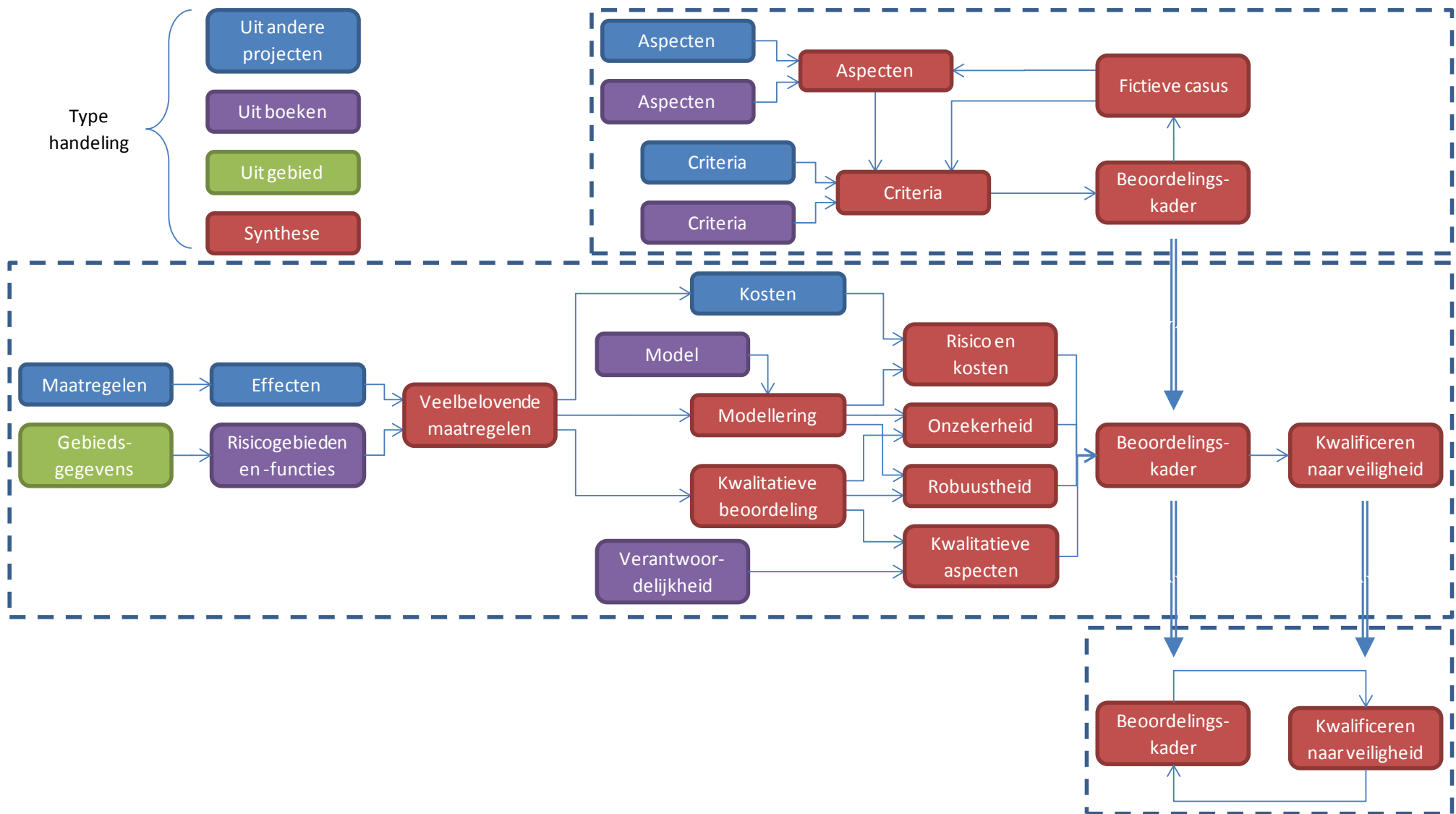
Het uitgangspunt voor het onderzoek naar een geschikt beoordelingskader voor Meerlaagsveiligheidsmaatregelen zijn eerdere studies naar beoordelingscriteria (zoals (Loucks & Van Beek, 2005), (Min. I&M & Min. EL&I, 2012) en (De Bruijn, 2005)). Dit zijn zowel generieke studies als studies in het kader van specifieke projecten.

De eerste stap in het onderzoek is het vaststellen van de verschillende aspecten die MLV-maatregelen onderscheidend maken. Vervolgens wordt per aspect een set criteria vastgesteld. De criteria zijn aan de hand van een fictieve casus uitgewerkt om vervolgens de gekozen criteria te verfijnen zodat ze een compleet beeld geven van alle mogelijke positieve en negatieve effecten. Het resultaat is een beoordelingskader dat bestaat uit criteria ingedeeld in aspecten (figuur 4).

De afweging van verschillende MLV strategieën hangt af van de weging die aan de verschillende criteria wordt toegekend. De invloed van de wegingsfactoren van de individuele criteria op de beoordeling wordt hier onderzocht in een gevoeligheidsanalyse.

3.2 Casus

In de casus is de PDCA-cyclus gebruikt om Meerlaagsveiligheidsmaatregelen samen te stellen en te toetsen. De aanleiding van dit onderzoek is de vaststelling van de overstromingsrisico's in WV21 en VNK2, in deze projecten is de 'Do' stap doorlopen. Via analyse (check) van de resultaten van deze onderzoeken zijn doelstellingen voor waterveiligheid geformuleerd (act) door het waterschap. Vervolgens is in dit onderzoek een maatregelenpakket samengesteld dat op verschillende wijzen het risico beïnvloed (plan). Deze zijn doorgerekend (do) met behulp van software en beoordeeld met het beoordelingskader (check) waardoor de cirkel rond is. De stappen uit de cyclus zijn verder uitgewerkt zoals weergegeven in het middelste kader van figuur 4. De verschillende kleuren geven het type handeling weer.



Figuur 4: Onderzoeksmethode in drie delen: Beoordelingskader, Casus en Evaluatie

3.2.1 Plan

Om een onderzoek op te kunnen zetten naar geschikte maatregelen voor het beheergebied van Noorderzijlvest zijn eerst veelbelovende maatregelen vastgesteld. Dit is gedaan op basis van vraag en aanbod: de gebiedskenmerken en de mogelijke maatregelen.

Gebied

Om een beeld te krijgen van de gebiedskenmerken zoals geografie, landgebruik, plannen, etc. is gebruik gemaakt van de kennis van medewerkers bij het waterschap, de provincie, Gasunie en HKV LJN IN WATER, en zijn risicokaarten, ruimtelijkeplanningkaarten, atlassen en tekstuele beschrijvingen van het gebied gebruikt. Het resultaat hiervan is een beeld van alle relevante parameters van het gebied voor overstromingsrisico, op basis hiervan kan bepaald worden hoe het gebied beïnvloed wordt door overstromingen en op welke schaal deze risico's zich dan manifesteren. In de specificatie is onderscheid gemaakt tussen gebieden met een groot economisch risico, gebieden met een groot slachtofferrisico en kwetsbare en vitale infrastructuur. Door dit onderscheid zijn de karakteristieken van het gebied gemakkelijker te koppelen aan maatregelen.

Mogelijke maatregelen

De mogelijke maatregelen in de tweede laag van Meerlaagsveiligheid worden verzameld uit eerdere projecten en studies naar fictieve projecten (zoals (Oranjewoud & HKV, 2011) en (Hoss, 2010)). Hiermee wordt een indeling gemaakt op basis van de aard van de maatregel, waarna ze nader gespecificeerd kunnen worden op effecten.

Over de effecten van de verschillende maatregelen is al veel geschreven in literatuur over Meerlaagsveiligheid (zoals (Oranjewoud & HKV, 2011) en (ENW, 2012)).

Veelbelovende maatregelen

Om tot een maatregelen-set te komen die veelbelovend is, worden de maatregelen gekoppeld aan de gebiedskenmerken. Door deze voorselectie wordt in een vroeg stadium tijd bespaard door vooraf al kansloze oplossingen niet door te rekenen. De maatregelen die via deze voorselectie kansrijk lijken worden doorgerekend op risico en vervolgens beoordeeld op de overige beoordelingscriteria.

3.2.2 Do

In de 'Do'-stap zijn de veelbelovende maatregelen doorgerekend om de velden van het beoordelingskader te vullen. Hiervoor zijn de kosten bepaald, is een kwalitatieve beoordeling gedaan van de kwalitatieve aspecten en zijn met hydrologische modellen de overstromingskenmerken bepaald.

Kosten

De kosten van de maatregelen zijn moeilijker te bepalen, enerzijds door de beperkte schaal waarop dergelijke projecten zijn uitgevoerd, anderzijds door de invloed van maatwerk (gebiedsafhankelijk en afhankelijk van specifieke kenmerken van de maatregel). De kosten zijn geschat op basis van andere projecten en expertbeoordelingen ((SBR, 2008), (Arcadis, Royal Haskoning & Fugro, 2005), et cetera).

Kwalitatieve beoordeling

De kwalitatieve beoordeling is gedaan op basis van de analyse van de verantwoordelijkheden uit hoofdstuk 2 'Kader' en beoordelingen op basis van inzicht.

Modellering

De gebruikte modellen in de modellering van de maatregelen wordt hieronder in een aparte paragraaf beschreven, hierbij komen de verschillende modellen meer uitgebreid aan bod en wordt de invoer-verwerking-uitvoer per model gevisualiseerd in schema's. De resultaten van de modellen zijn gebruikt om het slachtoffer- en schaderisico te bepalen, maar ook om samen met de kwalitatieve beoordelingen de robuustheid en de onzekerheid te bepalen.

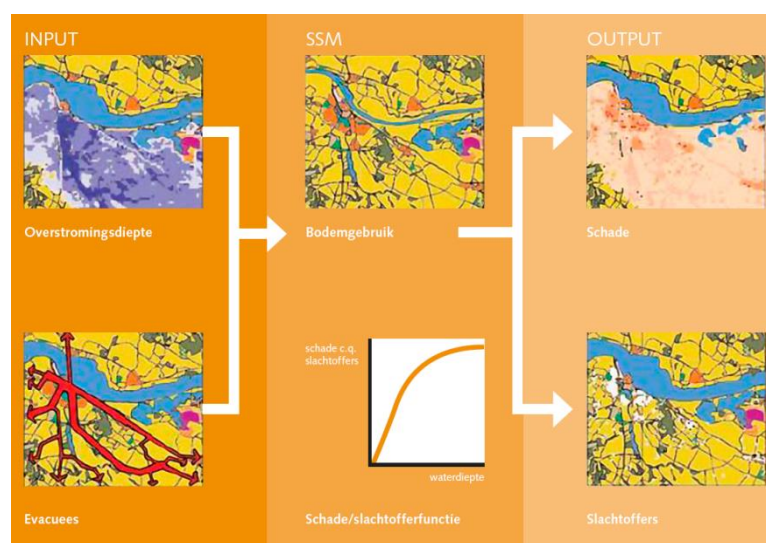
Modellen

Voor de modellering is gebruik gemaakt van de reeds berekende waarden van WV21, VNK2 en HKV LIJN IN WATER (HKV Lijn in water, 2012) en de modellen Sobek, HIS-SSM en het MLV-instrumentarium (Kolen, Zethof, & Maaskant, 2012). Deze modellen worden gebruikt om de maatregelen te toetsen op risico.

Om de invloed van maatregelen op de waterveiligheid te bepalen wordt het verwachte overstromingsrisico berekend. Dit is één van de criteria in het beoordelingskader. Het overstromingsrisico is gedefinieerd als kans maal gevolg. Op basis van de kenmerken van de keringen en het gebied zijn verschillende overstromingsscenario's vastgesteld, hierbij zijn op basis van historische data kansen bepaald. Deze kansen vormen de ene helft van de risicoformule, de scenario's zijn de basis voor de modellering van de gevolgen, de andere kant van de risicoformule.

In de modelleringsstap is het huidige overstromingsrisico berekend en is vervolgens per MLV-maatregel berekend wat het effect ervan is op het overstromingsrisico. Om de referentiesituatie te berekenen en de verschillende maatregelen te toetsen is gebruik gemaakt van drie modellen. Deze modellen zijn Sobek, HIS-SSM en het MLV-instrumentarium. De modellen worden toegepast op verschillende delen van de modellering:

- SOBEK 1D2D berekent op basis van de kustwaterstand (via getij en windopzet) voor een gegeven bres het overstromingsverloop in het binnendijkse gebied. Het resultaat is (maximale) waterdiepte, stroomsnelheid en stijgsnelheid (overstromingskarakteristieken) voor iedere locatie in het overstroomde gebied.
- HIS-SSM heeft databases met gebiedskenmerken en schade- en slachtoffercurves. Deze worden gebruikt om de schade en slachtoffers ten gevolge van het berekende overstromingskarakteristieken en de evacuatiefractie te bepalen (figuur 5).
- Het MLV-instrumentarium berekent overstromingsrisico's door de kans op een overstroming voor een gegeven scenario te combineren met de bijbehorende gevolgen in schade en slachtoffers. Het MLV-instrumentarium drukt het overstromingsrisico uit in verschillende risicomaten, zoals beschreven in §2.3.3. Daarnaast kunnen maatregelen ingevoerd worden die invoerdatabases vanuit HIS-SSM aanpassen, het instrumentarium vergelijkt vervolgens de risicoreductie met de kosten van de maatregelen.

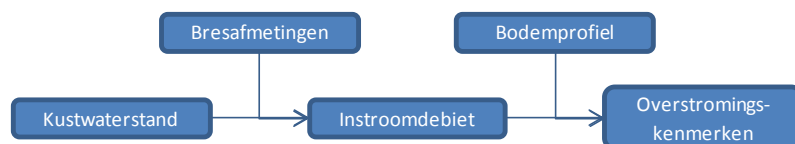


Figuur 5: Schematische weergave schade- en slachtoffermodule (HIS-SSM)

Omdat de maatregelen vaak slechts ingrijpen op een specifiek deel van de werkelijkheid, kan volstaan worden met alleen de aanpassing van het model dat effect heeft op het betreffende deel. Een voorbeeld hiervan is een maatregel als bouwen op palen, deze wordt toegepast op zo'n lokaal niveau dat het overstromingspatroon niet beïnvloed zal worden: het overstromingsmodel hoeft niet aangepast.

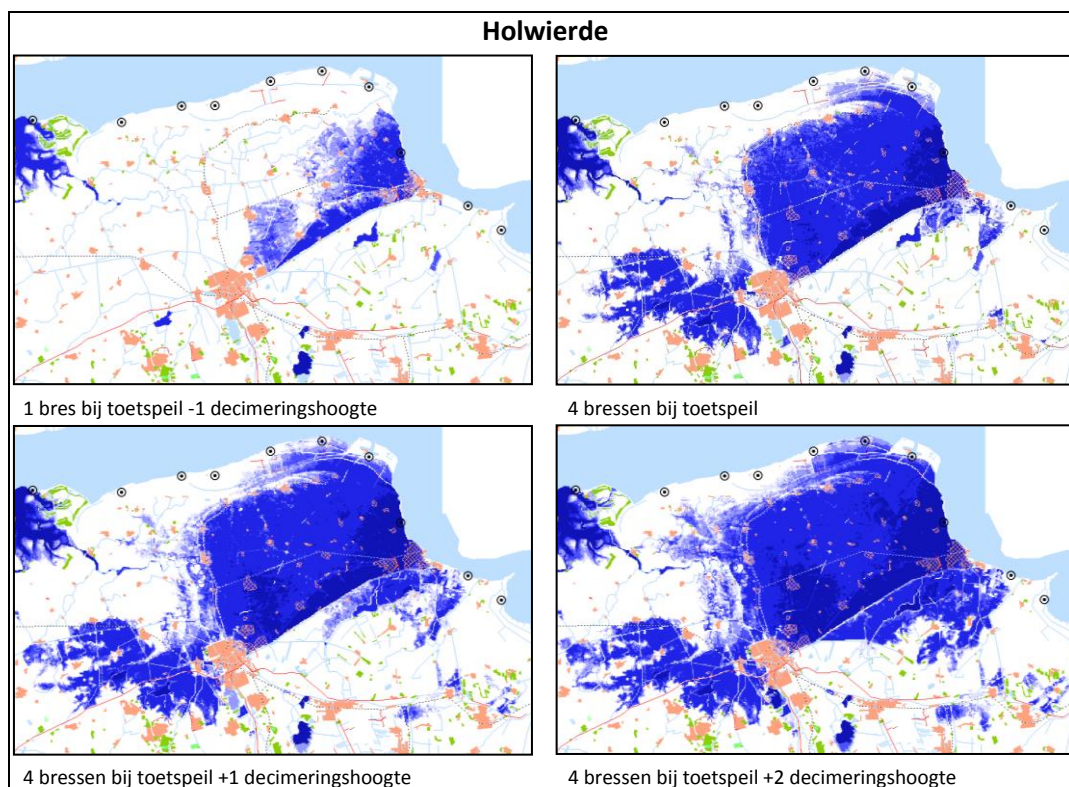
Sobek

Door HKV LIJN IN WATER zijn in 2012 voor heel dijkkring 6 overstromingsberekeningen gemaakt op basis van kustwaterstand, bresafmetingen en bodemprofiel (figuur 6) (HKV Lijn in water, 2012). Voor 31 ringdelen in Friesland en Groningen zijn doorbraken gemodelleerd, hierbij zijn per locatie zowel het aantal bressen als het hoogwaterscenario gevarieerd. Voor kustgebieden is het namelijk goed mogelijk dat een dijk op meerdere plaatsen breekt doordat de buitendijkse waterstanden door het grote reservoir niet noemenswaardig beïnvloed worden door de doorbraak. Uit berekeningen van De Bruin en Van der Doef (De Bruijn & Van der Doef, 2011) blijkt dat de som van een overstroming bij toetspeil per ringdeel en één maximaal scenario (omhullende van alle overstromingen bij toetspeil + 1 decimeringshoogte per ringdeel) met een weging van respectievelijk 60/40 procent representatief is voor het gemiddelde overstromingsrisico.



Figuur 6: Schematische weergave Sobek

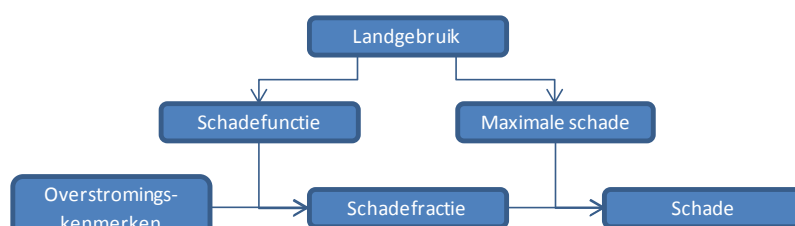
De HIS Scenarioviewer visualiseert het verloop van een overstroming in de tijd, en toont de overstromingskenmerken/karakteristieken (de (maximale) waterdiepte, stroomsnelheid en stijgsnelheid). Ter illustratie toont figuur 7 het maximaal overstroombaar gebied voor verschillende hoogwaterscenario's voor een doorbraak van het ringdeel Holwierde.



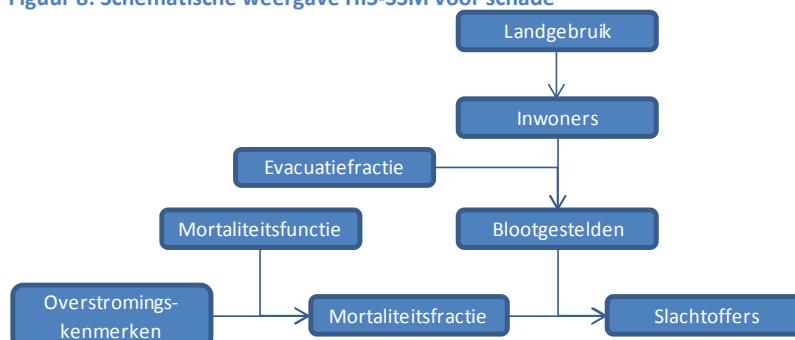
Figuur 7: Met Sobek berekende overstromingsdiepten bij doorbraak dijkkringdeel Holwierde in 4 scenario's

HIS-SSM

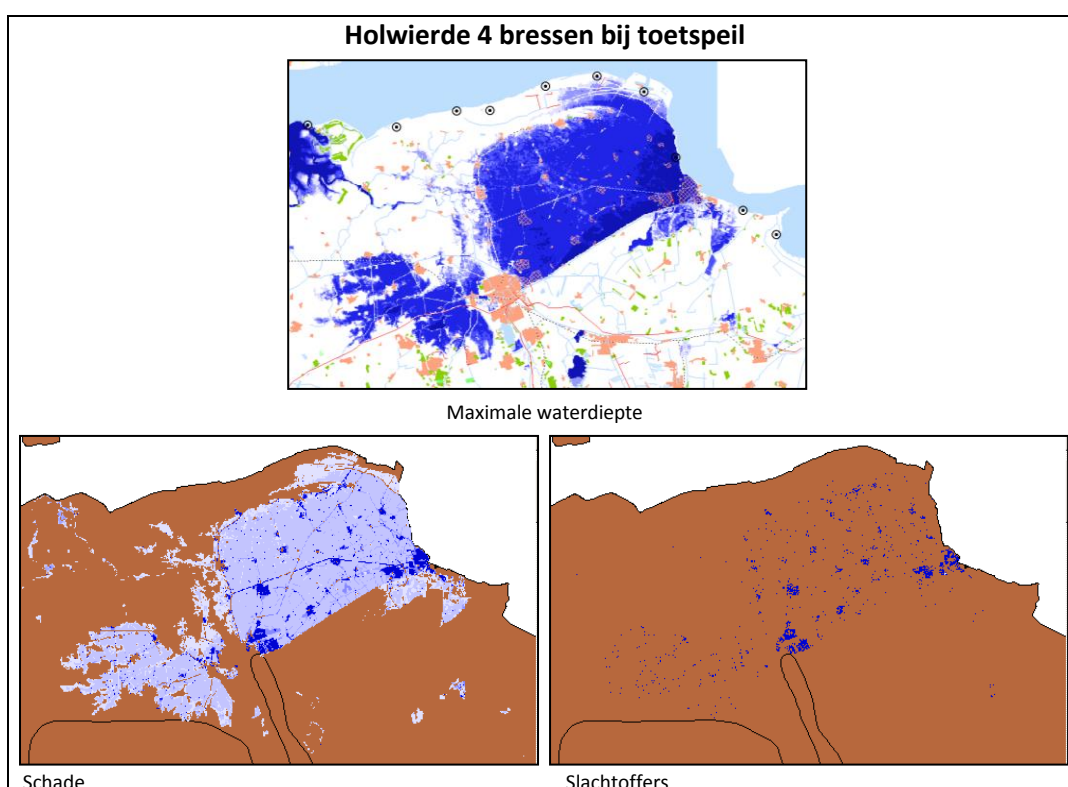
De HIS Schade- en Slachtoffermodule (HIS-SSM) berekent de gevolgen van een overstroming uitgedrukt in schade en slachtoffers. Op basis van de berekende overstromingskarakteristieken en kaarten van gebiedsgegevens (bodemgebruik, bebouwing, bedrijven, (vitale) infrastructuur en inwoners) wordt middels schadefuncties en de maximaal te leiden schade de schade bepaald (figuur 8) en middels mortaliteitsfuncties en het aantal inwoners het aantal slachtoffers bepaald (figuur 9), deze data zit standaard in HIS-SSM. Verder wordt voor het aantal blootgestelde personen een evacuatiepercentage gebruikt uit Evacuatieschattingen Nederland (Maaskant, Kolen, Jongejan, Jonkman, & Kok, 2009). In figuur 10 is voor de 4-voudige doorbraak bij Holwierde bij toetspeil weergegeven wat de resulterende schade- en slachtofferrasters zijn uit HIS-SSM.



Figuur 8: Schematische weergave HIS-SSM voor schade



Figuur 9: Schematische weergave HIS-SSM voor slachtoffers

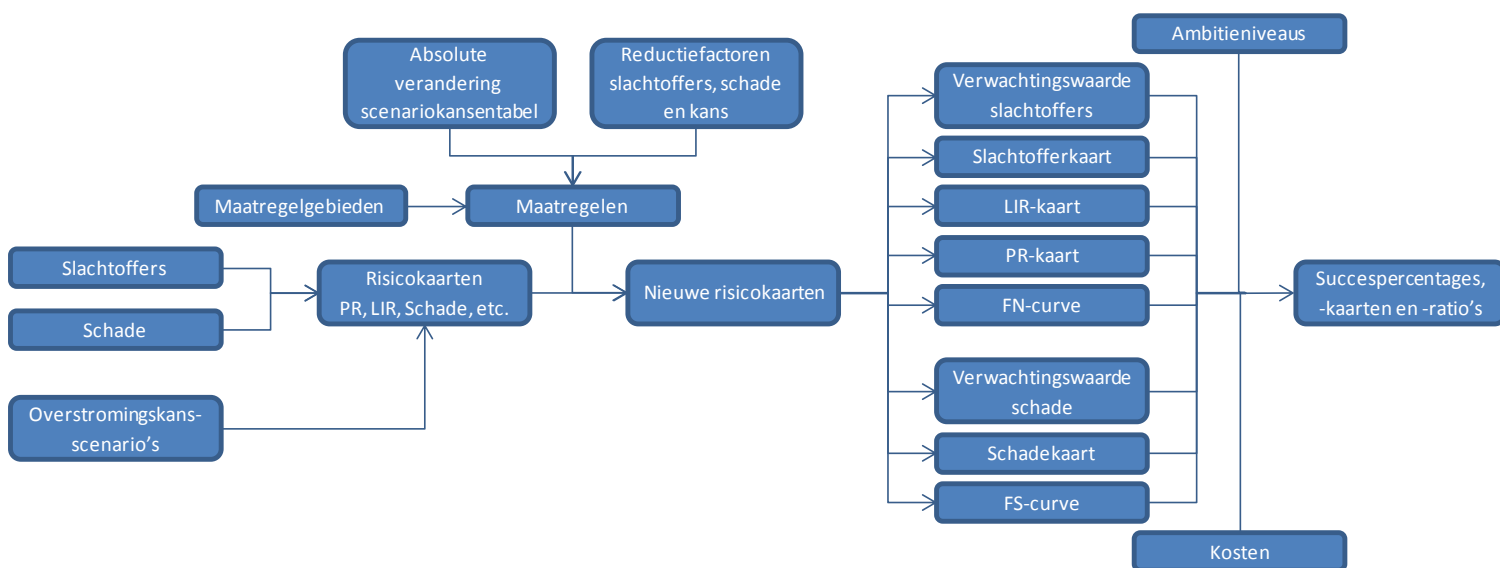


Figuur 10: Met HIS-SSM berekende schade en slachtofferaantallen bij doorbraak dijkringdeel Holwierde

MLV-instrumentarium

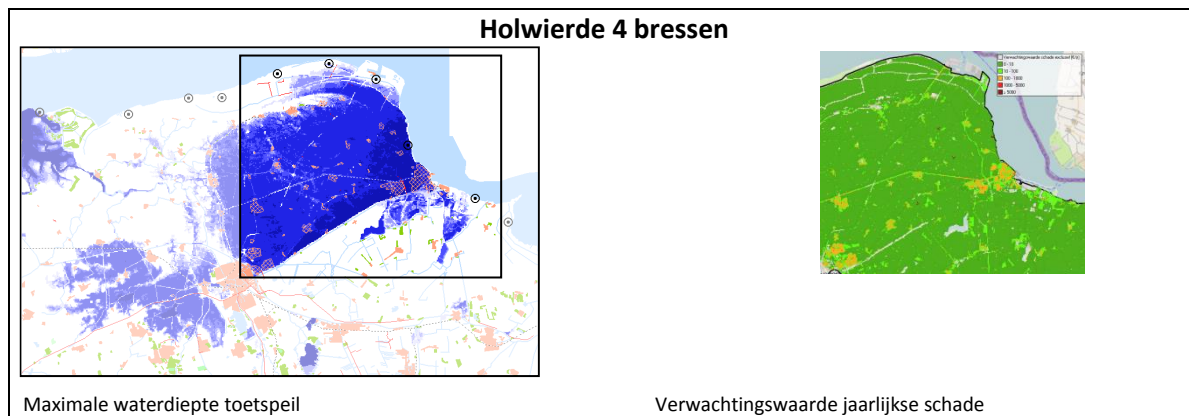
Zoals eerder genoemd berekent het MLV-instrumentarium overstromingsrisico's door scenariokansen met schade en slachtofferrasters te combineren, hierbij wordt het risico uitgedrukt in verschillende risicomaten.

Het effect van een maatregel op het overstromingsrisico wordt berekend aan de hand van reductiefactoren ten aanzien van: kans, schade en/of slachtoffers. De reductie van kans op een overstroming is uit te drukken op dijkringniveau, maar ook op ringdeelniveau door aanpassing van de scenariokansen. De verandering van de slachtoffers kan bepaald worden door zowel een verandering in de evacuatiefractie als in de mortaliteit. De vier genoemde factoren (kans, schade, mortaliteit en evacuatiefractie) kunnen gezien worden als de 4 bepalende factoren voor overstromingsrisico (bijlage 1) (Zethof, Maaskant, Stone, Kolen, & Hoogendoorn, 2012). Op basis van de nieuwe risicokaarten waarin de maatregelen verwerkt zijn worden wederom de verschillende verwachtingswaarden, kaarten en curves bepaald.



Figuur 11: Schematische weergave MLV-instrumentarium

De verandering van het overstromingsrisico ofwel de baten van een maatregel kunnen contant worden gemaakt over een bepaalde periode en afgewogen worden tegen kosten. Zowel de kosten als de risicomaten kunnen met ambitieniveaus getoetst worden (figuur 11). Meer uitleg wordt gegeven in §5.3 'Modellering'. In figuur 12 is de schaderisicokaart weergegeven die gemaakt is op basis van onder andere de waterdiepte van doorbraak Holwierde.



Figuur 12: Met MLV-instrumentarium berekende schaderisico bij doorbraak dijkkringdeel Holwierde

3.2.3 Check

De modelresultaten vormen de invoer voor de laatste fase van het onderzoek, de beoordeling van de waterveiligheid. Hiervoor wordt het beoordelingskader dat eerder in het onderzoek is vastgesteld gebruikt. De resultaten die hieruit volgen worden toegelicht en bediscussieerd. Dit geeft een beeld van het nut van de maatregelen en voedt de discussie over het beoordelingskader.

3.2.4 Afbakening

Vanwege de complexiteit van dit onderzoek zijn grenzen gesteld. De aard en de gevolgen van deze grenzen zullen hieronder toegelicht worden.

- Primaire keringen. In dit onderzoek zullen in eerste instantie alleen doorbraken vanuit primaire keringen beschouwd worden. De regionale keringen worden als standzeker beschouwd. Voor deze keringen zijn overstromingsberekeningen beschikbaar en zijn de effecten het grootst. In de beoordeling zullen bijeffecten van maatregelen wel meegenomen worden. Een voorbeeld van een dergelijk bijeffect is een lagere overstromingsschade bij regionale doorbraken. Door deze bijeffecten niet mee te nemen in de modelberekeningen zullen deze berekeningen conservatief zijn.
- De modelberekeningen worden gemaakt volgens de aannames van WV21. Een voorbeeld van een mogelijk onterechte aanname hierin is de wijze van compensatie voor de schadelijkheid van zout in het water. Er wordt namelijk met een toeslagfactor van 1,5 gerekend voor onvolledige schadeposten, extra schade door zout kan hier natuurlijk onder vallen maar onderscheid zich niet specifiek.

3.3 Evaluatie beoordelingskader

Het onderzoek wordt afgesloten met de evaluatie van het beoordelingskader (figuur 4). Deze evaluatie wordt gedaan op basis van de resultaten uit de Noorderzijlvestcasus en de mening van experts hierover. De experts vertegenwoordigen verschillende groepen die betrokken zijn bij de realisatie van waterveiligheid.

De meningen van de experts worden verzameld door middel van een enquête. De testgroep wordt opgedeeld in twee delen, het eerste deel wordt gevraagd de evaluatie in te vullen van het vastgestelde kader, de tweede groep een kader waarin alleen schade, slachtoffers en kosten zijn opgenomen. De respondenten weten niet welk kader het nieuwe kader is en welke de referentie.

In de enquête wordt de experts eerst gevraagd welke criteria relevant zijn voor waterveiligheidsmaatregelen zonder het voorgestelde kader gezien te hebben. Vervolgens wordt het voorgestelde beoordelingskader voorgelegd, met de scores voor de Noorderzijlvestcasus. De expert kent vervolgens wegingen toe aan de criteria en geeft aan welke criteria nog missen. Op deze wijze wordt duidelijk welke criteria relevant zijn, welke overbodig of minder belangrijk zijn en welke missen. Ten slotte wordt gevraagd een eindoordeel te geven zodat duidelijk wordt of het voorgestelde kader hoger of lager ingeschat wordt dan het kader dat is voorgelegd aan de referentiegroep.

Deze resultaten worden betrokken in een discussie over het kader waarin ook mijn eigen mening betrokken wordt.

4 Beoordelingskader

Om de verschillende maatregelen objectief te kunnen afwegen wordt een beoordelingskader gebruikt. Hierin staat op welke criteria de verschillende aspecten die worden meegenomen in de analyse worden getoetst. Zoals eerder vermeld bestond dit kader ten tijde van de eerste deltacommissie uit een risicoafweging, op basis hiervan zijn de huidige normeringen vastgelegd. De deltacommissie adviseerde om zodra de wetenschappelijke kennis beschikbaar was de veiligheidsbenadering te baseren op overstromingskansen in plaats van overschrijdingskansen, mogelijkheden om deze overstap ook juridisch in te passen zijn sindsdien gegeven in artikel 2.2 van de Waterwet (voorheen Wet op Waterkering). In de tussentijd zijn maatregelen slechts getoetst aan een beoordelingskader op basis van overschrijdingskansen. In juni 2000 werd in onderzoek voor het eerst navolging gegeven aan het advies van de deltacommissie om de overstap te maken naar overstromingskansen (TAW, 2000). Dit criterium is in de afgelopen jaren verder uitgewerkt in VNK en VNK2, daarnaast is in dit project het beoordelingskader verder uitgebreid met gevolgen. Dit kader kan gebruikt worden voor het zoeken naar de meest kosteneffectieve oplossing met een risicobenadering. In WV21 zijn op deze wijze de economisch optimale overstromingskansen bepaald.

In dit onderzoek zal ook de risicobenadering gebruikt worden, maar zal op meer aspecten dan kosteneffectiviteit worden beoordeeld, een eerste aanzet hiervoor is al gegeven in (Kolen & Kok, 2011). Deze uitbreiding is essentieel bij de vergelijking van maatregelen uit verschillende lagen van MLV, omdat de context en het werkingsprincipe van de maatregelen sterk uiteenloopt en de maatregelen zich daardoor juist op deze criteria weten te onderscheiden. In conventionele afwegingen tussen twee verschillende dijkverhogingen is het voldoende een afweging te maken tussen de kosten en de baten in termen van risicoreductie. De waarde van de overige criteria zoals juridische inpasbaarheid, mogelijkheid tot meekoppelen en onzekerheid in faalmechanisme zal namelijk niet sterk verschillen en vaak zelfs exact gelijk zijn. Als een dijkverhoging echter vergeleken wordt met het wet proof bouwen zullen de maatregelen wel verschillend beoordeeld worden op deze criteria omdat de ene maatregel de directe leefomgeving van mensen beïnvloed en zich richt op de beperking van de schade terwijl de andere volledig in het huidige juridische kader past en inzet op preventie.

In tegenstelling tot afwegingen op basis van kosteneffectiviteit is de volgende analyse niet terug te brengen tot één getal. Een politieke dialoog is nodig om een geschikte afweging te maken tussen de vastgestelde scores op de aspecten. Deze worden weergegeven in een scorekaart welke een overzichtelijk beeld geeft voor de beleidsmaker, zie tabel 2 (Min. I&M & Min. EL&I, 2012). De scores worden genormaliseerd en weergegeven op de schaal van 0 tot 1 tenzij de originele waarde beter inzicht geeft in het werkelijke effect van een maatregel.

Tabel 2: Voorbeeld scorekaart waarin per maatregel de scores op de criteria worden weergegeven

	Referentiesituatie	Maatregel 1	Maatregel 2	Maatregel ...
Aspect 1				
Aspect 2				
...				

In dit hoofdstuk wordt de toelichting gegeven op de beoordeling van de verschillende aspecten die de wenselijkheid van maatregelen beïnvloeden. Per aspect zijn een aantal criteria vastgesteld. Aan het eind van het hoofdstuk worden de beperkingen van het beoordelingskader als geheel uiteen gezet en wordt de invloed van de weging beschreven. En tot slot wordt het beoordelingskader gebruikt in een fictieve casus om de volledigheid van de criteria te beoordelen. In deze casus wordt een fictieve referentiesituatie vergeleken met 4 maatregelen: dijkverhoging, wet proof bouwen, gebiedsophoging en het verplaatsen van een gebruiksfunctie.

4.1 Aspecten

Het doel van dit hoofdstuk is het vaststellen van een beoordelingskader dat een meer compleet beeld geeft van de voor- en nadelen van maatregelen voor waterveiligheid. Om hiertoe te komen zullen allereerst de verschillende aspecten die aan bod moeten komen in deze beoordeling vastgesteld worden. Later zal per aspect één of meerdere criteria bepaald worden, op basis waarvan de aspecten getoetst kunnen worden. Het verschil tussen aspecten en criteria kan gezien worden als het verschil tussen grootheden en eenheden. Zoals de grootte volume uitgedrukt wordt in de eenheid kubieke meter, kan het aspect slachtoffers uitgedrukt (en daarmee getoetst) worden in het criterium jaarlijkse verwachtingswaarde van het aantal slachtoffers.

In de traditionele beoordeling van waterveiligheidsmaatregelen was de afname van de overschrijdingskans samen met de kosten van maatregelen leidend. Dit maakt nog steeds deel uit van de beoordeling, maar naast de reductie van de overschrijdingskans zijn zoals eerder beschreven een aantal andere factoren geformuleerd die samen tot het aspect risicoreductie behoren. En naast risicoreductie en kosten worden politiek-bestuurlijke, publieke, ruimtelijke en temporele aspecten beschreven en aspecten die de onzekerheid en robuustheid beoordelen.

Het bepalen van de relevante aspecten en criteria wordt gedaan op basis van een driedeling gebaseerd op abstractieniveau (Loucks & Van Beek, 2005). Op het hoogste abstractieniveau wordt een algemeen doel bepaald. Vervolgens wordt door het stellen van de 'Hoe?'-vraag onderscheid gemaakt in de verschillende aspecten waarmee het algemene doel gediend wordt. Deze aspecten worden wederom door deze vraag te stellen onderverdeeld in criteria.

Het algemene doel van de maatregelen is:

Het vergroten van de waterveiligheid met aandacht voor de economische en maatschappelijke effecten en de omgeving.

Hoe dit doel bereikt kan worden wordt beschreven per onderdeel van de doelstelling. Per deel wordt één of worden een aantal aspecten voorgesteld.

'Het vergroten van de waterveiligheid...'

Verwachte risicoreductie – schade en slachtoffers & gewonden

Het meest gebruikte criterium dat gebruikt wordt als het gaat om veiligheid is risicoreductie. In onderzoek naar externe veiligheid, of financiële veiligheid, zo ook in waterveiligheid (VNK2, Vergelijkingssystematiek, etc.). Hierin wordt onderscheid gemaakt tussen schaderisico en slachtoffer- & gewondenrisico. Deze zijn als twee aparte aspecten meegenomen in de analyse.

Onzekerheid

Er bestaat een verschil tussen de verwachte risicoreductie en de werkelijke risicoreductie. Dit verschil wordt gemeten door de onzekerheid in de verwachterisicoreductieberekening te bepalen. De onzekerheid in overstromingsberekeningen is zeer groot en varieert over orden van grootte (De Moel, 2012). Deze variatie impliceert op zich ook weer een risico en zal daarom meegenomen moeten worden.

Robuustheid

Waterveiligheid bestaat niet alleen uit het risico dat een gebied loopt maar ook uit de mate waarin het systeem in staat is met dit risico om te gaan. In een poging het beoordelingskader uit te breiden naar een kader waarin ook systeemkenmerken worden meegenomen naast de risicoberekeningen is een indeling geformuleerd op basis van weerstand (resistance) en veerkracht (resilience) (De Bruijn, 2005). Deze begrippen bepalen samen de systeemrobustheid.

‘... met aandacht voor economische ... effecten ...’

Kosten

In vrijwel ieder beoordelingskader worden de kosten meegenomen, het is een maat voor het benodigde gebruik van de beschikbare capaciteit. Alleen de wijze waarop dit wordt gekwantificeerd, verschilt (Loucks & Van Beek, 2005).

‘... met aandacht voor ... maatschappelijke effecten ...’

Politiek-bestuurlijk

Maatregelen uit de verschillende lagen van Meerlaagsveiligheid spreken in variërende mate verschillende lagen binnen het politieke en bestuurlijke systeem aan (Rijcken, 2012) en kan meer beleidsdoelen dienen dan alleen waterveiligheid creëren (ENW, 2012).

Publiek

In de analyse moeten publieke belangen die niet te kwantificeren zijn in termen van risico en kosten ook meegenomen worden (Loucks & Van Beek, 2005). Dit aspect beschrijft deze belangen waardoor de ethiek en perceptie (Van der Most, Baan, & Klijn, 2006) betrokken worden in de besluitvorming.

‘... met aandacht voor ... de omgeving’

Ruimtelijk

Om de voordelen van maatregelen kenbaar te maken die voortkomen uit de lokale kenmerken wordt het aspect ‘Ruimtelijk’ meegenomen. In een grote variëteit aan literatuur wordt geschreven over de toepasbaarheid van Meerlaagsveiligheid indien maatwerk wordt toegepast, de lokale kenmerken zijn bepalend voor het succes (Kolen, Maaskant, & Hoss, 2010) (ENW, 2012). Dat geeft aan dat dit aspect relevant is bij de beoordeling van maatregelen.

Temporeel

In verschillende bronnen wordt met betrekking tot de beoordeling van waterveiligheidsmaatregelen gesproken over duurzaamheid (Deltaprogramma: Nieuwbouw en herstructurering, 2010) (Zethof, Maaskant, Stone, Kolen, & Hoogendoorn, 2012). Hierbij wordt bedoeld op de bestendigheid van de maatregel tegen de tijd. In dit onderzoek wordt gesproken over temporele aspecten, om onderscheid te maken met duurzaamheid in milieutechnisch perspectief.

4.2 Criteria

Waterveiligheid

Aspect 1: Verwachte risicoreductie - schade

Voorafgaand aan de vraag hoe schaderisico meegenomen dient te worden is het relevant te weten welke soorten schaderisico meegenomen dienen te worden in de beoordeling. Om een complete analyse te maken moeten in ieder geval drie soorten economische schade worden meegenomen deze bepalen het economisch risico. De drie soorten schade zijn: directe schade welke zowel materieel als immaterieel kan zijn en indirecte schade. Directe schade is schade die ontstaat door contact van water met objecten (materieel) en schade die ontstaat doordat acties niet meer uitgevoerd kunnen worden vanwege schade aan het medium (immaterieel). Indirecte schade is schade die ondervonden wordt buiten het getroffen gebied doordat producten niet meer afgenomen of aangeleverd worden of doordat aan- en afvoerroutes doorsneden worden. In de Standaardmethode van Kok et al. (Kok, Huizinga, Vrouwenfelder, & Van den Braak, 2005) is een uitgebreidere toelichting beschreven en de wijze waarop deze is toegepast in HIS-SSM. De criteria waarop getoetst wordt zijn gelijk aan de criteria waarop getoetst wordt in VNK2 (Projectbureau VNK2, 2011). Naast de totale verwachtingswaarde van het schaderisico voor het gebied wordt deze ook ruimtelijk verdeeld (schaderisicoraster) en in kansen (schadecurve) om geografische en probabilistische ongelijkheden weer te geven.

Criteria:

- Verwachtingswaarde schade [€/jaar] – Het gewogen gemiddelde van alle schades, met de verwachte kans op die schades als gewicht. En een kaart met deze schades verdeeld over het gebied [€/jaar/cel]
- Schadecurve [herhalingsjijd vs. €] – De schadecurve beschrijft de kansen op overstromingen met S of meer schade. De FS-curve is feitelijk een weergave van de cumulatieve kansverdeling van de economische schade. De FS-curve wordt bepaald door voor elk schadebedrag van de verschillende scenario's de kans dat dit scenario of een scenario met een groter schadebedrag optreedt te bepalen. De schadebedragen uitgezet tegen de cumulatieve kansen geeft de curve.

Aspect 2: Verwachte risicoreductie - slachtoffers en gewonden

Zowel slachtoffers als gewonden zijn van invloed op de beoordeling van het effect van een overstroming, en zullen dus ook beide gewaardeerd moeten worden in het beoordelingskader. Ook deze criteria zijn gebruikt in VNK2 (Projectbureau VNK2, 2011) en zullen in dit onderzoek op een zelfde wijze toegepast worden.

Criteria:

- Verwachtingswaarde slachtoffers [slachtoffers/jaar] – Het gewogen gemiddelde van alle aantallen slachtoffers, met de verwachte kans op dat aantal slachtoffers als gewicht.
- Verwachtingswaarde gemonetariseerde slachtoffers [€/jaar] – verwacht aantal slachtoffers per jaar * €6,7 miljoen per slachtoffer: bedrag voor 1 slachtoffer en 5 gewonden
- Lokaal individueel risico (LIR) [/jaar] – Jaarlijkse overlijdenskans van een individu per locatie inclusief het effect van preventieve evacuatie. Dit wordt berekend door voor iedere cel per overstromingsscenario en evacuatiescenario de overstromingskansen en

evacuatiescenario's te vermenigvuldigen en dit te vermenigvuldigen met het gevolg, namelijk de mortaliteitsfractie op de betreffende locatie vermenigvuldigd met de evacuatiefractie aldaar. Per cel worden vervolgens de risico's opgeteld zodat een kaart met de kans per jaar verkregen wordt.

- Plaatsgebonden risico (PR) [/jaar] – Jaarlijkse overlijdenskans van een individu per locatie exclusief het effect van preventieve evacuatie. Deze wordt op dezelfde manier berekend als het LIR, er wordt alleen zonder evacuatiescenario's gerekend.
- Groepsrisico (GR) FN-curve [slachtoffers vs. herhalingsjaar] - Het groepsrisico beschrijft de kansen op overstromingen met N of meer slachtoffers. De FN-curve is feitelijk een weergave van de cumulatieve kansverdeling van het aantal slachtoffers. De FN-curve wordt bepaald door voor elk slachtofferaantal van de verschillende scenario's de kans dat dit scenario of een scenario met een groter aantal slachtoffers optreedt te bepalen. De slachtofferaantallen uitgezet tegen de cumulatieve kansen geeft de curve.

In het geval van monetariseren zijn verschillende opties mogelijk, waaronder Costs of Saving an eXtra statistical life (CSX): de kosten van het redden van een extra leven, Human Capital Approach (HCA): de gediscoteerde verwachte toekomstige output van een persoon, Willingness To Pay (WTP): de bereidheid om te betalen voor een leven, Value of a Statistical Life (VSL): hetzelfde als WTP maar dan op groepsniveau. Deze methoden geven allemaal een ander bedrag. Arends (2003) heeft hier onderzoek naar gedaan in de verkeerskunde, Bočkarjova et al. (2009) hebben dit toegepast op waterveiligheid. De resultaten hiervan zijn gebruikt in WV21 en in dit onderzoek.

Aspect 3: Onzekerheid

Het aspect onzekerheid wordt in dit onderzoek alleen toegepast op de verandering van de onzekerheid in het overstromingsrisico. Door overstromingen ontstaat schade, hoe vaak en hoe hevig deze overstroming is onzeker. Om grip te krijgen op deze schade, wordt risico gebruikt als gemiddelde verwachte schade per eenheid (bijvoorbeeld tijd). Dit neemt niet weg dat er nog andere onzekerheden zijn, deze bestaan in verschillende soorten. In Walker (Walker, et al., 2003) is een drie dimensionale opdeling gemaakt van soorten onzekerheid (tabel 3). De drie assen waarover systemen kunnen variëren zijn:

- Locatie: context, model, input, parameters en modeluitkomst.
- Niveau: op een schaal van deterministisch tot totale onwetendheid via statistische onzekerheid, scenario-onzekerheid en erkende onzekerheid.
- Natuur: epistemische onzekerheid en variabiliteit.

Tabel 3: Onzekerheidsmatrix van Walker (2003)

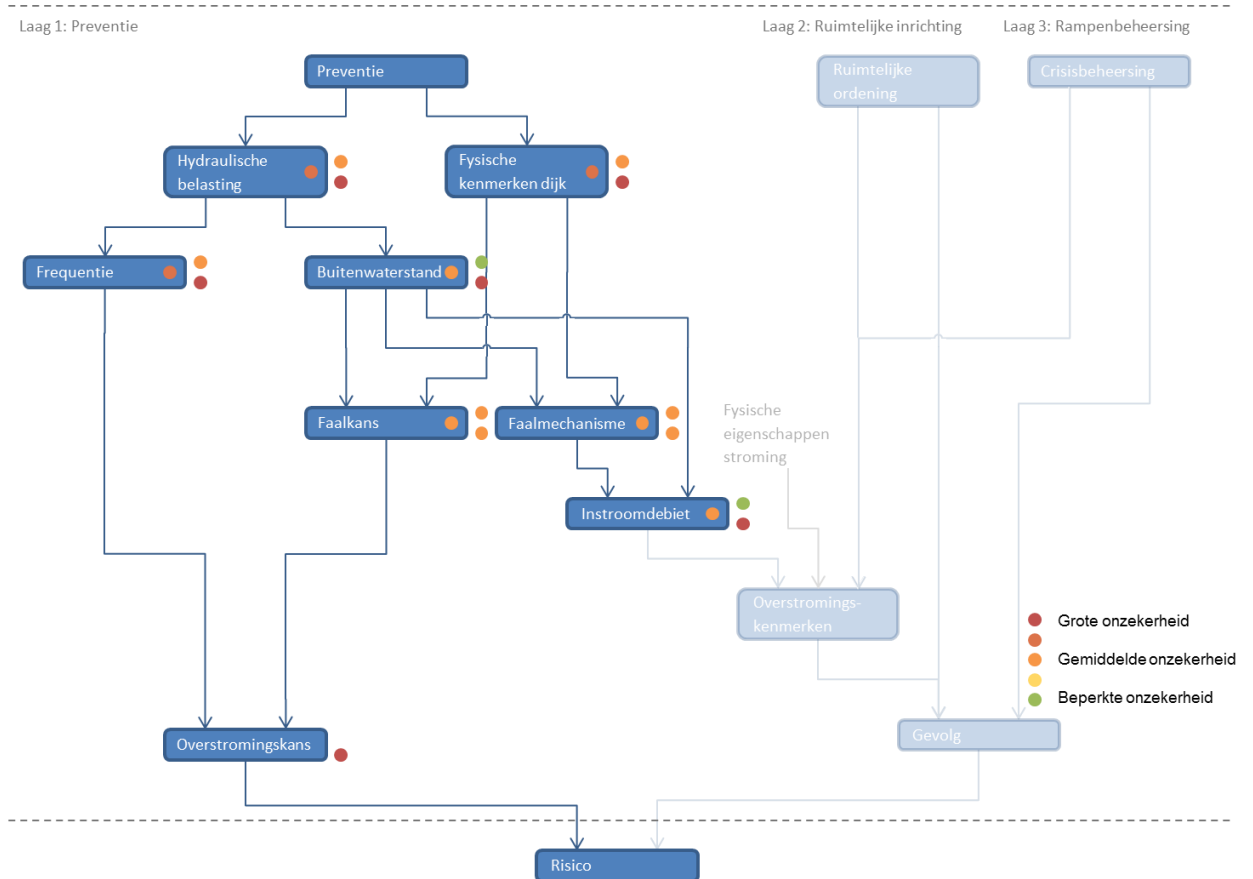
Location		Level			Nature	
		Statistical uncertainty	Scenario uncertainty	Recognised ignorance	Epistemic uncertainty	Variability uncertainty
Context	Natural, technological economic, social and political, representation					
Model	Model structure					
	Technical model					
Inputs	Driving forces					
	System data					
Parameters						
Model Outcomes						

Om de onzekerheid in de risicoberekening meetbaar te maken zal per modelcomponent, zoals gedefinieerd in bijlage 1, bepaald worden hoe groot de mate van onzekerheid in de component is en wat de invloed ervan is op de onzekerheid in het risico. Vanwege de omvang van dit onderzoek is het niet mogelijk voor elk component de volledige Walker-analyse uit te voeren, wel wordt in de analyse rekening gehouden met de verschillende typen onzekerheid.

In het ideale geval zal op basis van historische waarden en prognoses een oordeel gegeven kunnen worden over de mate van onzekerheid, voor andere onderzoeken is dit bijvoorbeeld met behulp van klimaatscenario's gedaan voor de onzekerheid in hydraulische belasting. In dit onderzoek zullen deze gegevens in veel gevallen niet beschikbaar zijn en niet onderzocht kunnen worden en wordt gebruik gemaakt van een schatting. Voor het bepalen van de invloed van de onzekerheden op de onzekerheid in het risico zou de werking van het volledige systeem bekend moeten zijn, de doorwerking van onzekerheid kan dan berekend worden. Voor een groot deel van het systeem is dit echter niet het geval, de invloed zal daarom ook geschat moeten worden. Voor een aantal componenten is het systeem wel bekend, risico is bijvoorbeeld gedefinieerd als kans maal gevolg dus als de kans 10% hoger of lager uit kan vallen, zal de het risico ten gevolge van de kans ook 10% hoger of lager kunnen zijn. De schattingen van de onzekerheden zijn beschreven in bijlage 2 en weergegeven in figuur 13 voor Preventie en figuur 14 voor Ruimtelijke inrichting en Rampenbeheersing. De stip in de cel is de onzekerheid, opgebouwd uit de mate er rechtsboven en de invloed er rechts onder.

Naast de mate en de invloed van de onzekerheid in de componenten, wordt per maatregel een inschatting gemaakt van het effect van een maatregel op de onzekerheid in de component. Ook hier zou in het ideale geval een inschatting gemaakt worden op basis van historische data en prognoses. Doordat deze niet beschikbaar zijn zal de beoordeling gedaan worden door te bedenken of een maatregel de onzekerheid zal vergroten, niet zal veranderen of zal verkleinen. In het geval dat de verandering beduidend groter is dan andere veranderingen zal het de beoordeling sterk vergroten of verkleinen onzekerheid krijgen, dit is een subjectieve maat.

Door de waarden voor mate, invloed en effect te combineren zal een kwalitatief oordeel gegeven worden over de invloed van de maatregel op de onzekerheid in het risico. In dit onderzoek zijn de beoordelingen gedaan op basis van een driepuntsschaal van beperkt, gemiddeld en groot voor de mate en invloed, deze zijn gecombineerd door ze te zien als een schaal van 1, 3 en 5 en dan te middelen waardoor een schaal van 1 t/m 5 ontstaat. De vijf puntsschaal van het effect van maatregelen (sterk verkleind, verkleind, onveranderd, vergroot, sterk vergroot) is gezien als een schaal van -2 tot +2. Door vermenigvuldiging kan vervolgens per component een score berekend worden op een schaal van -10 tot +10, de uiteindelijke score voor onzekerheid is de som van de scores van de verschillende componenten.

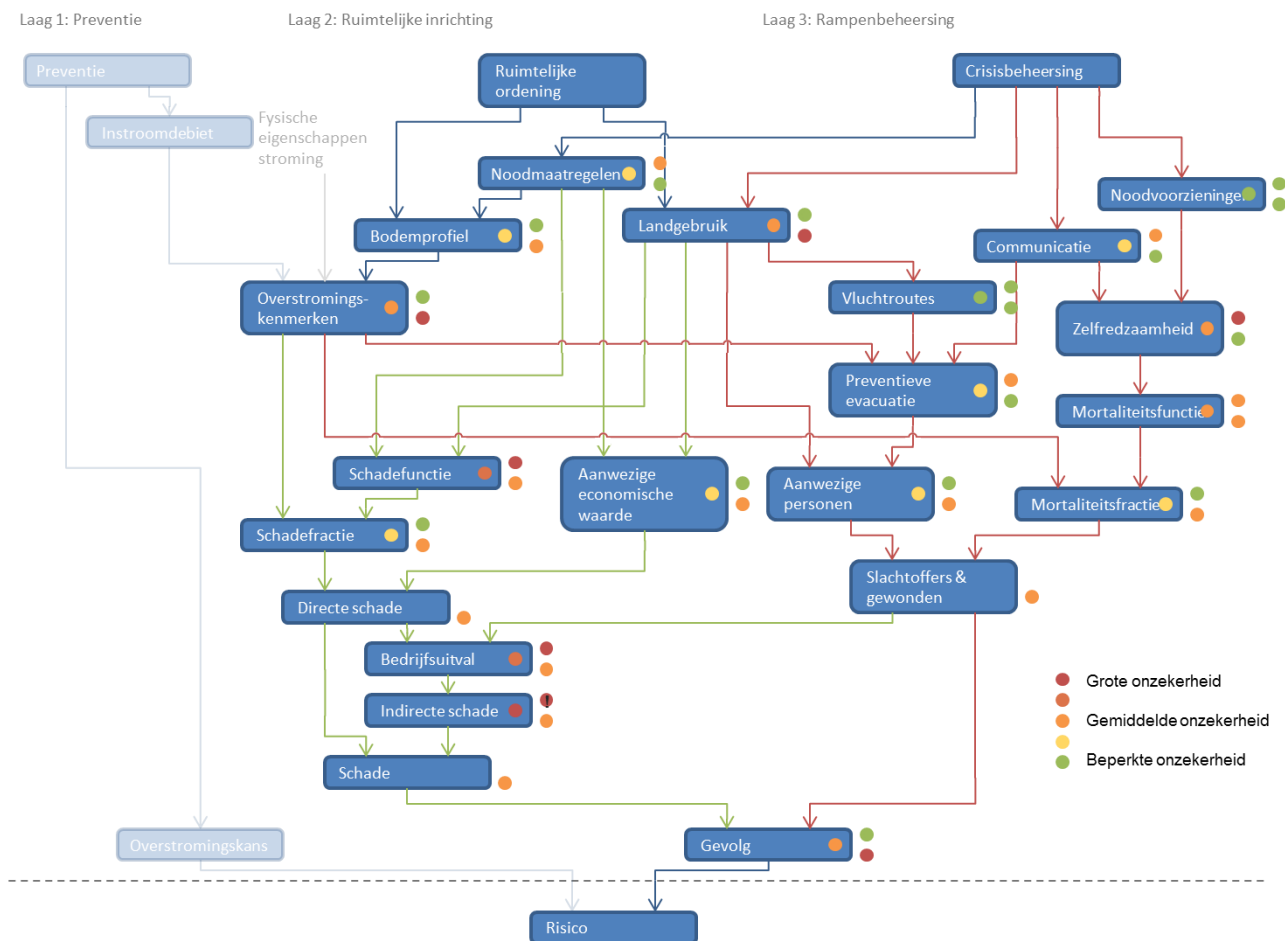


Figuur 13: Onzekerheid in de componenten van risico die beïnvloed worden door Laag 1

In de cel van het component is de onzekerheid weergegeven

Deze is opgebouwd uit de mate van onzekerheid in het component (rechts boven de cel)

En de invloed van deze onzekerheid op de onzekerheid in het risico (rechts onder de cel)



Figuur 14: Onzekerheid in de componenten van risico die beïnvloed worden door Laag 2 en Laag 3

In de cel van het component is de onzekerheid weergegeven

Deze is opgebouwd uit de mate van onzekerheid in het component (rechts boven de cel)

En de invloed van deze onzekerheid op de onzekerheid in het risico (rechts onder de cel)

Het kijken naar alleen de componenten uit bijlage 1 beperkt de analyse van de onzekerheid tot de aspecten die effect hebben op het risico terwijl onzekerheid invloed kan hebben op andere aspecten.

Naast onzekerheid in de risicoberekening is onzekerheid in andere aspecten ook relevant. Een maatregel kan bijvoorbeeld ook effect hebben op de onzekerheid in het aantal partijen dat betrokken wordt (Aspect 'Politiek-bestuurlijk'). Indien een nieuw type maatregel, zoals het aanleggen van grote terpen, toegepast wordt zal het moeilijk zijn vooraf exact te bepalen welke partijen inspraak kunnen, willen en mogen hebben in de ontwikkeling, de uitvoering en het beheer ervan. Dit maakt de onzekerheid in het aspect 'Politiek-bestuurlijk' groter voor deze maatregel dan voor een beproefde oplossing als dijkverhoging.

Door het aspect onzekerheid mee te nemen wordt wel het verschil duidelijk tussen bijvoorbeeld de volgende twee maatregelen: Indien iedere dijk bij de gegeven maatgevende waterstand een zekere faalkans heeft zal een enkele dijk die voldoet aan de norm in de kosten-batenanalyse hetzelfde scoren als een dubbele dijk die aan dezelfde norm voldoet, maar indien de onzekerheid in dit falen afhankelijk is van de dijkhoogte zullen de berekeningen van de dijksterkte van de dubbele dijk zekerder zijn en daarmee met een grotere waarschijnlijkheid voldoen aan de beoogde economisch optimale dijkhoogte.

Criterion:

- Invloed op onzekerheid in overstromingsrisico - een indeling van de verschillende modelcomponenten op een 5-punts-schaal van sterk verkleinde onzekerheid tot sterk vergrote onzekerheid.

Aspect 4: Robuustheid (reactiecurve)

De gevoeligheid voor overstromingsrisico wordt systeemrobustheid genoemd (Mens, 2012). Deze robustheid is een combinatie van weerstand (resistance) en veerkracht (resilience) (De Bruijn, 2005). Als een maatregel het zelfde scoort op aspecten zoals kosteneffectiviteit als andere maatregelen, maar meer systeemrobust is zal deze de voorkeur krijgen boven andere maatregelen. De maatregel zorgt immers voor een systeem dat beter omgaat met het resterende risico. In dit onderzoek zal gebruik worden gemaakt van de robustheidcriteria zoals gedefinieerd (maar niet allemaal uitgewerkt) in Mens (Mens, 2012) gebaseerd op De Bruijn (De Bruijn, 2005). Voor geleidelijkheid wordt de 'graduality' als maat gebruikt. Deze maat is aangepast (zie bijlage 3). Verder is de maat hersteltijd toegevoegd. Bij de criteria zijn een aantal dubbeltellingen te vinden: Onzekerheid over de reactiedrempel is meegenomen in het aspect onzekerheid, onzekerheid over de gevolgen is het resultaat van het aspect onzekerheid en ernst van de gevolgen is het resultaat van het aspect schade. Deze dubbeltellingen zijn toch ook als losse criteria nogmaals meegenomen omdat ze ook een dubbel effect hebben. Robuustheid en risico zijn immers verschillende aspecten. De bijdrage van de dubbeltelling aan het ene aspect wordt niet in ogenschouw genomen als het alleen bij het andere aspect meegenomen wordt.

Criteria:

- Reactiedrempel [/jaar] – Dit is de systeemkans, dus de kans dat ergens in het gebied een schade op zal treden, dit is de som van alle scenariokansen
- Onzekerheid over reactiedrempel [-] – Deze wordt overgenomen uit het aspect onzekerheid

- Geleidelijkheid [-] – Dit kan bepaald worden door de geleidelijkheid van de kans-gevolg-curve te bepalen, in dit onderzoek is dit gedaan met een combinatie van de stapgroottekwadraat- en absolute-afwijkingmethode beschreven in bijlage 3
- Ernst van de gevolgen [€/jaar] – Dit is de jaarlijkse verwachtingswaarde van de schade inclusief gemonetariseerde slachtoffers, de som van de verwachtingswaardes van schade en slachtoffers bij het aspect 'Risico'
- Onzekerheid over de gevolgen [-] – Deze wordt overgenomen uit het aspect onzekerheid
- Herstelcapaciteit [-] – Financiële, menselijke en fysische capaciteit die ingezet kan worden voor het herstel, deze kan bepaald worden op basis van een gebiedsanalyse (hierbij moet natuurlijk rekening gehouden worden met de overstroomde gebieden) bij dit criterium worden de maatregelen vergeleken met de referentiesituatie als er enige verandering is door de maatregel wordt een score + of – 1 gegeven, als de maatregel de herstelcapaciteit van een groot gebied beïnvloed en deze verandering ook groot is wordt de score + of – 2 gegeven
- Omslagpunt [/jaar] – De kans dat een schadebedrag optreedt waarbij herstel onmogelijk is of niet gedaan wordt vanwege andere motieven zoals kostenefficiëntie. Dit schadebedrag is moeilijk te bepalen (Mens, 2012) maar is vastgesteld op basis van de gebiedskenmerken. De kans is te bepalen met de schadecurve zoals besproken bij het aspect schade.
- Hersteltijd [jaren] – langste verwachte hersteltijd van de verschillende scenario's

Economische effecten

Aspect 5: Kosten

De kosten zijn te scheiden in investeringskosten en beheerkosten (Marchand, Klijn, & Kind, 2012). Door deze contant te maken en de baten in termen van risicoreductie ook contant te maken kunnen deze gebruikt worden om de kosteneffectiviteit te bepalen. Er zijn vele maten die hier een bijdrage in kunnen leveren (Berry & Jarvis, 2005). In dit onderzoek zullen de netto contante waarde (NCW), de baten-kostenverhouding (B/K-ratio) gebruikt worden zoals gebruikelijk is (ENW, 2012). De eerste is een effectiviteitsmaat (hoe groot is het nut van een maatregel?) en andere tweede een maat voor efficiëntie (hoe groot is het nut van een euro?). Beleidsmakers kunnen er echter ook voor kiezen de totale investering (indien het budget meer bepalend is dan het resultaat) of de terugverdientijd (als het gaat om verzekeringen) te willen zien.

Criteria:

- Netto contante waarde [€] – De gediscoteerde verwachte jaarlijkse risicoreductie min de contante waarde van de kosten (>0: kosteneffectief)
- Baten-kostenverhouding [-] - De gediscoteerde verwachte jaarlijkse risicoreductie gedeeld door de contante waarde van de kosten (>1: kostenefficiënt)

Maatschappelijke effecten

Aspect 6: Politiek-bestuurlijk

De wijze waarop het politiek-bestuurlijke aspect meegenomen moet worden in de beoordeling van maatregelen is afhankelijk van de doelen van de betreffende bestuurders. Uit de beleidskaders van de verschillende partijen zijn verschillende criteria te destilleren. In de kustvisie,

opgesteld door de provincie in samenwerking met de regionale publieke partners, wordt waterveiligheid in een breder kader geplaatst dan een technisch probleem: 'Terugtrekken voor de zee betekent ook een verkeerd signaal aan potentiële investeerders. (...)Veiligheid is niet alleen een kwestie van technische oplossingen en berekende veiligheidsrisico's, maar ook een kwestie van gevoel (Provincie Groningen, 2008) (criterium 1). Naast het beeld van angst dat door het verplaatsen van functies gevormd kan worden heeft de onzekerheid in continuïteit van de functies die toegewezen worden aan een gebied ook een afschrikwekkend effect (criterium 2).

De primaire doelen aangaande waterveiligheid die door Waterschap Noorderzijlvest geformuleerd zijn, en daarom indicatief zijn voor criteria zijn:

- Het waterschap is in 2015 een actieve speler in de veiligheidsketen. De eigen rol en houding in de stappen van de veiligheidsketen zijn duidelijk (Waterschap Noorderzijlvest, 2009). Nieuwe samenwerkingsverbanden resulteren in nieuwe verantwoordelijkheden. Dit kan barrières opwerpen indien grenzen overschreden worden die leiden tot ingewikkelde overdracht van verantwoordelijkheid, een voorbeeld hiervan is de verantwoordelijkheid van gemeenten voor lokale bouwprojecten waar het waterschap ook invloed op wil hebben als laag 2 maatregelen toegepast worden (criterium 3).
- Het waterschap heeft innovatieve kennis en inzichten op het gebied van waterveiligheid en rampenbestrijding (Waterschap Noorderzijlvest, 2009). Om deze kennis te ontwikkelen zullen innovatieve maatregelen uitgevoerd, of in ieder geval onderzocht moeten worden (criterium 4).
- Het waterschap draagt zorg voor de waterkeringen zodanig dat deze voldoen aan de vigerende normen (Waterschap Noorderzijlvest, 2009). Een maatregel kan alleen bijdragen aan het voldoen aan de normen indien de werking van de maatregel opgenomen is in het normeringsstelsel (criterium 5).

Criteria:

- Uitstraling [-] – Het effect dat een maatregel heeft op het beeld dat investeerders en burgers hebben van waterveiligheid. De beoordeling hiervan is subjectief vanwege de verschillende percepties van maatregelen. In dit onderzoek is er vanuit gegaan dat aanpassingen aan bestaande constructies een negatieve uitstraling hebben en aanpassingen aan nieuwe een positieve omdat voorkomen als beter gezien wordt dan genezen. Daarnaast hebben maatregelen die blootstelling voorkomen of de kans erop verkleinen een betere uitstraling dan maatregelen die de kwetsbaarheid verlagen.
- Continuïteit in functies [-] – de mate waarin gebruikers zeker zijn van het behoud van de huidige functie van het gebied. Indien een maatregel de bestemming van het gebied langdurig vastlegt is deze score positief indien een maatregel de functie van het gebied laat bepalen door de overstromingsrisico's is deze negatief.
- Complexiteit van ontwerp-uitvoering-beheer – Dit criterium is driedelig: het aantal partijen [partijen], het bestuurlijke niveau [-] en de scheiding in verantwoordelijkheid in besluitvorming omtrent de maatregelen [-]. De eerste kan bepaald worden op basis van een stakeholderanalyse. De tweede is op een schaal van 0 tot 4 waarbij 0 op privéschaal is en 4 op nationale schaal. De derde is groot als er per besluit duidelijk is welke partij de meeste autoriteit heeft, maar is laag als er verschillende partijen met gelijke stem over hetzelfde onderdeel van de maatregel moeten besluiten.

- Innovatie [-] – mogelijkheden voor innovatie in technische, planmatige en andere onderdelen. Dit criterium is zeer veranderlijk en wordt bepaald op basis van de aandachtsgebieden van de wetenschap op het moment van beoordeling.
- Juridische verankering [-] – de meetbaarheid van het effect van de maatregel en de moeite dit te verankeren in juridische kaders. Dit aspect gaat niet over de huidige wet, maar over de mogelijkheden voor toekomstige wetten. Een maatregel is goed te verankeren als het effect meetbaar en controleerbaar is.

Aspect 7: Publiek

Het leven met water als bedreiging is alom geaccepteerd in Nederland. Sinds jaar en dag ligt de verantwoordelijkheid voor de beheersing van deze bedreiging bij de overheid. Daarom ontnemen gebruikers van de bedreigde gebieden daar ook rechten aan. Indien maatregelen getroffen worden op een andere wijze dan voorheen kan dit effecten hebben op de maatschappelijke acceptatie ervan. Hoe dit aspect meegenomen moet worden in de beoordeling is drieledig. Ten eerste de beoordeling van de maatregel qua uitvoering, ten tweede het effect van de maatregel in de periode dat de maatregel uitgevoerd is maar nog geen overstroming heeft plaatsgevonden en ten derde het effect van de maatregel betreffende de overstroming.

Maatregelen kunnen zo uitgevoerd worden dat ze bijdragen of juist afdoen aan de persoonlijke omgeving van de gebruikers, hierbij gaat het om zaken als verplichte verhuizingen en onteigening van land. Dit criterium onderscheidt zich van het criterium ruimtelijke kwaliteit omdat het gaat om de persoonlijke beleving van de huidige gebruikers, een maatregel kan bijvoorbeeld de kwaliteit van een woonwijk verbeteren door de aanleg van een groenstrook (positief voor ruimtelijke kwaliteit) maar negatief zijn voor de man die daar zijn huis had staat dat moet wijken (negatief voor gedupeerden).

Daarnaast kunnen maatregelen er voor zorgen dat mensen zich meer bewust zijn van de risico's die ze lopen (De Wit, Jongejan, & Van der Most, 2010). Wat ook zowel een positief als negatief effect kan hebben: bereiden mensen zich beter voor door dat bewustzijn met bijvoorbeeld noodpakketten, of gaat de levenskwaliteit achteruit door de angst voor het water?

In het aspect risicoreductie zijn de risico's beschreven die gebruikers lopen. Verschillen en onevenredige verandering van deze risico's in het gebied kunnen tot weerstand leiden (Rijcken, 2012). Het vellen van een oordeel of deze differentiatie ethisch verantwoord is lastig en de verantwoordelijkheid van de politiek (Van der Most, Baan, & Klijn, 2006).

Criteria:

- Gedupeerden [-] – De mate waarin gebruikers moeten wijken voor maatregelen. De score op dit criterium is afhankelijk van de duur van het moeten wijken en de grootte van de groep gebruikers die moet wijken.
- Bewustzijn [-] – Dit criterium uit zich in waakzaamheid (attendering op risico) en angst (confrontatie met risico) of een hoge score goed of slecht is, is dan ook niet te zeggen. De score wordt bepaald door de frequentie dat de maatregel ervaren wordt (voornamelijk gezien, maar in het geval van bijvoorbeeld een sirene gehoord) en hoe direct de associatie met waterveiligheid is.

- Gelijkheidsbeginsel – De variantie van het LIR [-] en de variantie in de verandering in het LIR [-]

Omgeving

Aspect 8: Ruimtelijk

De wijze waarop het ruimtelijke aspect beoordeeld moet worden bestaat uit een haalbaarheids-, een betaalbaarheids- en een wenselijkheids criterium. Het haalbaarheids criterium is de ruimtelijke inpasbaarheid, is de maatregel te verenigen met de huidige bestemmingsplannen en structuurvisies. Het betaalbaarheids criterium is meekoppelen. Naast de specifieke kenmerken van de maatregel is ook de ruimte zelf van invloed op de prijs van een maatregel. Indien voorbereidende werkzaamheden of logistieke voordelen of funktiekoppelingen te realiseren zijn door waterveiligheidsmaatregelen te combineren met andere uitvoeringswerkzaamheden zijn, kan een grote financiële efficiëntieslag gemaakt worden (ENW, 2012). Het wenselijkheids criterium is ruimtelijke kwaliteit. Hierbij wordt keken in welke mate de maatregel bijdraagt aan een aantrekkelijke leefomgeving, het verbeteren van de kwaliteit van wijken, het omgaan met demografische krimp en sociale veiligheid, of het versterken van een economisch aantrekkelijk vestigingsklimaat (inclusief toerisme). Dit zijn thema's die bepalend zijn voor ruimtelijke ordenaars in hun besluit (PBL, 2011).

Criteria:

- Inpasbaarheid [-] – invloed op bestemmingsplan, indien de functie van het gebied waarin de maatregel toegepast wordt en de maatregel sterk conflicteert met deze functie zal de maximale score gegeven worden voor dit criterium naar mate de functies beter verplaatsbaar zijn en/of beter te combineren met de maatregel zal de score lager zijn.
- Meekoppelen [-] – potentiële gezamenlijke uitvoering. De score wordt hoger als: het uitgevoerd kan worden met onderhoudswerkzaamheden aan het object, de uitvoering gecombineerd kan worden met onderhoud aan ook andere objecten, er alleen materiaalkosten gemaakt hoeven worden omdat er ook een ander project ontwikkeld wordt en als dat helemaal geen kosten gemaakt hoeven worden doordat de maatregel volledig inbegrepen is in een ander project.
- Ruimtelijke kwaliteit [-] – belevingswaarde van maatregel. Hiervan is geen eenduidige definitie, maar in dit onderzoek worden uitzicht, natuurontwikkeling en het onttrekken van infrastructuur aan het zicht gezien als kwaliteitverhogende factoren.

Aspect 9: Temporeel

De criteria voor het temporele aspect zijn vastgesteld op basis van criteria die gebruikt worden voor waterveiligheidsmaatregelen in het licht van klimaatadaptatie (MWH, 2011).

Criteria:

- Tijd tot het beoogde effect [jaren] – periode totdat de maatregel de beoogde veiligheid biedt
- Aanpasbaarheid [-] – De mate waarin een maatregel het effect van toekomstige maatregelen beïnvloed. Hierbij wordt onderscheidt gemaakt tussen het opnieuw toepassen van dezelfde maatregel op dezelfde plek en andere maatregelen.
- Tijdbestendigheid – tijd tot volgende ingreep om de waterveiligheid op peil te houden [jaren]

4.3 Beoordelingsmethode

Omdat het kwantificeren van de aspecten zeer lastig en subjectief is zal een scorekaart gebruikt worden om de scores voor de aspecten te presenteren, een beleidsmaker kan hiermee een eigen, subjectieve, afweging maken. Door deze methode te gebruiken worden niet vroegtijdig beslissingen genomen over de wegingsfactor van aspecten.

In een eerder stadium is echter wel al een weging gebruikt om de criteriumscores vast te stellen en samen te voegen tot aspectscores. Om deze reden is naast de aspectscorekaart ook de criteriumscorekaart noodzakelijk te betrekken in de besluitvorming als een gedegen afweging gemaakt moet worden. De aspectscorekaart is wel relevant voor het snel verkrijgen van een globaal beeld van de verschillende maatregelen. Bij het verkrijgen van dit beeld is het belangrijk bewust te zijn van de aannames en een idee te hebben van de gevolgen ervan.

In tabel 4 is een voorbeeldberekening voor de gevoeligheid voor weging weergegeven. De waarde wordt berekend per aspect per variant. Per aspect zijn de wegingsfactoren van de criteria gevarieerd. Eén aspect kreeg een weging van 10 procent meer dan de gelijke verdeling in de referentiesituatie. En de andere criteria kregen daardoor een $10/(\text{aantal criteria}-1)$ procent lagere weging. De absolute afwijkingen in aspectscores ten opzichte van de referentiesituatie zijn per aspect opgeteld. (Dit is niet de waarde (of het dubbele) van de maximale verandering van een score door aanpassing van de wegingen met maximaal 0,1 per criterium. Deze is in het geval van het voorbeeld 0,4.)

Tabel 4: Voorbeeld van maat voor de invloed van de weging. De wegingen van de 3 criteria zijn gevarieerd en de absolute verschillen in uitkomst met de referentiesituatie zijn gesommeerd. Hoe groter de som is, hoe groter de invloed van de weging

	Score voor maatregel X	Referentie weging	Weging	Weging	Weging
Criterium 1	1	0,333	0,433	0,283	0,283
Criterium 2	4	0,333	0,283	0,433	0,283
Criterium 3	0	0,333	0,283	0,283	0,433
Aspectscore		1,67	1,57	2,02	1,42
Afwijking			-0,1	0,35	-0,25
Absolute som	0,70				

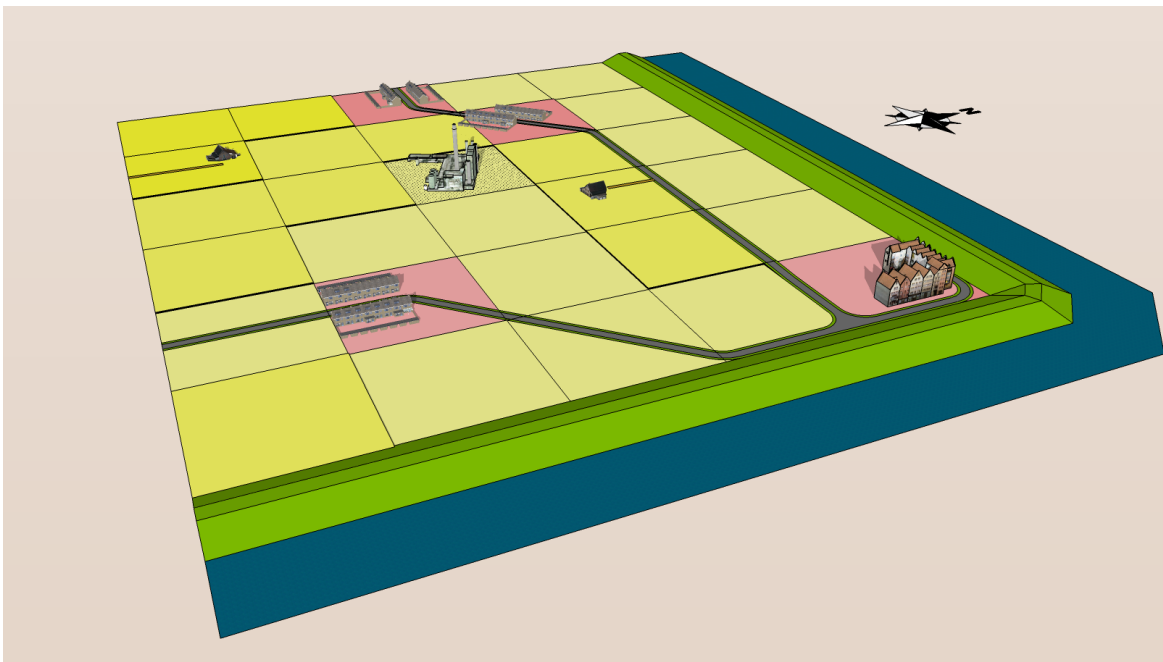
De scorekaart geeft een overzicht van de verwachte effecten van maatregelen. Dit overzicht kan gebruikt worden voor de beeldvorming van de beleidsmaker, welke vervolgens een oordeel velt. Het is echter ook mogelijk aanvullende eisen of streefwaarden vast te stellen voor bepaalde criteria.

Ten aanzien van de financiële ratio's zoals baten-kostenratio en de netto contante waarde (NCW) zijn bijvoorbeeld respectievelijk de eisen >1 en $>€0$ te stellen wat de maatregelen kostenefficiënt en kosteneffectief maakt. Ook zijn er streefwaarden te bepalen voor de niet financiële criteria. Bijvoorbeeld een minimale veiligheid voor ieder individu en/of minimale progressie ten opzichte van het huidige beleid. In de gebiedspilot Rijnmond Drechtsteden is voor het lokaal individueel risico 10^{-5} per jaar geformuleerd, dit is een 10 keer grotere kans dan de risicomaat voor externe veiligheid. Voor de progressie ten opzichte van het huidige beleid zijn in die pilot maatregelen doorgerekend die als effect 2, 5 en 10 keer veiliger dan nu hebben. In dit onderzoek zijn hier geen verdere analyses voor gedaan.

4.4 Fictief voorbeeld

Bij het vaststellen van het beoordelingskader is gebruik gemaakt van een fictieve casus om te toetsen of deze een compleet beeld geeft. De casus bestaat uit een referentiesituatie waar vier maatregelen met in totaal 7 varianten aan getoetst worden. De verschillende varianten maken inzichtelijk dat niet iedere maatregel overal het zelfde resultaat zal hebben.

fDe fictieve casus beslaat een gebied van 600x500 meter wat aan twee zijden omsloten wordt door water en waarin zowel bewoning, landbouw en gaswinning plaatsvinden, één van de woonwijken is een nieuw aan te leggen wijk. Het gebied heeft een overstromingskans van 1/4000 per jaar, een uitgebreide beschrijving van de kenmerken en berekeningen is te vinden in bijlage 4.



Figuur 15: Zuid-oostprojectie van het gemodelleerde gebied in de fictieve casus. Rode ondergrond is bebouwing en geel landbouw, het geel gestippelde vlak is landbouw met gaswinning. Hogere gebieden hebben felle kleuren

Referentiesituatie

In het gebied bevinden zich vier woonkernen en een gaswininstallatie, in de rest van het gebied wordt landbouw bedreven. De woonwijk die diagonaal aan de gaswininstallatie grenst, is een woonwijk die nog moet worden aangelegd en de meest noordoostelijk gelegen woonwijk is historisch en ligt dicht tegen de dijk aan.

De functies worden blootgesteld aan 3 individuele overstromingsscenario's en een omhullend 'worst case'-scenario, deze de waterdieptes van deze scenario's zijn op basis van het bodemprofiel, niet wiskundig onderbouwd, bepaald. Met behulp van de schadefuncties en te overstromingskarakteristieken is volgens de WV21-methode het overstromingsrisico bepaald. De beoordeling op de kwalitatieve aspecten is op basis van schattingen.

Dijkverhoging

Voor de maatregel dijkverhoging zijn twee varianten gebruikt, de eerste is in het uiterste noordoosten over een lengte van 200 meter de tweede de gehele oostelijke dijk over 500 meter.

Voor het betreffende dijkringdeel is de kans met een factor 10 verkleind en de scenariokans van het 'worst case'-scenario is vermenigvuldigd met de verhouding tussen de som van de verwachte jaarlijkse schade (incl. gemonetariseerde slachtoffers) in de individuele scenario's in de situatie met dijkverhoging en de som van de verwachte jaarlijkse schade (incl. gemonetariseerde slachtoffers) in de individuele scenario's in de referentiesituatie³. Bijvoorbeeld: Drie individuele scenario's hebben elk een verwachte jaarlijkse schade van €1000. Een dijkverhoging verkleint de verwachte jaarlijkse schade van één van deze scenario's tot €400. Dan zal de scenariokans van het 'worst case'-scenario vermenigvuldigd worden met $\frac{€2400}{€3000}=0,8$.

De eerste variant vindt plaats in een landbouwgebied zonder andere functies en plannen. De tweede variant vindt plaats langs op de dijk waar de historische kern aan ligt. Dit brengt complicaties met de inpasbaarheid en de ruimtelijke kwaliteit.

Wet proof bouwen

De maatregel wet proof bouwen is ook in twee varianten uitgevoerd. De eerste in de historische woonkern en de tweede in de nieuwbouwwijk. Wet proof bouwen is het beschermen van de woning tegen schade ten gevolge van water dat in de woning staat. Deze maatregel is tot 1 meter hoogte uitgevoerd door een schadefunctie toe te voegen. Deze heeft een schade van €0 tot 1 meter, hierboven volgt deze het patroon van gewone woningbouw.

In de eerste variant zullen oude gebouwen aangepast moeten worden, dit kan lastig uitvoerbaar zijn of niet wenselijk. Bij de tweede variant kan het direct toegepast worden in de nieuwe woningen waardoor de impact ervan beperkt zal blijven.

³ Dit is niet volledig in overeenstemming met de gebruikelijke methode, dan zou de schade exclusief gemonetariseerde slachtoffers gebruikt zijn. Voor het doel van deze fictieve casus maakt dit niet uit, in de Noorderzijlvest casus is dit volgens de gebruikelijke methode gedaan.

Woonwijk ophogen

Het ophogen van een woonwijk is ook in twee varianten gedaan, dezelfde locaties als de locaties van wet proof bouwen.

Voor deze maatregelen is de bodem met 1 meter verhoogd, in de betreffende gebieden is de waterdiepte daardoor 1 meter kleiner.

Het ophogen van de woonwijk in de eerste variant zal moeilijk inpasbaar zijn vanwege de historische achtergrond van de kern en het feit dat deze er al ligt. Bij de tweede variant zal dit gemakkelijker zijn, omdat de grond toch bouwrijp gemaakt moet worden voor de nieuwbouw.

Functie verplaatsen

Voor de maatregel functie verplaatsen is 1 variant doorgerekend, de enige functie die daarvoor in aanmerking komt is de gaswinstallatie.

De maatregel is doorgerekend door de functie van de cel aan te passen naar landbouw.

4.4.1 Resultaten

De maatregelen zijn getoetst op alle criteria uit het beoordelingskader. In Tabel 5, 6 en 7 zijn de resultaten hiervan weergegeven. In het eerste deel zijn de resultaten van de referentiesituatie en de zeven maatregelvarianten weergegeven op de criteria welke met een kaart of curve gevisualiseerd worden. In het tweede deel staan de beoordelingen op de andere criteria. Hierbij is gebruik gemaakt van verschillende schalen. De criteria welke meetbaar zijn, zijn weergegeven als de werkelijke waarde, zoals verwachte jaarlijkse schade en het aantal betrokken partijen. Voor onzekerheid is een schaal gebruikt waarbij de mate van verandering en de grote van de onzekerheid een bonus of malus geven voor de score. Voor niet meetbare criteria is een schaal van 0 tot 4 gebruikt indien het criterium varieert tussen een kleine en een grote verandering en een schaal van -2 tot +2 indien het criterium varieert tussen een positieve en een negatieve verandering. Om een beeld te krijgen van goed en slecht is een kleurenschaal toegepast van slecht (rood) via gemiddeld (geel) tot goed (groen). Voor het criterium bewustzijn is een paarse schaal gebruikt omdat niet bekend is of een groot overstromingsbewustzijn goed of slecht is.

Tabel 5: Criteriascoretabel voor de fictieve casus met kaarten en curves, deel 1. Op de kaarten hebben rode cellen een negatieve score, gele cellen gemiddelde en groene cellen positieve

Maatregel		Referentie						Dijkverhoging						Wet proof bouwen																	
Variant								1			2			1			2														
Schade	Verwachtingswaarde schade [€/jaar/ha]	2	3	3	3	3	415	2	2	3	3	3	411	1	2	2	2	2	180	2	3	3	3	3	415	2	3	3	3	3	415
		2	260	3	3	3	3	2	226	3	3	3	3	1	103	1	1	1	1	2	260	3	3	3	3	2	260	3	3	3	3
		197	2	171	3	3	3	176	2	169	3	3	3	71	1	44	1	1	1	197	2	171	3	3	3	125	2	171	3	3	3
		1	2	2	2	319	3	1	2	2	2	315	3	0	0	1	1	85	1	1	2	2	319	3	1	2	2	2	319	3	
		0	1	2	2	2	2	0	1	2	2	2	2	0	0	0	0	1	1	0	1	2	2	2	2	0	1	2	2	2	2
	Schadecurve [€ vs. herhalingstijd]																														
Slachtoffers en gewonden	Lokaal individueel risico (LIR) [/jaar]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Plaatsgebonden risico (PR) [/jaar]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Groepsrisico [slachtoffers vs. herhalingstijd]																														

Tabel 6: Criteriascoretabel voor de fictieve casus met kaarten en curves, deel 2. Op de kaarten hebben rode cellen een negatieve score, gele cellen gemiddelde en groene cellen positieve

Maatregel		Woonwijk ophogen										Functie verplaatsen									
Variant		1					2														
Schade	Verwachtingswaarde schade [€/jaar/ha]	2	3	3	3	3	328	2	3	3	3	3	415	2	3	3	3	3	415		
		2	260	3	3	3	3	2	260	3	3	3	3	2	260	3	3	3	3		
		197	2	171	3	3	3	75	2	171	3	3	3	197	2	2	3	3	3		
		1	2	2	2	319	3	1	2	2	2	319	3	1	2	2	2	319	3		
		0	1	2	2	2	2	0	1	2	2	2	2	0	1	2	2	2	2		
	Schadecurve [€ vs. Herhalingstijd]																				
Slachtoffers en gewonden	Lokaal individueel risico (LIR) [/jaar]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	Plaatsgebonden risico (PR) [/jaar]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	Groepsrisico [slachtoffers vs. herhalingstijd]																				

Tabel 7: Criteriascoretabel voor de fictieve casus met getallen, waarin rode cellen negatieve scores bevatten, gele cellen gemiddelde en groene cellen positieve

Maatregel		Referentie	Dijkverhoging		Wet proof bouwen		Woonwijk ophogen		Functie verplaatsen
Variant			1	2	1	2	1	2	
Schade	Verwachtingswaarde schade [€/jaar]	1421	1352	506	1421	1349	1334	1299	1253
Slachtoffers en gewonden	Verwachtingswaarde slachtoffers [slachtoffers/jaar]	0,0039	0,0038	0,0014	0,0039	0,0039	0,0024	0,0038	0,0039
	Verwachtingswaarde gemonetariseerde slachtoffers [€/jaar]	25910	25399	9438	25910	25910	16274	25675	25910
Onzekerheid	Onzekerheid in risico [-]		44	44	2	2	9	9	-22
Robuustheid	Reactiedrempel [/jaar]	0,00025	0,00022	0,00013	0,00025	0,00025	0,00025	0,00025	0,00025
	Onzekerheid over reactiedrempel [-]	0	2	2	0	0	0	0	0
	Geleidelijkheid [-]	0,48	0,49	0,57	0,48	0,47	0,46	0,45	0,42
	Verwachtingswaarde schade en slachtoffers [€/jaar]	27331	26750	9944	27331	27259	17608	26974	27162
	Onzekerheid over gevolgen [-]		38	38	2	2	9	9	-22
	Herstelcapaciteit [-]		-1	-1	0	0	1	1	0
	Omslagpunt [/jaar]	0,000173	0,000167	0,000048	0,000173	0,000172	0,000172	0,000172	0,000170
	Hersteltijd [jaren]	25	25	25	25	25	23	23	10
Kosten	NCW (disc. 0,04) [mln. €]		-0,19	-0,08	-0,20	-0,20	-0,76	-1,00	-2,50
	B/K-ratio [-]		0,0708	0,8481	0	0,0089	0,2425	0,0089	0,0017
Politiek-bestuurlijk	Uitstraling [-]		-1	-1	-2	-2	-1	1	-2
	Continuïteit van functies [-]		0	0	0	0	1	1	-2
	Complexiteit: aantal partijen [partijen]		2	8	4	4	8	8	3
	Complexiteit: niveau van besluitvorming [-]		1	2	0	0	3	2	3
	Complexiteit: gescheiden verantwoordelijkheden [-]		4	4	2	2	0	0	2
	Innovatie [-]		0	0	4	4	3	1	0
	Juridische verankering [-]		3	3	1	1	3	3	4
Publiek	Gedupeerden [-]		0	2	1	1	1	0	4
	Bewustzijn [-]		1	1	2	2	1	1	0
	Gelijkheidsbeginsel variantie van LIR [-]	3,6E-10	3,4E-10	9,5E-11	3,6E-10	3,6E-10	3,4E-10	3,9E-10	3,6E-10
	Gelijkheidsbeginsel variantie van verandering in LIR [-]		0,0028	0,0082	0	0	0,0015	0,0132	0
Ruimtelijk	Inpasbaarheid [-]		4	0	1	3	0	3	0
	Meekoppelen [-]		1	2	2	4	2	3	1
	Ruimtelijke kwaliteit [-]		-1	-2	-1	0	2	1	1
Temporeel	Tijd tot het beoogde effect [jaren]		2	15	15	4	15	5	20
	Aanpasbaarheid met zelfde maatregel [-]		3	2	1	1	1	1	1
	Aanpasbaarheid met andere maatregel [-]		1	1	4	4	2	2	4
	Tijdbestendigheid [jaren]		100	100	40	40	200	200	9999

Om de scores onderling vergelijkbaar te maken is het mogelijk ze samen te vatten in een tabel. Welke waarden hierin weergegeven worden is een bestuurlijke keuze. In dit geval is gekozen de indeling in aspecten te behouden en de scores op criteria te middelen, of, indien de waarde van een criterium meer zegt dan de gemiddelde waarde van verschillende criteria, de waarde van 1 criterium over te nemen als aspectscore.

Om de scores te middelen zijn ze genormaliseerd met interval standaardisatie naar een schaal van 0 (slecht) tot 1 (goed). Deze methode is verkozen boven maximumstandaardisatie omdat bij maximumstandaardisatie 0 het referentiepunt is. Voor veel criteria is het niet voor de hand liggend 0 als referentie te nemen. De criteria waarbij standaardisatie niet mogelijk is, zoals curves, kaarten en criteria waarbij niet duidelijk is welke score positief is en welke negatief, zijn niet meegenomen. De gestandaardiseerde criteria zijn met een gelijk gewicht meegenomen in de beoordeling van de aspecten (tabel 8). Voor de aspecten schade, slachtoffers & gewonden en kosten is niet gestandaardiseerd, de waarde wordt anders erg abstract. Omdat het aspect kosten uit twee criteria bestaat moet er een keuze gemaakt worden (het aspect twee keer opnemen geeft de indruk dat dit aspect belangrijker is dan de anderen en dat ook voor andere aspecten het aantal keren dat het voorkomt indicatief is voor de belangrijkheid, hiervoor is echter geen analyse gedaan). De keuze voor het kostenaspect is gemaakt voor de netto contante waarde, deze is het belangrijkste bij het kijken naar het halen van doelstellingen.

	Dijkverhoging		Wet proof bouwen		Woonwijk ophogen		Functie verplaatsen
	1	2	1	2	1	2	
Schade [€/jaar] ^a	1352	506	1421	1349	1334	1299	1253
Slachtoffers en gewonden [# /jaar] ^a	0,0038	0,0014	0,0039	0,0039	0,0024	0,0038	0,0039
Onzekerheid ^b	0	0	0,60	0,60	0,48	0,48	1
Robuustheid ^b	0,33	0,50	0,45	0,43	0,44	0,36	0,56
Kosten [x1000] ^a	-190	-78	-201	-199	-759	-994	-2496
Politiek-bestuurlijk ^b	0,48	0,29	0,55	0,55	0,54	0,61	0,33
Publiek ^{b,c}	0,65	0,63	0,62	0,62	0,60	0,33	0,37
Ruimtelijk ^b	0,42	0,11	0,28	0,75	0,44	0,72	0,25
Temporeel ^b	0,50	0,20	0,32	0,47	0,16	0,30	0,50

Tabel 8: Aspectscoretabel voor de fictieve casus, waarin rode cellen negatieve scores bevatten, gele cellen gemiddelde en groene cellen positieve

^a Voor dit aspect is 1 criterium overgenomen zodat duidelijk is wat de score betekent, de overige criteria zijn te vinden in de criteriascoretabel

^b Voor dit aspect zijn de criteria gestandaardiseerd met lineaire interpolatie en vervolgens gemiddeld

^c Voor dit aspect is de score voor 'Bewustzijn' niet meegenomen omdat niet zeker is of het een positieve of negatieve score betreft

5 Casus: Noorderzijlvest

Om het afwegingskader te toetsen is een casus onderzocht in het beheergebied van Waterschap Noorderzijlvest. Volgens de beschreven methodiek zijn verschillende maatregelen getoetst voor het beheergebied. Door deze casus wordt de toepassing van de methode inzichtelijker, wordt duidelijk wat de beperkingen en sterke punten van de methode zijn en wordt een wenselijk maatregelenpakket samengesteld. In de casus worden achtereenvolgens de gebiedskenmerken, de mogelijke maatregelen die op basis van deze kenmerken veelbelovend zijn, de effecten van deze maatregelen en ten slotte de discussie met betrekking tot de afweging van de maatregelen beschreven. De afweging van de maatregelen zal worden vergeleken met de meest gebruikelijke maatregel, dijkverhoging.

5.1 Gebiedsbeschrijving

Na de derde toetsronde van de primaire waterkeringen is de dijk van de Eemshaven tot Delfzijl afgekeurd. Noorderzijlvest heeft dit opgepakt als mogelijkheid onderzoek te doen naar innovatieve werkwijzen het overstromingsrisico te verlagen.

Het Waterschap Noorderzijlvest beslaat de noordwestelijke helft van de provincie Groningen, de kop van Drenthe en het Friese deel van het Lauwersmeer (figuur 16). Het houdt samen met Wetterskip Fryslân en waterschap Hunze en Aa's de waterveiligheid in dijkkring 6 in stand.



Figuur 16: Beheergebied Waterschap Noorderzijlvest (Noorderzijlvest, 2012). Inzet: waterschappen van Nederland met in groen Waterschap Noorderzijlvest (Unie van Waterschappen, 2012)

Het gebied wordt gekenmerkt door 2 stedelijke kernen: Groningen en Delfzijl-Appingedam, verder vind er in het noordelijk gebied veel akkerbouw plaats en in het midden en zuiden veeteelt. Het is een waterrijkgebied dat voor de afwatering zorgt van het Drents plateau. Vanwege de lage ligging wordt het land bemalen en wordt gespuid op de Waddenzee en de Eemsmonding. De primaire kering heeft een norm van 1/4000.

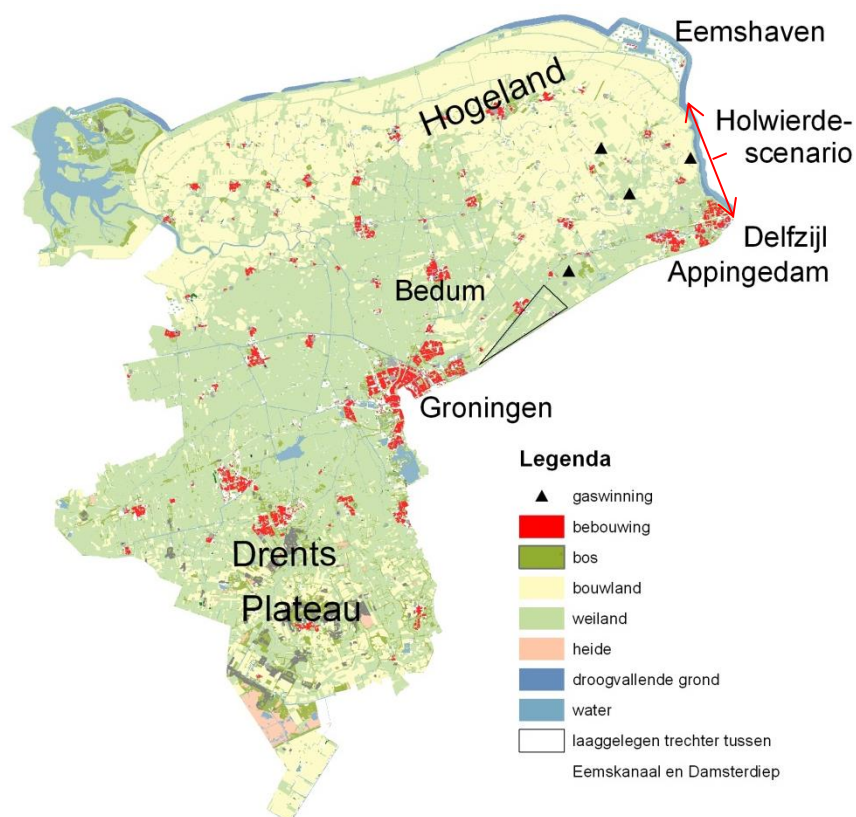
Om inzicht te krijgen in de mogelijkheden voor toepassing van Meerlaagsveiligheid in het beheergebied van Noorderzijlvest is het noodzakelijk een beeld te hebben van de kenmerken van het gebied. Deze kenmerken zijn gesplitst in geografische kenmerken, sociaal-economische kenmerken en overstromingskenmerken. Een uitgebreide beschrijving van de kenmerken is te vinden in bijlage 5.

5.1.1 Geografisch

Het beheergebied van Waterschap Noorderzijlvest heeft hooggelegen gebieden in Noord-Drenthe (Drents Plateau) en langs waddenzeekust (Hogeland). Laaggelegen gebieden bevinden zich aan de voet van het Drents Plateau en rondom Bedum en Delfzijl (figuur 17). Het diepste gedeelte in dit laatste gebied bevindt zich als een trechter tussen het Damsterdiep en het Eemskanaal. Deze gebieden worden bemalen en er wordt gespuid op de Waddenzee en het Eemskanaal.

5.1.2 Sociaal-economisch

In het gebied bevinden zich veel kleine kernen op lage wierden die onderhevig zijn aan krimp (Kerngroep ROR Groningen – Noordoost Drenthe, 2011). Daarnaast zijn er twee grote kernen die zich natuurlijke hoogtes ontstaan zijn, maar steeds verder uitbreiden naar lager gelegen gebied. Deze kernen zijn Groningen, hier wonen weinig kwetsbare mensen (<15 of >65 jaar), en Delfzijl-Appingedam, hier wonen veel kwetsbare mensen.



Figuur 17: Gebiedskenmerken Waterschap Noorderzijlvest (op basis van (Kadaster Geo-informatie, 2012))

In 80% van het gebied wordt landbouw bedreven (Kerngroep ROR Groningen – Noordoost Drenthe, 2011). Dit zijn voornamelijk kostbare pootaardappelen op het Hogeland en melkveeteelt in de eerder genoemde laaggelegen gebieden (figuur 17).

Naast landbouw is energieproductie een belangrijke economische pijler. In de komende jaren groeit deze sector tot 30% van de nationale elektriciteitsproductie, voornamelijk rond de Eemshaven door de energiecentrales die er zijn en gebouwd worden en invoer vanuit Noorwegen.

Voor de gasvoorziening bevinden er zich vier grote gaswininstallaties in het gebied (figuur 17), deze vallen uit bij kleine waterdieptes. En ligt er veel gasinfrastructuur in het gebied doordat het gebied een centrale rol heeft in de gasrotonde die gas verdeeld tussen o.a. Rusland, Duitsland, Verenigd Koninkrijk, België en Frankrijk.

Zodra de productie van twee installaties uitvalt, raakt het systeem dusdanig gefrustreerd dat 80% van de nationale productie stil komt te liggen (Kerngroep ROR Groningen – Noordoost Drenthe, 2011) en de effecten in heel Noordwest Europa merkbaar zijn. Dit heeft veel systeemeffecten doordat de gasvoorziening essentieel is voor de elektriciteitsvoorziening waar bijvoorbeeld dataverkeer weer van afhankelijk is.

5.1.3 Overstroming

Het overstromingsrisico van het gebied komt door de kans op doorbraken van de primaire kering langs de Waddenzee en de Eemsmonding, maar vooral ook door grote afvoer vanaf het Drents Plateau. De primaire kering van het gebied heeft een norm van 1/4000 per jaar. Van de doorbraakscenario's van de primaire kering is het Holwierdescenario het meest rampzalig en op dit moment voldoet deze kering niet aan de gestelde norm. Bij een doorbraak overstroomt de regio Delfzijl-Appingedam tot aan Groningen. Andere overstromingen worden beperkt door natuurlijke hoogtes in het gebied en oude inpolderingsdijken.

5.2 Veelbelovende maatregelen 2^e laag Meerlaagsveiligheid

Voor de drie lagen van Meerlaagsveiligheid zijn al veel maatregelen vastgesteld (Woning, 2009). In dit hoofdstuk zullen de veelbelovende maatregelen uit de tweede laag voor Waterschap Noorderzijlvest vastgesteld worden. Deze worden getoetst en vergeleken met de maatregel dijkverhoging.

5.2.1 Beschrijving maatregelen

Om de betekenis van de verschillende lagen duidelijker te maken volgt hier een beschrijving van de lagen in meer concrete taal. Hierbij is laag 2 opgedeeld in 4 sublagen (figuur 18), dit zijn vier componenten van overlast: De blootstelling van een kwetsbaar doel aan een gevaar. Voor laag één en drie is de beschrijving erg beknopt gedaan, de beschrijving van de componenten van laag twee is als volgt opgebouwd:

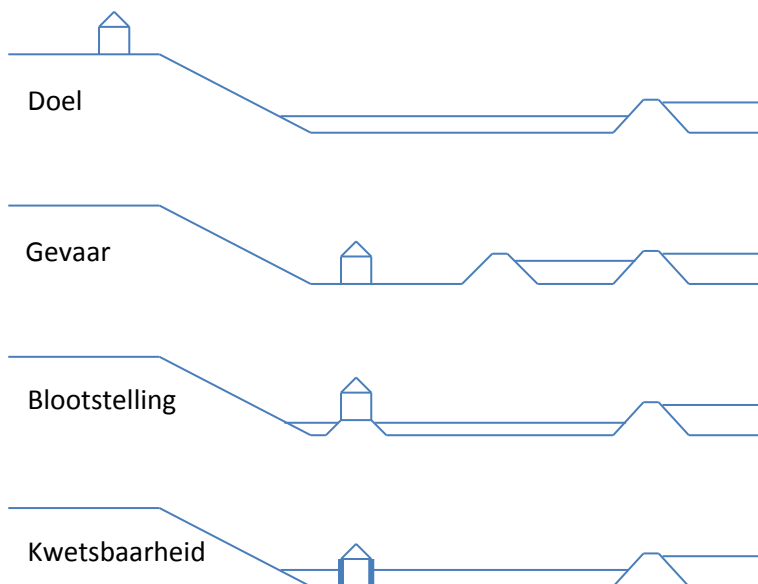
- het component waar het om gaat;
- de methode hoe dit gedaan wordt; en
- een analogie op het strand met:
 - o wat de methode betekent in de analogie; en
 - o hoe dit daar in de praktijk gebracht kan worden.

Laag 1: zorg dat er geen probleem is, het water blijft waar het hoort, in zee of rivier.

Laag 2:

1. Aanwezigheid van het doel voorkomen. Zoek een plek waar geen probleem is.
Zorg dat jij er niet bent: ga niet naar het strand.
2. Barrière voor het gevaar. Zorg dat probleem en object gescheiden zijn
Zorg dat het water er niet is: als je toch naar het strand moet: ga niet tijdens vloed naar het strand of bouw een dijkje om je heen.
3. Mate van blootstelling verlagen. Zorg dat object geen last heeft van probleem
Zorg dat je het water niet raakt: als het strand toch onder moet lopen: zorg dat je zelf hoger staat of het water die kant op stroomt die jij wilt.
4. Kwetsbaarheid voor schade verlagen. Zorg dat object geen schade ondervindt van probleem
Zorg dat je er tegen kan als het water je raakt: als je toch nat moet worden: zorg dat je blijft drijven, waterdicht bent of tegen water kan.

Laag 3: grijp in, zorg dat mensen weg kunnen of weten hoe ze moeten handelen



Figuur 18: 4 typen 2^elaags-maatregelen voor een woning in een polder

Aanwezigheid van het doel voorkomen

Binnen de tweede laag met ruimtelijke oplossingen zijn er verschillende manieren ruimtelijke ordening te gebruiken om de gevolgen te beperken. De eerste methode is het voorkomen dat er een gevaar optreedt, niet zoals bij preventie door het aanpakken van de bron, maar door het object weg te halen. Dit kan gedaan worden door de locatiekeuze van verschillende (economische) activiteiten te beïnvloeden. Dit gebeurt in verschillende fases:

In de fase voor de planvorming kan bewustzijn gecreëerd worden over de risico's waaraan het gebied onderhevig is, het effect van deze maatregel is echter zeer lastig herleidbaar en daarom niet te kwantificeren. Verder kunnen voor de planfase reserveringen gemaakt worden voor beschermingszones, zodat de ruimte voor toekomstige preventiemaatregelen gewaarborgd is. Vanwege het doel van deze maatregel valt deze vooral in laag 1, maar wordt ook tot laag 2 gerekend vanwege de impact op ruimtelijke keuzes.

Maatregelen met effecten gedurende de planfase van ruimtelijkeordeningsprojecten zijn het verbeteren van de watertoets en het maken van een keuze voor een fysiek meer aantrekkelijke locatie. De eerste heeft als doel projecteigenaren zelf initiatief te laten nemen de effecten van hun plannen in kaart te brengen en de gevolgen te dragen, waar de watertoets zich nu nog richt op bedreigingen vanuit de boezem en niet voor ieder waterschap dezelfde regels gelden, kan met deze maatregel gestreefd worden naar meer uniformiteit en toetsing op overstromingen vanuit zee. De tweede maatregel richt zich erop dat specifieke soorten landgebruik vermeden worden in risicovolle gebieden.

Reeds gerealiseerde ruimtelijke ordening kan aangepast worden door de zonering, het landgebruik of de functie te veranderen. Voorbeelden van de drie zijn respectievelijk: stedelijk gebied veranderen in landbouw, laagbouw veranderen in hoogbouw en in woningen de woonfunctie vervangen door een kantoorfunctie.

Locatiekeuze

Planning

- Reserveren locaties en beschermingszones
- Bewustzijn

Nieuwbouw

- Verbeterde watertoets
- Bouwen op fysiek meer aantrekkelijke locaties

Herstructurering

- Bestemming-, landgebruik-, functieverandering

Barrière voor het gevaar

De tweede methode binnen de tweede laag van MLV is het optrekken van een barrière tussen het gevaar en het object. Het verschil tussen deze methode en preventie is dat in dit geval het gevaar er wel is maar niet op het tijdstip en/of de plek waar het object is.

Een al veel onderzochte methode hiervoor is compartimentering, hierbij kan een waardebeschermingsstrategie gebruikt worden waarbij op object- en buurniveau dijken worden aangelegd. Daarnaast kan op polderniveau gekozen worden voor een secundairedijkstrategie en een partitiestrategie. Bij de eerste wordt op enige afstand achter de primaire kering een tweede kering aangelegd die de overstroming tegen houdt. Hierdoor wordt een groot gebied beschermd, het nadeel hiervan is dat de waterdiepte in het tussengelegen gebied erg groot is. De tweede deelt het gebied in in parten welke gescheiden worden door dijken en zo de overstroming beperkt tot één part. Het aanleggen van compartimenteringsdijken kan gemakkelijk gecombineerd worden met infrastructurele projecten zoals (spoor)wegen. Er moet wel rekening mee gehouden worden dat er drempels aangelegd worden in onderdoorgangen.

Compartimentering

Globaal

- Secundairedijkstrategie
- Partitiestrategie

Lokaal

- Waardebeschermingsstrategie

Mate van blootstelling verlagen

Naast het verplaatsen van het object en het stoppen van het gevaar kan ook ingezet worden op het verkleinen van de blootstelling. Dit kan op de volgende wijzen gedaan worden:

Het bodemniveau van het gebied kan verhoogd worden, zo kunnen terpen en kunstmatige eilanden gebouwd worden en kan het gebied ingedeeld worden in compartimenten die trapsgewijs onderstromen. Daarnaast kunnen gebouwen op objectniveau verhoogd worden door ze op palen te bouwen of kunnen belangrijke functies naar hogere verdiepingen verplaatst worden zoals het vermijden van wonen op de begane grond. Het verschil tussen deze maatregelen en maatregelen zoals het veranderen van woningen in kantoren is dat daar het doel was de functie helemaal weg te halen uit het gebied en hier het doel is de functie hoger neer te leggen waardoor de waterdiepte niet zo desastreus is als anders.

Naast het ophogen kunnen ook maatregelen genomen worden om het water te sturen waardoor de overstromingsvolgorde geregisseerd kan worden. De trapsgewijze schikking van de compartimenten hoort hier ook in zekere zin bij. Verder kan dit gedaan worden door het aanleggen van retentiebekkens en open wateren die ingezet kunnen worden als bergingsgebied, het vergroten van de pompcapaciteit en het weggeleiden van water van kwetsbare gebieden al dan niet door het hergebruiken of verwijderen van oude dijken.

Op buurniveau kunnen de hoeveelheid verhard oppervlak en groene daken nog een rol spelen bij de afstroming van hemelwater, bij doorbraak van zeekeringen zal dit echter geen noemenswaardige effecten hebben. Al kan de ruwheid van het gebied wel een rol spelen.

Verhogen

Natuurlijke hoge gronden

Grote Terpen en kunstmatige eilanden

Trapsgewijze overstromingscompartimenten

Gebouwen op palen

Niet wonen op de begane grond

Overstromingskarakteristieken

Actieve sturing

Retentiebekken en open water

Meer pompcapaciteit

Passieve sturing

Kunstmatige en natuurlijke waterbuffers

Wegleiden water van kwetsbare gebieden ook door ingebruikname van bestaande compartimenteringsdijken of het opheffen ervan

Reductie verhard oppervlak (niet geschikt voor deze omvang)

Verbeterde afstroming (niet geschikt voor deze omvang)

Groene daken (niet geschikt voor deze omvang)

Kwetsbaarheid voor schade verlagen:

Tot slot kunnen binnen laag twee maatregelen genomen worden die de kwetsbaarheid van de objecten verlaagt.

Eén methode om dit te doen is het bouwen van flexibele gebouwen, deze bewegen mee met het water en zijn er in verschillende vormen: drijvende gebouwen, amfibische gebouwen, boten,

pontons en verwijderbare gebouwen. Deze methoden verschillen met de categorie Mate verlagen omdat bij deze maatregelen de gebouwen wel aangetast worden. Een andere methode is er voor zorgen dat de gebouwen waterwerend zijn, dit zijn of waterdichte gebouwen of waterbestendige gebouwen die zo ingericht zijn dat ze geen of nauwelijks schade ondervinden aan het volstromen.

Flexibele gebouwen

- Drijvende gebouwen
- Amfibische gebouwen
- Boten
- Pontons
- Verwijderbare gebouwen

Waterwerende gebouwen

- Waterdichte gebouwen (dry proof)
- Waterbestendige gebouwen (wet proof)

5.2.2 Selectie maatregelen

Op basis van de locaties met het grootste overstromingsdiepten en plekken met de meest kwetsbare en vitale objecten, die zijn geïdentificeerd in de gebiedsanalyse, zijn plekken vastgesteld waar potentieel het meest te winnen is op het gebied van risicoreductie. De grootste risico's in het gebied zijn in te delen in drie categorieën: slachtoffers, energievoorziening en direct economisch risico. Om deze risico's te reduceren zijn verschillende maatregelen veelbelovend. Welke dit zijn wordt hier beschreven, per risicocategorie worden de verschillende typen maatregelen afgewogen.

Slachtoffers

Binnen het waterschap is een grote verspreiding van de bewoners over vele kleine kernen. Daarnaast zijn er concentraties in Groningen en in de regio Delfzijl-Appingedam. Hierbij is het totaal aantal vooral groot in Groningen en heeft de regio Delfzijl-Appingedam vooral een korte evacuatie tijd. Door deze beperkte tijd ligt het verwacht aantal slachtoffers dan ook erg hoog in dit laatstgenoemde gebied.

Aanwezigheid van het doel voorkomen: Het verplaatsen van de inwoners van deze steden lijkt niet rendabel gezien het grote aantal en de historie van de steden.

Barrière voor het gevaar: Bij Delfzijl en Appingedam is weinig ruimte om tussen de dijk en de stad de overstroming te stuiten. Wel zijn er mogelijkheden om de steden te beschermen tegen overstromingen zodra de dijk verder weg door gaat. Hiervoor zou een compartimenteringsdijk op globaal niveau gebruikt kunnen worden. Een waardebeschermingsstrategie is hiervoor niet zinvol, omdat de omvang van de steden te groot is.

Mate van blootstelling voorkomen: De mate van blootstelling verkleinen lijkt zinvol indien er nieuwbouw plaatsvindt. Hierbij kan gemakkelijk een woonwijk opgehoogd worden. In andere gevallen zal het niet kosteneffectief zijn.

Kwetsbaarheid voor schade verkleinen: De kwetsbaarheid van gebouwen voor schade verkleinen draagt voornamelijk bij aan de reductie van de schade, niet van de slachtoffers.

Energievoorziening

Binnen het beheergebied van Noorderzijlvest bevinden zich een aantal locaties waar gas en elektriciteit gewonnen, gedistribueerd en verdeeld wordt. Deze locaties zijn van buitengewoon belang voor de regio Noordwest Europa.

Aanwezigheid van het doel voorkomen: Gaswinning is gebiedsafhankelijk en daarom niet te verplaatsen uit het gebied.

Barrière voor het gevaar: De verschillende locaties bevinden zich verspreid over het gebied op kleine percelen. Dit maakt globale oplossingen minder aantrekkelijk doordat de oplossing maar voor een erg klein deel van het gebied kostenefficiënt is. Lokale oplossingen die inzetten op de bescherming van alleen de gaswininstallaties kunnen echter wel uitkomst bieden en de enorme gevolgschade beperken.

Mate van blootstelling voorkomen: De gaswininstallaties zijn erg kwetsbaar dus een kleine blootstelling geeft al grote gevolgen, een maatregel die de blootstelling niet volledig voorkomt (zoals de maatregelen hier beschreven) zijn daardoor niet rendabel.

Kwetsbaarheid voor schade verkleinen: Indien bekend is op welke wijze de kwetsbaarheid verkleind kan worden is dit een goede mogelijkheid, hiervoor is de kennis in dit onderzoek echter niet voldoende en daardoor niet door te rekenen.

Economisch risico

Het grootste economisch risico in het gebied buiten de gaswininstallaties bestaat uit directe schade aan het stedelijk gebied en landbouwgebieden.

Aanwezigheid van het doel voorkomen: De aanwezigheid van het risico kan voorkomen worden door de functie van de landbouwgebieden te veranderen in een minder schadegevoelige. De gewassen die in Groningen verbouwd worden zijn echter zeer uniek, de pootaardappelen bepalen een zeer groot deel van de Nederlandse productie en kan daarom niet zonder gevolgen veranderd worden.

Barrière voor het gevaar: Landbouwgebieden zijn alleen op globaal niveau te beschermen hiervoor kunnen zowel partitie- als secundairedijkstrategieën gebruikt worden. Het compartiment beschreven bij Slachtoffers kan hiervoor gebruikt worden, maar er kan ook nog een extra compartiment rond Delfzijl en Appingedam aangelegd worden zodat het achterland overal beschermd is door 2 dijken. De waterhoogte in het compartiment Delfzijl-Appingedam zal echter wel oplopen met meer slachtoffers tot gevolg, hoe ruimer dit compartiment aangelegd wordt hoe meer het overstromingsverloop (vooral in het begin) zal lijken op de overstroming in de referentiesituatie, een ruimere opzet betekent natuurlijk ook een kleiner achterland.

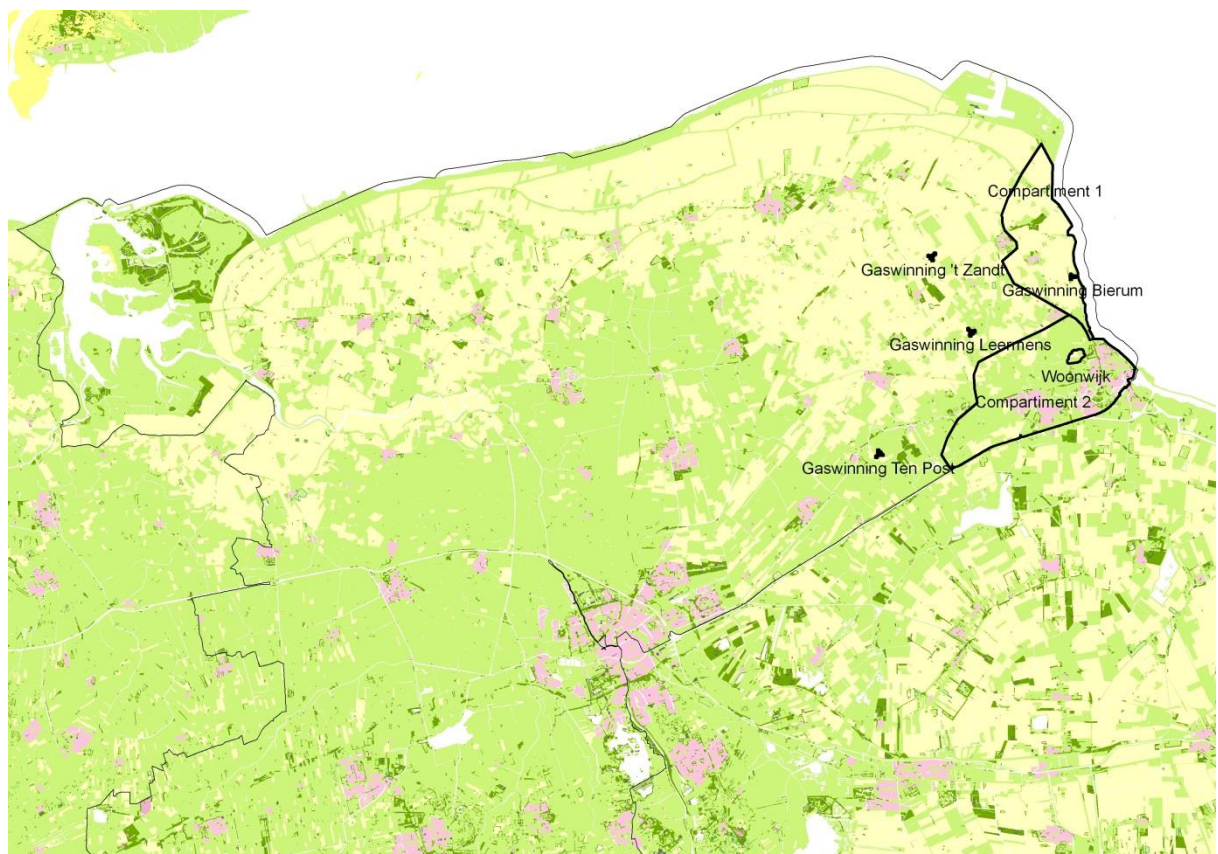
Mate van blootstelling voorkomen: De mate van blootstelling verlagen kan in landbouwgebied effectief zijn als bekend is welke gebieden meer vatbaar zijn voor overstroming dan anderen en de overstroming weggeleid kan worden. Ook kan de schade aan woonwijken gereduceerd worden zoals beschreven bij Slachtoffers.

Kwetsbaarheid voor schade verkleinen: Het stedelijk gebied is ook met lokale maatregelen beter te beschermen. Hierbij is het makkelijker om winst te behalen in industriegebieden, omdat de esthetiek van het gebouw daar een kleinere rol speelt. Dit is niet uitgewerkt in dit onderzoek.

Tabel 9: Mogelijke maatregelen in het beheergebied van Waterschap Noorderzijlvest per type maatregel en per doel waar ze aan bijdragen

	Aanwezigheid	Barrière	Mate	Kwetsbaarheid
Slachtoffers	x	Compartiment 1	Woonwijk ophogen	x
Energievoorziening	x	Gaswininstallaties beschermen	x	Nog niet mogelijk
Directe schade	x	Compartiment 1+2	Woonwijk ophogen	Niet uitgewerkt

In tabel 9 en figuur 19 zijn de maatregelen die zullen worden uitgewerkt weergegeven, deze maatregelen worden vergeleken met de maatregel dijkverhoging. De kosten van deze maatregelen worden hieronder kort beschreven. De kostenramingen zijn op basis van verschillende bronnen gedaan, hierdoor kunnen verschillende uitgangspunten gebruikt zijn. Dit kan dus in niet perfect vergelijkbare bedragen resulteren. In de synthese van verschillende gebiedspilots met betrekking tot MLV werd een verschil van een factor 3 á 4 voor dezelfde maatregelen aangetroffen (Oranjewoud & HKV, 2011).



Figuur 19: Maatregelen in beheergebied van Waterschap Noorderzijlvest (Kadaster Geo-informatie, 2012)

- 4 gaswininstallaties waar een ringdijk omheen gelegd wordt
- 2 compartimenten omringd door een dijk die samen of los toegepast kunnen worden
- 1 woonwijk die 1 meter boven maaiveld aangelegd wordt

Dijkverhoging

De maatregel dijkverhoging betreft een dijkverhoging van de volledige dijk van scenario Holwierde, deze is 14 km lang. De kosten van het ophogen hiervan is gebieds- en probleemafhankelijk. En worden geschat op meer dan €5000 per meter (experts waterschap), €5000 lijkt in overeenstemming met de kosten van maatregelen zoals berekend voor WV21 (De Grave & Baarse, 2011). De totale kosten voor deze maatregel worden daarom geschat op €70 miljoen.

Woonwijk ophogen

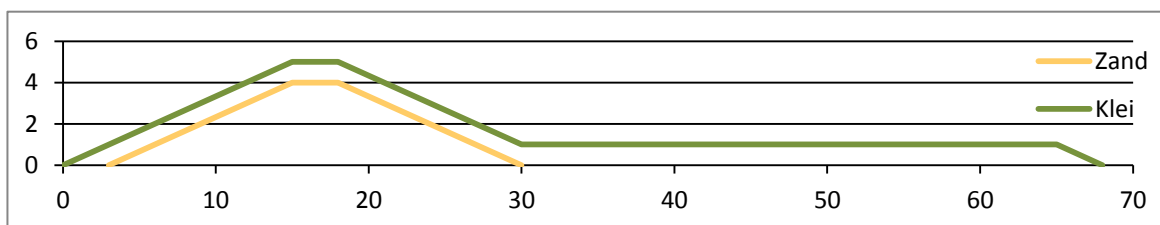
De kosten van het ophogen van een woonwijk bestaan uit de ophoging van het gebied en het aanleggen van het talud (SBR, 2008). In deze studie wordt een woonwijk van 40 ha aangelegd op 1 meter hoogte, waarvoor een talud van 2,5 ha aangelegd wordt indien een verhang van 1:10 aangehouden wordt (de gemiddelde hoogte hiervan is dus 0,5x1m). De kosten per kubieke meter zand zijn €16 en als toeslag voor de inklinking wordt een factor 1,5 aangehouden (SBR, 2008). De totale kosten zijn dan $40 \times 10^4 \times 16 \times 1,5 + 2,5 \times 10^4 \times 0,5 \times 16 \times 1,5 = €9,9$ miljoen.

Compartiment 1

De compartimenteringsdijk van compartiment 1 is 14 km lang deze moet extreme waterstanden kunnen keren maar heeft minder last van golfhoogtes dan de zeekering, er is uitgegaan van een dijk van 5 meter (figuur 20). Een lage schatting van de aanlegkosten van deze dijk zijn €3200 per meter (Arcadis, Royal Haskoning & Fugro, 2005). Op basis van een expertbeoordeling van Rijkswaterstaat kan de een berekening gemaakt worden dit is ook een lage schatting en komt redelijk overeen (tabel 10, merk op dat de kosten van zand hoger zijn dan in de schatting van woonwijk ophogen, dit kan door het verschil in bron of door het type zand komen).

Tabel 10: Kosten per strekkende meter van aanleg compartimenteringsdijk van 5 meter hoog (Experts Rijkswaterstaat)

Materiaal	Hoeveelheid /m	Eenheid	Kostprijs €/eenheid	Kosten €/m
Klei	65	m3	37,5	2438
Zand	60	m3	27,5	1650
Geodoek	10	m2	10	100
Ontdoen bovenlaag	68	m2	17,5	1190
Totaal				5378



Figuur 20: Dwarsprofiel compartimenteringsdijk van 5 meter hoog (naar: (Arcadis, Royal Haskoning & Fugro, 2005))

In deze berekening is geen rekening gehouden met:

- Grondaankoop en opkoop van opstallen;
- Bodemgesteldheid (zetting);
- Aanwezige kabels en leidingen;

- Waterhuishouding;
- Flora- en faunamaatregelen.

Uitgaande van de hogere schatting zijn de totale kosten €75,3 miljoen.

Compartiment 2

De nieuwe compartimenteringsdijk van compartiment 2 met dezelfde eigenschappen als die van compartiment 1 is 12 km lang, daarnaast zal de dijk langs het Eemskanaal versterkt worden de lengte waarover dit gebeurt is 8 km. De aanlegkosten voor de nieuwe dijk zijn €5378 per meter geschat, en voor het ophogen zijn de kosten €800 per meter (Arcadis, Royal Haskoning & Fugro, 2005), de totale kosten zullen dus €70,9 miljoen zijn.

Compartiment 1 en 2

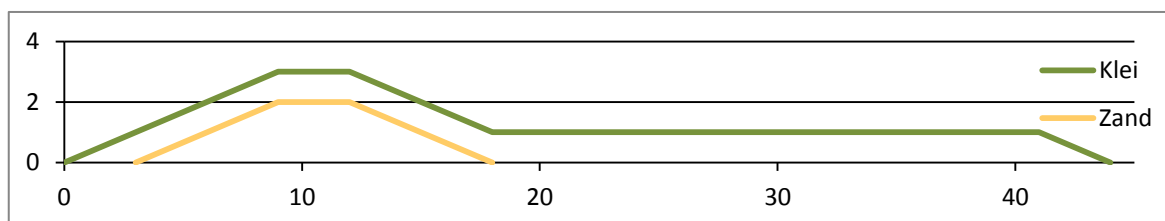
De kosten van de beide compartimenten gezamenlijk aanleggen zijn de som van de individuele dijken min een stuk nieuwe dijk van 2 km dat in beide gevallen aangelegd werd, de totale kosten van deze maatregel zijn €135,5 miljoen.

Gaswininstallaties beschermen

Het beschermen van de vier gaswininstallaties gebeurt per installatie met een dijk van 2 km, die de waterdiepte zoals deze in de referentiesituatie optreedt moet kunnen keren, er is uitgegaan van een dijk van 2 meter (figuur 21). De kosten hiervan zijn tussen de €1100 (Arcadis, Royal Haskoning & Fugro, 2005) en €2853 per meter (experts Rijkswaterstaat, tabel 11) waardoor de totalen kosten van de hogere schatting €22,8 miljoen zijn.

Tabel 11: Kosten per strekkende meter van aanleg ringdijk van 3 meter hoog (Experts Rijkswaterstaat)

Materiaal	Hoeveelheid /m	Eenheid	Kostprijs €/eenheid	Kosten €/m
Klei	41	m ³	37,5	1538
Zand	18	m ³	27,5	495
Geodoek	5	m ²	10	50
Ontdoen bovenlaag	44	m ²	17,5	770
Totaal				2853



Figuur 21: Dwarsprofiel ringdijk van 3 meter hoog (naar: (Arcadis, Royal Haskoning & Fugro, 2005))

5.3 Modellerings

5.3.1 Uitgangspunten

Naast vereenvoudigingen in het ontwerp van de maatregelen die de noodzakelijk zijn vanwege de complexiteit van het onderwerp zijn ook aannames gemaakt over de randvoorwaarden. Dit zijn veelal toekomstbeelden en zijn samengebracht in een scenario. Dit scenario bestaat uit de volgende uitgangspunten (o.b.v. (Kolen & Kok, 2011)):

- Er wordt gerekend met een overstromingsscenario dat een kans van optreden heeft van 1/4000 per jaar. Dit komt overeen met de wettelijk vastgestelde overschrijdingskans voor de waddenkust. Dit is ook gebruikt in VNK2 (Projectbureau VNK2, 2011), de bressen zijn gemodelleerd zoals gebruikelijk is voor dit gebied (HKV Lijn in water, 2012) de doorbraak van het Eemskanaal is niet meegenomen door de geringe verschillen in schade en slachtoffers
- Geen economische groei en het bevolkingsaantal blijven stabiel
- Geen klimaatverandering en bodemdaling vanwege grote complexiteit die het meebrengt
- Monetaire waarde van een slachtoffer 6,7 mln. (Bočkarjova, Rietveld, & Verhoef, 2009).
- Discontovoet 4%
- Voor de dijksterkte wordt er vanuit gegaan dat alles op orde is
- De evacuatie is 40% (Maaskant, Kolen, Jongejan, Jonkman, & Kok, 2009)
- Mortaliteit en schadefuncties worden gebruikt zoals in de standaardmethode van Kok (Kok, Huizinga, Vrouwenfelder, & Van den Braak, 2005)

5.3.2 Maatregelen

Om de risicoreductie van maatregelen te bepalen zijn de maatregelen vereenvoudigd in de modellering. Het overzicht van deze vereenvoudiging en de vereenvoudiging van de referentiesituatie wordt hier beschreven.

Referentiesituatie

Voor de referentiesituatie is het bestaande model gebruikt dat beschikbaar is voor dijkkring 6-2. Om de effecten van de verschillende maatregelen zichtbaar te maken zijn daar een woonwijk en vier gaswininstallaties aan toegevoegd. De schade die optreedt bij gaswininstallaties is zoals benoemd zeer onzeker. Daarom zijn twee casussen doorgerekend: één waarin alleen de directe schade (€50 mln. per installatie) aan het grid is toegevoegd en één waarin ook indirecte schade is toegevoegd (€500 mln. per installatie + €2 mld. indien meer dan 2 installaties uitvallen).

Voor het Holwierde-scenario met vier gaswininstallaties betekend dit dat in de casus met alleen directe schade, elke installatie is gemodelleerd als 5 cellen met een 10 miljoen euro grotere schade. In de berekening met ook indirecte schade is dit 110 miljoen euro per cel. Behalve voor de locatie Leermens hier is het door de extra indirecte schade 2110 miljoen per cel. Deze locatie ligt centraal en zal alleen uitvallen als al twee andere installaties zijn uitgevallen daarom is hier de extra indirecte schade toegevoegd.

De woonwijk is in de modellering meegenomen door het effect van de optredende waterdieptes in het betreffende gebied te bepalen in een woonwijk met een vergelijkbare schade- en slachtofferfunctie. De optredende schade en slachtoffers zijn ingevoerd op de locatie van de nieuwe woonwijk in de schade- en slachtoffergrids van het Holwierde-scenario.

Het overstromingsscenario Holwierde is gesplitst in drie delen zodat bij compartimenteringsstrategieën de verschillende delen verschillende overstromingskansen toebedeeld kunnen krijgen. De drie delen zijn: compartiment 1, compartiment 2 en de rest van het overstroomde gebied. Deze delen krijgen allen dezelfde kans, gelijk aan de originele kans (hier verandert immers niets aan in de referentiesituatie).

Dijkverhoging

Bij de maatregel dijkverhoging zijn de aanpassingen in het MLV-instrumentarium gedaan:

- De kans op het doorbraakscenario Holwierde is vermenigvuldigd met 1/10;
- De kans op het 'worst case'-doorbraakscenario is vermenigvuldigd met de verhouding tussen de som van de verwachte jaarlijkse schade (incl. gemonetariseerde slachtoffers) in de individuele scenario's in de situatie met dijkverhoging en de som van de verwachte jaarlijkse schade (incl. gemonetariseerde slachtoffers) in de individuele scenario's in de referentiesituatie.

Woonwijk ophogen

De maatregel woonwijk ophogen is gemodelleerd door aanpassingen in het MLV-instrumentarium op basis van berekeningen in HIS-SSM. Er is op de zelfde wijze gewerkt als voor de referentiesituatie, de schade en slachtoffers zijn in het vergelijkbare gebied bepaald met een waterdiepte die 1 meter minder is dan die in de referentiesituatie. De reductie ten opzichte van de referentiesituatie is als vermenigvuldigingsfactor voor schade en slachtoffers in het MLV instrumentarium gebruikt.

Compartiment 1

Voor het eerste compartiment is een extra scenario toegevoegd waarin met behulp van HIS_SSM de schade en slachtoffers bepaald zijn bij een waterstand gelijk aan de maximale waterstand op zee tijdens de gemodelleerde overstroming, deze is 5,8 m +NAP.

In het MLV-instrumentarium zijn de scenariokansen aangepast. Het overstromingsscenario voor het ringdeel Holwierde is opgedeeld in twee scenario's. In het eerste scenario treedt een doorbraak in het compartiment op en in het tweede scenario een doorbraak buiten het compartiment. De doorbraak in het compartiment draagt voor 70% bij (o.b.v. de verhouding van de lengte kering bij compartiment en de totale lengte van het Holwierde-ringdeel) en de doorbraak buiten het compartiment, waarbij het compartiment droog blijft, voor 30%.

Compartiment 2

Bij compartiment 2 is op eenzelfde wijze te werk gegaan als bij compartiment 1. De doorbraak van het compartiment draagt hier voor 30% bij en de doorbraak buiten het compartiment voor 70%.

Compartiment 1 & 2

Bij het toepassen van zowel compartiment 1 als 2 is ook op deze wijze te werk gegaan. De doorbraak van compartiment 1 draagt voor 70% bij, de doorbraak van compartiment 2 voor 30%.

Gaswininstallaties beschermen

De gaswininstallaties zijn gemodelleerd in het MLV-instrumentarium. Voor het gebied met een buffer van 150 meter rond de gaswininstallaties is de scenariokans een factor 10 kleiner gemaakt. Hierbij is het de vraag of de indirecte schade wel voorkomen wordt door deze dijk, omdat leidingen kunnen opdrijven. Als dit niet het geval is zullen de aanvullende kosten ook opgenomen moeten worden.

5.4 Resultaatverwerking

Voor de verschillende maatregelen is het beoordelingskader uit hoofdstuk 4 ingevuld, de resultaten hiervan zijn samengevat in de aspectscoretabel (tabel 12). Voor de meeste aspecten zijn de criteriascores gestandaardiseerd en per aspect met gelijke weging opgeteld. Uitzonderingen hierop zijn de aspecten 'Schade', 'Slachtoffers en gewonden' en 'Kosten'. Omdat deze aspecten zeer concreet zijn en door standaardisatie minder duidelijk worden is één van de criteriascores overgenomen als aspectscore. Deze criteria zijn respectievelijk: 'Verwachtingswaarde van de jaarlijkse schade', 'Verwachtingswaarde van het jaarlijks aantal slachtoffers' en 'Netto contante waarde'.

Tabel 12: Aspectscoretabel Noorderzijvestcasus waarin rode cellen negatieve scores bevatten, gele cellen gemiddelde en groene cellen positieve

Maatregel Aspect	Gaswinning	Compartimentering			Woonwijk	Dijk- verhoging
		1	2	1&2		
Schade [mln. €/jaar] ^a	1,35	2,42	2,59	2,34	2,69	0,71
Slachtoffers en gewonden [slachtoffers/jaar] ^a	0,048	0,044	0,049	0,048	0,046	0,013
Onzekerheid ^b	1	0,95	0,95	0,95	0,71	0
Robuustheid ^b	0,69	0,47	0,44	0,37	0,36	0,5
Kosten [mln. €] ^a	6,1	-68,7	-69,3	-127,5	-9,6	-22,5
Politiek-bestuurlijk ^b	0,42	0,26	0,21	0,21	0,43	0,62
Publiek ^{b,c}	0,52	0,32	0,35	0,31	0,68	0,67
Ruimtelijk ^b	0,5	0,33	0,28	0,5	0,83	0,33
Temporeel ^b	0,75	0,33	0,33	0,33	0,42	0,5

^a Voor dit aspect is 1 criterium overgenomen zodat duidelijk is wat de score betekend, de overige criteria zijn te vinden in de criteriascoretabel

^b Voor dit aspect zijn de criteria gestandaardiseerd met lineaire interpolatie en vervolgens gemiddeld

^c Voor dit aspect is de score voor 'Bewustzijn' niet meegenomen omdat niet zeker is of het een positieve of negatieve score betreft

Het complete beeld van de beoordeling is weergegeven in de criteriascoretabel (tabel 13). De in getallen uit te drukken criteria staan er direct in weergegeven, voor de andere criteria staat er een verwijzing naar de juiste figuur in bijlage 6 in. In deze bijlage is ook een toelichting te vinden bij de berekening en toekenning van de scores. En in §5.4.1 zijn voorbeelden beschreven van de figuren waar naar verwezen wordt in de criteriascoretabel.

Alleen de aspect- en criteriascores voor de casus waarin aangenomen wordt dat de indirecte schade aan gaswininstallaties ook voorkomen kan worden zijn weergegeven. De verschillen met de scores in het geval dat wordt aangenomen dat de indirecte schade niet voorkomen kan worden zijn beschreven in bijlage 7.

5.4.1 Figuren uit criteriascoretabel

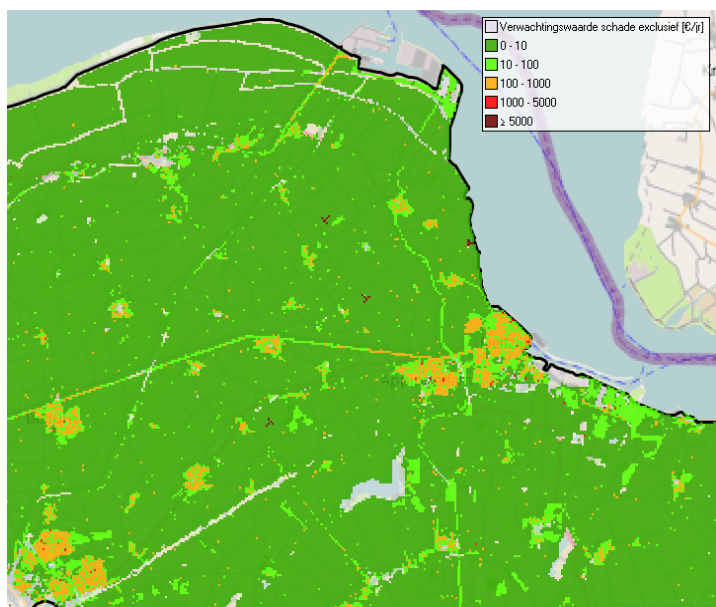
In de criteriascoretabel wordt naar verschillende figuren verwezen in bijlage 6. In deze paragraaf worden voorbeelden beschreven van deze figuren en wat de verschillen tussen de figuren betekenen. In de bijlage staan:

- kaarten met de verwachtingswaarde van de jaarlijkse schade per hectare.
- Curves waar schade en slachtoffers uitgezet zijn tegen de kans deze curves hebben dezelfde kenmerken en worden hier dus samen besproken
- Kaarten met het Lokaal Individueel Risico (LIR) en het plaatsgebonden risico (PR). Deze worden ook samen besproken omdat ze dezelfde kenmerken hebben.

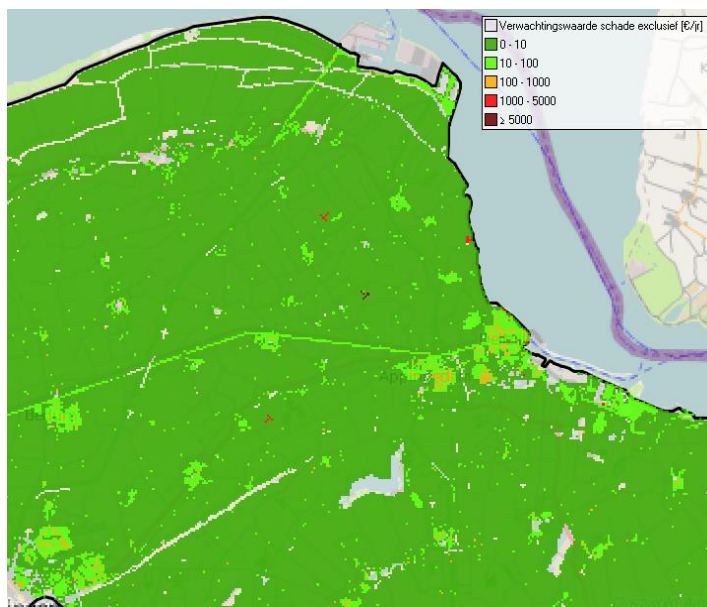
Verwachtingswaarde jaarlijkse schade

In figuur 22 en figuur 23 zijn kaarten te zien met de ruimtelijke spreiding van schade in respectievelijk de referentiesituatie en na toepassing van de maatregel dijkverhoging. De schaal varieert van donker groen waar het risico minder dan €10 /jaar is tot donker rood waar het risico groter dan €5000 /jaar is. De 4 donkere vlekjes zijn de grote schades aan gaswinstallaties.

Te zien is dat bijna alle oranje plekken in het gebied groen geworden zijn na de maatregel dijkverhoging. Dit komt doordat de dijk de kans verkleint, wat dus op het hele achterliggende gebied effect heeft. Bij lokale maatregelen zoals het beschermen van gaswinstallaties zijn alleen de gaswinstallaties groener van kleur.



Figuur 22: Verwachtingswaarde jaarlijkse schade - Referentie

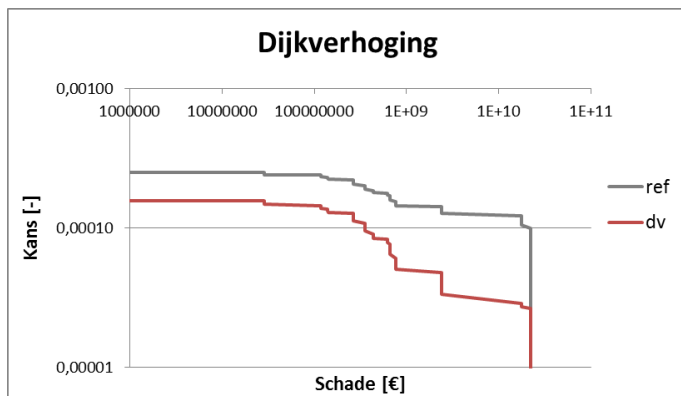


Figuur 23: Verwachtingswaarde jaarlijkse schade - Dijkverhoging

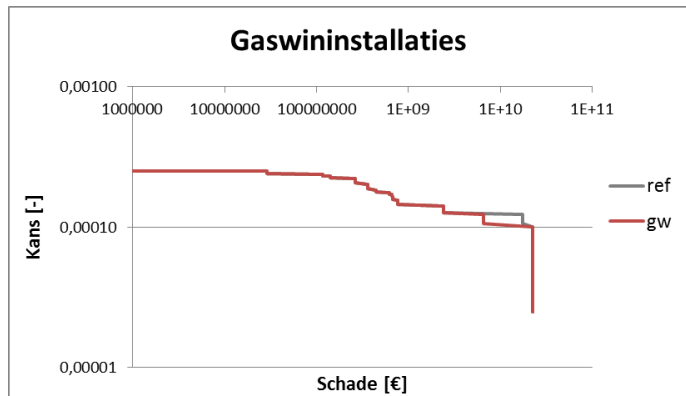
FS-curve en Groepsrisico

In figuur 24 en figuur 25 zijn in het rood de FS-curves te zien van respectievelijk de situatie na dijkverhoging en na de bescherming van gaswininstallaties. In het grijs is de referentiesituatie weergegeven. Op de horizontale as staat de schade weergegeven en op de verticale, de kans dat deze, of een grotere schade, optreedt. De assen zijn beide logaritmisch. Voor slachtoffers zijn vergelijkbare grafieken gemaakt, daar staat op de horizontale as de slachtoffers.

In de figuur 24 is te zien dat door dijkverhoging de curve omlaag verplaatst, dit komt doordat iedere schade een kleinere kans van optreden heeft. In figuur 25 is te zien dat gaswinning de curve lokaal naar links verschuift, dit komt doordat een specifieke schade (die aan de gaswininstallaties) verlaagd wordt.



Figuur 24: FS-curve - Dijkverhoging

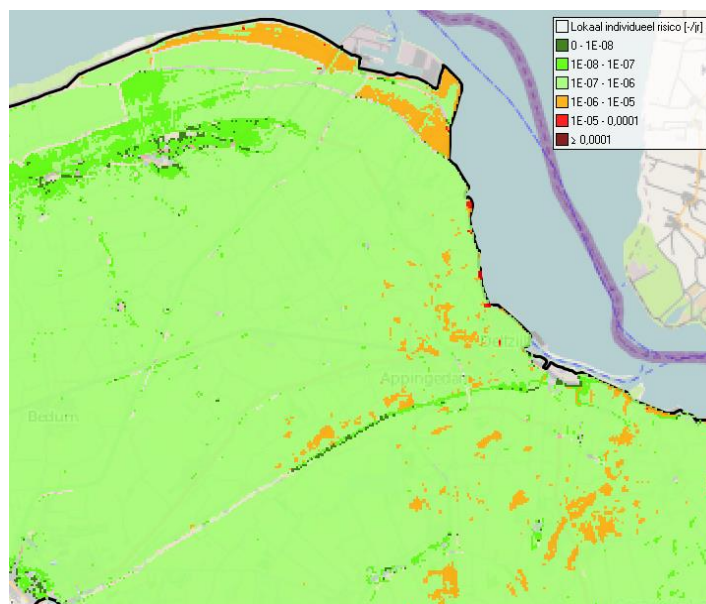


Figuur 25: FS-curve – Gaswininstallaties beschermen

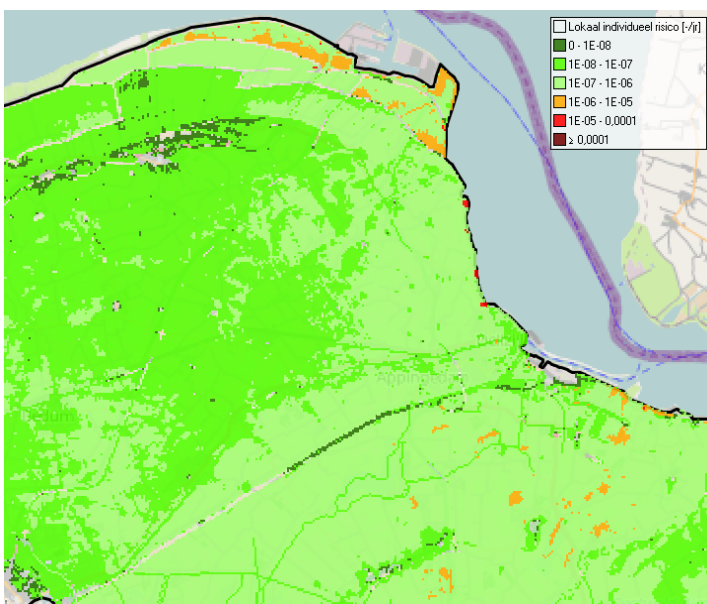
LIR en PR

In figuur 26, 27 en 28 is het Lokaal Individueel risico weergegeven voor respectievelijk de referentiesituatie, na dijkverhoging en met compartiment 1&2. Dit is een maat voor de kans van overlijden die beïnvloed wordt door de overstromingskenmerken de overstromingskans en de evacuatiefractie. Het Plaatsgebonden Risico geeft een vergelijkbare kaart, alleen zonder de risicoreductie door evacuatie. In het geval van dijkkring 6 betekent dit dat er geen relatieve verschillen zijn met het LIR omdat overal de evacuatiefractie 40% is.

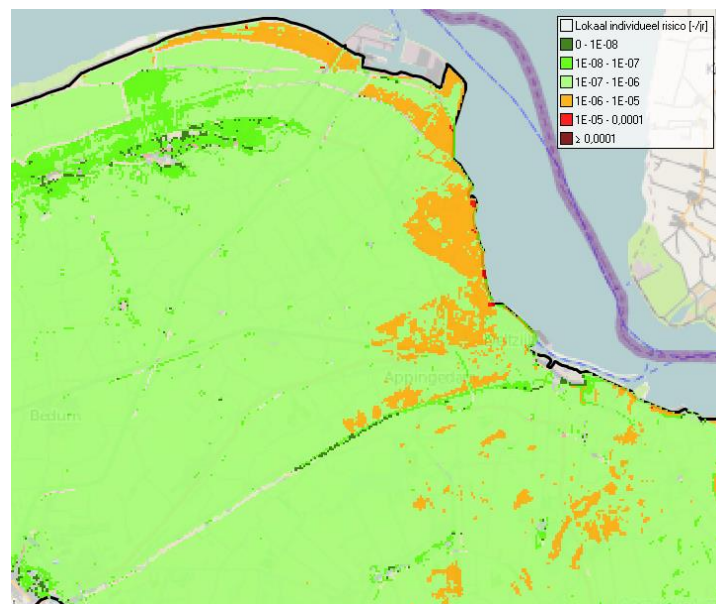
In de referentiesituatie is te zien dat de laaggelegen delen (de polders langs de kust) hoger scoren dan de hooggelegen delen (Hogeland), dit komt door de grotere waterdiepte in geval van overstroming. Verder is te zien dat er een aantal rode vlekjes langs de kust zitten, hier zijn de bressen gemodelleerd en zijn de stroom en stijgsnelheden erg hoog. Het is bij deze figuren belangrijk te onthouden dat de waarden onafhankelijk zijn van het aantal mensen dat er woont of werkt. Na dijkverhoging heeft het gebied net als bij de verwachte jaarlijkse schade een lager risico het hele gebied is groener. Bij de compartimentering is het LIR is achter de compartimenteringsdijken lager, maar tussen de dijken hoger omdat de overstromingskenmerken extremer zijn (dit zijn de oranje vlekken langs de oostkust, het water hoopt hier op, dit heeft een grotere waterdiepte tot gevolg)



Figuur 26: Lokaal Individueel Risico - Referentie



Figuur 27: Lokaal Individueel Risico - Dijkverhoging



Figuur 28: Lokaal Individueel Risico - Compartiment 1 & 2

Tabel 13: Criteriumscoretabel

Aspect	Criterium	Referentie	Gaswinning	Compartiment			Woonwijk	Dijk-verhoging
				1	2	1&2		
Schade	Verwachtingswaarde schade [mln. €/jaar]	2,70	1,35	2,42	2,59	2,34	2,69	0,71
	Verwachtingswaarde schade [€/jaar/ha.]	Fig. 63	Fig. 64	Fig. 65	Fig. 66	Fig. 67	Fig. 68	Fig. 69
	FS-curve [€ vs. herhalingsstijd]	Fig. 70	Fig. 71	Fig. 72	Fig. 73	Fig. 74	Fig. 75	Fig. 76
Slachtoffers en gewonden	Verwachtingswaarde slachtoffers [slachtoffers/jaar]	0,0475	0,0475	0,0436	0,0492	0,0478	0,0459	0,0133
	Verwachtingswaarde gemonetariseerde slachtoffers [mln. €/jaar]	0,318	0,318	0,292	0,330	0,320	0,308	0,089
	Lokaal Individueel Risico (LIR) [/jaar]	Fig. 77	Fig. 78	Fig. 79	Fig. 80	Fig. 81	Fig. 82	Fig. 83
	Plaatsgebonden Risico (PR) [/jaar]	Fig. 84	Fig. 85	Fig. 86	Fig. 87	Fig. 88	Fig. 89	Fig. 90
	Groepsrisico [slachtoffers vs. herhalingsstijd]	Fig. 91	Fig. 92	Fig. 93	Fig. 94	Fig. 95	Fig. 96	Fig. 97
Onzekerheid	Onzekerheid in risico [-]		-3	-1	-1	-1	9	38
Robuustheid	Reactiedrempel [/jaar]	0,00025	0,00025	0,00025	0,00025	0,00025	0,00025	0,00016
	Onzekerheid over reactiedrempel [-]		0	0	0	0	0	2
	Geleidelijkheid [-]	0,76	0,75	0,78	0,77	1,17	0,76	0,71
	Verwachtingswaarde schade en slachtoffers [mln. €/jaar]	3,0	1,7	2,7	2,9	2,7	3,0	0,8
	Onzekerheid over gevolgen [-]		-3	-1	-1	-1	9	38
	Herstelcapaciteit [-]		2	1	1	1	0	-1
	Omslagpunt [/jaar]	0,00014	0,00014	0,00013	0,00014	0,00013	0,00014	0,00005
Kosten	Hersteltijd [jaren]	25	10	25	25	25	25	25
	NCW [mln. €]		6,1	-68,7	-69,3	-127,5	-9,6	-22,5
Politiek-bestuurlijk	B/K-ratio [-]		1,27	0,09	0,02	0,06	0,03	0,68
	Uitstraling [-]		-1	-1	-2	-2	1	-1
	Continuïteit van functies [-]		1	0	0	0	1	0
	Complexiteit: aantal partijen [partijen]		3	8	8	8	8	2
	Complexiteit: niveau van besluitvorming [-]		2	1	1	1	2	1
	Complexiteit: gescheiden verantwoordelijkheden [-]		3	2	2	2	0	4
	Innovatie [-]		0	0	0	0	1	0
Publiek	Juridische verankering [-]		3	3	3	3	3	4
	Gedupeerden [-]		1	2	2	2	0	0
	Bewustzijn [-]		1	1	1	1	1	1
	Gelijkheid in veiligheid (variantie van LIR) [x10 ⁻¹²]	3,37	3,37	3,48	3,36	3,51	3,37	0,47
	Gelijkheid in verandering (variantie van verandering in LIR) [x10 ⁻¹²]		0	0,08	0,01	0,09	0	1,54
Ruimtelijk	Inpasbaarheid [-]		3	2	3	3	3	4
	Meekoppelen [-]		1	3	1	3	3	0
	Ruimtelijke kwaliteit [-]		1	-1	-1	-1	2	-1
Temporeel	Tijd tot het beoogde effect [jaren]		2	5	5	5	5	2
	Aanpasbaarheid met zelfde maatregel [-]		3	2	2	2	0	3
	Aanpasbaarheid met andere maatregel [-]		4	3	3	3	3	1
	Tijdbestendigheid [jaren]		100	100	100	100	200	100

5.4.2 Analyse van de resultaten

In deze paragraaf zal kort in tekst een overzicht gegeven worden van de resultaten uit de tabellen.

Gaswinning

Gaswinning heeft een groot effect op de schade en geen effect op het aantal slachtoffers, op de schaderisicokaart in bijlage 6 is te zien dat deze schadereductie zeer lokaal is bij de gaswininstallaties en aan de FS-curve is te zien dat vooral het risico in zeer extreme situaties verlaagd wordt. Op de aspecten onzekerheid en robuustheid scoort gaswinning goed, een grote uitschieter, de gaswininstallaties, wordt immers goed beschermd en heeft daardoor minder invloed. Politiek-bestuurlijk is de maatregel ondanks het kleine aantal partijen niet gemakkelijk te implementeren. Op het publieke aspect wordt goed gescoord, dit komt vooral doordat de gelijkheidscriteria niet veranderen omdat het LIR niet veranderd. Ruimtelijk scoort het gemiddeld en temporeel goed doordat de maatregelen geen belemmering vormen voor andere maatregelen.

Compartimentering

De compartimenteringsstrategieën reduceren het risico niet erg sterk, op de risicokaarten is goed te zien dat vooral veel risico verplaatst wordt. Bij compartiment 2 (en in mindere mate compartiment 1 & 2) is het slachtofferrisico zelfs groter doordat de grote kernen Delfzijl en Appingedam binnen het compartiment liggen. In de F-curves is te zien dat het om gevolgreducties gaat (de curve verplaatst, deels, naar links) en niet alleen bij de meest extreme scenario's. De onzekerheid is gemiddeld, net als de robuustheid, de geleidelijkheid springt er bij compartiment 1 & 2 wel uit in negatieve zin. De kleinschalige hevige overstromingen zijn hier de oorzaak van. De compartimenteringsstrategieën zijn erg duur dat maakt ze niet kostenefficiënt. Politiek-bestuurlijk zijn ze ook moeilijk uitvoerbaar doordat overleg met veel andere partijen plaats moet vinden. Op het publieke aspect scoren de maatregelen ook niet erg goed, door de concentratie van overstromingsrisico wordt de ongelijkheid groter, door de kleine kans van compartiment 2 valt dat bij deze maatregel mee. Op het ruimtelijke aspect scoren de maatregelen net aan de negatieve kant, vooral door de negatieve impact van een dijk op de ruimtelijke kwaliteit, door meekoppelmogelijkheden wordt de score niet zeer negatief. Temporeel is de score ook onder gemiddeld, de maatregelen hebben op dit aspect in tegenstelling tot de andere maatregelen niet specifieke voordelen.

Woonwijk

Het effect van de woonwijk is zeer beperkt. Dit is onder andere terug te zien in de risicoaspecten, de veranderingen zijn klein en op de kaarten en curves niet of nauwelijks zichtbaar. De onzekerheid wordt door de maatregel wat groter door onzekerheid over het functioneren van de ingreep en de bereikbaarheid in het geval van overstroming. De robuustheid is het kleinst van de verschillende maatregelen door de zeer geringe verandering die de maatregel met zich meebrengt. Het is niet kosteneffectief, al valt de schade in effectiviteit mee door de beperkte investering, in de kostenefficiëntie is de lage score wel duidelijk. Politiek-bestuurlijk is het een gemiddelde maatregel doordat de uitvoering moeilijk is maar zodra dit klaar is de maatregel een positief effect heeft vanuit dit perspectief. Publiek scoort de maatregel goed, dit komt voornamelijk doordat de maatregel weinig effect heeft en de huidige verdeling van risico dan ook niet veranderd. Ruimtelijk is de maatregel aantrekkelijk en temporeel gemiddeld doordat het vastleggen van de functie zowel positieve als negatieve gevolgen heeft.

Dijkverhoging

Dijkverhoging is qua risicoreductie de meest effectieve maatregel, dit is te zien in alle criteria, de waarden zijn laag, de kaarten laten voor een groot gebied een grote reductie zien en de curves liggen lager doordat de kans verkleind wordt. De onzekerheid wordt door de maatregel wel sterk vergroot doordat er minder bekend is over het functioneren van de dijk bij extremere omstandigheden. De robuustheid is redelijk goed, doordat de overstromingskansen afnemen en de geleidelijkheid beter wordt. Deze laatste is beter doordat de maatregel de overstromingskansen van een gebied verkleint dat in de referentiesituatie een grote kans van overstroom had ten opzichte van andere gebieden. De maatregel is niet kosteneffectief maar door het grote effect is het lang niet het slechtst. Politiek-bestuurlijk is de maatregel goed uitvoerbaar doordat de bestaande kaders gebruikt kunnen worden. Op het publieke aspect scoort de maatregel ook goed doordat weinig mensen gedupeerd worden maar wel veel geholpen, door dit grote effect is het onvermijdelijk dat niet iedereen in even grote mate geholpen wordt. Ruimtelijk scoort de maatregel niet goed doordat dijken als onwenselijk zijn beoordeeld en temporeel net boven gemiddeld doordat het snel uitvoerbaar en te herhalen is maar niet goed te combineren met andere maatregelen is.

5.5 Discussie Noorderzijlvestcasus

Het doel van de Noorderzijlvestcasus is het opstellen van een scoretabel waarmee maatregelen uit de tweede laag van MLV vergeleken kunnen worden met de maatregel dijkverhoging. Hierbij zijn een aantal aannames gedaan en keuzes gemaakt, waarvan de effecten in deze paragraaf worden beschreven. Achtereenvolgens worden de aannames en keuzes in de uitgangspunten, de maatregelen en het beoordelingskader beschreven. Tot slot zullen de gemaakte fouten beschreven worden.

5.5.1 Aannames in de uitgangspunten

Om de casus realistischer te maken zijn de indirecte kosten van gaswininstallaties meegenomen. De schattingen lopen zeer sterk uiteen waardoor de resultaten over de effecten zowel te optimistisch als te pessimistisch kunnen zijn. Voornamelijk het effect van beschermen van gaswininstallaties is hierdoor onzeker, het ophogen van de woonwijk in het geheel niet, want deze laatste maatregel heeft geen effect op gaswininstallaties. De onzekerheid komt doordat de schaal van uitval en de mogelijkheden om in te grijpen onbekend zijn. De schatting van 10 miljard indien meer dan twee installaties uitvallen en 0,5 miljard per installatie zijn slechts grove schattingen van betrokkenen bij het lopende onderzoek naar deze effecten.

De effecten van bodemdaling zijn niet meegenomen in de casus. Door bodemdalen zullen overstromingspatronen veranderen: grotere waterdieptes in de gebieden met daling en eventueel minder grote dieptes in de rest van het gebied. De bodemdaling vindt vooral plaats in dunbevolkte gebieden waar zich gaswininstallaties bevinden. Omdat de schade aan gaswininstallaties al bij kleine waterdieptes optreedt en de overige waarde in het gebied beperkt is, is het effect van bodemdaling op het overstromingsrisico gering. Ook klimaatverandering is niet meegenomen in de berekening, door klimaatverandering kunnen extreme situaties vaker voorkomen en worden overstromingskansen ook groter, dit zal in gelijke mate voor de verschillende maatregelen gelden en daardoor niet erg veel effect hebben op de resultaten. De berekeningen zijn gedaan zonder economische groei te betrekken, de schade zou hoger zijn als dit wel gedaan was. Indien de groei erg ongelijkmatig is zullen de maatregelen anders scoren ten

opzichte van elkaar, de variatie per locatie zal echter niet zo sterk zijn dat er grote verschillen optreden.

De scope van het onderzoek heeft de resultaten beperkt. Effecten van overstromingen buiten het beheergebied van Noorderzijlvest zullen niet groot zijn, deze grenzen zijn namelijk waterloopkundig bepaald. Een uitzondering hierop is het scenario waarin ten zuiden van het Eemskanaal een doorbraak is of de Eemskanaalsluizen breken en de Eemskanaaldijken hierdoor bezwijken, zodat ook gebieden binnen de scope overstroomd. Maar belangrijker zijn de overstromingen ten gevolge van regionaledijkdoorbraken, want in de berekening is alleen rekening gehouden met doorbraken van de primaire keringen, wat een te optimistisch beeld schetst van het risico. Indien ook regionale keringen betrokken worden in de analyse zullen de effecten van lokale maatregelen (voornamelijk gaswininstallaties beschermen en woonwijk ophogen) beter scoren omdat deze maatregelen ook bescherming bieden indien deze keringen breken.

5.5.2 Aannames in maatregelen

Bij het doorrekenen van de maatregel dijkverhoging is het risico van het 'worst case'-scenario aangepast. Hierbij is de reductiefactor die bepaald is op basis van de schade ook toegepast op de slachtoffers. Dit is echter niet noodzakelijkerwijs het geval, omdat dit twee losstaande criteria zijn. Hiervoor zou een nieuwe reductiefactor bepaald moeten worden op basis van de slachtofferreductie. In dit geval heeft dit geleid tot een te lage schatting van het aantal slachtoffers omdat de schadereductie procentueel groter is dan de slachtofferreductie.

Verder is in de studie is de aanname gemaakt dat er geen indirecte schade optreedt zolang de gaswininstallaties droog zijn. Het is echter niet zeker dat dit het geval is als er in de nabije omgeving wel een overstroming is. De maatregel gaswininstallaties beschermen zou hierdoor een stuk minder kunnen bijdragen dan berekend. In bijlage 7 zijn de verschillen tussen de resultaten beschreven in het geval dat de schade wel en de schade niet voorkomen kan worden.

5.5.3 Aannames bij het invullen van het beoordelingskader

De wijze waarop gestandaardiseerd is bij het invullen van het beoordelingskader zorgt voor mogelijke vertekening van de resultaten. De schaal wordt namelijk teniet gedaan waardoor kleine verschillen enorm uitvergroot kunnen worden. Een voorbeeld: voor de maatregelen "gaswininstallaties beschermen", "woonwijk ophogen" en "dijkverhoging" zijn de criteria "complexiteit: gescheiden verantwoordelijkheden" en "juridische verankering" als in tabel 14 beoordeeld.

Tabel 14: Voorbeeld van invloed standaardiseren, relatieve verschillen kunnen worden uitvergroot of juist gebagatelliseerd

Criterium	Gaswinning	Woonwijk	Dijkverhoging
Voor standaardisatie			
Complexiteit: gescheiden verantwoordelijkheden [-]	3	0	4
Juridische verankering [-]	3	3	4
Na standaardisatie			
Complexiteit: gescheiden verantwoordelijkheden [-]	0,75	0	1
Juridische verankering [-]	0	0	1

Dijkverhoging heeft in beide gevallen de hoogste score gekregen en woonwijk ophogen de laagste zodat in beide gevallen de score 0 is voor woonwijk ophogen en 1 voor dijkverhoging, terwijl het absolute verschil voor “juridische verankering” veel kleiner was. Het verschil tussen gaswininstallaties beschermen en dijkverhoging is voor beide criteria 1 maar na standaardisatie is het verschil niet meer gelijk (0,25 voor complexiteit en 1 voor juridische verankering).

Hier dient een tweede punt zich aan: kunnen de criteria vergeleken worden? Want het verschil tussen 0 en 4 is bij beide criteria op een verschillende manier vastgesteld. Dus ook heb gebruik van een vaste schaal bij het standaardiseren geeft exact de juiste verschillen weer.

De kleurenschakeringen in het beoordelingskader zijn op een vergelijkbare manier vastgesteld als intervalstandaardisatie een geeft dus een vergelijkbare vertekening van de resultaten.

5.5.4 Aannames en afwijkingen in modellering

In de berekening zijn een aantal aannames gemaakt en zijn afwijkingen opgetreden, deze worden hier behandeld.

De eerste is een inconsequentie met een verwaarloosbare invloed. Zoals in bijlage 7 te lezen is een berekening gemaakt met en zonder de mogelijkheid indirecte schade te voorkomen. Bij de berekening waar dit niet het geval is is op de gaswinlocaties de kans op slachtoffers wel verlaagd en bij het geval waar dit wel mogelijk is niet. Dit houdt in dat het slachtofferrisico te hoog is in het laatste geval, echter wonen er nauwelijks mensen op deze locaties waardoor dit nauwelijks uitmaakt voor het risico.

Verder is door een afwijkend databestand de evacuatiefractie 0% geweest in evacuatiescenario 2 waar eigenlijk 45% van de mensen preventief geëvacueerd kan worden. Hierdoor zijn de verwachtingswaarde van het aantal slachtoffers en het LIR iets te hoog. Dit geldt niet voor het worst case en de overstromingsscenario's van de compartimentering, hier is wel de juiste 45% gebruikt. De afwijking bedraagt hierdoor slechts 5%. Bij de Groepsrisicocurve is dit aangepast, deze klopt dus wel exact.

Bij het bepalen van de onzekerheid van de gevolgen in het aspect Robuustheid is de totale onzekerheid genomen van het risico waarin dus ook de kansen zijn meegenomen. Hierdoor lijkt de onzekerheid van de maatregel dijkverhoging groter dan deze is (dit is de enige maatregel die de onzekerheid in kansen verandert).

Verder is bij het scoren van het criterium ruimtelijke kwaliteit de scope niet consequent gehanteerd. De ruimtelijke kwaliteit van het gehele gebied zal namelijk niet zeer sterk veranderen door zo'n lokale ingreep. In hoofdstuk 6, de discussie van het beoordelingskader, wordt hier verder op ingegaan.

Slachtoffers zijn mede bepaald op basis van de stijgsnelheid. Voor de stijgsnelheid in het 'worst case'-scenario is echter overal een stijgsnelheid van 0,5 meter per uur aangenomen, dit lijkt na vergelijking met de andere scenario's een te lage schatting, waardoor het slachtofferaantal te laag uitvalt. Door een andere stijgsnelheid aan te nemen wordt een andere mortaliteitsfunctie leidend. Als voor het hele systeem en stijgsnelheid van 2 meter per uur wordt aangenomen is het slachtofferaantal in het 'worst case'-scenario 1,5 keer zo groot. Deze stijgsnelheid is ongeveer de maximumstijgsnelheid in de individuele scenario's. De werkelijke waarde zal hier tussenin liggen.

6 Discussie

6.1 Enquêtes

Om de discussie te voeden met expertbeoordelingen is een enquête verstuurd naar experts met verschillende achtergronden. Er zijn medewerkers van advies- en ingenieursbureaus, onderzoeksinstituten en de overheid benaderd. Binnen de overheidspartijen zijn besluitvormers en beleidsadviseurs benaderd. In bijlage 8 zijn de namen van de respondenten en de enquêtes te vinden. In de enquête is gevraagd eerst uit het hoofd relevante criteria te bedenken en vervolgens het toegestuurde beoordelingskader te evalueren en wegingen te geven aan de aspecten en criteria. Er zijn rode en groene beoordelingskaders verstuurd, het groene kader is het kader zoals voorgesteld in dit rapport, het rode kader bestaat alleen uit de aspecten schade, slachtoffers & gewonden en kosten.

De enquête is verstuurd naar 19 personen, er zijn 15 reacties binnen gekomen: 9 met een groen kader en 6 met een rode. Dit maakt de steekproef niet groot genoeg om een exact beeld te krijgen van de gemiddeld gewenste weging van criteria, maar geeft wel een indicatie van voorkeuren. De toelichting die erbij gegeven is geeft ook meerwaarde. In dit hoofdstuk worden de evaluaties behandeld, daarnaast staat in kaders mijn eigen visie beschreven.

6.2 Belangrijke criteria

De criteria die bedacht zijn door de respondenten worden hier per aspect toegelicht. De indeling tot welk aspect de voorgestelde criteria behoren is niet gedaan door de respondenten zelf. Er wordt onderscheid gemaakt tussen de vier typen respondenten: adviesbureaus, onderzoekers, besluitvormers en beleidsadviseurs. (tabel 15)

Tabel 15: Aspecten waar de vooraf genoemde criteria toe behoren per respondentengroep

Aspect \ Groep	Advies- en ingenieursbureaus	Onderzoekers	Besluitvormers	Beleidsadviseurs
Schade	V	V	V	V
Slachtoffers en gewonden	V	V	V	V
Onzekerheid		V		
Robuustheid				V
Kosten	V	V	V	V
Politiek-bestuurlijk		V	V	
Publiek				V
Ruimtelijk	V			
Temporeel	V	V		V

Schade- en slachtofferreductie zijn door alle groepen aangemerkt als criteria die relevant zijn in de beoordeling van maatregelen. Hierbij worden meerdere keren de criteria zoals gebruikt in het beoordelingskader genoemd. Verder geeft Hoss (onderzoek) aan dat een waardeoordeel over de verhouding tussen schade en slachtoffers relevant is. Daarnaast stellen een aantal mensen een scheiding tussen indirecte en directe schade voor. En zegt Van Reen (advies) dat voor de

gebruikte criteria maximumwaarden voor toename door uitvoering van werken zoals nieuwbouwwijken vastgesteld moeten worden.

Onzekerheid wordt weinig genoemd als relevant criterium, alleen een aantal onderzoekers geven aan dat dit betrokken moet worden in de besluitvorming.

Robuustheidscriteria worden alleen door beleidsadviseurs genoemd als relevante criteria, hierbij gaat het om mate waarin maatregelen zorg dragen voor centrale voorzieningen om tijdens rampen te kunnen vluchten, de mate waarin maatregelen de eerste levensbehoeften in stand houden en de mate waarin het effect van maatregelen robuust is.

Kosten zijn ook voor alle groepen belangrijk, de scheiding van investeringskosten en onderhoudskosten wordt door een aantal mensen voorgesteld. En ook het beschikbare budget voor de verschillende maatregelen zou mee moeten spelen bij de besluitvorming. Groen (besluiten) geeft aan dat bij de kosten ook de economische verdienmogelijkheden betrokken moeten worden en mogelijkheden voor (publiek-)private financiering meegenomen moeten worden. De Graaf (beleidsadvies) geeft aan dat de verwachtingswaarde van de jaarlijkse kosten van evacuatie (van mens en dier) als kostenpost betrokken moet worden.

Politiek-bestuurlijke criteria worden voornamelijk door de onderzoekers en besluitvormers genoemd. Complexiteit, innovatie en juridische verankering komen hierbij overeen met het voorgestelde beoordelingskader, uitstraling en continuïteit worden niet genoemd. Verder worden de criteria draagvlak en haalbaarheid door meerdere mensen genoemd. Draagvlak kan ook als Publiek criterium gezien worden.

Publieke criteria worden vooral door beleidsadviseurs genoemd. De criteria uit het voorgestelde beoordelingskader worden niet genoemd. Wel worden de waarschijnlijkheid dat iemand ermee te maken krijgt, uitlegbaarheid, acceptatie, toestemming en instemming genoemd. Door andere partijen wordt de hinder van de maatregel in het dagelijks leven genoemd.

Ruimtelijke criteria zijn vooral genoemd door adviesbureaus. De criteria uit het beoordelingskader komen aan bod waarbij meekoppeling niet primair als voordeel tijdens de uitvoering bekeken wordt, maar als het gezamenlijk bereiken van doelen, waar uiteindelijk ook financiële en uitvoerende voordelen mee behaald kunnen worden. Verder worden ecologische en natuurwaarden genoemd.

Temporele criteria worden niet genoemd door besluitvormers, de andere groepen noemen de criteria uit het voorgestelde kader.

Een ander criterium dat niet te plaatsen is onder de voorgestelde aspecten is duurzaamheid. Duurzaamheid wordt hier genoemd in de zin van milieueisen maar ook als algemene houdbaarheid van het systeem en de filosofie erachter als totaal. Een voorbeeld hiervan is de paradox waarin strengere normen leiden tot meer bebouwing waarvoor opnieuw hogere normen nodig zijn, een maatregel uit de eerste laag zou deze paradox versnellen en daardoor laag scoren.

6.3 Wegingen

In tabel 16 zijn de wegingen voor de aspecten zoals ze gegeven zijn door de respondenten te zien. Te zien is dat bij beide groepen slachtoffers zwaarder wegen dan schade. En dat de respondenten meer geneigd zijn de wegingen te verdelen zodra ze meer keuzes krijgen (de aspecten uit het rode kader krijgen bij het groene kader ineens een veel lagere score). Wel is te zien dat in het rode kader meer gemist wordt dan in het groene kader (voor 'andere aspecten' wordt bij rood een weging 0,2 gegeven en bij groen een weging 0,02). Verder worden bij het groene kader schade en slachtoffers & gewonden als belangrijkste aspecten gezien, politiek-bestuurlijk en temporeel zijn minder belangrijke aspecten. Bij de rode evaluatie is alleen slachtoffers belangrijker.

Tabel 16: Gemiddelde van de weging van de aspecten door de respondenten, in het groene kader zijn alle aspecten voorgelegd, in het rode kader alleen de aspecten schade, slachtoffers & gewonden en kosten

	Gemiddelde weging	
	Groen	Rood
Schade	0,13	0,25
Slachtoffers en gewonden	0,15	0,30
Onzekerheid	0,11	
Robuustheid	0,10	
Kosten	0,11	
Politiek-bestuurlijk	0,08	
Publiek	0,11	
Ruimtelijk	0,12	
Temporeel	0,08	
Andere aspecten	0,02	0,20

In tabel 17 zijn de verschillen tussen de weging in de casus (per aspect gelijke weging van de criteria) en het gemiddelde van de wegingen die de geënquêteerden geven aan de criteria weergegeven. Een positieve waarde betekent dat het aspect een zwaardere weging zou moeten hebben dan indien alles gelijk gewogen wordt.

In het groene kader is te zien dat bij de risicoaspecten de curves belangrijk gevonden worden en bij onzekerheid 'andere criteria', dit komt voornamelijk door 1 respondent die hier waarde aan hechtte en de evaluatie met meer extremen heeft ingevuld dan de andere respondenten (dat dit zo duidelijk doorwerkt is het nadeel van de relatief kleine responsgroep). Verder is te zien dat de baten/kosten-ratio belangrijker is dan de netto contante waarde en binnen het politiek-bestuurlijke aspect politieke paradepaardjes (zoals uitstraling en innovatie) en ontwerp moeilijkheden (zoals complexiteit) minder belangrijk gevonden worden dan de juridische moeilijkheden (zoals verankering en evt. gescheiden verantwoordelijkheden). Bij het publieke aspect wordt weinig waarde gehecht aan de gelijkheidscriteria.

Bij het rode kader is te zien dat de weging voor 'andere criteria' hoger is dan bij de groene, waarschijnlijk omdat deze criteria in het groene kader gevonden werden bij andere aspecten. Een voorbeeld hiervan zijn meekoppelkansen die door sommigen in het rode kader als kostenreductie als missend criterium bij kosten geplaatst zijn maar in het groene kader bij ruimtelijk horen.

Tabel 17: Het verschil tussen de weging van de criteria zoals deze gemiddeld door de respondenten gegeven wordt en de weging zoals deze in de casus gedaan is. In de casus is per aspect ieder criterium even zwaar gewogen en zijn de aspecten ten opzichte van elkaar ook even zwaar gewogen.

	Verskil met gelijke weging	
	Groen	Rood
Verwachtingswaarde schade [€/jaar]	0,002	-0,033
Verwachtingswaarde schade [€/jaar/ha]	0,003	-0,049
Schadecurve [€ vs. herhalingstijd]	0,008	-0,049
Andere criteria voor het aspect schade	0,003	0,047
Verwachtingswaarde slachtoffers [slachtoffers/jaar]	0,005	-0,007
Verwachtingswaarde gemonetariseerde slachtoffers [€/jaar]	0,004	-0,016
Lokaal individueel risico (LIR) [/jaar]	0,009	0,000
Plaatsgebonden risico (PR) [/jaar]	-0,002	-0,014
Groepsrisico [slachtoffers vs. herhalingstijd]	0,021	-0,018
Andere criteria voor het aspect slachtoffers en gewonden	0,002	0,019
Onzekerheid in risico [-]	-0,025	
Andere criteria voor het aspect onzekerheid	0,019	
Reactiedrempel [/jaar]	0,004	
Onzekerheid over reactiedrempel [-]	-0,004	
Geleidelijkheid [-]	-0,003	
Verwachtingswaarde schade en slachtoffers [€/jaar]	-0,004	
Onzekerheid over gevolgen [-]	-0,003	
Herstelcapaciteit [-]	0,005	
Omslagpunt [/jaar]	-0,003	
Hersteltijd [jaren]	-0,004	
Andere criteria voor het aspect robuustheid	0,001	
NCW (disc. 0,04) [€]	-0,007	-0,070
B/K-ratio [-]	-0,003	-0,081
Andere criteria voor het aspect kosten	0,005	0,070
Uitstraling [-]	-0,007	
Continuïteit van functies [-]	-0,004	
Complexiteit: aantal partijen [partijen]	-0,007	
Complexiteit: niveau van besluitvorming [-]	-0,007	
Complexiteit: gescheiden verantwoordelijkheden [-]	0,002	
Innovatie [-]	-0,011	
Juridische verankering [-]	0,002	
Andere criteria voor het aspect politiek-bestuurlijk	0,001	
Gedupeerden [-]	0,000	
Bewustzijn [-]	0,012	
Gelijkheid in veiligheid (variantie van LIR) [-]	-0,006	
Gelijkheid in verandering (variantie van verandering in LIR) [-]	-0,007	
Andere criteria voor het aspect publiek	0,003	
Inpasbaarheid [-]	-0,003	
Meekoppelen [-]	0,006	
Ruimtelijke kwaliteit [-]	0,000	
Andere criteria voor het aspect ruimtelijk	0,003	
Tijd tot het beoogde effect [jaren]	-0,009	
Aanpasbaarheid met zelfde maatregel [-]	-0,008	
Aanpasbaarheid met andere maatregel [-]	-0,007	
Tijdbestendigheid [jaren]	-0,009	
Andere criteria voor het aspect temporeel	0,002	
Andere aspecten	0,019	0,200

6.4 Commentaren op beoordelingskader

Naast de wegingen zijn commentaren toegevoegd over algemene aanmerkingen op het kader en missende, overbodige, en anders te formuleren criteria en is een cijfer gegeven voor het kader als geheel. Deze commentaren zullen hier beschreven worden in combinatie met mijn eigen analyse, deze laatste wordt in kaders weergegeven om duidelijk onderscheid te behouden.

6.4.1 Doel van het kader om alles te vangen in getallen

In dit beoordelingskader is gebruik gemaakt van een multicriteria-analyse. Het doel hiervan is om alle relevante aspecten te vangen in getallen, deze getallen op een rij te zetten waar de besluitvormer vervolgens een afweging tussen kan maken. Bij de aspectscoretabel is zelfs een stap verder gegaan en zijn de criteriascores al gestandaardiseerd, gewogen en gesommeerd.

Voor waterveiligheidsmaatregelen, en ruimtelijke maatregelen in het algemeen is dit een onmogelijke opgave omdat de weging geografisch niet overal hetzelfde is de cultuur en geschiedenis van het gebied spelen hierin een rol (Van Hogendorp). Deze specifieke omstandigheden vragen om specifieke criteria: in Groningen zal zwaar gewogen worden aan criteria die betrekking hebben op de gaswininstallaties terwijl in andere gebieden bijvoorbeeld cultuurhistorie belangrijk is (Kolen).

Hoss vindt het dan ook kwalijk dat maatregelen met een compleet ander doel en schaal (woonwijken -> slachtofferreductie en gaswinning -> indirecte schadereductie) met het zelfde beoordelingskader afgewogen worden.

In de casus traden door de schaalverschillen ook rare scores op, bijvoorbeeld bij gelijkheid. De maatregel woonwijk ophogen heeft namelijk een hele kleine schaal, maar op deze hele kleine schaal is het wel heel erg selectief op wie beschermd wordt en wie niet, een lage score voor gelijkheid was de verwachting. Dijkverhoging daarentegen beschermt het gehele gebied tegen overstromingen, en is daarmee dus erg gelijkmatig, een hoge score zou je zeggen. Niets is minder waar, door de grote verandering zit er ook grote variatie bij dijkverhoging en door de kleine schaal van woonwijk ophogen was dit slechts een druppel op een gloeiende plaat. De score voor gelijkheid hoog voor woonwijk ophogen en laag voor dijkverhoging.

Rijcken stelt het andersom. Hij zegt dat het juist wel belangrijk is hetzelfde kader te gebruiken en dezelfde schaal als je maatregelen die zelf een verschillende schaal hebben wilt beoordelen. Het kan niet zo zijn dat de twee maatregelen met dezelfde kenmerken maar een verschillende schaal, bijvoorbeeld het grootschalig en kleinschalig ophogen van woonwijken, hetzelfde scoren op bijvoorbeeld ruimtelijke kwaliteit, de maatregel met de grotere schaal moet ook een extremere score krijgen.

Dit lijkt het tegenovergestelde, maar eigenlijk zeggen Hoss en Rijcken beide dus hetzelfde, maatregelen op een verschillende schaal mag je niet met elkaar vergelijken want als je ze met elkaar zou willen vergelijken moet je dat op dezelfde schaal doen, maar dan worden de resultaten vertekend. Klaassens stelt voor, indien het toch de wens is alles te vangen, in een kader bandbreedtes vast te stellen waarbinnen regio's kunnen variëren in weging van de criteria.

Naast de geografische verschillen en verschillen in doelen is ook de perceptie van de persoon die het kader vult van grote invloed op de uitkomsten ervan wat de beoordeling niet subjectief maakt (Van Hogendorp, Hoss en Rijcken). Ruimtelijke kwaliteit wordt hierbij vaak genoemd, de een zal het uitzicht op een dijk als mooi puur Hollandse infrastructuur zien de ander als bederf van het uitzicht, andere voorbeelden zijn bewustzijn dat zowel angst als waakzaamheid kan betekenen en innovatie dat ook kennisleemten met zich meebrengt. De beoordeling van deze criteria is dus niet aan ingenieurs maar aan politici (Kolen).

Ondanks dat het betuttelend is criteria te bedenken voor ieder aspect is het wel belangrijk dat de vastgestelde kwalitatieve aspecten meegenomen worden in de analyse (Hoss). Dit zou gedaan kunnen worden door aan te geven welke aspecten belangrijk zijn om mee te nemen in de analyse zonder dat een ingenieur daar een waardeoordeel aan hecht, bijvoorbeeld door middel van een checklist (Hoss). Cnossen stelt voor deze aspecten los te koppelen van het kader met aspecten die wel exact te bepalen zijn en in een amendement toe te voegen met een beschrijving hoe deze meegenomen moeten worden en ook in de rapportage van het besluit terugkomen als amendement met een beschrijving hoe ze meegenomen zijn.

Een praktisch bewaar van het vaststellen van criteria voor ieder aspect is dat er dubbeltellingen optreden wat de suggestie wekt dat ze onevenredig zwaar worden meegenomen (Mens en Cnossen)

6.4.2 De weergave van de resultaten

In het kader worden de maatregelen naast elkaar gezet, zoals eerder genoemd zorgt het verschil in schaal voor onduidelijkheid over het verschil in effecten van de maatregelen (Hoss en Rijcken).

Eigenlijk zouden alle scores vergeleken moeten worden met de kosten van de maatregel net zoals de risicoreductie. Bij kosten wordt de risicoreductie vergeleken met het geïnvesteerde bedrag, zo zou bij ruimtelijke kwaliteit ook gekeken kunnen worden naar ruimtelijke kwaliteit per euro. Dit zorgt wel voor schijnzekerheid over het getal, door het exacte getal voor kosten te combineren met het subjectieve getal voor ruimtelijke kwaliteit lijkt ruimtelijke kwaliteit ineens meer exact.

Kolen geeft aan dat deze schijnzekerheid nu ook al gecreëerd wordt (hij had een rood kader dus heeft alleen de risicocriteria en de kosten gezien, bij de andere criteria is de onzekerheid nog groter). Doordat niet aangegeven wordt om welke bandbreedte het gaat wordt tot ver achter de komma vergeleken terwijl volgens hem een maatregel pas echt onderscheidend is vanaf een factor 2 verschil met een andere maatregel. Naast schijnzekerheid wordt ook schijnbelangrijkheid gecreëerd zegt Van Hogendorp. Dit gebeurt door aan een aspect veel criteria toe te kennen. Het aspect politiek-bestuurlijk heeft bijvoorbeeld zeven criteria terwijl het niet hoog scoort.

Er wordt ook aangegeven dat het verschil tussen criteria en aspecten moeilijk kan zijn.

Toen ik begon met het opstellen van het kader en koos voor de tweedeling vond ik het ook lastig om de twee niet door elkaar te halen, maar ik denk wel dat het een zeer duidelijke meerwaarde geeft omdat het de benoemde schijnzekerheid beperkt. Door dit onderscheid te maken hoeft het een criterium niet ten opzichte van alle andere criteria gewogen, maar alleen ten opzichte van de criteria binnen het aspect. De verschillen met de criteria buiten het aspect worden duidelijk door aspectscores.

6.4.3 Criteria

Inhoudelijk zijn de criteria ook beoordeeld door de respondenten. Door de respondenten die het groene kader hebben ingevuld werden een aantal criteria aangedragen die zich niet in het kader bevinden:

- Duurzaamheid (Van Hogendorp): bijvoorbeeld bouwen op hoogte, met duurzame bouwmaterialen en energieneutraal, maar ook in de zin van natuur en ecologie
- Haalbaarheid (Van Hogendorp): Qua gebiedskenmerken zoals ondergrond, genoeg sterkte, maar ook bijkomende kosten voor onderhoud, toetsen en monitoren.
- Verantwoordelijkheid: type partij/betaler (Rijcken en Mens): dit criterium kan toegevoegd worden om duidelijk te maken of bijvoorbeeld een overheidspartij of een private partij verantwoordelijk is voor de uitvoering ervan. De mening van Rijcken is dat het de taak is van de overheid om problemen uit handen te nemen en private partijen niet op te zadelen met waterveiligheidsproblemen.
- Solidariteit (Rijcken): dit criterium maakt het verschil duidelijk tussen een maatregel die een specifieke groep beschermt en een maatregel die iedereen beschermt.

Ook waren er criteria die de respondenten liever anders uitgewerkt hadden zien worden:

- Juridische verankering (Hoss en Cnossen): Hoss had dit criterium liever gezien als de juridische verankering van de aansprakelijkheid voor de veiligheid in plaats van als de verankering van de meetbaarheid en controleerbaarheid van het risico. Cnossen zou in dit criterium ook kijken naar de mogelijkheden zonder wetswijzigingen en niet alleen met wetswijzigingen. In dit onderzoek heb ik gekeken naar de mogelijkheden met wetswijzigingen omdat ik denk dat een concept niet afgeschreven moet worden vanwege bureaucratische barrières, dit is wellicht te idealistisch, praktisch is het natuurlijk ook verstandig naar de huidige mogelijkheden te kijken.
- Meekoppelen/ritmelijke kwaliteit (Rijcken): Deze criteria kunnen meer toegespitst worden op het vervullen van andere functies in plaats van alleen op kostenbesparingen in de uitvoering.
- Getroffenen in plaats van gewonden (Mens): Niet alleen kijken naar mensen met lichamelijke schade maar ook naar het aantal mensen, dat materiële (en daarmee eventueel emotionele) schade heeft.

Er was binnen het kader een aantal criteria dat door deze groep bestempeld zijn als overbodig:

- LIR (Van der Leij): Dit criterium zoals het hier geformuleerd is geeft de mogelijkheid investeringen in het op orde houden van dijken te verruilen voor reactieve maatregelen in de andere lagen van MLV, dit is niet wenselijk
- Innovatie (Cnossen): dit is geen doel op zich, maar kan voortkomen uit een beslissing.
- Verantwoordelijkheid (Lalkens): Dit is geen overweging bij wel of niet uitvoeren, maar moet naderhand vastgesteld worden.
- Hersteltijd en omslagpunt (Mens): zit al in herstelcapaciteit
- Gelijkheid in verandering in het LIR (Mens): Dit is geen doel

Ook zijn er criteria die niet te begrijpen zijn en daarom niet hanteerbaar zijn in het besluitvormingsproces (De Jong):

- Onzekerheid (Hoss): De wijze waarop deze berekend wordt is niet duidelijk
- Robuustheid (Rijcken): De criteria van dit aspect zijn vaag en moeten in meer alledaagse termen vertaald worden.
- De schade- en slachtoffercurves (Crossen)

Het is inderdaad moeilijk direct te zien welke curve goed is en welke slecht. In de externeveiligheidskunde worden maten gebruikt om hier meer duiding aan te geven (RIVM & TNO, 2007). Een voorbeeld hiervan is een oriëntatiewaarde in de vorm van een lijn die bijvoorbeeld voorschrijft dat een ramp met 10 keer meer slachtoffers 100 keer minder vaak voor mag komen.

Alle respondenten van het rode kader geven aan dat er criteria missen, deze komen deels overeen met de criteria die zijn geformuleerd in het groene kader, anderen zijn:

- Ontwrichting (Kolen): dit wordt wel deels benoemd bij robuustheid in het groene kader.
- De criteria zoals besproken in (Kolen B. , 2013) (Kolen): Dit zijn naast de criteria uit het groene kader: Handhaafbaar, doelmatig, afwenteling, draagvlak, betrokkenheid, natuur en ecologie, perspectief agrarische sector, landschap en cultuur.
- Bestuurlijke gevoeligheden (Van Beek, Klaassens, Groen en Van Reen): Klaassens noemt hierbij LNC-waarden die een project kunnen maken of breken omdat ze gevoelig liggen binnen de achterban.

Ook binnen de aangereikte criteria zouden kleine aanpassingen gedaan worden:

- Schade (Van Beek): Indirecte schade en directe schade splitsen
- Kosten (Groen): Ook kosten voor andere partijen dan de waterbeheerder erbij optellen

Criteria die als overbodig gezien worden zijn:

- Monetaire waarde van slachtoffers (Van Beek): dit is een leuke wetenschappelijke exercitie maar niet houdbaar in besluitvorming, hierdoor wordt de baten-kostenratio ook overbodig want daar zijn monetaire waarden voor nodig.

Een criterium dat niet bruikbaar is in besluitvorming vanwege de complexiteit ervan is:

- Groepsrisico (Van Beek)

Het groene kader wordt door de respondenten met gemiddeld een 6,4 (standaardafwijking 1,1) beoordeeld tegen een 7,3 (standaardafwijking 0,3) voor het rode kader. Ondanks de kleine steekproef lijkt het duidelijk dat het kader in deze vorm niet beter is dan het referentiekader.

Terugkijkend op het onderzoek is er een aantal criteria, dat in de huidige vorm nog niet geschikt zijn om te gebruiken in de afweging. De eerste is geleidelijkheid. Dit is namelijk een arbitraire maat, waar de keuze voor de kansen die bekeken worden van invloed is op de scores, en niet alleen de schaal verandert maar ook de rangschikking van de maatregelen op het criterium verandert (bijlage 7).

Het tweede ongeschikte criterium in de huidige vorm is onzekerheid. In de risicocomponenten zit nog een inconsequentie in het onderscheid tussen het component hydraulische belasting en de componenten frequentie en buitenwaterstand. Welke onzekerheden bij welke component horen en hoe of de uitwerking van de één of juist van de andere twee groot is, is niet helder geformuleerd.

In het algemeen wordt aangegeven dat hoe minder criteria er zijn, hoe beter het is (Cnossen en Lindenbergh). Winst kan hierbij behaald worden door criteria die hetzelfde uitdrukken te schrappen (Kolen). Uit de analyse blijkt echter dat er vele partijen zijn die elk een ander pakket aan criteria belangrijk vindt, zelfs bij het uitgebreide groene kader werden voorstellen gedaan voor aanvullende criteria. Een beperkte set criteria maakt het dus wel makkelijker besluiten te nemen, maar of deze besluiten beter zijn is daarmee niet gezegd.

6.4.4 Meerlaagsveiligheid

Over de wenselijkheid van maatregelen uit de tweede en derde laag van Meerlaagsveiligheid is veel te doen geweest, ook in deze evaluatie kwamen weer een aantal zaken naar voren die afgewogen moeten ten aanzien van deze keuze.

Hoss stelt bijvoorbeeld dat je “kan argumenteren dat de overheid niet alle verantwoordelijkheden op zich hoeft te nemen, maar de burger ook best voor zijn eigen veiligheid verantwoordelijk mag zijn”. En Van Reen vindt dat bij de aanleg van bijvoorbeeld een woonwijk of industriegebied moet worden afgewogen waar deze qua waterveiligheid het beste kan worden aangelegd. Aan de andere kant is het zoals eerder aangegeven volgens Rijcken “een aardig idee dat een overheid mensen problemen uit handen neemt” en ziet daarom meer in een systeem waar lokale partijen meer handvatten krijgen om druk op de overheid uit te oefenen, zodat deze de veiligheid zal waarborgen.

Van der Leij stelt dat de huidige normen behouden moeten blijven omdat de veiligheid goed is. Klaassens gaat verder en zegt dat de provincies Groningen en Fryslân vinden dat de LIR-norm van 1/100.000 per jaar die gesteld is door de minister zover mogelijk gehaald moet worden in de 1^e laag van MLV.

Ik denk dat het een wezenlijke discussie is hoe veilig wij de wereld om ons heen willen maken. Vergeleken met de eisen die wij stellen aan externe veiligheid is de veiligheid van onze primaire dijken veel te zwak, maar vergeleken met autorijden niet. Ook denk ik dat het voor veel gebieden belangrijk is om niet alleen te kijken naar het primairekeringensysteem maar ook naar de regionale keringen.

6.4.5 Politiek

Van Hogendorp zou willen dat “politieke invloed op besluitvorming, met betrekking tot waterveiligheid en Meerlaagsveiligheid, zo beperkt mogelijk is. Dat budgetten voor waterveiligheid en Meerlaagsveiligheid vast liggen en niet onderhevig zijn aan het politieke klimaat”. Door de politicus centraal te stellen in de beoordeling van de maatregelen denk ik dat diens rol erg groot is.

Hoss geeft aan dat het betrekken van het politiek-bestuurlijke aspect en het publieke aspect niet juist is. Deze aspecten hebben invloed op de besluitvorming, en de besluitvorming heeft invloed op deze aspecten, maar deze aspecten maken geen deel uit van de besluitvorming zelf. “De beoordeling van een project zou onafhankelijk van het publiek moeten zijn, maar de beslissing om het uit te voeren is wel afhankelijk van het maatschappelijk draagvlak. Het maatschappelijk draagvlak op zijn beurt is afhankelijk van hoe het publiek het project beoordeelt.” Het dus is een parallel proces met uitwisseling.

Mijn mening is dat het desondanks wel betrokken moet worden in de besluitvorming want als je door een bepaalde maatregel te kiezen weet dat het politiek en publiek beter uitvoerbaar is lijkt mij dat wel een meerwaarde hebben.

7 Conclusies en aanbevelingen

7.1 Conclusies

7.1.1 Beoordelingskader

Het beoordelingskader zoals dat besproken is in dit rapport is nog geen goede afwegingsmethode voor maatregelen uit de tweede laag van Meerlaagsveiligheid. Dit komt voornamelijk doordat:

- het te uitgebreid is
- veel aspecten niet kunnen worden gekwantificeerd
- veel criteria te abstract zijn om een beeld te krijgen van waar de waarde op gebaseerd is.

In het beoordelingskader wordt wel een duidelijk overzicht gepresenteerd van de aspecten die belangrijk zijn om mee te nemen in de afweging. Deze moeten dan ook op een andere manier dan een scorekaart gepresenteerd worden.

7.1.2 Noorderzijlvest

Uit de Noorderzijlvestcasus is gebleken dat dijkversterkingsmaatregelen en de bescherming van gaswininstallaties met kleine ringdijken het meest effectief lijken. Dit komt doordat er een beperkt aantal ruimtelijke ontwikkelingen gepland is. Deze ruimtelijke plannen zijn sterk bepalend voor de kansrijkheid van maatregelen in de tweede laag, omdat deze gecombineerd kunnen worden met het creëren van waterveiligheid.

De onzekerheid rond deze berekeningen is erg groot, dit komt doordat de indirecte schade onbekend is en in deze berekening de helft van het schaderisico bepaald. Verder is gebleken dat de analyse van de maatregelen te smal was, omdat van standzekerheid van regionale keringen is uitgegaan. Indien ook het overstromingsrisico van doorbraken van regionale keringen zoals de Eemskanaaldijk betrokken worden, zijn de maximaal te behalen baten groter. De meerwaarde van met name de 2^e en 3^e laag van Meerlaagsveiligheid kan hierdoor duidelijker zichtbaar worden.

7.1.3 Meerlaagsveiligheid

Het toepassen van Meerlaagsveiligheid kan een meerwaarde betekenen in het onderzochte gebied. De bescherming van het gebied in de eerste laag lijkt echter de prioriteit te hebben bij de verantwoordelijke partijen. Het is wel geschikt om in specifieke gevallen, waar de veiligheid niet gerealiseerd kan worden in de eerste laag, te kijken naar de andere lagen. Ook in gebieden waar het risico veel hoger is kan het een uitkomst bieden.

Dit vereist wel dat een compleet beeld verkregen wordt. Dit betekent dat:

- zowel doorbraken van regionale keringen als primaire keringen worden bekeken
- ook de belangen van andere betrokken partijen worden betrokken bij de analyse van de gevolgen (dit zijn zowel negatieve als positieve effecten)
- van politici een grote inspanning gevraagd wordt om de verschillende aspecten die zich uitstrekken over veel beleidsvelden en niet te vangen zijn in getallen af te wegen.

7.2 Aanbevelingen

7.2.1 Beoordelingskader

Zoals beschreven in de conclusie voldoet het beoordelingskader in de huidige vorm nog niet aan de wensen van de gebruikers. De gebruikers geven echter wel aan dat de gepresenteerde criteria aangevuld met andere criteria wel wenselijk zijn in de besluitvorming. Om het kader aan te passen zodat het wel voldoet zijn een aantal dingen benodigd, deze worden hier besproken aan de hand van de conclusies.

Het beoordelingskader is de uitgebreid:

- Er moet een manier gevonden worden om het kader overzichtelijk te houden. De indeling van criteria in aspecten is hierbij nog niet voldoende.

Veel aspecten kunnen niet worden gekwantificeerd en veel criteria zijn te abstract:

- De wijze waarop de criteria betrokken worden in de besluitvorming moet onderzocht worden. De criteria hoeven niet volledig gekwantificeerd te worden, dit is vaak niet mogelijk of zorgt voor zeer abstracte getallen. Een methode waarbij het kader gesplitst wordt in een deel met kwantitatieve criteria en een deel waarin in tekst beschreven wordt hoe de kwalitatieve criteria zijn meegenomen in de besluitvorming zou hierbij een uitkomst kunnen bieden. De schrijver kan hiermee wel erg sturend zijn in de criteria die extra belicht worden en juist zijlings besproken worden.
- Aansluitend hierop kan onderzoek gedaan worden of, en zo ja, op welke wijze maatregelen met een verschillende schaal en doel vergeleken kunnen worden zonder dat de beoordelingsmethode sturend is in het eindresultaat.

7.2.2 Noorderzijlvest

Voor Waterschap Noorderzijlvest zijn in dit onderzoek een aantal maatregelen geformuleerd en zijn de effecten ervan bepaald. Bij deze berekeningen zijn echter grote aannames gemaakt. Dus bij de beoordeling ervan moet een kritische houding aangenomen worden. Maar desondanks zijn wel een aantal aanbevelingen te formuleren:

- Het is van groot belang meer inzicht te krijgen in de risico's die verbonden zijn aan de gaswininstallaties in het gebied. Hierbij moet niet alleen gekeken worden naar de (indirecte) effecten van uitval van de installaties, maar ook hoe groot de kans is dat dit gebeurt. Bijvoorbeeld of de pijpleidingen op zullen drijven en of de Gasunie en de NAM de installaties niet vroegtijdig af moeten sluiten bij een dreigende calamiteit.
- Uit de analyse blijkt dat de compartimenteringstrategieën niet kosteneffectief zijn. Verdere uitwerking hiervan lijkt dus niet zinvol, tenzij de kosten veel lager zijn dan hier voorgesteld doordat bijvoorbeeld andere partijen meebetalen.
- Voor de uitvoering van het ophogen van een woonwijk en het beschermen van gaswinlocaties zal meer gekeken moeten worden naar de effecten van doorbraken van de regionale kering.

7.2.3 Meerlaagsveiligheid

Voor Meerlaagsveiligheid als methode voor het inrichten van de waterveiligheid lijkt draagvlak te bestaan bij alle typen partijen. Toch worden nog vaak voor- en tegenargumenten op basis van niet

kloppende informatie aangedragen. Met name ten aanzien van de gevolgen van de nieuwe risiconormering. Voor Meerlaagsveiligheid is het volgende van belang:

- Voordat een besluit genomen wordt over de aanpassing van de normering is het van belang dat duidelijk gemaakt wordt aan de betrokken partijen wat de gevolgen zullen zijn van de nieuwe normering. Alleen op deze manier is duurzaam draagvlak te creëren.
- In de ontwikkeling van maatregelen is het van belang dat waterbeheerders vroeg betrokken worden bij de ontwikkeling van de ruimtelijke ordening en dat ruimtelijk ordenaars vroeg betrokken worden bij de vaststelling van het uitvoeringsplan van waterschappen.

Referenties

- Adviescommissie water. (2012). *Advies waterveiligheid*.
- Arcadis, Royal Haskoning & Fugro. (2005). *Compartimenteringsdijken, kostenkentallen en kostenraming voor drie traces*. RWS/RIZA.
- Arends, B. J., Jonkman, S. N., Vrijling, J. K., & Van Gelder, P. H. (2005). Evaluation of tunnel safety: towards an economic safety optimum. *Reliability engineering and system safety*, 217-228.
- Atsma, J. (2011). *Stand van zaken waterveiligheidsbeleid*.
- Berry, A., & Jarvis, R. (2005). *Accounting in a business context: fourth edition*. Londen: Thomson.
- Bočkarjova, M., Rietveld, P., & Verhoef, E. (2009). *First results immaterial damage valuation: value of statistical life (VOSL), value of evacuation (VOE) and value of injury (VOI) in flood risk context, a stated preference study (III)*. Amsterdam: VU Amsterdam.
- De Bruijn, K. M. (2005). *Resilience and flood risk management: A systems approach applied to lowland rivers*. Delft: TU Delft.
- De Bruijn, K. M., & Van der Doef, M. (2011). *Gevolgen van overstromingen - Informatie ten behoeve van het project Waterveiligheid in de 21e eeuw*. Delft: Deltares.
- De Fijter, W. J. (2007). *Vluchtplaatsen tegen overstromingen: een ontwerp voor de waterbestendigheid van dijkringen in Nederland*.
- De Grave, P., & Baarse, G. (2011). *Kosten van maatregelen*. Delft: Deltares.
- De Moel, H. (2012). *Uncertainty in flood risk*. Amsterdam: VU Amsterdam.
- De Wit, S., Jongejan, R., & Van der Most, H. (2010). Niet bij preventie alleen. In H. v. Most, S. d. Wit, B. Broekhans, & W. Roos, *Kijk op waterveiligheid: Perceptie en communicatie van risico's van overstromingen* (pp. 74-95). Leven met water.
- Deltaprogramma: Nieuwbouw en herstructurering. (2010). *Samenvatting plan van aanpak*. Den Haag: Min. V&W, Min. LNV, Min. VROM.
- Deltares. (2011). *Maatschappelijke kosten-batenanalyse Waterveiligheid 21e eeuw*.
- Deming, W. E. (1982). *Out of the crisis*. Cambridge, Massachusetts: MIT
- ENW. (2012). *Meerlaagsveiligheid nuchter bekeken*.
- HKV Lijn in water. (2012). *Aanvullende overstromingsberekeningen dijkkring 6 voor VNK2*.
- Hoss, F. (2010). *A comprehensive assessment of Multilayered Safety (Meerlaagsveiligheid) in flood risk management*.

- Kerngroep ROR Groningen – Noordoost Drenthe. (2011). *Europese richtlijn overstromingsrisico's (ROR): Bouwsteen voor het regionale overstromingsbeheerplan Groningen - Noordoost Drenthe*.
- Kok, M., Huizinga, T. C., Vrouwenfelder, A. C., & Van den Braak, W. (2005). *Standaardmethode 2005 schade en slachtoffers als gevolg van overstromingen*. Lelystad: HKV Lijn in water.
- Kolen, B. (2013). *Ervaringen stappenplan en afwegingskader Meerlaagsveiligheid*. Amersfoort: Stowa.
- Kolen, B., & Kok, M. (2011). *Basisvisie afwegingsmethodiek voor meerlaagsveiligheid*. Amersfoort: Stowa.
- Kolen, B., Maaskant, B., & Hoss, F. (2010). *Meerlaagsveiligheid: zonder normen geen kans*. Lelystad: HKV Lijn in Water.
- Kolen, B., Zethof, M., & Maaskant, B. (2012). *Toepassing Basisvisie afwegingskader Meerlaagse veiligheid: Een methode om mee te werken in de praktijk*. Amersfoort: STOWA.
- Loucks, D. P., & Van Beek, E. (2005). *Water resources systems planning and management: An introduction to methods, models and applications*. Parijs, Delft: UNESCO, Delft Hydraulics.
- Maaskant, B., Kolen, B., Jongejan, R. B., Jonkman, S. N., & Kok, M. (2009). *Evacuatieschattingen Nederland*.
- Marchand, M., Klijn, F., & Kind, J. (2012). *Handreiking toepassing vergelijkingssystematiek Deltaprogramma*. Delft: Deltares.
- Mens, M. (2012). *Analyse van systeemrobustheid: Een toepassing op de IJssel*. Delft: Deltares.
- Milieu- en Natuurplanbureau - RIVM. (2004). *Risico's in bedijkte termen*.
- Min V&W. (2001). *Handreiking watertoets: Waarborg voor water in ruimtelijke plannen en besluiten*.
- Min. I&M & Min. EL&I. (2012). *Deltaprogramma 2013: Werk aan de delta*.
- Min. V&W. (2000). *Anders omgaan met water. Waterbeleid voor de 21e eeuw*.
- Min. V&W, IPO, VNG & UVW. (2003). *Nationaal bestuursakkoord water*.
- Min. V&W, Min. VROM & Min. LNV. (2009). *Nationaal waterplan 2009-2015*.
- MWH. (2011). *Maatregeloverzicht klimaatadaptatie*. Den Haag: Min. I&M.
- Oranjewoud & HKV. (2011). *Syntheserapport gebiedspilots meerlaagsveiligheid*.
- PBL. (2011). *Een delta in beweging: Bouwstenen voor een klimaatbestendige ontwikkeling van Nederland*. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.
- Projectbureau VNK2. (2011). *De methode van VNK2 nader verklaard*.
- Projectbureau VNK2. (2012). *Overschrijdingskansen en overstromingskansen*.

- Provincie Groningen. (2008). *Kustvisie Provincie Groningen*. Groningen: Provincie Groningen.
- Rijcken, T. (2012). *Tien jaar meerlaagsveiligheid*. Delft: TU Delft.
- Rijksoverheid. (2008). *Ontwerp beleidsnota waterveiligheid*.
- RIVM & TNO. (2007). *Groepsrisico op de kaart gezet*. Den Haag: VROM.
- RLI. (2011). *Tijd voor waterveiligheid*.
- SBR. (2008). *Kosten van Water robuust Bouwen; QuickScan kosten van Water robuust Bouwen en Inrichten voor*. Rotterdam: Rijkswaterstaat, Waterdienst.
- Seo, K. (2006). Integration Framework of Flood Risk Management: What should be Integrated? (S. F. Ikeda, Red.) *A better integrated management of disaster risks: Towards resilient society to emerging disaster risks in mega-cities*, 41-56.
- TAW. (2000). *Van overschrijdingskans naar overstromingskans*.
- UVW, IPO, Vewin, Min. I&M & VNG. (2011). *Bestuursakkoord water*.
- Van Hoestenbergh, T., Huygens, M., Peeters, P., & Mostaert, F. (2010). *Opstellen bresgroeiparameters Vlaamse rivierdijken: Deelopdracht 1 - Literatuurstudie bresgroeiproces*. Antwerpen: Waterbouwkundig Laboratorium en Soresma.
- Van der Most, H., Baan, P., & Klijn, F. (2006). *Differentiatie in bescherming tegen overstromingen?* Delft: WL Delft Hydraulics.
- Van Loon-Steensma, J. M., Schelfhout, H. A., Eernink, N. M., & Paulissen, M. P. (2012). *Verkenning innovatieve dijken in het Waddengebied*. Wageningen: Alterra.
- Van Rijswijk, M. (2012). Meerlaagse veiligheid: juridische observaties over de ervaringen vanuit het Deltaplan rivieren/waterveiligheid Maastak.
- Walker, W., Harremoes, P., Rotmans, J., Van der Sluijs, J., Van Asselt, M., Janssen, P., & Krayen von Krauss, M. (2003). Defining uncertainty. A conceptual basis for uncertainty management in model-based decision support. *Integrated Assessment*, 5-17.
- Waterschap Noorderzijlvest. (2009). *Waterbeheerplan 2010-2015*. Groningen: Waterschap Noorderzijlvest.
- Woning, M. (2009). *Adaptief bouwen in buitendijks gebied*. Delft: Deltares.
- Zethof, M., Maaskant, B., Stone, K., Kolen, B., & Hoogendoorn, R. (2012). *Handreiking Meerlaagsveiligheid: Methode nader verklaard*.

Bronnen van figuren

- AHN (2012). Actueel Hoogtebestand Nederland 2. RWS & Waterschappen. Verkregen via Waterschap Noorderzijlvest

Arcadis, Royal Haskoning & Fugro. (2005). Compartimenteringsdijken, kostenkentallen en kostenraming voor drie traces. RWS/RIZA.

CBS/Kadaster (2008). Buurtkaart met cijfers 2008. CBS/Kadaster, Emmen.

CBS/LEI (2012). CBS landbouwtelling, bewerking door LEI Wageningen UR. Verkregen via www.duurzaamheidlandbouw.nl

Gasunie (n.n.). Gasunie's Dutch transport system. Verkregen via www.devrieskartografie.nl

Gasunie (2012). Jaarverslag 2011. Gasunie, Groningen.

Kadaster Geo-informatie (2012). TOP50NL. Zwolle. Verkregen via Waterschap Noorderzijlvest

NAM (2005). Contouren verwachte bodemdaling 2050. Verkregen via Waterschap Noorderzijlvest

NAM (2012). Foto van productie-unit. Verkregen via www-static.shell.com

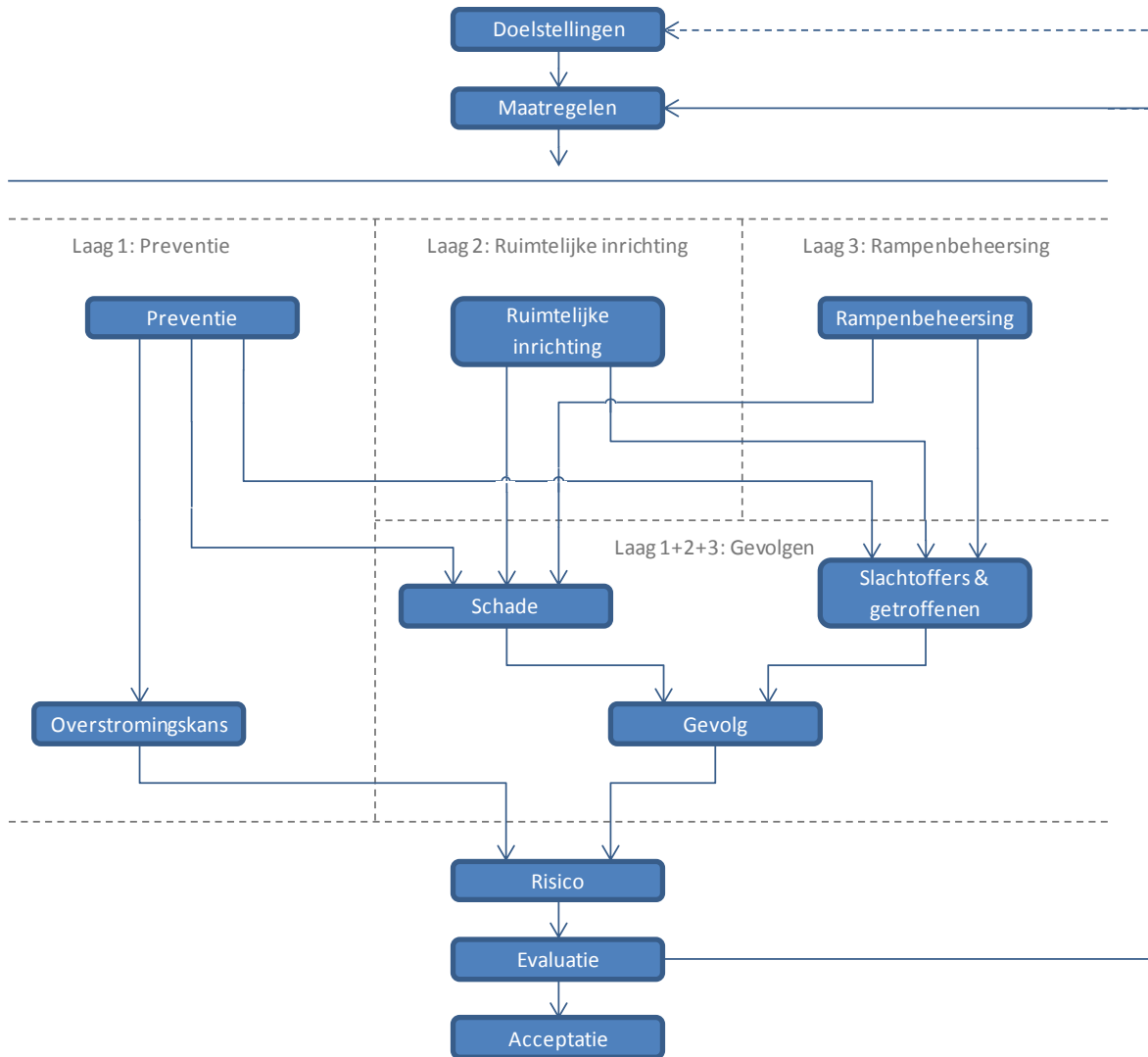
Noorderzijlvest (2012). Beheergebied Waterschap Noorderzijlvest. Verkregen via www.noorderzijlvest.nl

Stork-GLT (2012). Luchtfoto locatie De Paauwen. Verkregen via storkglt.home.xs4all.nl

Unie van Waterschappen (2012). Waterschapsgrenzen 2012. Verkregen via www.uvw.nl

Bijlage 1 Componenten risico

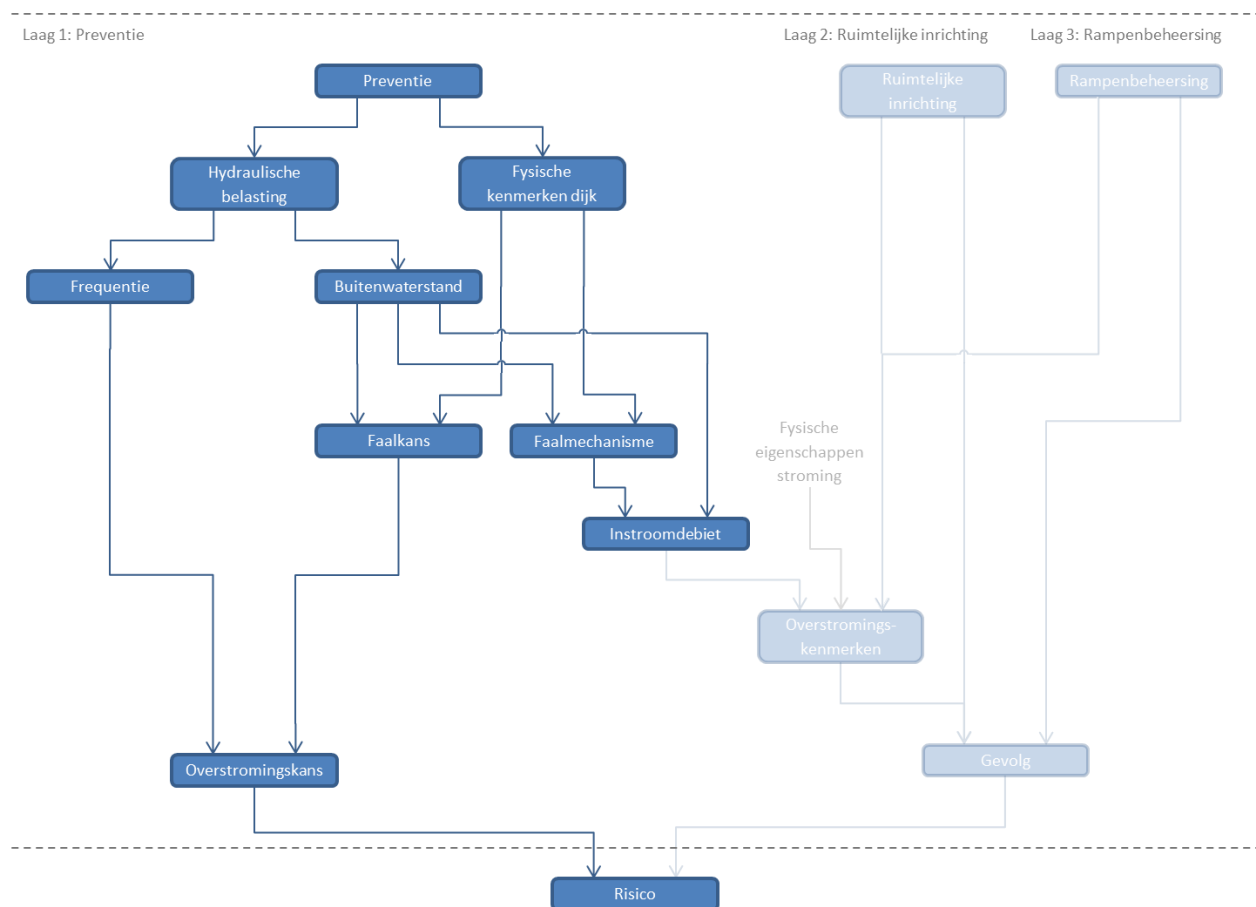
Het model voor het opstellen van maatregelen en beoordelen op het aspect risico is zoals weergegeven in figuur 29. Deze figuur is verder opgesplitst om beter inzichtelijk te maken via welke componenten de verschillende lagen invloed hebben op het risico. Op deze wijze kunnen maatregelen beter toegespitst worden op de componenten die gereduceerd moeten worden.



Figuur 29: De wijze waarop de lagen van Meerlaagsveiligheid het Risico beïnvloeden in de beleidscyclus

B 1.1 Preventie

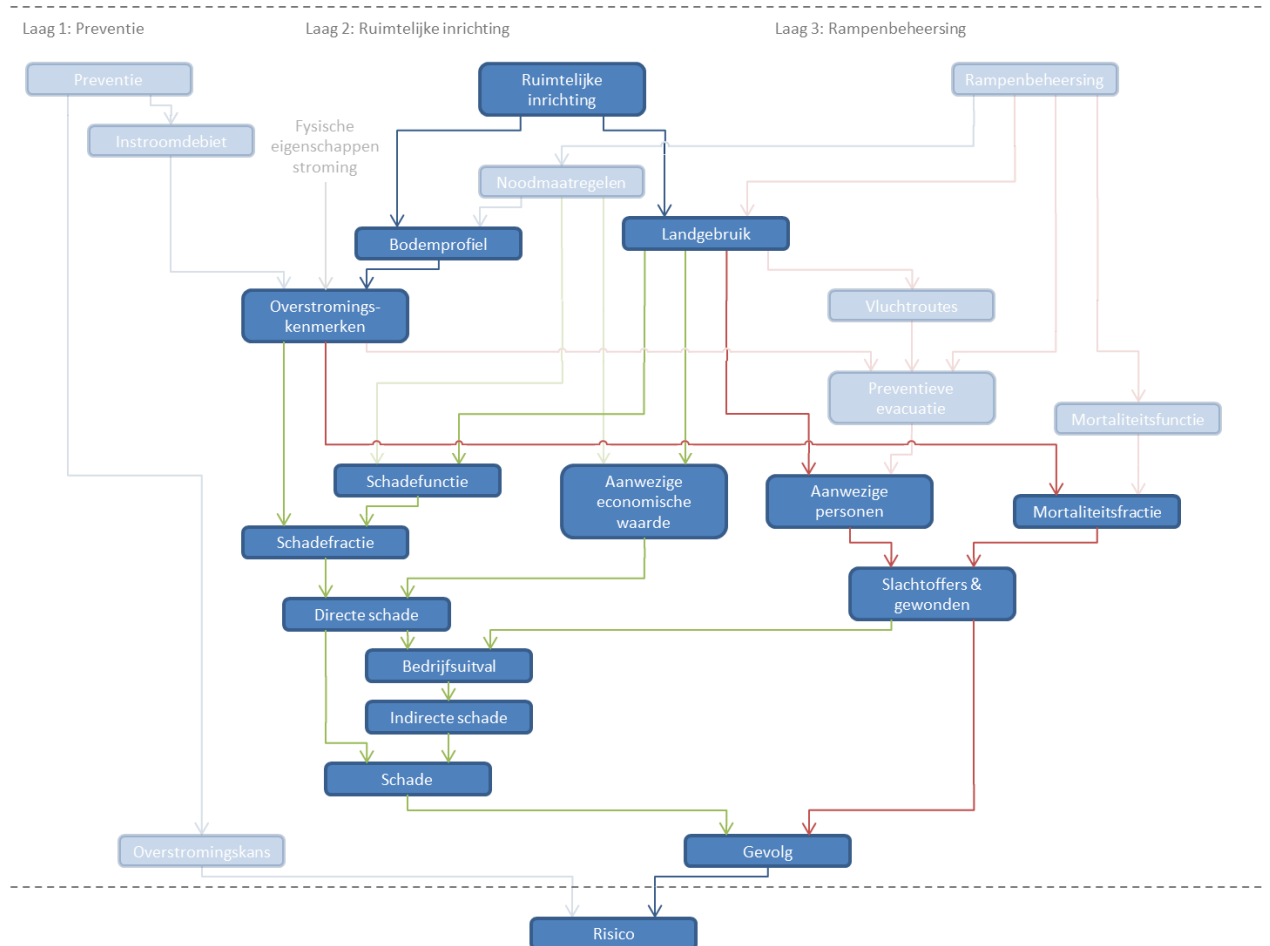
De eerste laag van Meerlaagsveiligheid bestaat uit maatregelen die de hydraulische belasting (scenario's die bestaan uit kansen en buitenwaterstandsverlopen) en de fysische kenmerken van de dijk beïnvloeden (figuur 30). De faalkans en het faalmechanisme van een dijk zijn afhankelijk van de kenmerken van de dijk en de waterstand die de dijk belast. De kans dat een zekere waterstand optreedt en de kans dat de dijk onder invloed van deze waterstand bezwijkt zijn vermenigvuldigd de kans dat een overstroming optreedt. Het instroomdebiet (wat de grootte van de overstroming bepaald) is afhankelijk van de grootte van de breuk (het faalmechanisme) en de druk die het water hierop heeft (de buitenwaterstand). Hoe de overstromingskenmerken het risico beïnvloeden is beschreven in de andere twee lagen.



Figuur 30: De componenten van risico die beïnvloed worden door preventiemaatregelen (Laag 1) componenten onder het component 'Instroomdebiet' staan in figuur 31 en 32

B 1.2 Ruimtelijke inrichting

De tweede laag van Meerlaagsveiligheid heeft invloed op het gevolg van een overstroming dit gevolg wordt bepaald door schade en slachtoffers (figuur 31). Op welke van de twee de bovenliggende componenten invloed hebben is te zien aan de kleur van de pijl.



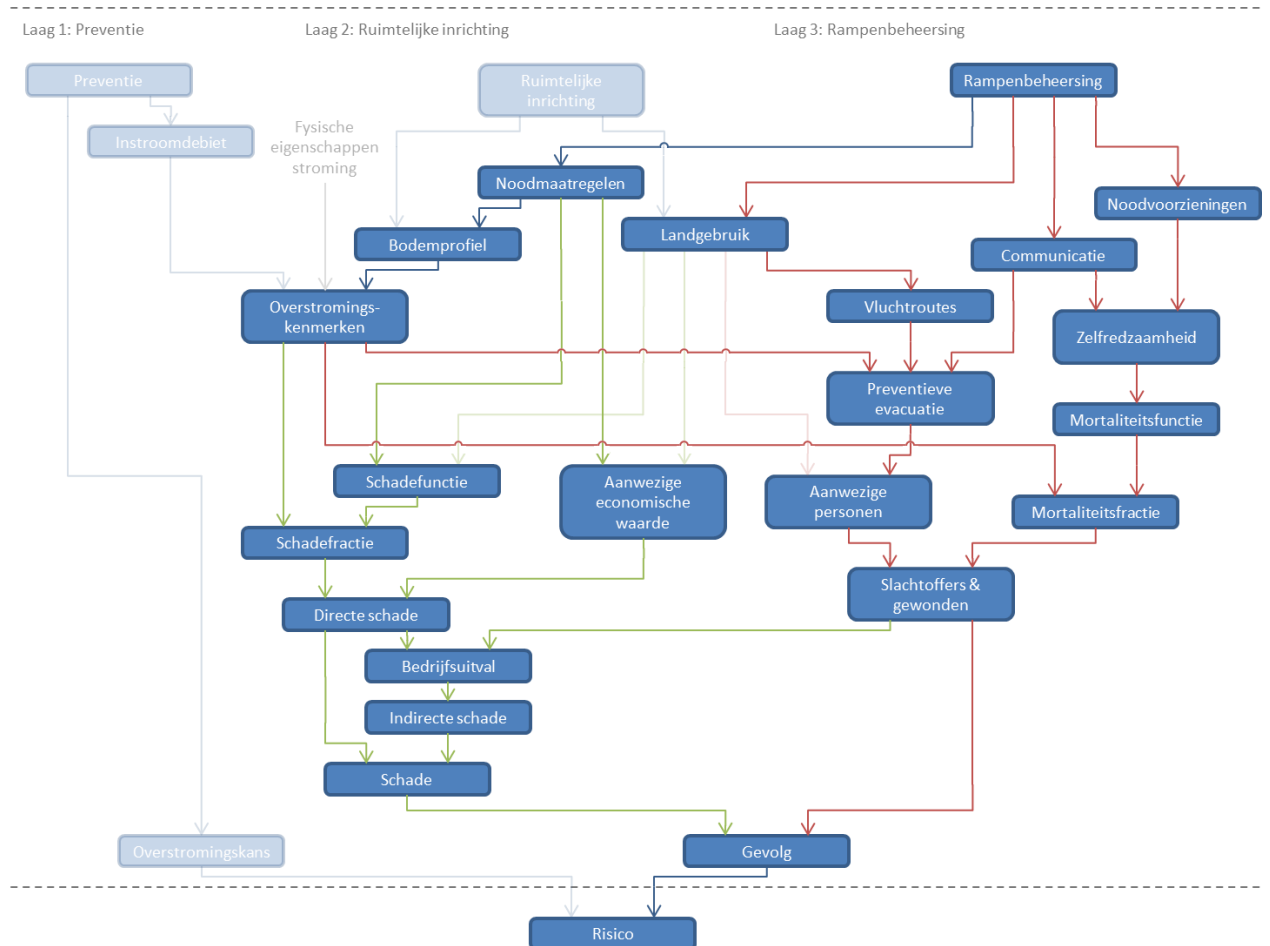
Figuur 31: De componenten van risico die beïnvloed worden door ruimtelijke-inrichtingsmaatregelen (Laag 2). Groene pijlen beïnvloeden schade en rode pijlen (voornamelijk) slachtoffers en gewonden

Maatregelen in de tweede laag kunnen ingrijpen op het bodemprofiel en op het landgebruik. De eerste is samen met het instroomdebiet en de fysische kenmerken van water bepalend hoe de overstroming zal verlopen. Door aanpassingen in het landgebruik kunnen meer of minder mensen en economische waarde in het gebied aanwezig zijn of kan de kwetsbaarheid van economische waarde via de schadefunctie veranderd worden. Indien landgebruikveranderingen de kwetsbaarheid van mensen veranderd is het geen tweedelaagsmaatregel maar een derdelaags. Een schadefunctie is een functie met overstromingskenmerken zoals stroomsnelheid, stijgsnelheid en waterdiepte als invoer en de schadefractie als uitvoer, de schadefractie is de fractie directe schade van de aanwezige economische waarde. Naast directe schade treedt ook indirecte schade op. Deze wordt veroorzaakt door bedrijfsuitval, de bedrijfsuitval wordt veroorzaakt door het wegvallen van personeel (slachtoffers en gewonden) en materieel (directe schade). De som van deze twee typen schade bepaalt de totale schade.

Zoals vermeld beïnvloed het landgebruik het aantal aanwezige personen (de hoeveelheid woon- en werkgelegenheid). Dit aantal personen vermenigvuldigd met de mortaliteitsfractie geeft het aantal slachtoffers en gewonden. De mortaliteitsfractie is net als de schade fractie het resultaat van de overstromingskenmerken, maar dan ingevuld in de mortaliteitsfunctie.

B 1.3 Rampenbeheersing

Ook maatregelen in de tweede laag van Meerlaagsveiligheid kunnen zowel invloed op de schade als het gevolg hebben (figuur 32). Hier zijn dezelfde pijlkleuren gebruikt. De invloed van maatregelen komt ook grotendeels overeen, de overeenkomsten zullen niet nogmaals beschreven worden.



Figuur 32: De componenten van risico die beïnvloed worden door rampenbeheersingsmaatregelen (Laag 3). Groene pijlen beïnvloeden schade en rode pijlen (voornamelijk) slachtoffers en gewonden

Voor rampenbestrijding zijn verschillende maatregelen denkbaar:

- Noodmaatregelen: hiermee wordt de loop van de overstroming veranderd, wordt economische waarde naar veilige grond verplaatst of wordt de kwetsbaarheid ervan tijdelijk veranderd;
- Landgebruikaanpassingen: dan worden vooraf vluchtroutes aangelegd zodat de preventieve evacuatie groter kan zijn en het aantal aanwezige personen gereduceerd kan worden;
- Communicatie; welke zich kan richten op de preventieve evacuatie en op de zelfredzaamheid, deze zelfredzaamheid kan mensen minder kwetsbaar maken voor bepaalde overstromingskarakteristieken, zodat de mortaliteitsfractie veranderd;
- Noodvoorzieningen: dit zijn hulpmiddelen voor mensen om dat wat ze geleerd hebben via de communicatie te kunnen praktiseren om de zelfredzaamheid te vergroten.

Bijlage 2 Onzekerheid

Bij de beoordeling van de onzekerheid in de componenten van risico zullen twee stappen beschreven worden. De eerste stap is de mate van onzekerheid, dit is de onzekerheid in dat specifieke component. Vervolgens zal de invloed van de onzekerheid op het risico, gegeven de onzekerheid in het component bepaald worden. De combinatie van de twee geeft inzicht in de relevantie van het component voor het bepalen van de onzekerheid in het risico. Aan het einde van §B 2.2 staan de figuren 33 en 34 zoals ze ook in de hoofdtekst staan met in het vak van het component de score voor onzekerheid op een vijfpuntskleurenschaal, rechtsboven het vakje de score voor de mate van onzekerheid en rechtsonder het vakje de score voor de invloed van onzekerheid.

B 2.1 Mate van onzekerheid

De mate van onzekerheid in de componenten wordt op een kwalitatieve driepuntsschaal weergegeven. Per laag van Meerlaagsveiligheid zullen de componenten worden toegelicht waarbij ruimtelijke inrichting en rampenbeheersing samengevoegd zijn vanwege de grote overlap in componenten.

B 2.1.1 Preventie

De onzekerheid in de hydraulische belasting is gemiddeld en bestaat uit de onzekerheid over het scenario dat zal optreden. Een scenario bestaat uit een set kansen en een set waterstanden in de tijd welke aan elkaar gekoppeld zijn. Bij het bepalen van de mate van onzekerheid is uitgegaan van een gegeven buitenwaterstand met een onzekere frequentie en een onzekere duur, dit kan ook omgedraaid worden door bijvoorbeeld bij een gegeven frequentie de onzekerheid in waterstand en duur te bepalen, dit zal ook andere resultaten opleveren.

De mate van deze onzekerheid in de frequentie is bestempeld als gemiddeld omdat de schaal waarover het kan variëren wel berekend kan worden aan de hand van goede modellen, maar deze variatie redelijk groot is. De onzekerheid in de duur van hoge buitenwaterstanden is beperkt, omdat de duur van een stormopzet sterk samenhangt met de hoogte van de opzet (deze laatste werd als gegeven gezien dus is de onzekerheid in de eerste klein) De Moel (De Moel, 2012) definieert hier voor locatie Ter Heijde voor de Zuid-Hollandse kust een duur van de storm van 35 uur met een standaardafwijking van 10 uur en een duur van de piek van 4 uur met een standaardafwijking van 1 uur.

De onzekerheid in de fysische kenmerken van de dijk is gemiddeld, veelal zijn dijken eeuwen oud en is de exacte samenstelling niet bekend, de meer recente lagen echter wel waardoor wel een beeld gevormd kan worden van de samenstelling maar toch nog onzekerheid bestaat over de exacte werking ervan tijdens een hoogwaterperiode. Verschillende faalmechanismen zorgen voor verschillende typen en groottes van bressen. Naar de exacte werking van verschillende faalmechanismen gegeven een bepaalde waterstand en samenstelling van de dijk wordt onderzoek gedaan in de LiveDijk projecten, door deze projecten zouden de onzekerheden over de kans van falen en het mechanisme verkleind kunnen worden, deze onzekerheden zijn vooralsnog als gemiddeld gekwalificeerd.

Indien de frequentie en de faalkans bekend zijn is er geen onzekerheid meer over de overstromingskans, deze is gelijk aan het product van beide. In de WV21-studie is berekend dat

de bandbreedte van overstromingskansen varieert van -60% tot +100% (Deltares, 2011), dit is dus het effect van de onzekerheid in de frequentie en de onzekerheid in de faalkans.

De onzekerheid in het instroomdebiet is klein, indien de bresgrootte en het waterstandsverloop bekend zijn, kan het debiet bepaald worden met uitgebreid gevalideerde hydraulische en hydrologische formules.

B 2.1.2 Ruimtelijke inrichting en rampenbeheersing

De onzekerheid in noodmaatregelen is gemiddeld, de werking van de maatregelen is immers bekend alleen de effectiviteit ervan is onzeker. Voor het bodemprofiel is de kwalificering beperkt gegeven omdat in het AHN op zeer gedetailleerd niveau is weergegeven wat de bodemhoogte is, de onzekerheid zit hier bijvoorbeeld in onzichtbare onderdoorgangen. De overstromingskenmerken stroomsnelheid, stijgsnelheid en waterdiepte zijn beperkt onzeker, door ontbrekende parameters als wind kunnen berekeningen foutieve voorspellingen geven, maar de modellen zijn goed gecalibreerd en gevalideerd waardoor deze onzekerheid niet groot is.

Het landgebruik is beperkt onzeker doordat in ruimtelijke plannen strikt is vastgelegd wat zich waar bevindt, deze informatie is op globaal niveau ook beschikbaar, detailgegevens over bijvoorbeeld het exacte product dat verbouwd wordt echter niet. Daarnaast zit de onzekerheid zit in de gevallen waarvoor de informatie niet beschikbaar is, bijvoorbeeld omdat ze vanwege de veiligheid afgeschermd zijn. De schadefractie is in grote mate onzeker, enerzijds omdat er natuurlijke variatie in zit, de ene keer zal een muur wel bezwijken en de andere keer niet of een oogst wel te redden of juist niet, anderzijds ligt het aan de onwetendheid van prijzen van herstel bij een dergelijke omvang. De schadefractie is een rekenkundige bewerking, er zit geen onzekerheid in de som indien de overstromingskenmerken en de schadefunctie bekend zijn, maar er zit wel onzekerheid in de vraag of de parameters stijgsnelheid, stroomsnelheid en waterdiepte genoeg invoer in de schadefunctie is om de schadefractie te bepalen, daarom heeft de schadefractie een beperkte onzekerheid. De aanwezige economische waarde heeft een beperkte onzekerheid indien het landgebruik en de noodmaatregelen bekend zijn, de enige onzekerheid zit in de onbekende prijzen bij een ramp op een dergelijk niveau. De directe schade is een rekenkundige bewerking, en per definitie het product van de fractie en de aanwezige waarde en heeft daarom geen onzekerheid. De vluchtroutes zijn beperkt onzeker, de vooraf bepaalde routes zullen daadwerkelijk aanwezig zijn op het moment van een ramp, omdat deze vastgelegd zullen zijn in bestemmingsplannen.

Of de communicatie plaatsvindt op de wijze waarop dit bedoeld was is gemiddeld onzeker. In preventieve communicatie is het sterk afhankelijk van het medium dat gekozen wordt, het bereik van flyers is bijvoorbeeld veel slechter meetbaar dan dat van bijeenkomsten. De communicatie tijdens of vlak voor rampen is onzeker doordat niet bekend is of de gekozen media nog beschikbaar zijn vanwege uitval van zend- (masten, sireneauto's) en ontvangsttoestellen (tv, radio, telefoon). De preventieve evacuatie is gemiddeld onzeker, de onzekerheid zit in de bereidheid van bewoners om te vertrekken, daarnaast is de onzekerheid in de drie belangrijkste elementen (Maaskant, Kolen, Jongejan, Jonkman, & Kok, 2009) in het evacuatieproces van belang: detectie en erkenning van de dreiging, organisatie- en strategiekeuze en uitvoering van de evacuatie. Deze factoren kunnen wel variëren maar de schaal is beperkt waardoor de totale

onzekerheid gemiddeld is. Het aantal aanwezige personen is beperkt onzeker doordat het aantal personen dat op een zeker moment gebruikt maakt van een functie varieert, het is afhankelijk van het tijdstip (dag of nacht), maar over het gehele gebied niet sterk zal variëren, 's nachts zullen er waarschijnlijk meer mensen thuis zijn, maar niet op hun werk, het totaal is echter bij benadering gelijk, omdat het aantal mensen dat verplaatst over de grens van wel getroffen naar niet getroffen klein is.

De onzekerheid in de beschikbaarheid van noodvoorzieningen is klein, indien deze voorzieningen verspreid of aangebracht zijn zullen ze er ook zijn op het moment van de overstroming, de onzekerheid in het functioneren ervan zal ook klein zijn omdat ze specifiek gemaakt zijn voor dergelijke situaties. De onzekerheid in zelfredzaamheid is groot, of mensen weten om te gaan met de noodvoorzieningen en de communicatie weten om te zetten in bekwaamheid is zeer onzeker. De mortaliteitsfunctie is gemiddeld onzeker, er zit natuurlijke variatie in doordat deze afhankelijk is van het tijdstip, maar ook is er statistische onzekerheid omdat de zelfde persoon de ene keer wel bij een zekere waterdiepte om zal komen maar de andere keer niet. De mortaliteitsfractie is net als de schade fractie geen onzekerheid in de som, maar wel een beperkte onzekerheid in de compleetheid van de berekening. Het aantal slachtoffers en gewonden heeft geen onzekerheid, omdat het per definitie het resultaat van een rekenkundige bewerking is op basis van de aanwezige personen en de mortaliteitsfractie.

De bedrijfsuitval heeft een grote onzekerheid, deze is sterk afhankelijk van het op gang komen van hulp en de aard en grootte van het bedrijf en het aantal uitstaande orders. De indirecte schade is volledig onzeker, niemand is in staat het ongelofelijk complexe sociaaleconomische systeem van een gebied en zijn omgeving te doorgronden en aan te geven welke gevolgen een overstroming zal hebben op deze omgeving. De schade heeft bij een zekere directe schade en zekere indirecte schade geen onzekerheid dit is per definitie de som van deze twee. Het gevolg heeft een beperkte onzekerheid omdat het de som is van de schade en de slachtoffers en gewonden, welke allebei bepaald zijn. Tenzij er nog meer gevolgen zijn zoals bijvoorbeeld trauma's. Het risico is gedefinieerd als kans maal gevolg en heeft daarom ook geen onzekerheid.

B 2.2 Invloed van onzekerheid

Het doorwerken van onzekerheid van verschillende componenten in het risico is, indien alle waarden en verbanden kwantitatief zijn te bepalen, eenvoudig te berekenen. In dit geval is dat echter niet het geval vanwege het kwalitatieve aspect van de componenten. Om deze reden zal ook hier gebruik gemaakt worden van een driepuntsschaal van grote invloed, gemiddelde invloed en beperkte invloed.

B 2.2.1 Preventie

De invloed van de optredende hydraulische belasting heeft een grote invloed op het risico, onzekerheid in de frequentie dan wel de buitenwaterstand zal direct beïnvloedt worden welke zelf ook grote invloed hebben op de onzekerheid in het risico. De onzekerheid in frequentie heeft een één op één invloed op de onzekerheid in overstromingskans, omdat deze vermenigvuldigd wordt met de faalkans. De buitenwaterstand beïnvloedt verschillende componenten direct, welke allemaal deels van invloed zijn op verschillende componenten. Indien een hoogwatergolf langer zal duren, zal deze de faalkans vergroten, het faalproces versnellen en het instroomdebiet

evenredig vergroten. De verschillende invloeden zorgen ervoor dat de totale invloed van de onzekerheid in de buitenwaterstand groot is.

De fysische kenmerken van de dijk zijn sterk bepalend voor de kansen van de verschillende faalmechanismen, ook wordt de onzekerheid in de werking van alle faalmechanismen groter indien de kenmerken van de dijk onzeker zijn. De invloed van de fysische kenmerken is dus groot. De invloed van onzekerheid in de faalkans is gemiddeld, omdat de kans op een specifiek faalmechanisme beschreven wordt. Deze is van gemiddelde invloed op het risico, omdat de kansen op de andere faalmechanismen ook invloed hebben. Hier had ook een grote invloed kunnen staan voor de som van de kansen, maar dan had bij de 'mate van onzekerheid' 'beperkt' moeten staan omdat de onzekerheden elkaar uit zouden middelen, hiervoor is niet gekozen. De overstromingskans is direct gekoppeld aan het risico. De onzekerheid erin heeft dus een grote invloed op de onzekerheid in het risico. De onzekerheid in het faalmechanisme heeft een beperkte invloed, het faalmechanisme heeft namelijk alleen invloed op het instroomdebiet, maar is hier wel bepalend in. Het instroomdebiet is een van de componenten die van invloed is op de overstromingskenmerken, de onzekerheid hierin werkt direct door in het overstromingsrisico en heeft daarom ook een grote invloed op het risico.

B 2.2.2 Ruimtelijke inrichting en rampenbeheersing

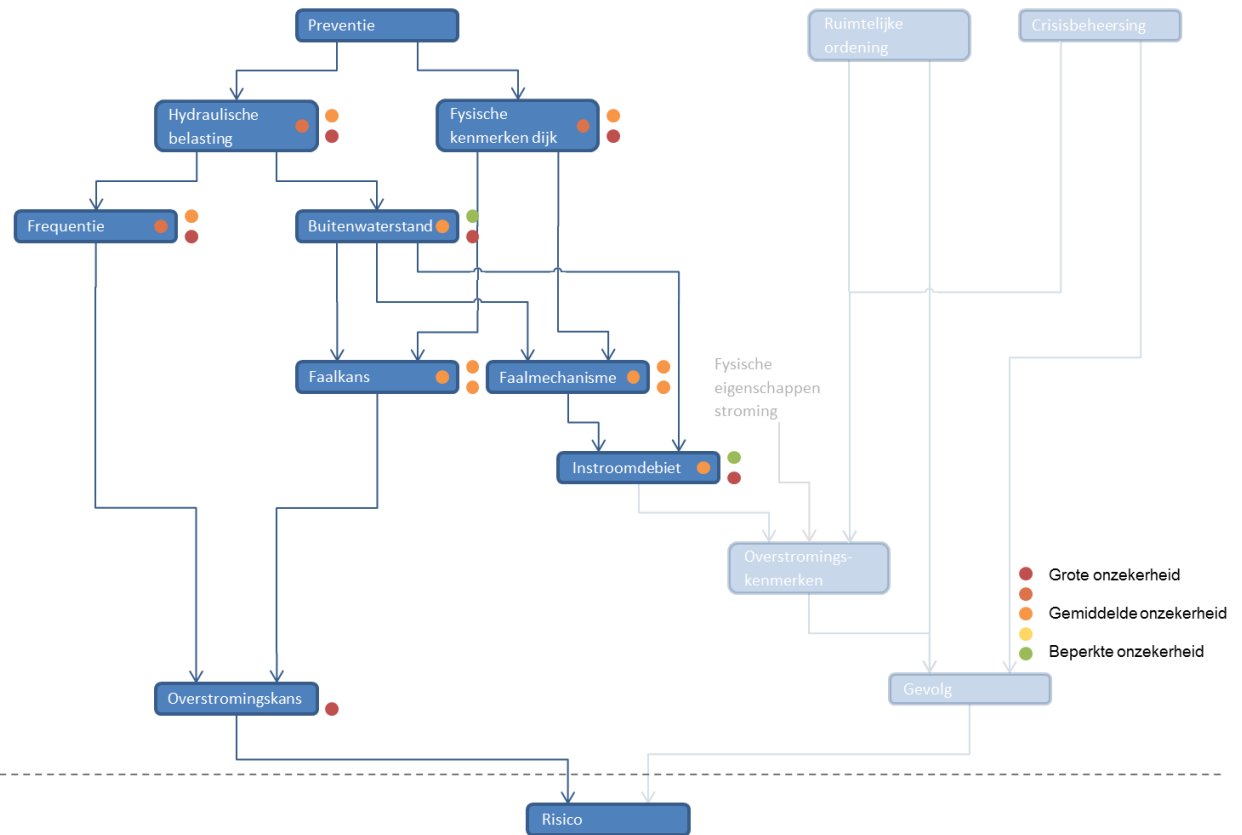
De onzekerheid in noodmaatregelen zal beperkt van invloed zijn op het risico, het grijpt wel op verschillende componenten aan, maar per maatregel wordt maar één component beïnvloedt, daarnaast wordt dit component maar ten dele beïnvloedt waardoor het effect uitdooft. Een voorbeeld hiervan is de onzekerheid in de werking van nooddijken, deze beïnvloeden alleen het bodemprofiel en ook maar een klein stukje ervan, mochten ze toch niet werken loopt alleen het betreffende stukje onder en is de schade niet enorm veel groter. Het bodemprofiel heeft een gemiddelde invloed op het risico, het is een redelijk bepalende factor in de onzekerheid in de overstromingskenmerken (welke op grote delen van het systeem grote invloed heeft) maar beïnvloed verder niets. De overstromingskenmerken zijn dus wel van grote invloed, ze beïnvloeden zowel schade als slachtoffers en zijn hierin ook bepalend.

Het landgebruik grijpt ook op verschillende manieren in op het systeem, de onzekerheid hierin zal dan ook grote invloed hebben op het risico, via zowel de schade als slachtoffers. De schadefunctie is van gemiddelde invloed, de onzekerheid erin werkt één op één door in de directe schade en daarmee ook bijna één op één in de totale schade, de directe schade is immers ook zeer bepalend voor de indirecte schade. Voor de schadefractie, de aanwezige economische waarde en de directe schade geldt hetzelfde als voor de schadefunctie en zijn dus ook gemiddeld van invloed. Vluchtroutes zijn beperkt van invloed, net als noodmaatregelen hebben beïnvloeden ze maar een deel van het systeem, in dit geval een deel van de preventieve evacuatie wat weer een deel beïnvloedt van de aanwezige personen.

Communicatie heeft net als vluchtroutes maar voor een deel invloed op preventieve evacuatie, daarnaast heeft het nog voor een deel invloed op de zelfredzaamheid welke ook slechts deels van invloed is op onderliggende componenten, de invloed is dan ook beperkt. Preventieve evacuatie is zoals gezegd slechts deels van invloed op het aantal aanwezige personen, bijvoorbeeld bij een evacuatiepercentage van 40% geeft een onzekerheid van 10% (4%-punten) een onzekerheid van

7,3% in het aantal aanwezige personen op (4%-punt van 60%). De onzekerheid in het aantal aanwezige personen werkt één op één door in de onzekerheid in slachtoffers en gewonden, en heeft dus een gemiddelde invloed.

De invloed van onzekerheid in noodvoorzieningen en zelfredzaamheid is beperkt om dezelfde reden als communicatie en vluchtroutes. Deze componenten zijn niet één op één van invloed op de onderliggende componenten, omdat zelfredzaamheid maar een beperkte invloed heeft op de mortaliteitsfunctie. Deze functie wordt voornamelijk bepaald door algemene, niet aanpasbare kenmerken van mensen. De onzekerheid in mortaliteitsfunctie en -fractie zijn wel één op één van invloed op de slachtoffers en gewonden en hebben daarom een gemiddelde invloed. De onzekerheid in slachtoffers en gewonden werkt niet één op één door in de onzekerheid in gevolg, aangezien gevolg ook bestaat uit schade, het is niet eenduidig te zeggen in welke mate welke bijdraagt, hier is uitgegaan van een vergelijkbare bijdrage en is de invloed gemiddeld bevonden. Onzekerheid in bedrijfsuitval draagt één op één bij in de onzekerheid in indirecte schade welke bijna één op één bijdraagt aan de onzekerheid in totale schade omdat dit zo sterk bepalend is voor de totale schade, deze zijn allebei dan ook gemiddeld van invloed op de onzekerheid in het risico. Voor schade geldt het zelfde als voor slachtoffers en gewonden, en heeft dus een zelfde invloed: gemiddeld. Het gevolg is van grote invloed op het risico, dus de onzekerheid werkt één op één door.

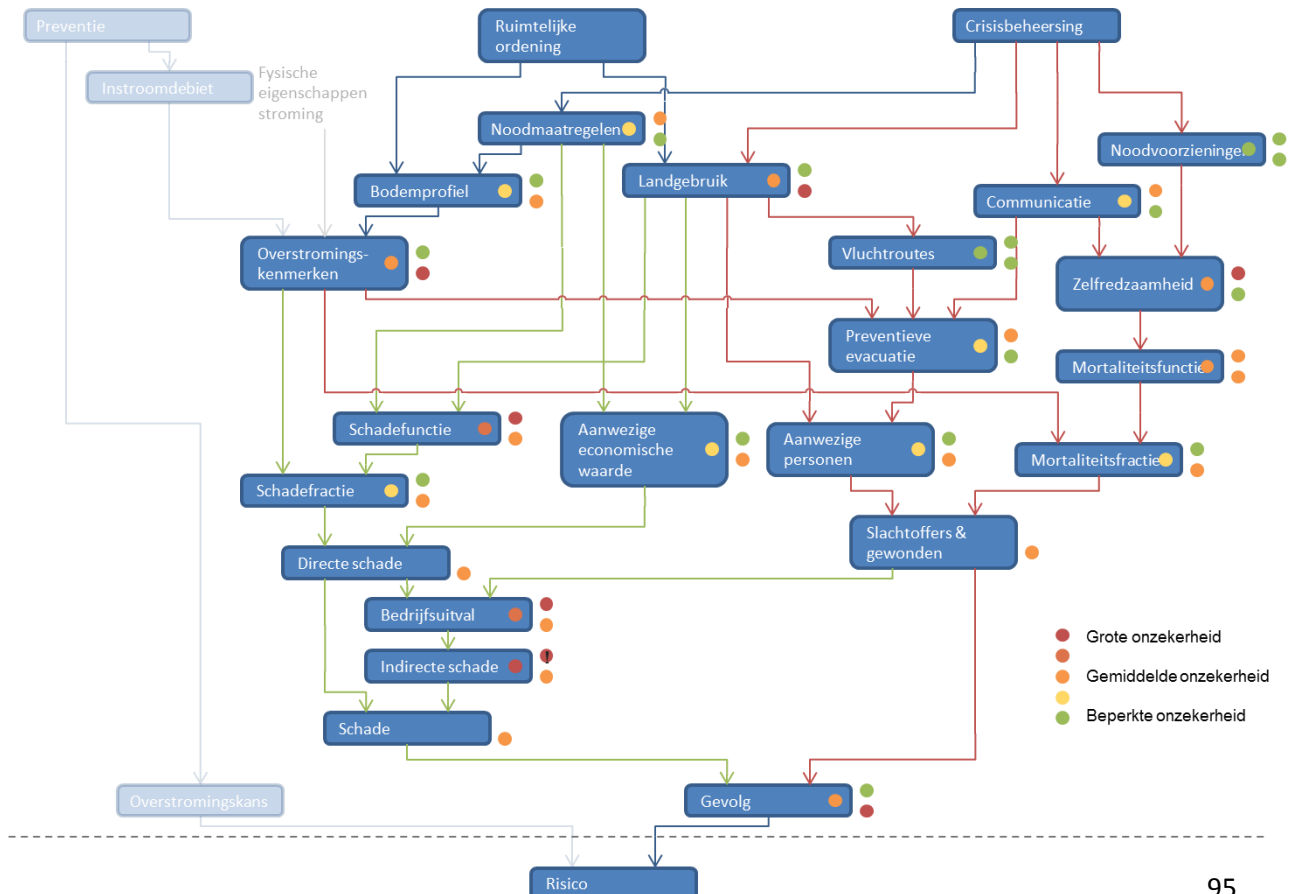


Figuur 33: Onzekerheid in de componenten van risico die beïnvloed worden door Laag 1

In de cel van het component is de onzekerheid weergegeven

Deze is opgebouwd uit de mate van onzekerheid in het component (rechts boven de cel)

En de invloed van deze onzekerheid op de onzekerheid in het risico (rechts onder de cel)



Figuur 34: Onzekerheid in de componenten van risico die beïnvloed worden door Laag 2 en Laag 3

In de cel van het component is de onzekerheid weergegeven

Deze is opgebouwd uit de mate van onzekerheid in het component (rechts boven de cel)

En de invloed van deze onzekerheid op de onzekerheid in het risico (rechts onder de cel)

B 2.3 Gecombineerde onzekerheid

Om een beeld te krijgen van de onzekerheid die elk component heeft op de onzekerheid in het risico worden de mate en invloed van de onzekerheid gecombineerd, hierbij zijn de stappen tussen beperkt en gemiddeld en tussen gemiddeld en groot even groot verondersteld waardoor de beoordeling op een vijfpuntsschaal gedaan wordt. Indien alle gecombineerde onzekerheden bij elkaar genomen worden is de totale onzekerheid in het risico bekend.

Op deze manier kunnen ook onzekerheden in verschillende delen van het model met elkaar vergeleken worden, waardoor gemakkelijker een vergelijking gemaakt kan worden met andere studies. De Moel (De Moel, 2012) heeft hier onderzoek naar gedaan en kwam tot een rangschikking van 6 door hem onderzochte parameters voor dijkringgebieden met lange herhalingstijden, hierbij richtte hij zich op de directe schade:

1. Onzekerheid in de kans – effect van de maatregel op mate van onzekerheid in de kans op de maatgevende waterstand
2. Onzekerheid in de schadeberekening (m.n. schadecurves) - effect van de maatregel op mate van onzekerheid in de berekening van de schade met schadecurves, mortaliteit, evacuatie, noodmaatregelen
3. Onzekerheid in de hoogwatercondities (m.n. duur) - effect van de maatregel op mate van onzekerheid in vorm, duur, locaties, etc.
4. Onzekerheid in de bresgroei - effect van de maatregel op mate van onzekerheid in de bresgroei, faalkans, faalmechanisme
5. Onzekerheid in de schatting van waterdieptes - effect van de maatregel op mate van onzekerheid in water diepte door bodemprofiel (bodemdaling) en overstromingswijze
6. Onzekerheid in de landgebruiks-informatie - effect van de maatregel op mate van onzekerheid in type bebouwing en ontwikkeling daarin

Tabel 18: Vergelijking tussen onzekerheden zoals ze in deze studie bepaald zijn en in de studie van De Moel (2012). Onzekerheden hoger in rang volgens De Moel zouden roder en/of meer stippen moeten krijgen in deze studie. De stippen zijn overgenomen uit figuur 32, 33 en 34 van de genoemde componenten, dit zijn de componenten die hetzelfde betekenen als de onzekerheden gedefinieerd door De Moel

Ranking De Moel (2012)	Naam	Toegekende onzekerheid	Componenten
1	Kans	● ●	Frequentie en faalkans
2	Schadeberekening	● ● ●	Schadefunctie, schadefractie en aanwezige economische waarde
3	Hoogwatercondities	●	Buitenwaterstand
4	Bresgroei	● (Deels, alleen bresgroei)	Faalmechanisme
5	Waterdieptes	● ● (Deels, alleen schade)	Overstromingskenmerken en bodemprofiel
6	Landgebruiks-informatie	● (Deels, alleen schade)	Landgebruik

In tabel 18 is de rangschikking van De Moel vergeleken met de indeling in dit onderzoek. Hiervoor zijn de componenten gezocht die de onzekerheden van De Moel beschrijven. Voor deze componenten is de kleurenscore weergegeven. De onzekerheden met een hogere ranking zouden dan meer en/of donkerdere bolletjes moeten hebben. Er is te zien dat de onzekerheidsrangschikking vergelijkbaar is met die van De Moel, maar aan de componenten aan de gevolgzijde zijn grotere onzekerheden toegekend omdat in dit onderzoek ook de slachtoffers en gewonden beschouwd worden.

Bijlage 3 Geleidelijkheid

In het aspect robuustheid is één van de criteria geleidelijkheid. Het doel van dit criterium is een kwantitatieve waarde verkrijgen voor de mate waarin er grote sprongen zitten in de reactiecurve. Indien er grote sprongen in deze curve zitten zullen de gevolgen in het gebied veel groter of juist kleiner zijn indien de werkelijkheid niet exact overeen komt met de modellering: het systeem is niet in staat om te gaan met onzekerheden en dus niet robuust.

In deze bijlage zal eerst de maat zoals gebruikt in Mens (Mens, 2012) toegelicht worden. Vervolgens worden een aantal alternatieven aangedragen, hierbij worden per alternatief een aantal curves bekeken die volgens het alternatief dezelfde score zouden krijgen, maar waar de score zou moeten verschillen in werkelijkheid. Dit heeft verschillende oorzaken (tabel 19). Tot slot zal een conclusie getrokken worden over de maat die in deze studie gebruikt zal worden.

Tabel 19: Pluspunten van maten voor geleidelijkheid

	Lokaal verloop	Spreiding sprongen	Grootte sprongen	Verticale sprong weegt zwaarder dan horizontale	Ongevoelig voor locatie op x-as	Onafhankelijk van opdeling
Graduality					V	V
Gini	V				V	V
Kwadraten	V		V	V	V	
Afwijking		V	V			V
2 ^e afgeleide				V	V	

In de tabel zijn de vijf voorstellen voor maten voor geleidelijkheid weergegeven, en zijn een aantal aspecten benoemd die de maat zou moeten meenemen. Met 'V's is aangegeven of dit het geval is voor de betreffende maat.

B 3.1 Graduality

In Mens (Mens, 2012) is geleidelijkheid uitgedrukt als graduality. De formule van deze maat is (naar: (De Bruijn, 2005)):

$$Graduality = 1 - \frac{1}{2} \sum_{n=1}^N \left| \frac{\Delta B_n}{B_{max} - B_{min}} \frac{\Delta S_n}{S_{max} - S_{min}} \right|$$

Waarbij:

N = stappen

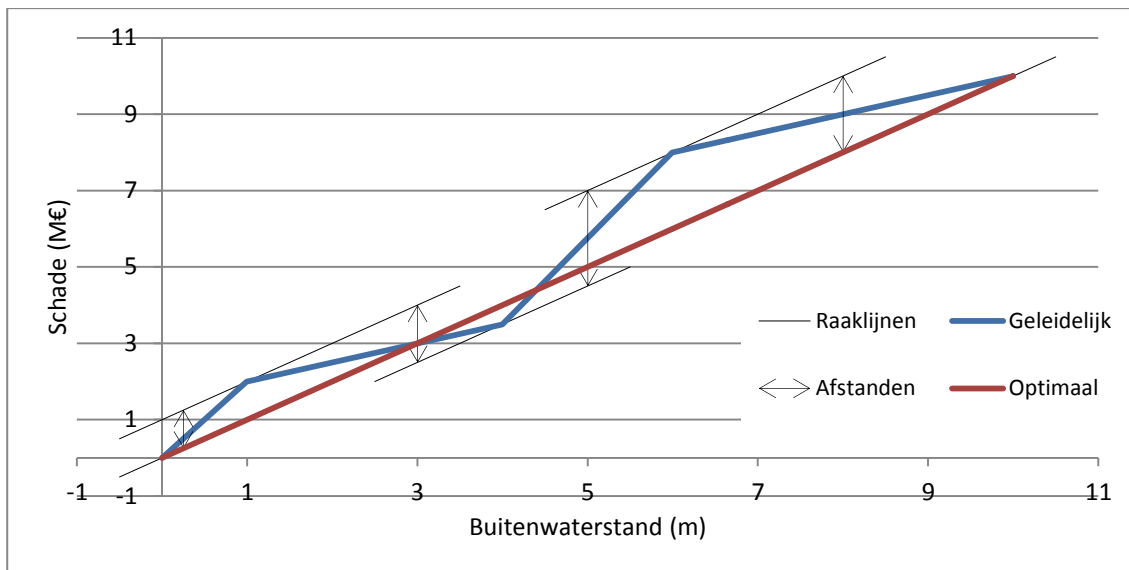
ΔB_n = verandering in buitenwaterstand voor stap n ($= B_n - B_{n-1}$) in deze studie is gerekend met waterstanden in plaats van piekafvoeren zoals in Mens (2012) in de casus is gerekend met herhalingstijden

ΔS_n = verandering in schade voor stap n ($= S_n - S_{n-1}$)

$B_{max}-B_{min}$ = verschil tussen maximale buitenwaterstand en minimale buitenwaterstand in het rekenbereik

$S_{max}-S_{min}$ = verschil tussen maximale schade en minimale schade in het rekenbereik ($S_{min}=0$)

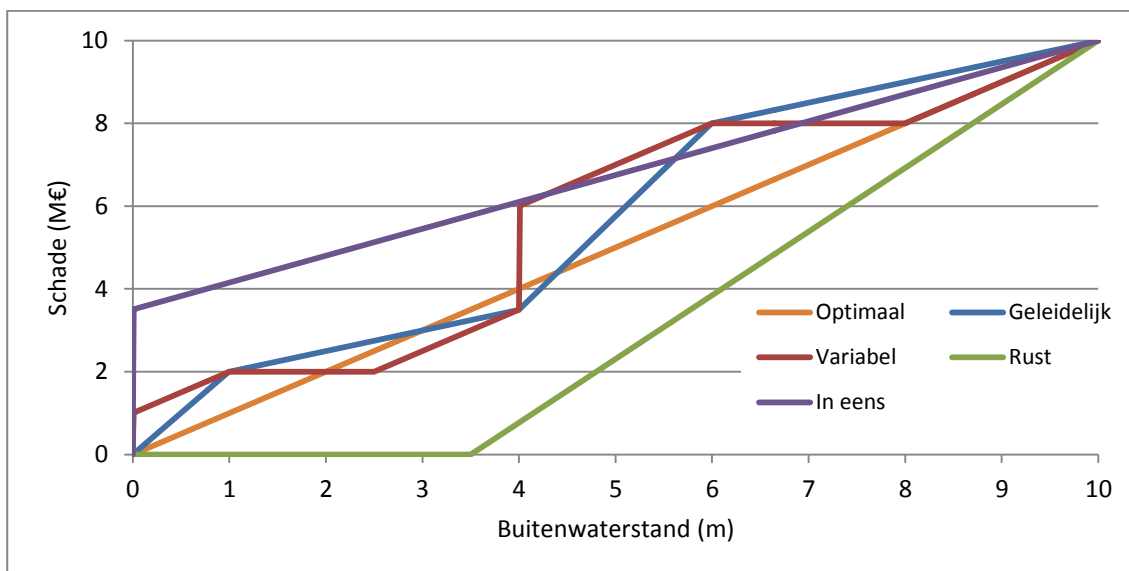
Dit is een maat voor de som van de verticale afstanden tussen de raaklijnen van de reactiecurve op twee opeenvolgende punten waar de curve een richtingscoëfficiënt van 1 heeft. In figuur 35 zijn deze afstanden weergegeven met pijlen.



Figuur 35: Een fictieve reactiecurve waarin de som van de lengtes van de pijlen omgekeerd evenredig is met de score voor graduality

De eerste beperking van deze maat is dat het lokaal verloop niet uitmaakt. De curves in figuur 36 hebben allen een gradualitycoëfficiënt van 0,65 (behalve “Optimaal”). De curve “Variabel” en de curve “Geleidelijk” hebben dezelfde uitersten, terwijl de eerste veel minder geleidelijk verloopt dan de tweede.

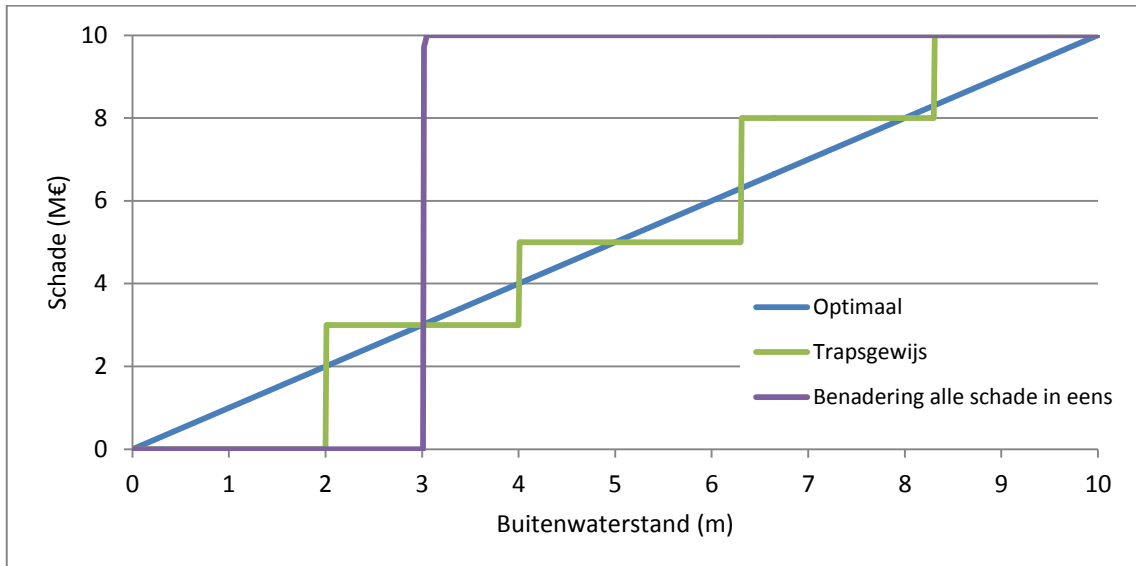
Ten tweede hebben de curves ‘In eens’ en ‘Rust’ dezelfde waarde, terwijl ‘Rust’ zeer geleidelijk verloopt (nergens neemt de hoeveelheid schade sterk toe) terwijl ‘In eens’ een zeer steile toename heeft in het begin en dus niet geleidelijk is: verticale sprongen wegen even zwaar als horizontale sprongen.



Figuur 36: 4 curves met gelijke scores, en de curve 'Optimaal' met de score 0. Het lokale verschil tussen 'Variabel' en 'Geleidelijk' wordt niet meegenomen en de horizontale sprong van 'Rust' werkt even sterk als de verticale van 'In eens'

Een derde beperking van deze methode is dat de spreiding van de verschillende sprongen ten opzichte van elkaar en de grootte van deze sprongen niet wordt meegenomen. In een extreem voorbeeld betekent dit dat twee gevallen waarbij de schade in 4 stappen optreedt dezelfde

waarde krijgen (figuur 37). In het ene geval kan deze schade in redelijk gelijke stappen en gelijk verdeeld over de waterstanden plaatsvinden ('Trapsgewijs') en in het andere geval vrijwel allemaal in één stap en direct gevolgd door drie kleine stapjes ('Benadering van alle schade ineens').



Figuur 37: 2 curves met gelijke scores, en de curve 'Optimaal' met score 0. De spreiding van de stappen wordt niet meegenomen

B 3.2 Gini-coëfficiënten

In de economie wordt als maat voor ongelijkheid in inkomensverdelingen de Gini-coëfficiënt gebruikt. Deze coëfficiënt heeft de volgende formule:

$$Gini = 1 - \sum_{k=0}^{k=N-1} (X_{k+1} - X_k)(Y_{k+1} + Y_k)$$

Met:

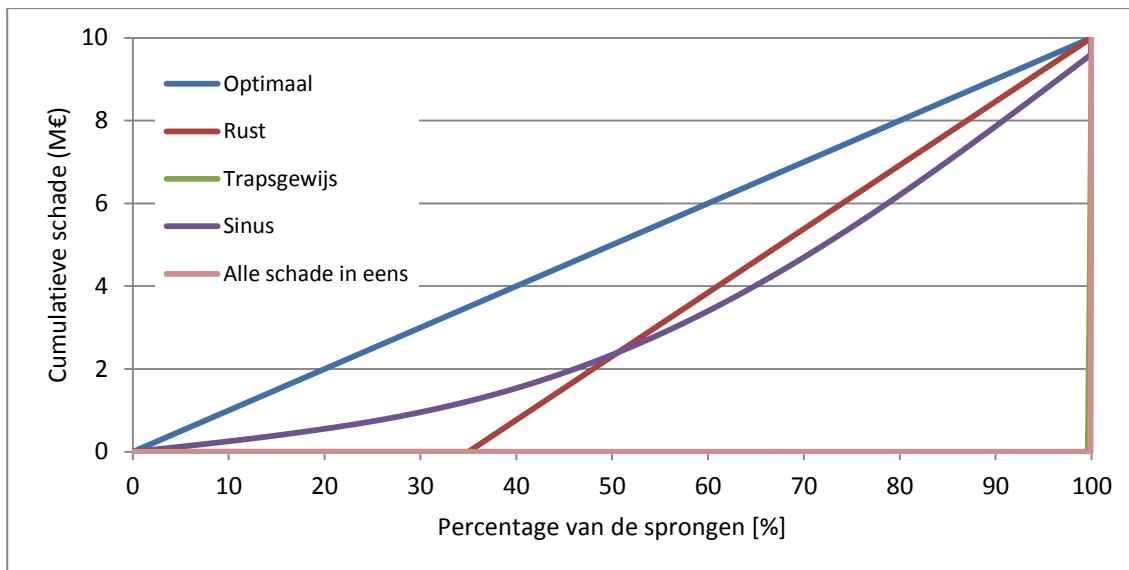
N = het aantal stappen

X_k = de fractie van alle stappen met een lagere schade dan Y_k

Y_k = de fractie van de totale schade

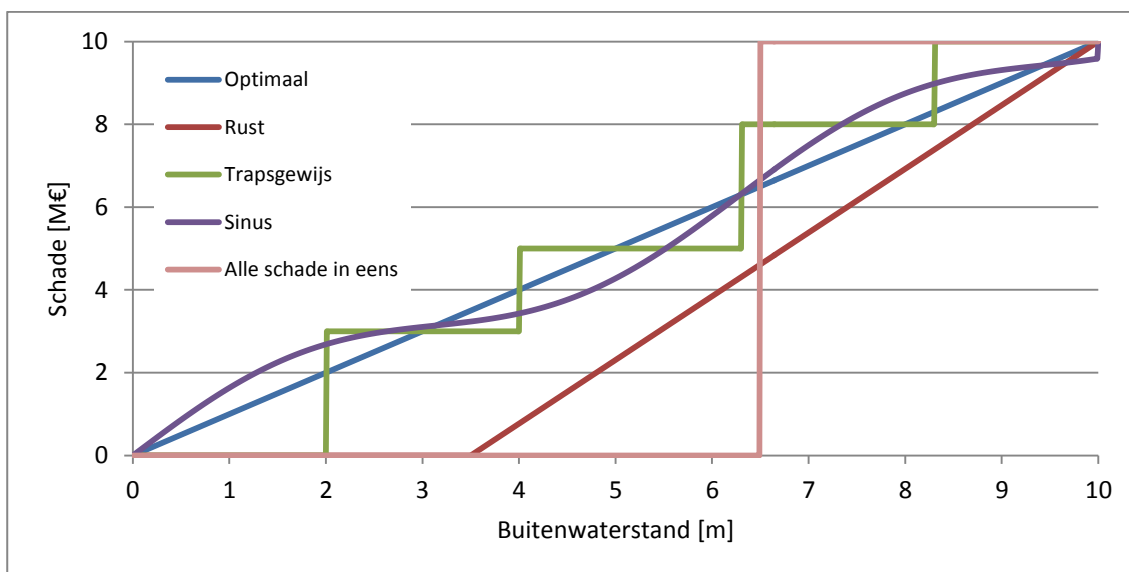
Hierbij worden de schades op volgorde van grootte gecumuleerd van klein naar groot en uitgezet in een grafiek (figuur 38), vervolgens wordt het verschil bepaald tussen de oppervlakte onder deze grafiek en de oppervlakte onder de grafiek van de perfect geleidelijke curve ('Optimaal'), hoe groter het verschil is hoe minder geleidelijk de curve is.

In deze methode wordt het lokale verloop van de schade tussen omslagpunten ook meegenomen maar blijft het onderscheid tussen een curve met gelijk verdeelde stappen en snel op elkaar volgende stappen onzichtbaar, de sprongen worden immers niet op basis van de locatie ten opzichte van anderen gecumuleerd maar op basis van de grootte ('Trapsgewijs' en 'Alle schade in eens' vallen samen).



Figuur 38: De cumulatieven van de curves uit figuur 39. 'Trapsgewijs valt samen met 'Alle schade ineens'

De Bruijn (De Bruijn, 2005) noemt als nadeel van deze methode dat indien geen schade optreedt bij lage afvoeren ook hogere waarden beïnvloed worden en kiest daarom voor de hierboven beschreven maat voor graduality, dit is echter bij beide methoden het geval, zoals beschreven bij graduality voor de gevallen 'Rust' en 'In eens' hier bij Gini hebben 'Rust' en 'Sinus' dezelfde waarde.



Figuur 39: 2 keer 2 curves met gelijke scores en de curve 'Optimaal' met de score 0. 'Rust' en 'Sinus' hebben een lage score en 'Trapsgewijs' en 'Alle schade ineens' een hoge

B 3.3 Kwadraten

In de hierboven beschreven maten zijn de verschillen in spronggrootte steeds niet zichtbaar. Door de som te nemen van de gekwadrateerde spronggroottes is dit wel inzichtelijk te maken. De grote sprongen worden immers meer uitvergroot dan de kleine. De formule voor deze methode is:

$$Kwadraat = \frac{\sum_{n=1}^N (\Delta S_n)^2}{S_{max}^2}$$

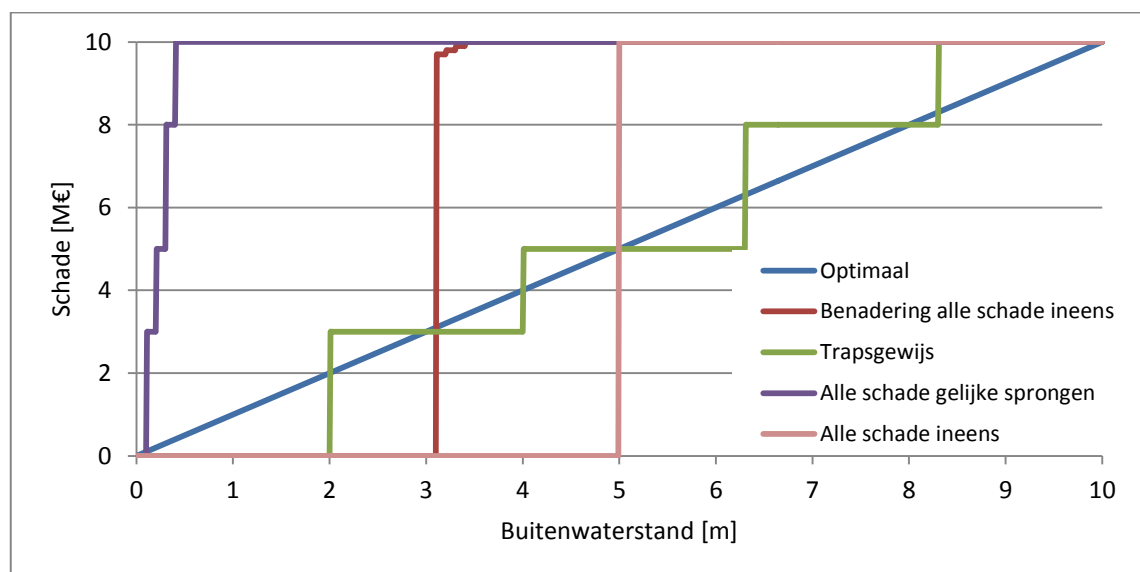
Met:

N=het aantal stappen

ΔS_n =de verandering in schade in stap n

S_{max} =de maximale schade

In het voorbeeld in figuur 40 zijn 4 trapsgewijze curves getekend. Hieruit wordt duidelijk dat de spronggrootte wel zichtbaar wordt maar de spreiding niet. De curves 'Alle schade ineens' en 'Benadering alle schade ineens' zouden een score van 1 moeten krijgen, maar doordat de spreiding niet weergegeven wordt scoort 'Alle schade gelijke stappen' niet hetzelfde, maar juist als 'Trapsgewijs', namelijk 0,26. De spronggrootte wordt dus wel meegenomen maar de spreiding niet.



Figuur 40: 2 keer 2 curves met gelijke scores, en de curve 'Optimaal' met de score 0. 'Trapsgewijs' en 'Alle schade gelijke sprongen' hebben een lage score en 'Benadering alle schade ineens' en 'Alle schade ineens' een hoge

Daarnaast is deze methode beïnvloedbaar door de opdeling van de curve, als de horizontale as namelijk niet in 1000 maar in 25 stukjes was opgedeeld was niet meer zichtbaar dat 'Alle schade gelijke stappen' uit 4 sprongen bestond en had deze wel dezelfde score als 'Alle schade ineens' gekregen, deze willekeur is niet wenselijk.

B 3.4 Absolute afwijking

Een methode om ook de spreiding van de schadestappen over de waterstanden mee te nemen is het sommeren van de absolute waarden van de afwijkingen van de optimale curve. Dit is een maat voor de oppervlakte van het gebied tussen de berekende curve en de optimale curve. In

plaats van de absolute waarde van de afwijking kan ook het kwadraat genomen worden, dan tellen grote afwijkingen zwaarder mee, dat is in deze studie niet gedaan.

De gebruikte formule is:

$$Afwijking = \frac{\sum_{n=1}^N |S_n - S_{n,opt}|}{(N - 1) \cdot S_{max}^2}$$

Met:

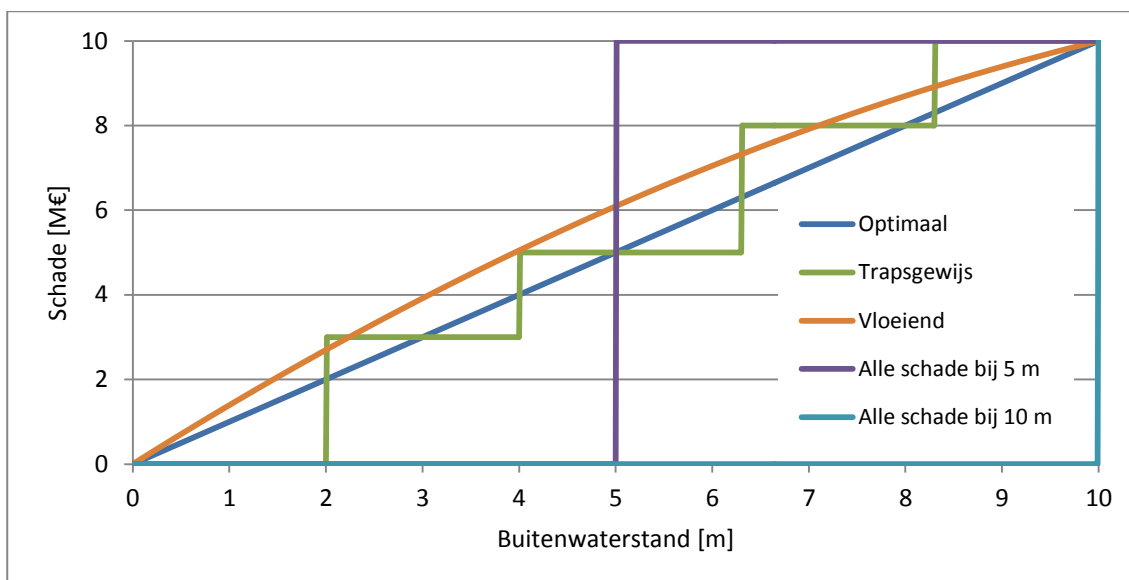
N=het aantal stappen

S_n =de schade in stap n

$S_{n,opt}$ =de schade bij een optimaal geleidelijke curve in stap n

S_{max} =de maximale schade

Bij deze methode wordt voorbij gegaan aan het feit dat een curve zeer geleidelijk kan verlopen op een zekere afstand van de optimale curve maar ook erg grillig kan verlopen zonder ver af te wijken van het optimale. Het lokale verloop van de curve wordt niet bekeken, zie figuur 41 waarin “Vloeiend” en “Trapsgewijs” dezelfde afwijking hebben maar “Vloeiend” beduidend geleidelijker is.



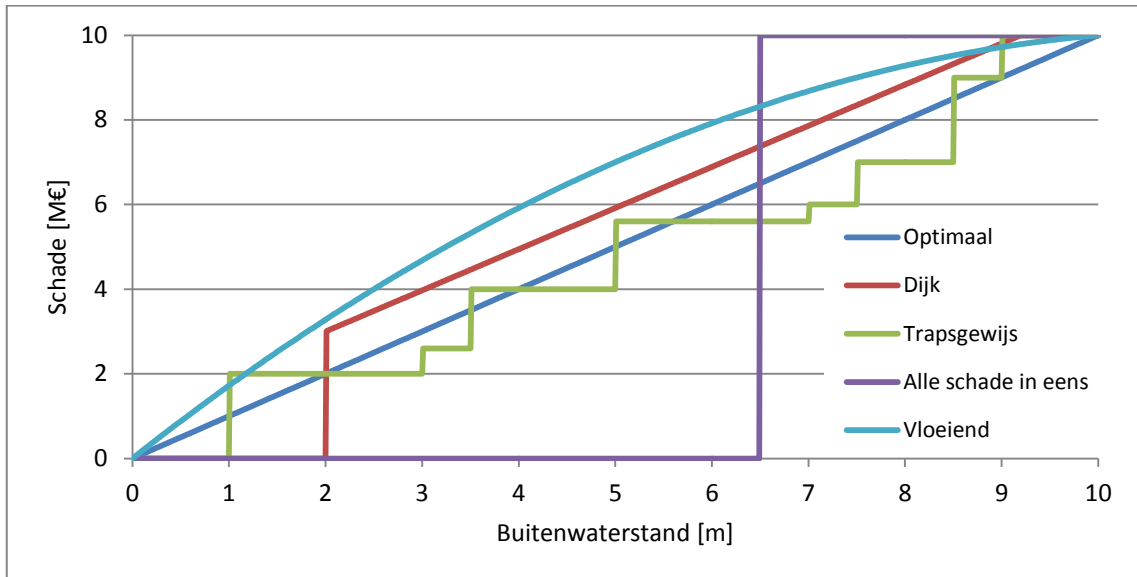
Figuur 41: 2 curves met gelijke scores, de curve 'Optimaal' met de score 0 en de curve 'Alle schade bij 5 m' die een lagere score heeft dan 'Alle schade bij 10 m'. 'Trapsgewijs' en 'Vloeiend' hebben een gelijke score

Als tweede nadeel heeft deze methode dat horizontale sprongen even zwaar tellen als verticale, net als bij Graduality, verder is de methode gevoelig voor de locatie van de sprong op de horizontale as. Als alle schade ineens optreedt bij 5 meter wordt de waarde bepaald door de oppervlakte van twee driehoeken: die met hoekpunten [0,0];[0,5];[5,5] en die met hoekpunten [5,5];[10,10];[5,10]. Deze oppervlakte is kleiner dan wanneer de schade bij 10 meter op zou treden en de oppervlakte van de driehoek [0,0];[10,0];[10,10] bepalend is.

B 3.5 Combinatie

Doordat de kwadratenmethode als nadeel heeft dat de onderlinge afstand tussen sprongen niet wordt meegenomen en de absolute afwijking methode dit wel doet maar het lokale verloop niet kwantificeert kunnen deze twee methoden ook gecombineerd worden. Dit is een arbitraire

methode omdat de verhouding tussen de gewichten van de twee methoden niet te onderbouwen is. Ook blijven de tekortkomingen van de twee methoden nog steeds bestaan. In figuur 42 hebben “Dijk”, “Trapsgewijs” en “Vloeiend” dezelfde waarde, “Alle schade in eens” heeft een veel grotere waarde, dit komt overeen met het gewenste resultaat.



Figuur 42: 3 curves met gelijke scores, 'Alle schade ineens' heeft een veel hogere score en 'Optimaal' een score van 0

B 3.6 Tweede afgeleide

De tweede afgeleide van een curve geeft de waarde van de kromming op elk punt. Geleidelijke curves hebben een kleine kromming, de som van de absolute waarden van de kromming zou dus een maat kunnen zijn voor geleidelijkheid. De formule voor deze maat is:

$$Tweede\ afgeleide = \sum_{n=2}^N \left| \frac{\Delta S_n}{\Delta B_n} - \frac{\Delta S_{n-1}}{\Delta B_{n-1}} \right|$$

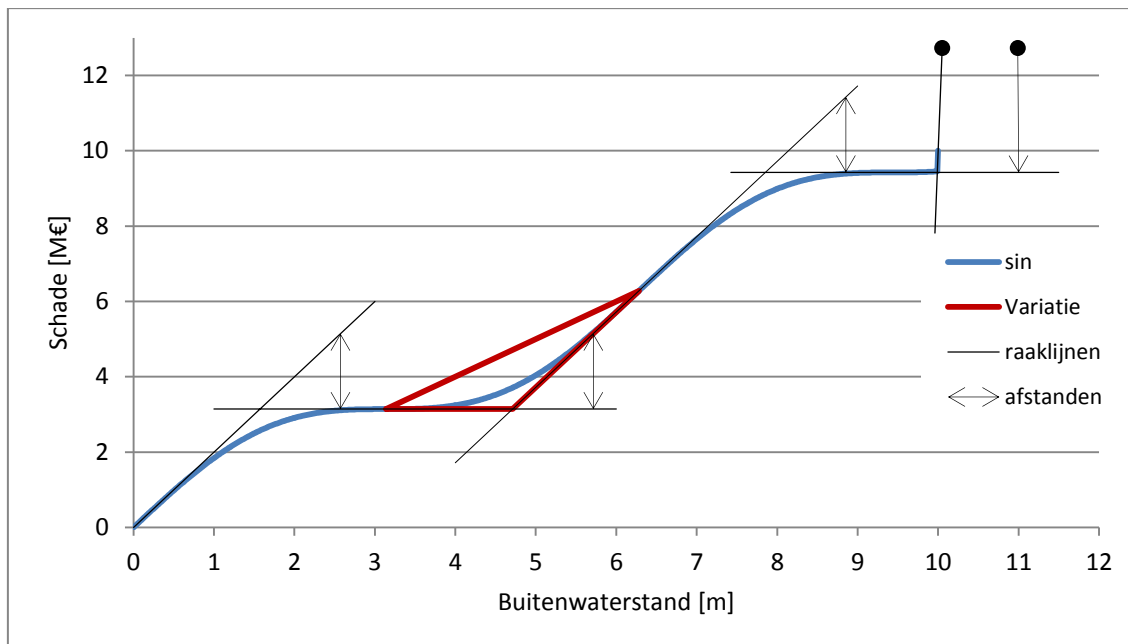
Met:

N=het aantal stappen

ΔS_n =de verandering in schade in stap n

ΔB_n =de verandering in buitenwaterstand in stap n

Noot: Deze maat is niet gestandaardiseerd op een schaal van 0 tot 1



Figuur 43: Een fictieve reactiecurve waarin de som van de lengtes van de pijlen omgekeerd evenredig is met de score voor de tweede-afgeleidemethode. In het rode vlak maakt het voor de score niet uit hoe de curve loopt

De waarde voor deze maat komt overeen met het verschil tussen de richtingscoëfficiënten van opeenvolgende lokale maximale en minimale richtingscoëfficiënten. In figuur 43 is dit weergegeven met pijlen. In dit figuur is ook te zien dat bij de snelle stijging van de curve de richtingscoëfficiënt zeer hoog is en daarmee het verschil tussen de richtingscoëfficiënten ook (de pijl en de raaklijn zijn niet volledig doorgetrokken vanwege de extreme waarde waar ze kruisen: 64). Deze methode weegt deze plotselinge stijgingen dan ook veel sterker mee dan andere methoden en in dit geval kruisen ze wel bij 64, maar bij oneindig kleine stapgroottes helemaal niet dus is de maat ook afhankelijk van de opdeling van de curve. Daarnaast geeft deze methode ook geen inzicht in de spreiding van de sprongen in schade en het lokale verloop tussen twee omslagpunten: er zijn verschillende mogelijkheden binnen het rode gebied hoe de curve kan lopen zonder dat de waarde van de som van de 2^e afgeleiden verandert.

B 3.7 Conclusie

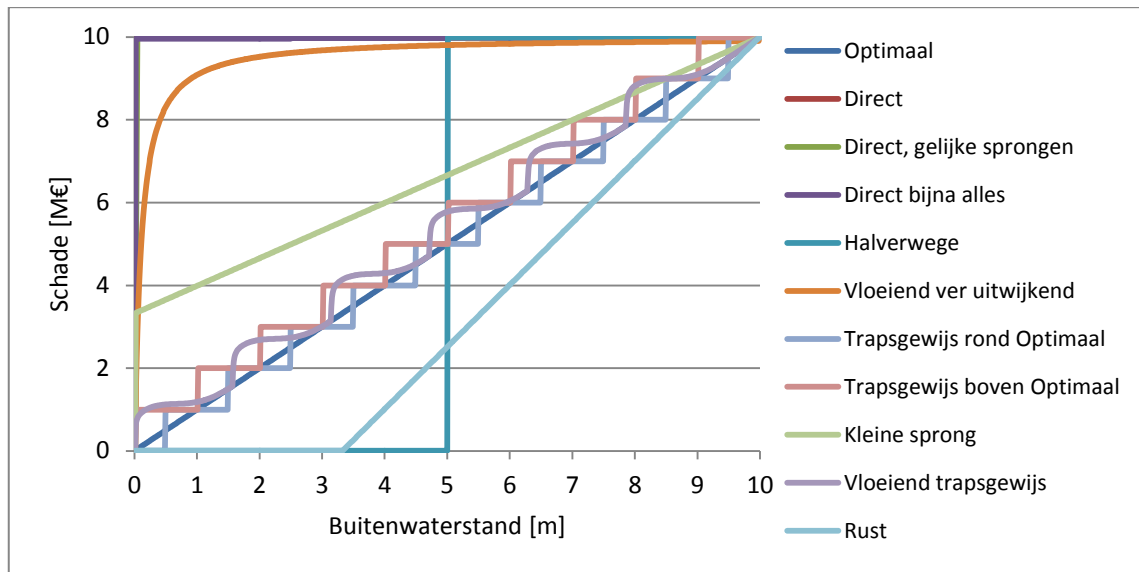
Om de resultaten van dit onderzoek te verduidelijken is in tabel 20 te zien op welke punten de verschillende maten goed scoren en waar ze tekort schieten.

Tabel 20: Pluspunten van verschillende maten voor geleidelijkheid

	Lokaal verloop	Spreiding sprongen	Grootte sprongen	Verticale sprong weegt zwaarder dan horizontale	Ongevoelig voor locatie op x-as	Onafhankelijk van opdeling
Graduality					V	V
Gini	V				V	V
Kwadraten	V		V	V	V	
Afwijking		V	V			V
2 ^e afgeleide				V	V	

In de analyse zijn verschillende curves gebruikt om de kenmerken duidelijk te maken. Om het effect van deze kenmerken onderling te vergelijken zijn 11 kenmerkende curves bepaald en is per curve de geleidelijkheid bepaald per maat. Hierdoor wordt duidelijk wat het effect is van de

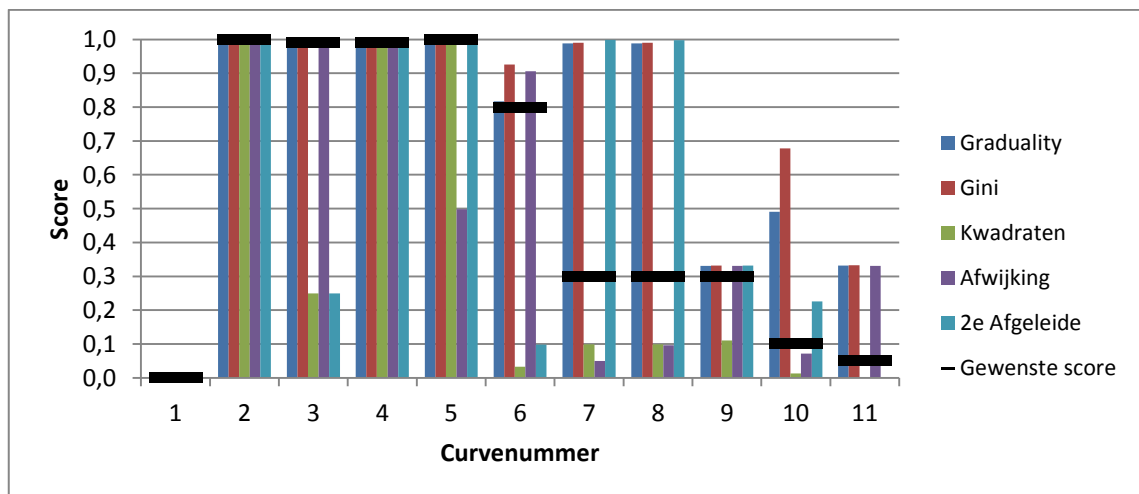
beperkingen. De curves zijn weergegeven in figuur 44, de beschrijving ervan en de geschatte werkelijke waarde in tabel 21 en de bijbehorende berekende waarden per maat in figuur 45.



Figuur 44: Karakteristieke curves voor beoordeling maten

Tabel 21: Beschrijving curves met schatting van gewenste score voor geleidelijkheid, een lage score is zeer geleidelijk

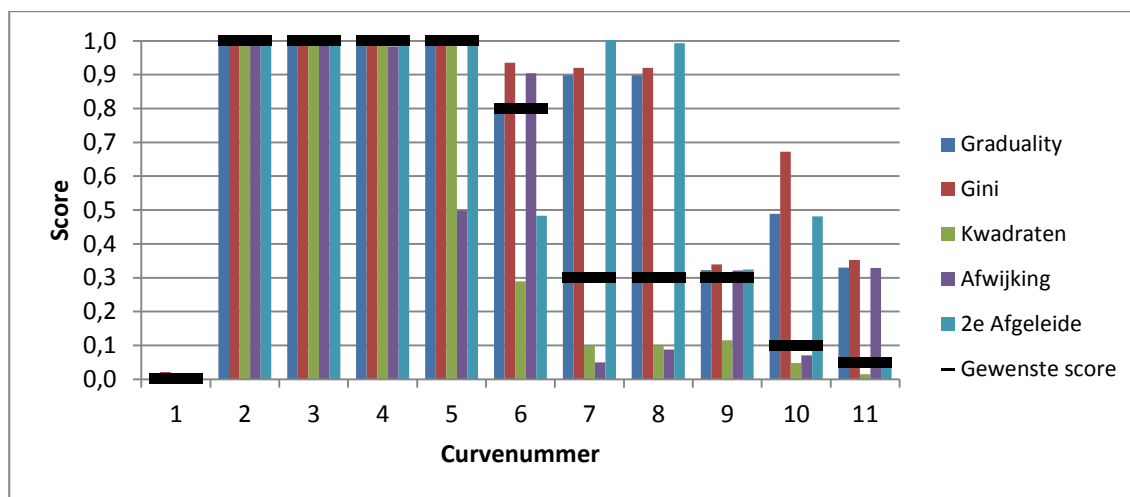
Nr.	Kenmerk	Schatting geleidelijkheid
1	Perfect geleidelijk, $rc=\text{constant}$	0
2	Perfect ongeleidelijk, alle schade in het begin	1
3	Alle schade in 4 snel opeenvolgende stappen	0,99
4	Vrijwel alle schade in het begin, rest gelijk verdeeld in 3 stappen	0,99
5	Perfect ongeleidelijk, alle schade halverwege	1
6	Vloeiende curve met grootste deel schade in het begin	0,8
7	Trapsgewijze schade met gelijke treden, evenveel boven als onder curve 1	0,3
8	Trapsgewijze schade met gelijke treden, volledig boven curve 1	0,3
9	Een zekere schade in eens, vervolgens perfect geleidelijk	0,3
10	Afgevlakte trapsgewijze schade met gelijke treden, volledig boven curve 1	0,1
11	Geen schade bij lage waterstanden, vervolgens perfect geleidelijk	0,05



Figuur 45: Scores van karakteristieke curves op de voorgestelde maten en de gewenste score

Te zien is dat de kwadratenmethode en de tweede-afgeleide-methode het verschil maken tussen curve 2 en 3 omdat curve 3 opgedeeld is in stappen, dit is ook de reden van de te lage waarde van curve 6. Ook is te zien dat de afwijkingmethode curve 5 te laag waardeert doordat de positie op de x-as onterecht van invloed is. De gelijk verdeelde trappen van curve 7 en 8 worden alleen laag gewaardeerd door de kwadratenmethode en de afwijkingmethode, deze laatste beoordeeld ze wederom door de positie op de x-as onterecht niet gelijk. Curve 9 wordt met alle methoden goed beoordeeld, de exacte waarde is niet relevant, de verhouding ten opzichte van de rest des te meer. De graduality- en ginimethoden waarden curve 10 veel te hoog. Curve 11 wordt door de graduality-, gini- en afwijkingmethode het zelfde beoordeeld als curve 9, dit komt niet overeen met de verwachting.

Verder is gekeken naar de gevoeligheid voor stapgrootte, in figuur 46 zijn de waarden weergegeven bij een 10 keer grotere stap. Te zien is dat de kwadratenmethode en de tweede-afgeleide-methode onsystematisch hogere waarden geven bij grotere stappen (zie curve 3, 6, 10 en 11 met meer dan verdubbeling score).



Figuur 46: Scores van karakteristieke curves op de voorgestelde maten bij 10 keer grotere stapgrootte en de gewenste score

Uit de analyse blijkt dat er niet één methode onfeilbaar is. Om deze reden is gekozen voor de combinatie van de kwadratenmethode en de afwijkingmethode. De combinatie van deze twee methodes brengt wel met zich mee dat er op bijna alle vlakken fouten worden gemaakt, maar deze worden wel enigszins uitgemiddeld. Bij de discussie van de resultaten van de verschillende maatregelen zal dit meegenomen worden. Ook de arbitraire keuze voor de weging van de twee. Omdat er grond voor een ongelijke weging is worden de twee methoden gelijk gewogen.

Bijlage 4 Berekeningen fictieve casus

B 4.1 Risico

De referentiesituatie van de fictieve casus is een gebied van 600x500 meter. Het gebied heeft een hoogte van 0 tot 2 m boven NAP (figuur 47) en landgebruik in de vorm van landbouw (L), woningbouw (B) en een combinatie van landbouw en gaswinning (G) (figuur 48). Deze functies hebben schadefuncties (figuur 49) hierbij is de maximale schade van landbouw €15.000,- van bebouwing €2.500.000 miljoen en van landbouw met gaswinning €1.015.000,- overeenkomstig de standaardmethode (Kok, Huizinga, Vrouwenfelder, & Van den Braak, 2005) uitgaande van 15 woningen per ha. Daarnaast is er alleen een slachtofferrisico bij de functie bebouwing, hier vallen maximaal 60 slachtoffers.

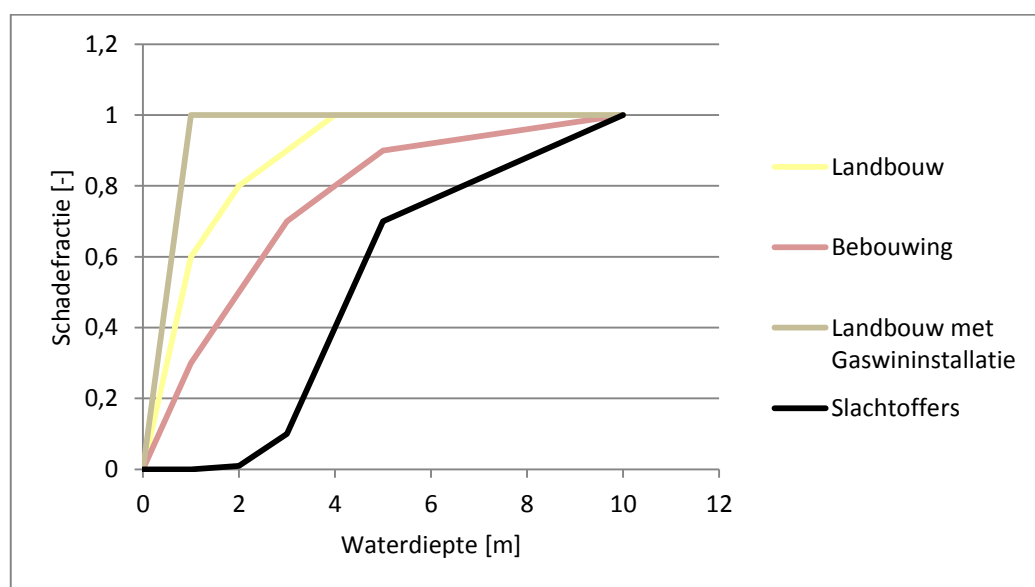
0	0	0	0	0	0
0	1	1	1	1	0
1	1	0	0	0	0
2	1	1	0	0	0
2	2	1	1	0	1

Figuur 47: Hoogtekaart fictieve casus in meters +NAP

L	L	L	L	L	B
L	B	L	L	L	L
B	L	G	L	L	L
L	L	L	L	B	L
L	L	L	L	L	L

Figuur 48: Gebruiksfunctiekaart fictieve casus

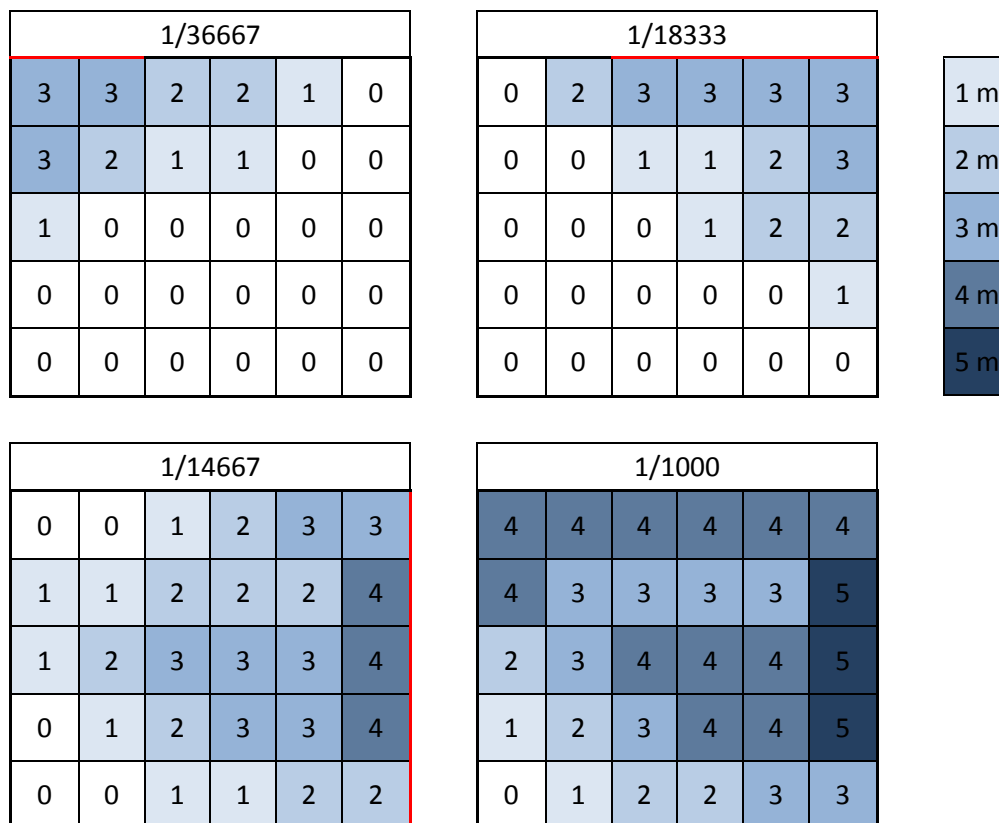
L = Landbouw, B = Bebouwing en G = Landbouw en gaswinning



De

Figuur 49: Schade- en mortaliteitsfuncties fictieve casus

overstromingskans van het gebied is 1/4000 per jaar gelijk aan de overstromingskans van Noord-Nederland. Deze kans is volgens de verhouding 60-40 verdeeld over enerzijds de 3 individuele scenario's en anderzijds het 'worst case'-scenario (De Bruijn & Van der Doef, 2011). En binnen de individuele overstromingsscenario's naar rato van de dijkvaklengte verdeeld over 3 overstromingsscenario's, deze scenario's hebben waterdieptes van 0 tot 5 meter (Figuur 50),



Figuur 50: 3 Overstromingsscenario's bij toetspeil en 1 omhullend 'worst case'-scenario in fictieve casus Waterdieptes in meters, de rode lijn geeft het bezwijkende ringdeel aan. Bovenaan staat de faalkans

Voor de evacuatiefractie zijn dezelfde scenario's gebruikt als voor Noord-Nederland (Maaskant et. al, 2009). Dit zijn 4 scenario's:

- 72% evacuatie: kans 0,25
- 56% evacuatie: kans 0,1
- 45% evacuatie: kans 0,4
- 0% evacuatie: kans 0,25

Met deze gegevens kunnen per overstromingsscenario een schadekaart en vier slachtofferkaarten (één per evacuatiescenario) berekend worden. Om één slachtofferkaart per overstromingsscenario te berekenen worden de vier slachtofferscenario's van het betreffende overstromingsscenario gewogen opgeteld. Door de overstromingsscenario's van schade en slachtoffers te vermenigvuldigen met de scenariokansen en de scenario's op te tellen worden het schaderisico en het slachtofferrisico van het gebied berekend. Deze zijn in het beoordelingskader weergegeven op een kaart en als waarde.

Het plaatsgebonden risico (PR) kan bepaald worden door de mortaliteitsfractie te bepalen op basis van de waterdieptes in de verschillende scenario's en deze op met dezelfde weging op te tellen. Het verschil met de verwachtingswaarde van het aantal slachtoffers is dus dat het landgebruik niet wordt meegenomen. Het Lokaal Individueel Risico wordt bepaald door het PR te vermenigvuldigen met de evacuatiefractie van 40% (dit is de gewogen som van de verschillende evacuatiefracties).

De FS- en FN-curve worden bepaald door voor elk schadebedrag/slachtofferaantal van de verschillende scenario's de kans dat dit scenario of een scenario met een groter schadebedrag/slachtofferaantal optreedt te bepalen. De schadebedragen/slachtofferaantallen uitgezet tegen de cumulatieve kansen geeft de curve.

B 4.2 Onzekerheid

De verandering in onzekerheid is gekwantificeerd door te bepalen welke onzekerheden in welke mate veranderen op een schaal van een sterk vergrote onzekerheid tot een sterk verkleinde onzekerheid (tabel 22). Deze veranderingen zijn omgezet in een schaal van -2 tot +2 en gewogen aan de hand van het effect van de onzekerheid op het risico deze heeft een schaal van 1 tot 5. Bijvoorbeeld: Een component waarvan de onzekerheid zeer sterk vergroot wordt krijgt een score 2 en als dit component ook een zeer grote invloed heeft op het risico krijgt het daarvoor een score 5, de score van dat component voor die onzekerheid wordt dan $2 \cdot 5 = +10$. Zo worden alle componenten beoordeeld voor de betreffende maatregel en de scores opgeteld, dit is de score voor onzekerheid (tabel 22).

	Dijkverhoging	Wet proof bouwen	Woonwijk ophogen	Functie verplaatsen
Componenten met sterk vergrote onzekerheid	Frequentie Buitenwaterstand Zelfredzaamheid	Schadefunctie		
Componenten met vergrote onzekerheid	Fysische kenmerken dijk Faalkans Faalmechanisme Instroomdebiët Noodmaatregelen Communicatie Noodvoorzieningen		Bodemprofiel Overstromings-kenmerken Bedrijfsuitval	
Componenten met verkleinde onzekerheid				Schadefunctie
Componenten met sterk verkleinde onzekerheid				Bedrijfsuitval Indirecte schade

Tabel 22: Verandering van onzekerheid in risico door verschillende maatregelen in fictieve casus

B 4.2.1 Dijkverhoging

Bij dijkverhoging wordt de onzekerheid in frequentie en buitenwaterstand sterk vergroot, dit is contra-intuïtief, de dijk verandert immers niets aan de grillen der natuur. Deze onzekerheid moet echter gezien worden als onzekerheid over het risico ten gevolge van de hydraulische belasting. Algemeen aangenomen is dat de onzekerheid over de hydraulische belasting waaraan de dijk wordt blootgesteld toeneemt bij lagere frequenties dus indien lage (relatief zekere) waterstanden niet of nauwelijks meer bijdragen aan het risico, zullen de hoge (relatief onzekere) waterstanden zwaarder meewegen en de totale onzekerheid daarmee verhogen. Ook de onzekerheid in zelfredzaamheid wordt sterk vergroot, doordat het moeilijker te voorspellen wordt hoe mensen zullen handelen als de overstroming extremer wordt.

De fysische kenmerken van de dijk, de faalkans, het faalmechanisme en het instroomdebiet worden meer onzeker naar mate de omstandigheden extremer worden, deze vergroting van de onzekerheid is niet zo extreem als die van de hydraulische belasting omdat ook de nieuwe dijkhoogte goed getoetst kan worden. Noodmaatregelen, communicatie en noodvoorzieningen hebben ook een vergrote onzekerheid. Of wallen van zandzakken ook de extreme vloed kunnen weerstaan, of het luchtalarm nog werkt en of een aggregaat lang genoeg mee zal gaan om de overstroming door te komen wordt meer onzeker naar mate de overstroming extremer wordt.

B 4.2.2 Wet proof bouwen

Door wet proof te bouwen wordt alleen de schadefunctie aangepast, alleen de onzekerheid in dit component zal dan ook veranderen. Deze onzekerheid wordt sterk vergroot omdat onzeker is in welke mate de getroffen maatregel daadwerkelijk zal voldoen en of in de tussenliggende jaren niet vergeten of genegeerd is wat de functie van de aanpassingen aan het huis is.

B 4.2.3 Woonwijk ophogen

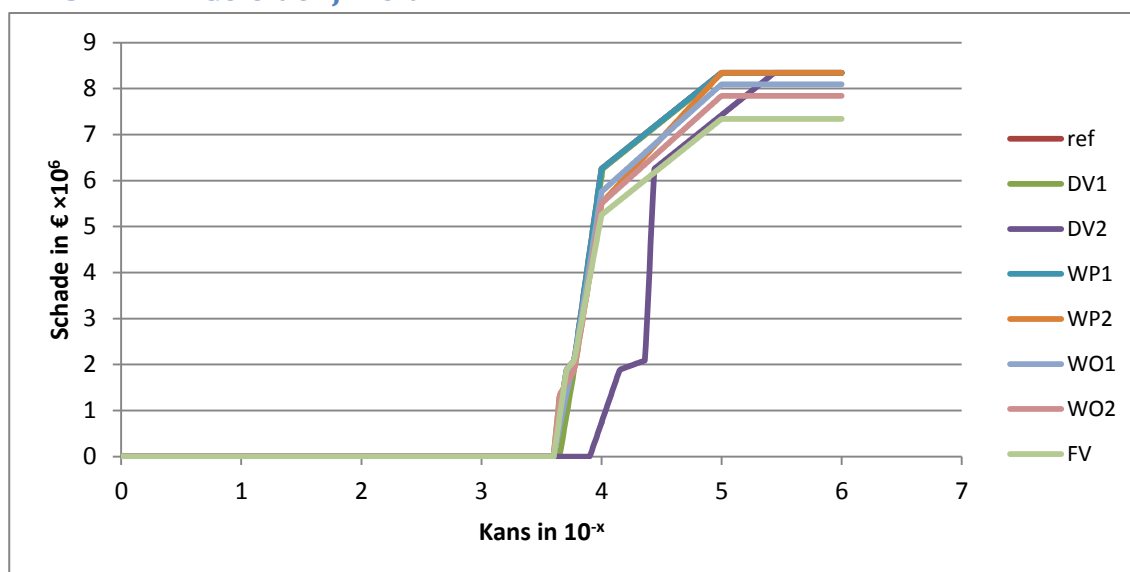
Door het ophogen van een deel van het gebied wordt de onzekerheid over het bodemprofiel vergroot, in hoeverre modellen deze verandering zullen doorvoeren is namelijk niet bekend. Ook de overstromingskenmerken worden meer onzeker, doordat de plotselinge verhoging in het gebied onverwachte effecten kan hebben. De onzekerheid in bedrijfsuitval wordt groter doordat het onzeker is of de verhoogde woonwijk nog bereikbaar is als de omgeving wel overstroomd is.

B 4.2.4 Functie verplaatsen

De onzekerheid in de schadefunctie, bedrijfsuitval en indirecte schade in het gebied wordt grotendeels bepaald door de onzekerheid over de gaswininstallaties, zodra deze functie zich niet meer in het gebied bevindt zal deze onzekerheid wegvallen en de gemiddelde onzekerheid hierdoor afnemen. Bij bedrijfsuitval en indirecte schade is deze invloed sterker dan bij de schadefunctie.

B 4.3 Robuustheid

B 4.3.1 Geleidelijkheid



Figuur 51: Reactiecurves van de fictieve casus na maatregelen

Voor het beoordelen van het criterium geleidelijkheid is de schade uitgezet tegen de logaritmische kans (Figuur 51, dijkverhoging 1 en de referentiesituatie zijn niet zichtbaar omdat deze (vrijwel) samenvallen met wet proof bouwen 1, zie criteriumscoretabel). Vervolgens is met de in bijlage 3 besproken methode de geleidelijkheid bepaald. Er is een stapgrootte van 0,01 gebruikt en de schades zijn logaritmisch geïnterpoleerd (waardoor ze lineair zijn op een logaritmische schaal). De score op de individuele methoden welke gecombineerd zijn en de gecombineerde score, zijn weergegeven in tabel 23.

Tabel 23: Scores voor geleidelijkheid per maatregel uitgesplitst in kwadratenmethode, afwijkingmethode en combinatie van die twee. Rode cellen bevatten negatieve scores, gele cellen gemiddelde en groene cellen positieve

	Referentie	Dijkverhoging		Wet proof bouwen		Woonwijk ophogen		Functie verplaatsen
		1	2	1	2	1	2	
Spronggrootte kwadraat	0,016	0,016	0,035	0,016	0,015	0,014	0,016	0,015
Absolute afwijking	0,468	0,473	0,535	0,468	0,456	0,450	0,433	0,405
Combinatie	0,48	0,49	0,57	0,48	0,47	0,46	0,45	0,42

Hierin is te zien dat de variatie in de ‘absolute afwijking’-methode veel groter is dan die in de ‘spronggrootte kwadraat’-methode (respectievelijk 0,13 en 0,021) waardoor de geleidelijkheid voornamelijk bepaald wordt door de absolute afwijking. Dit kan natuurlijk het geval zijn door de aard van de maatregelen, maar ook doordat de methode niet optimaal is. In de beschrijving van de ‘spronggrootte kwadraat’-methode werd de kanttekening gegeven dat deze gevoelig was voor de stapgrootte in de kans. Door deze te variëren werden andere waarden gevonden, zie tabel 24 voor een tien keer grotere stapgrootte van de kans. Maar bij het variëren kwam naar voren dat alleen wet proof bouwen variant 2 beduidend hoger scoort in de rangschikking bij grotere stapgroottes, de anderen bleven in de rangschikking min of meer gelijk.

Tabel 24: Scores voor geleidelijkheid bij 10 keer grotere stapgrootte per maatregel uitgesplitst in kwadratenmethode, afwijkingmethode en combinatie van die twee. Rode cellen bevatten negatieve scores, gele cellen gemiddelde en groene cellen positieve

	Referentie	Dijkverhoging		Wet proof bouwen		Woonwijk ophogen		Functie verplaatsen
		1	2	1	2	1	2	
Spronggrootte kwadraat	0,157	0,152	0,161	0,157	0,128	0,137	0,141	0,146
Absolute afwijking	0,469	0,473	0,535	0,469	0,457	0,451	0,435	0,406
Combinatie	0,63	0,62	0,70	0,63	0,59	0,59	0,58	0,55

B 4.3.2 Omslagpunt

Voor het berekenen van het omslagpunt is een schade van €5 miljoen genomen, de kans waarop een schade groter of gelijk aan dit bedrag optreedt, is het omslagpunt.

B 4.4 Kosten

Voor de kosten zijn zeer globaal geschatte kosten gebruikt en een disconteringsvoet van 4% conform (Kolen, Zethof, & Maaskant, 2012). De bedragen zijn weergegeven in tabel 25.

Tabel 25: Geschatte kosten en contante waarde van maatregelen

	Eenmalig	Jaarlijks	Gedisconteerde totale kosten
Referentie	€ 0	€ 0	€ 0
Dijkverhoging 1	€ 200.000	€ 200	€ 205.000
Dijkverhoging 2	€ 500.000	€ 500	€ 512.500
Wet proof bouwen 1	€ 200.000	€ 20	€ 200.500
Wet proof bouwen 2	€ 200.000	€ 20	€ 200.500
Woonwijk ophogen 1	€ 1.000.000	€ 100	€ 1.002.500
Woonwijk ophogen 2	€ 1.000.000	€ 100	€ 1.002.500
Functie verplaatsen	€ 2.500.000	€ 0	€ 2.500.000

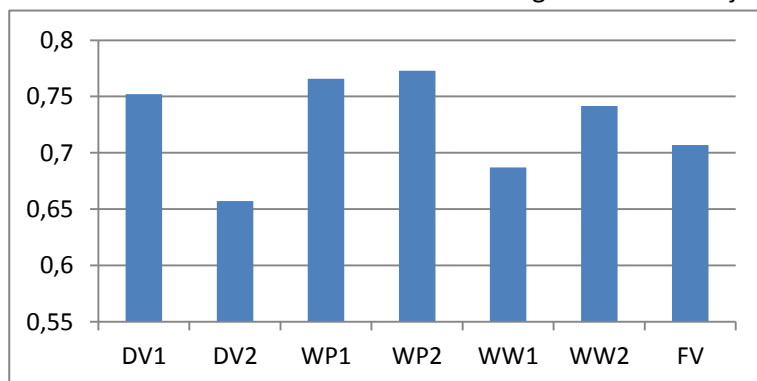
B 4.5 Gevoeligheid weging

Voor het bepalen van de gevoeligheid van de uitkomsten voor weging is de beschreven maat berekend per aspect per maatregel (tabel 26). Dit is niet de gevoeligheid voor fouten in de waardering van de criteria en ook niet de gevoeligheid voor de methode van normaliseren. Schade, slachtoffers en onzekerheid zijn 0 omdat slechts 1 criterium hiervan meegenomen is per aspect of in het geval van slachtoffers de scores exact gelijk zijn op de twee criteria. Voor deze analyse zijn alle scores gestandaardiseerd, ook de schade-, slachtoffers- & gewonden- en kostencriteria.

Tabel 26: Gevoeligheid van de uitkomsten voor de weging, de weging van de criteria is gevarieerd, de som van de absolute verschillen met de casus zijn opgeteld. Rode cellen bevatten negatieve scores, gele cellen gemiddelde en groene cellen positieve

	Dijkverhoging		Wet proof bouwen		Woonwijk ophogen		Functie verplaatsen
	1	2	1	2	1	2	
Schade	0	0	0	0	0	0	0
Slachtoffers en gewonden	0	0	0	0	0	0	0
Onzekerheid	0	0	0	0	0	0	0
Robuustheid	0,32	0,46	0,31	0,32	0,30	0,33	0,40
Kosten	0,17	0	0,19	0,19	0,09	0,12	0
Politiek-bestuurlijk	0,26	0,20	0,27	0,27	0,30	0,29	0,31
Publiek	0,14	0,11	0,15	0,15	0,13	0,20	0,19
Ruimtelijk	0,18	0,07	0,02	0,08	0,17	0,02	0,15
Temporeel	0,27	0,10	0,18	0,25	0,08	0,15	0,27

Indien de scores op de maten voor gevoeligheid per maatregel opgeteld worden kan een figuur gemaakt worden zichtbaar is welke maatregel gevoelig is en welke minder gevoelig. In figuur 52 is deze te zien. Het is dus niet de maximale of gemiddelde afwijking, maar een maat voor afwijking.



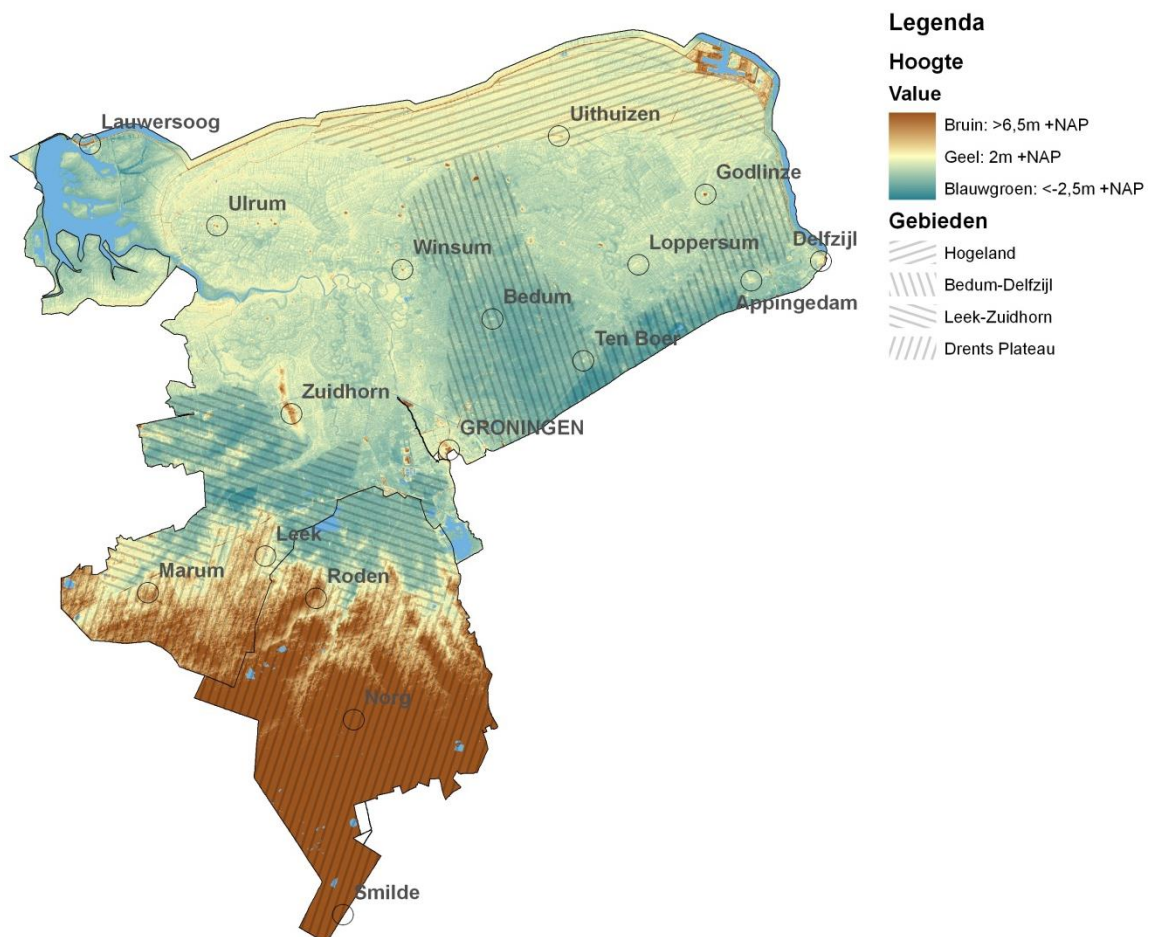
Figuur 52: Totaalscores van gevoeligheid voor de weging per maatregel

Bijlage 5 Gebiedskenmerken

B 5.1.1 Geografie

Het beheergebied van Noorderzijlvest wordt gekenmerkt door vier gebieden (figuur 53):

- De hooggelegen gebieden in het zuiden, deze liggen voornamelijk in Drenthe en tussen +1m +NAP en +13m +NAP. Deze gebieden zullen niet overstromen door de afstand tot de kust en de hoogte.
- De relatief hooggelegen gebieden in het noorden: Hogeland, deze gebieden zijn in de loop der tijd aangeslibd en vervolgens bedijkt. Ze liggen boven +1m +NAP en overstromen niet snel, zo wordt een natuurlijke barrière in stand gehouden tussen de Waddenkust en het achterland.
- Het oostelijk laaggelegen gebied rond Bedum en Delfzijl met tussen het Eemskanaal en het Damsterdiep het laagste gebied tot -2m +NAP, dit gebied is vroeger ontgonnen en is onderhevig aan bodemdaling door gaswinning. In dit gebied treden direct grote



Figuur 53: Hoogtekaart Waterschap Noorderzijlvest (AHN, 2011). Inzet verwachte bodemdaling tot 2050 in cm (NAM, 2005)

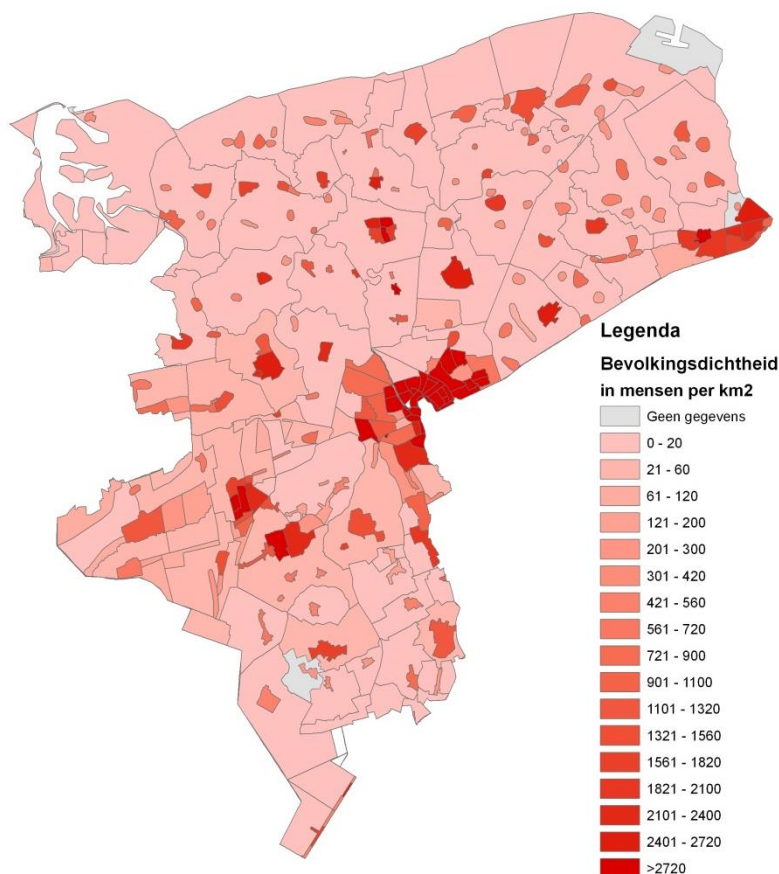
waterdieptes op bij een doorbraak tussen Delfzijl en de Eemshaven.

- Het laaggelegen gebied aan de voet van het Drents Plateau in het noordelijkste puntje van Drenthe en tussen Leek en Zuidhorn, deze wordt gescheiden van de andere laagte door

de Hondsrug, hier bevindt zich het laagste punt van het beheergebied op -2m +NAP. Doorbraken van de zeekering werken door in dit gebied, echter wel met een grote vertraging.

B 5.1.2 Bevolkingskernen

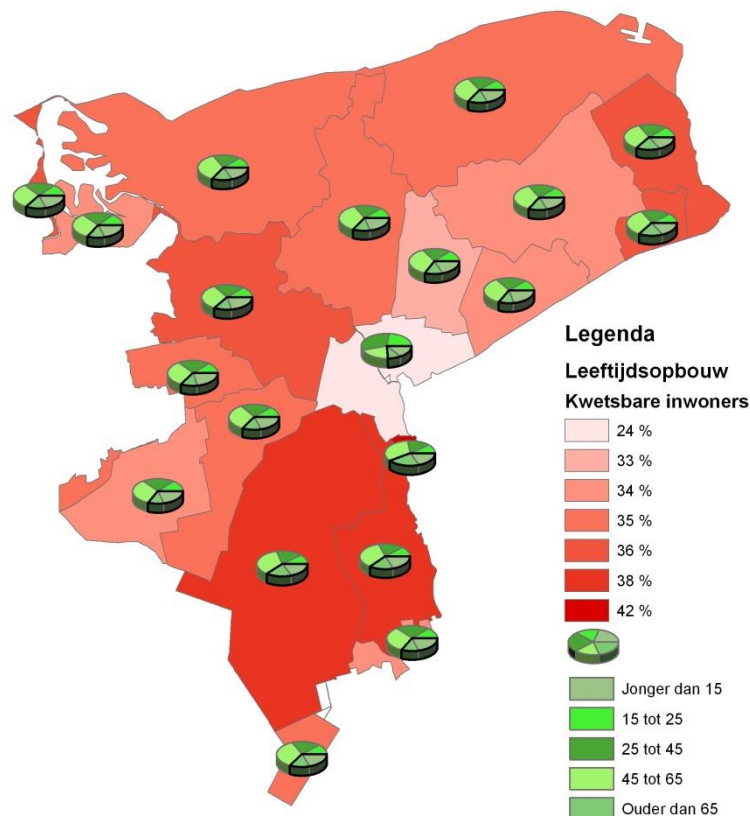
In het beheergebied liggen veel kleine woonkernen (figuur 54). Historisch werden deze gebouwd op wierden (in Friesland: terpen) welke vaak op natuurlijk hooggelegen gebied aangelegd werden. Voorbeelden hiervan zijn de plaatsen van Middelstum tot Usquert die op de westelijke kwelderwal van de Fivelboezem gebouwd zijn, de plaatsen van Loppersum tot Spijk op de oostelijke oeverwal, de dorpen langs de spoorlijn Groningen-Roodeschool die op de door de zee aangeslibde hoogte liggen ten oosten van de oorspronkelijke Hunzemonding en de plaatsen van Ulrum tot Wehe-Den Hoorn ten westen ervan. Sinds de bedijkingen is de waterkerende functie van de wierden van ondergeschikt belang geworden en zijn de dorpen uitgebreid tot lageregelegen gebied.



Figuur 54: Bevolkingsdichtheid per buurt Waterschap Noorderzijlvest (CBS/Kadaster, 2008)

De dorpen in de driehoek Bedum-Ten Boer-Groningen worden omringd door de in onbruik geraakte middeleeuwse wolddijk, sinds in het 'wold' (moeras) op grote schaal veenontginningen plaats vonden wat naar verluid een bodemdaling van 3 meter met zich meebracht. Deze beschermde het gebied tegen water dat vanuit het noorden van het Hogeland afstroomde. Ten zuiden ervan ligt de diepere Boltjerpolder. De woonkernen in beide gebieden zijn veelal op lage wierden gebouwd. Tussen deze gebieden ligt het Damsterdiep. Deze stroomt naar Delfzijl en vormt samen met het Eemskanaal een diepe trechter vanaf de kust naar Groningen.

Aan de kustzijde van deze trechter liggen Delfzijl en Appingedam. Delfzijl is vernoemd naar de sluizen (zijlen) die er lagen om het water van de Delf (een gegraven kanaal voor de afwatering van de dichtslibbende Fivel, delen ervan zijn gebruikt voor het huidige Damsterdiep) in de Eems te pompen sinds natuurlijke afstroming niet meer mogelijk was, het land daalde namelijk verder door veenontginningen. De stad ligt recht achter en deels op de zeedijk, in de dijk bevinden zich coupures die gesloten worden bij dreigend hoogwater. De oorspronkelijke vesting is hooggelegen, van de overige delen liggen de recentere delen allemaal laag en de oude wierden Biessum en Uitwierde hoog. Appingedam is ook voornamelijk laaggelegen, al is ook hier het oude centrum aangelegd op een verhoging.



Figuur 55: Leeftijdsopbouw Waterschap Noorderzijlvest per gemeente, in de schijfdiagrammen is de fractie kwetsbare groepen (<15 jaar of >65 jaar) zwart omkaderd (CBS/Kadaster, 2008)

Groningen is de grootste stad in het gebied, er wonen bijna 200.000 mensen waarvan 150.000 in het beheergebied van Noorderzijlvest. Een groot deel hiervan woont op de Hondsrug, een zandrug, al is ook hier bij uitbreidingen van de stad niet altijd rekening gehouden met het overstromingsrisico en liggen de buitenste wijken laag. Alle woonkernen in het gebied aan de voet van het Drents Plateau zijn gebouwd op natuurlijke hoogtes.

Naast de woonkernen bevinden zich verspreid over het beheergebied ook nog veel huizen. Er wonen 85.000 mensen in gebieden waar minder dan 1200 mensen per vierkante kilometer wonen. In vergelijking met andere delen van het land is dit aandeel groot.

In figuur 55 is een overzicht te zien van de verdeling van kwetsbare inwoners over het gebied. Hier weergegeven als mensen jonger dan 15 of ouder dan 65. Hierin is te zien dat rond Delfzijl-Appingedam, Grijpskerk en in de kop van Drenthe deze groepen groter zijn. Drenthe is

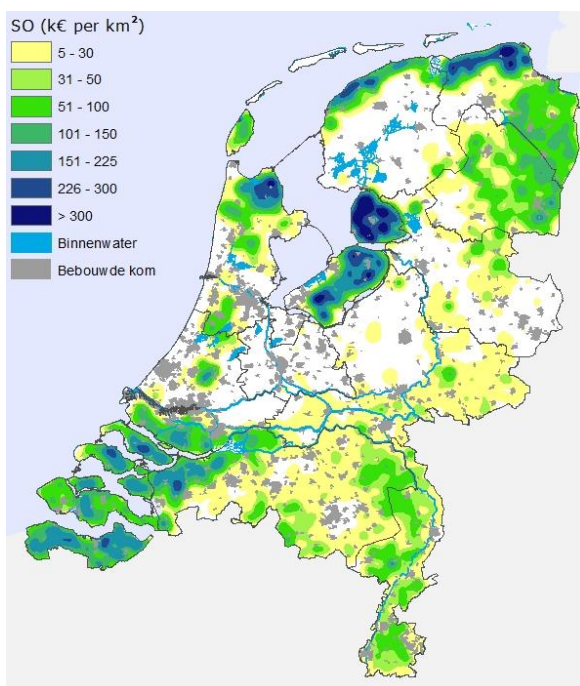
hooggelegen dus daar zal het geen problemen geven maar de andere twee gebieden zijn behoorlijk kwetsbaar, de groep in Grijpskerk bestaat voornamelijk uit jongeren en in Delfzijl-Appingedam is de verdeling gelijk tussen jongeren en ouderen. In de stad Groningen zijn de 15- tot 45-jarigen vooral sterk vertegenwoordigd en is het percentage kwetsbare personen dan ook beduidend lager.

B 5.1.3 Economische activiteit

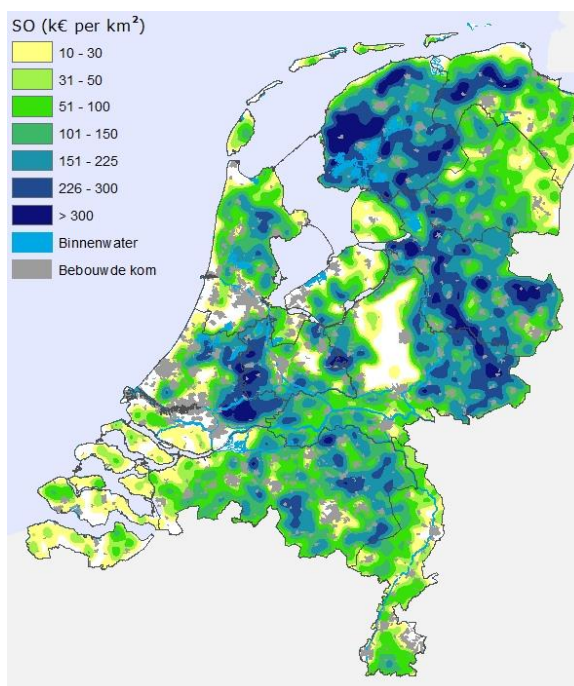
De inhoud van dit hoofdstuk is deel gebaseerd op gesprekken met Georgio Achterbosch van Gasunie, Klaas Klaassens van de provincie Groningen en Henk van der Leij van Waterschap Hunze en Aa's.

Het gebied vervult verschillende functies. De functie bewoning is hierboven al beschreven, andere belangrijke functies zijn: Akkerbouw, veeteelt, gaswinning en dienstverlening. 80% van de provincie Groningen bestaat uit landbouwgrond, dit is vergelijkbaar met het landgebruik in het beheergebied van Noorderzijvest. Hierbij is de verhouding plantaardige en dierlijke sectoren ongeveer gelijk.

In het beheergebied is akkerbouw vrijwel de enige plantaardige sector. Deze vindt voornamelijk plaats op de kleigronden in het noorden. Hier worden door het lage aantal luizen veel pootaardappelen geteeld (figuur 56), hierdoor is dit gebied van groot belang voor de toekomstige aardappeloogst van heel Nederland. $\pm 16\%$ van de Nederlandse pootaardappelteelt vindt plaats in het Hogeland gebied, het risico is hier echter beperkt door de hoge ligging waardoor bij doorbraken langs de kust slechts kleine delen zullen overstromen en bij grote doorbraken tussen Eemshaven en Delfzijl dit gebied ontzien wordt. Voor de overige akkerbouw is de gehele provincie Groningen verantwoordelijk voor 16% van de nationale productie deze productie is zeer geconcentreerd op het Hogeland (ongeveer 6%) maar ook in de veenkoloniën, buiten het beheergebied van Noorderzijvest, vindt hiervan een groot deel plaats.



Figuur 56: Concentratie pootaardappelproductie Nederland (CBS/LEI, 2012)



Figuur 57: Concentratie melkveeproductie Nederland (CBS/LEI, 2012)

Alle dierlijke sectoren zijn in beperkte mate te vinden rond Marum (pluimvee, varkens, vleeskalveren en melkvee), daarnaast zijn er een aantal kippenhouderijen in het gebied tussen Eemshaven en Delfzijl, maar hoofdzakelijk zijn er veel melkveehouderijen rond Leek en Bedum en tussen Ten Boer en Appingedam (figuur 57). Deze gebieden komen overeen met de laaggelegen ontgonnen gebieden. Deze hebben een ongunstige grondwaterstand voor andere vormen van landbouw.

Naast landbouw wordt een groot deel van de economische activiteit bepaald door de energiesector. Deze bestaat uit de winning en opslag van aardgas verspreid over het gebied en elektriciteitsproductie en invoer van Noorse elektriciteit in het binnendijkse gebied van de Eemshaven. Daarnaast, direct buiten het beheergebied van Noorderzijlvest in de buitendijks gelegen Eemshaven, zijn 3 energiecentrales in aanbouw en is onlangs het grootste windmolenpark op het land van Nederland gerealiseerd. Dit betekent dat nu al 12% van het elektriciteitsproductievermogen van Nederland in het beheergebied ligt en dat in de toekomst 30% van de landelijke productie door het gebied getransporteerd zal worden.

Informatie over aardgaswinning is vanwege de bedrijfsmatige gevoeligheid moeilijk te verkrijgen. Duidelijk is in ieder geval dat over het gebied verspreid een groot aantal gaswinlocaties zijn. Welke hiervan nog in bedrijf zijn is niet altijd duidelijk.

In de brochure 'Gasveld Groningen' van de NAM worden de locaties Ten Post, Leermens, 't Zandt en Bierum aangegeven. Dit zijn volgens het Olie- en Gasportaal ook de 4 grootste producerende putten met ieder een productie in 2012 t/m september van meer dan 2 miljard Nm^3 . Direct aan het Eemskanaal aan de zijde van waterschap Hunze en Aa's liggen ook nog 3 putten met een productie van 1,2; 2,0 en 2,4 miljard Nm^3 in die periode. Verder liggen in het gebied tientallen kleinere putten waarvan Warffum, Lauwersoog en Bedum de enige met meer dan 0,1 miljard Nm^3 zijn met resp. 0,35; 0,33 en 0,23 miljard Nm^3 .



Figuur 58: Kleine gaswininstallatie zoals gebruikt bij Lauwersoog (Stork-GLT, 2012)

Gaswinning gebeurt met verschillende installaties, bij Lauwersoog is een vergelijkbare productie unit als in figuur 58 geplaatst, maar de grote gaswinningen uit het Groninger gasveld worden grotere constructies gebruikt zoals in figuur 59. Deze grote clusters moeten in het geval van een dreigende overstrooming direct stil gezet worden. De afsluiters die als beveiliging dienen bevinden zich op 30-50 cm boven maaiveld en zullen dus dicht moeten zijn voor het eerste water arriveert.



Figuur 59: Grote gaswininstallatie Ten Post zoals gebruikt voor het Groninger gasveld (inzet: vergelijkbare installatie De Pauwen (NAM, 2012))

Niet alle installaties verwerken het gas ter plekke, bijvoorbeeld winput Lauwersoog transporteert eerst naar Grijskerk en gas gewonnen op de Noordzee wordt verwerkt in Uithuizen (10 miljard Nm^3 per jaar). In Grijskerk en Langelo zijn ondergrondse gasopslag installaties met een maximale productie van 55 en 50 (uitbreiding tot 80) miljoen Nm^3 per dag.

Naast de winlocaties is het transport ook een belangrijke schakel in het systeem. De infrastructuur hiervoor is eigendom van Gasunie en bestaat uit verschillende componenten (tabel 27).

Tabel 27: Gasinfrastructuur van Gasunie in beheergebied Waterschap Noorderzijlvest

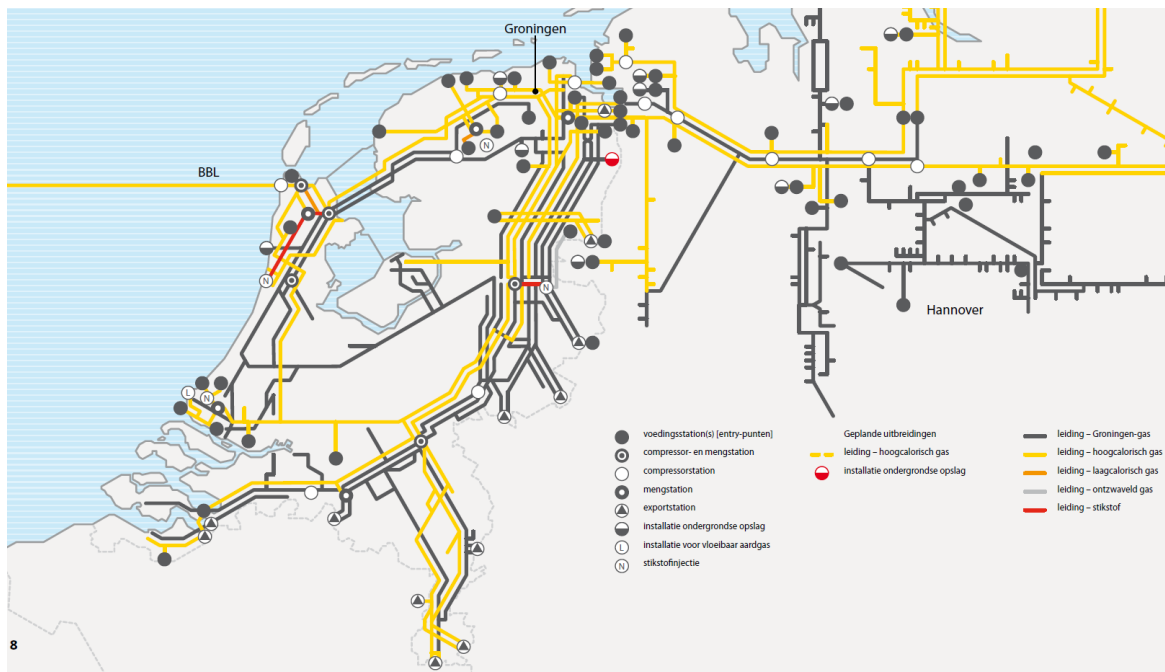
	Aantal/lengte	Aanwezigheid	Opmerkingen
Leidingen			
HTL (hoofd-transportleiding)	5000 km	Figuur 60	Ø 1m 67 bar Ligt 1,4 tot 2 m diep
RTL (regionaal-transportleiding)	10000 km	Figuur 60	Ø 0,1-0,6m 40 bar Ligt 0,8 tot 1,8 m diep
Verdeling			
GOS (gasontvangstation)	1300	meerdere	Aan het einde van iedere RTL voor lokale distributie
MRS (meet- & regelstation)	93	1	Tussen HTL en RTL voor odorisatie In Oostrum
Overig			
CS (compressor-station)	22	2	In Spijk en Grijskerk
ES (exportstation)		-	
MS (mengstation)		-	Mengen tot Groninger kwaliteit gas
LNG (vloeibaar gas) terminal		-	Gasopslag voor piekvraag
UGS (ondergrondse opslag)		2	55 en 50 (tot 80) miljoen Nm^3 per dag In Grijskerk en Langelo eigendom NAM
Gasbehandelings-station		1	10 miljard Nm^3 per jaar In Uithuizen voor Noordzeegas



Figuur 60: Gasinfrastructuur Nederland met grote concentraties in beheergebied Waterschap Noorderzijlvest. Rode en blauwe lijnen zijn Hoofttransportleidingen (HTL) groene lijnen zijn Regionaaltransportleidingen (RTL) (Gasunie, n.n.)

De directe schade aan de installaties in het gebied kan redelijk benaderd worden op basis van bovenstaande gegevens. Dit is echter een kleine kostenpost bij een overstroming in vergelijking met de indirecte kosten welke bepaald worden door de systeemwerking in de sector. Deze systeemwerking is tweeledig. Ten eerste de 'gasrotonde' Nederland, en met name Noord-Nederland, profileert zich als 'gasrotonde' wat zoveel betekend als centrale plek waar gas herverdeeld wordt over de wereld. Hierbij komt het gas van de Nederlandse velden, voornamelijk Slochteren, vanaf de Noordzee die deels bij Uithuizen aan land komt, uit Rusland via de Nord Stream leiding, en via de haven van Rotterdam in de vorm van LNG uit de hele wereld. Dit gas wordt herverdeeld via het Nederlandse gasleidingennetwerk voornamelijk naar Groot-Brittannië via de BBL, Duitsland, België en Frankrijk (figuur 61).

De grote clusters zijn zeer belangrijk voor de gasvoorziening van Noordwest-Europa en zijn daarnaast een zeer belangrijke leverancier voor elektriciteitsbedrijven. De uitval van 2 grote clusters zal het systeem zodanig frustreren dat de gehele gasvoorziening uitvalt en daarmee ook een groot deel van de elektriciteitsproductie staken. De leidingen zijn in lussen aangelegd waardoor een lokale afsluiting niet de afsluiting van een geheel gebied betekend, maar bij grotere overstromingen waarbij meerdere delen van de lus onderbroken worden kan dit natuurlijk wel het geval zijn.



Figuur 61: Gasrotonde in Nederland met aanvoer vanuit Rusland via Duitsland, en de rest van de wereld via de haven van Rotterdam en doorvoer naar Verenigd Koninkrijk en Frankrijk (Gasunie, 2012)

Het tweede deel van de systeemwerking is de afhankelijkheid binnen de energiesector. Elektriciteitsbedrijven zijn namelijk zoals eerder beschreven voor een groot deel afhankelijk van de gasproductie en –invoer, maar anderzijds is elektriciteit essentieel voor verschillende onderdelen in het gasnetwerk. Een deel van de afsluiters van leidingen is namelijk elektrisch bediend, deze begeven het ook bij een waterdiepte van 50 cm boven de grond. In de MR's is voor de odorisatie en verwarming na drukverlaging elektriciteit nodig, deze systemen falen ook met een waterdiepte van 75 cm. Ook de andere installaties zijn grotendeels elektrisch bediend en zullen daarom al in een vroeg stadium afgesloten worden.

Daarnaast bevindt zich in het gebied een rioolwaterzuiveringsinstallatie op een van de laagste plekken in het gebied. Bovendien ligt deze vlakbij Groningen. De schadelijke stoffen die hier opgeslagen liggen kunnen bij een overstroming een bedreiging vormen voor de stad.

Verspreid over het gebied bevinden zich verder nog een aantal gevaarlijke locaties:

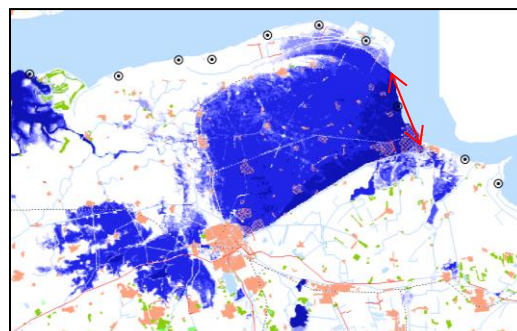
- een aantal plekken waar gevaarlijke stoffen worden opgeslagen (Lpg-stations, boerderijen met chemicaliën zoals ammoniak, vuilverwerkingsbedrijven etc.)
- een oefengebied van defensie rond het Lauwersmeer
- een aantal BRZO-locaties (besluit risico zware ongevallen): Een aardolieverwerker en Suikerunie in Groningen en verschillende bedrijven in de haven van Delfzijl

En een aantal kwetsbare objecten verspreid over alle kernen: Hotels, scholen, ziekenhuizen, bejaardentehuizen, publieke gebouwen, etc.

B 5.1.4 Bedreigingskarakteristieken

Naast de kenmerken van het binnendijkse gebied zijn de kenmerken van wat er buiten de dijk gebeurt ook relevant. Het beheergebied wordt aan de noord- en oostzijde begrensd door een primaire kering aan de Waddenzee en de Eemsmonding. Na de derde toetsronde van de primaire waterkeringen is de dijk van de Eemshaven tot Delfzijl afgekeurd. Noorderzijlvest heeft dit aangepakt als mogelijkheid onderzoek te doen naar innovatieve werkwijzen het overstromingsrisico te verlagen.

Het falen dit dijkkringdeel heeft van de gemodelleerde dijkkringdelen van Noorderzijlvest ook de grootste gevolgen (HKV Lijn in water, 2012). In het geval van een dijkdoorbraak stroomt ruwweg het gebied begrenst door het Eemskanaal en de spoorlijn Groningen-Roodeschool onder (figuur 62).



Figuur 62: Overstroomde gebied bij 4-voudige dijkdoorbraak van dijkkringdeel Holwierde (aangegeven met rode pijlen) bij toetspeil

In het geval van andere doorbraken wordt het water veelal tegen gehouden door de hoger gelegen gebieden van Groningen, de spoorlijn Groningen-Delfzijl, de keringen van het Reitdiep en werken de noordelijke polders als noodoverloopgebied (§5.1.2). In tabel 28 is een overzicht gegeven van de effecten van de meest rampzalige doorbraken (in termen van schade en slachtoffers) van dijkkringdelen in het beheergebied van Noorderzijlvest, hierbij is tussen haakjes de grootte van de schade dan wel het aantal slachtoffers gegeven als percentage van het bedrag/aantal bij een doorbraak bij Holwierde (deze waarden komen uit berekeningen waar gaswininstallaties niet zijn meegenomen, maar wel meerdere bressen gemodelleerd zijn). Te zien is dat de gevolgen van een doorbraak bij Holwierde verreweg het grootst zijn, daarom zal op dit dijkkringdeel gefocust worden in deze studie.

Tabel 28: Meest rampzalige overstromingen Waterschap Noorderzijlvest in termen van schade en slachtoffers met tussen haakjes het bedrag/aantal als percentage van het bedrag/aantal bij doorbraak Holwierde

Doorbraaklocatie	Schade (mln. €)	Slachtoffers (doden)
Holwierde	5000 (100%)	590 (100%)
Kloosterburen	750 (15%)	21 (4%)
Oudeschip	420 (8%)	7 (1%)
Lauwersmeer	300 (6%)	10 (2%)

Bijlage 6 Rekenresultaten Noorderzijlvest

In deze bijlage worden de scores voor de verschillende criteria toegelicht voor de Noorderzijlvestcasus toegelicht. Daarnaast worden de figuren met betrekking tot het risico die ontbreken in de hoofdtekst weergegeven. De ontbrekende figuren worden gegeven in §B 6.1, in §B 6.2 t/m §B 6.5 wordt de score voor de criteria welke berekend of uitgebreid bepaald zijn toegelicht, in §B 6.6 worden de criteria welke op basis van zeer ruwe schattingen gemaakt zijn toegelicht.

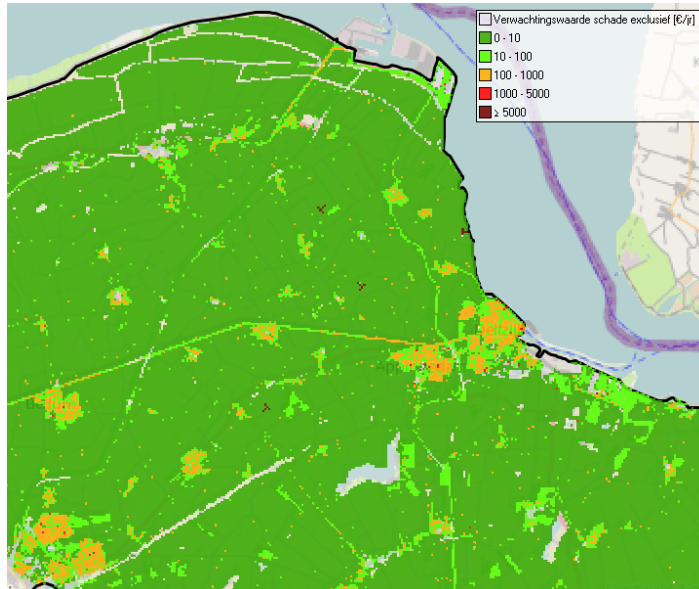
B 6.1 Risico

Het complete overzicht van figuren voor de Noorderzijlvestcasus met indirecte schade voor gaswinstallaties is weergegeven in deze paragraaf. Dit zijn figuren met:

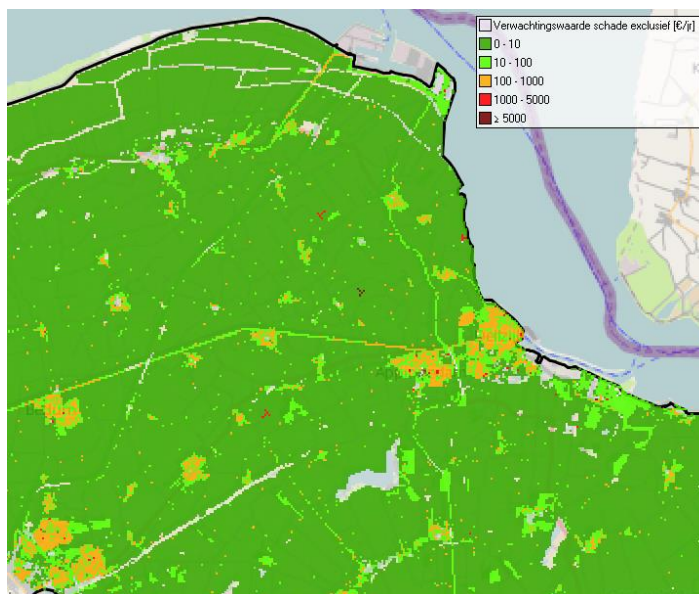
- Verwachte jaarlijkse schade [€/jaar/ha] (figuur 63 t/m 69)
- Schadecurve [€ vs. Herhalingstijd] (figuur 70 t/m 76)
- Lokaal Individueel Risico [/jaar] (figuur 77 t/m 83)
- Plaatsgebonden Risico [/jaar] (figuur 84 t/m 90)
- Slachtoffercurve [Slachtoffers vs. Herhalingstijd] (figuur 91 t/m 97)

De figuren en toelichting van de berekeningen zonder indirecte schade voor gaswinstallaties zijn niet opgenomen in deze bijlage. De verschillen van deze variant met de wel beschreven variant zijn beschreven in bijlage 7.

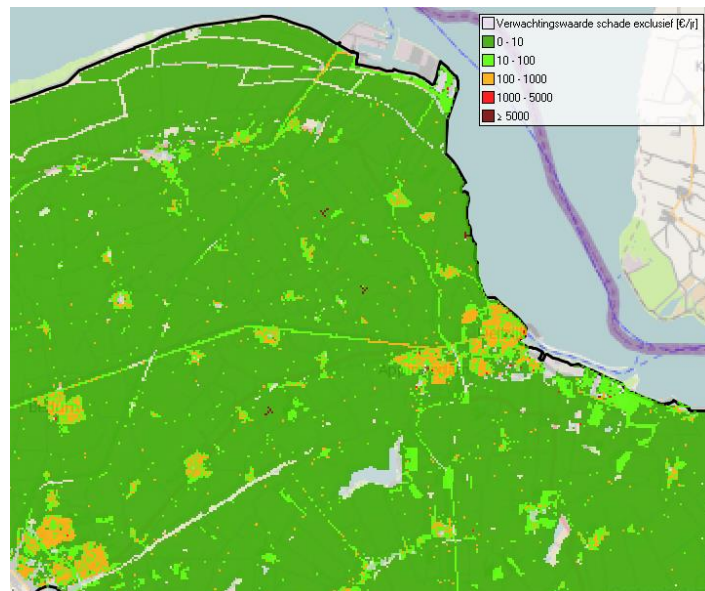
Verwachtingswaarde van de jaarlijkse schade



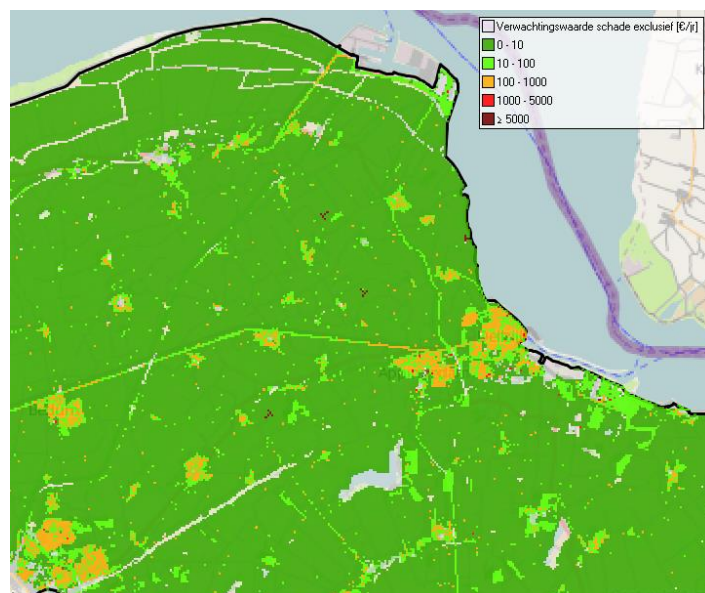
Figuur 63: Verwachtingswaarde van de jaarlijkse schade - Referentie



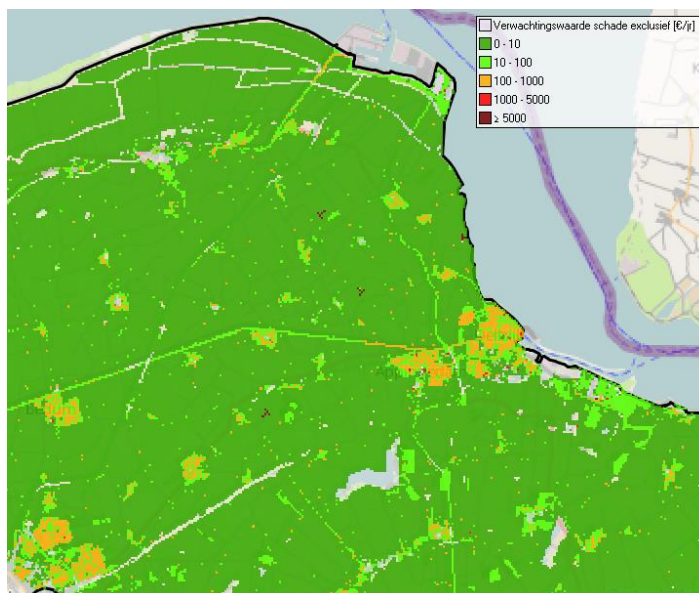
Figuur 64: Verwachtingswaarde van de jaarlijkse schade – Gaswinning



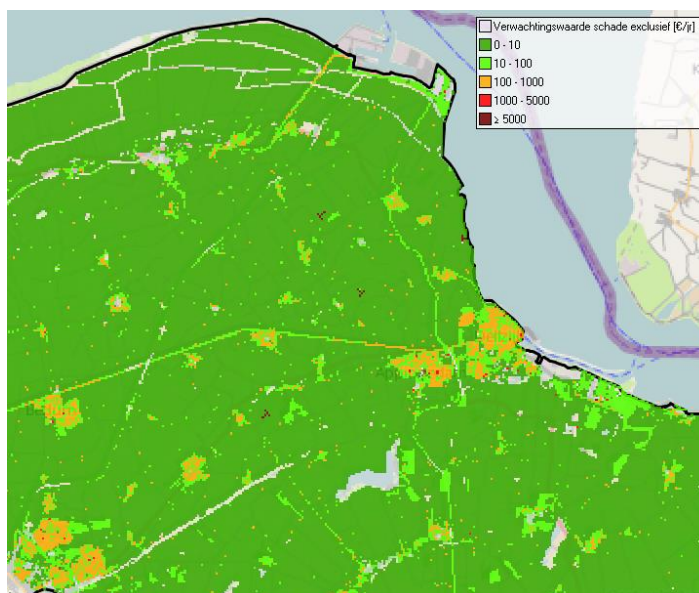
Figuur 65: Verwachtingswaarde van de jaarlijkse schade - Compartiment 1



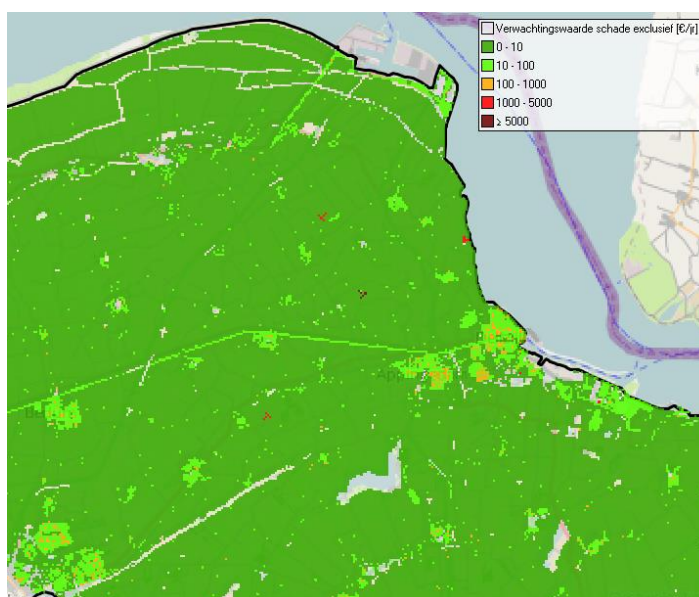
Figuur 66: Verwachtingswaarde van de jaarlijkse schade - Compartiment 2



Figuur 67: Verwachtingswaarde van de jaarlijkse schade -
Compartiment 1 & 2

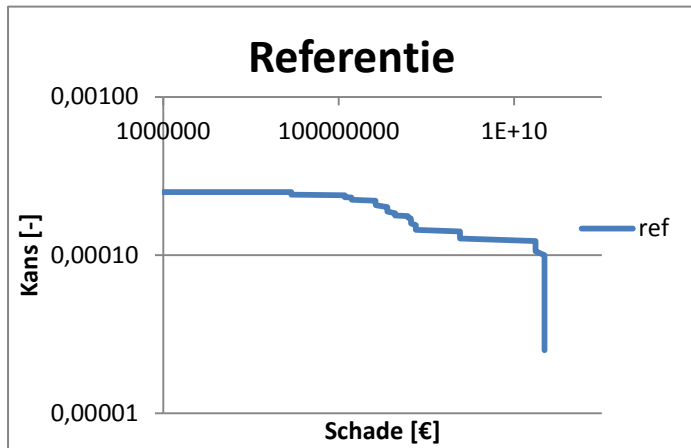


Figuur 68: Verwachtingswaarde van de jaarlijkse schade -
Woonwijk ophogen

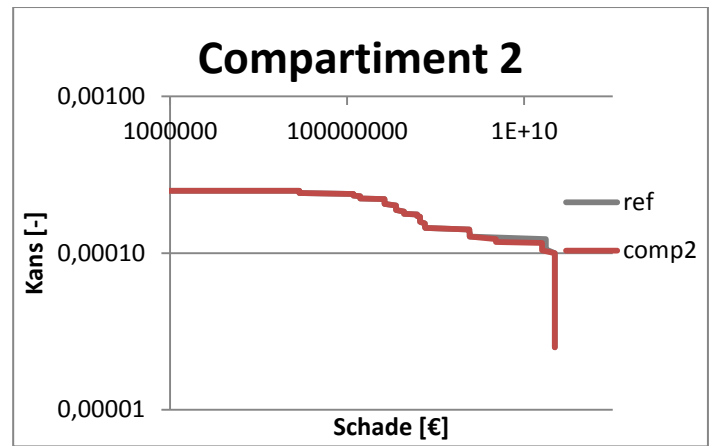


Figuur 69: Verwachtingswaarde van de jaarlijkse schade -
Dijkverhoging

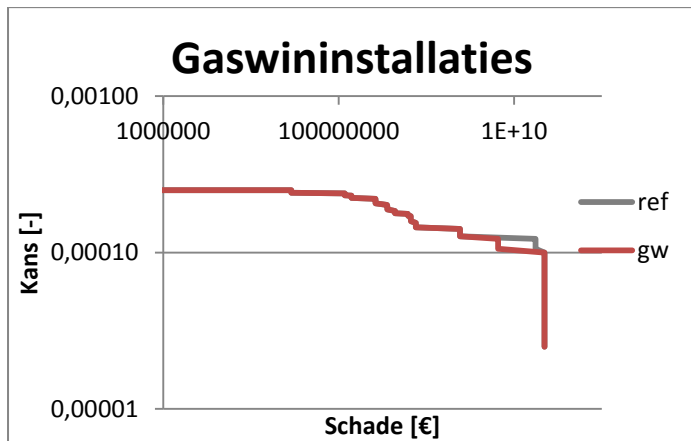
FS-curve



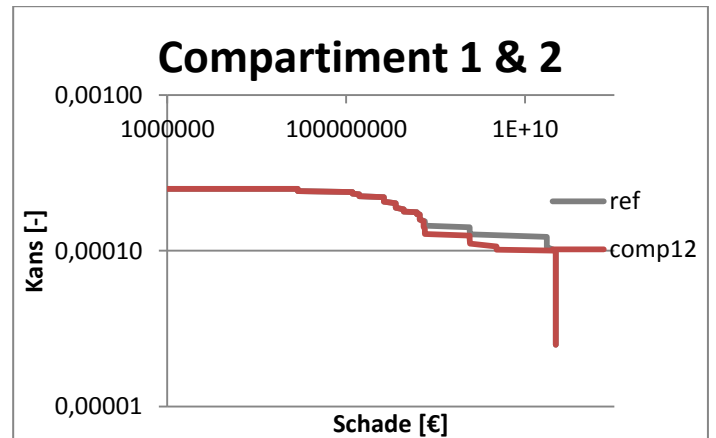
Figuur 70: Schadecurve – Referentie



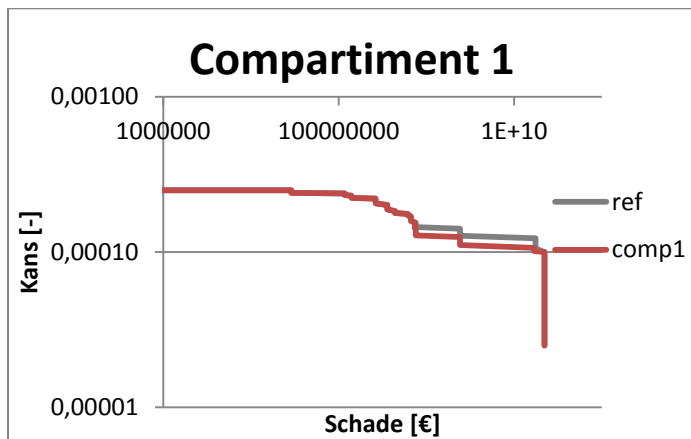
Figuur 73: Schadecurve - Compartiment 2



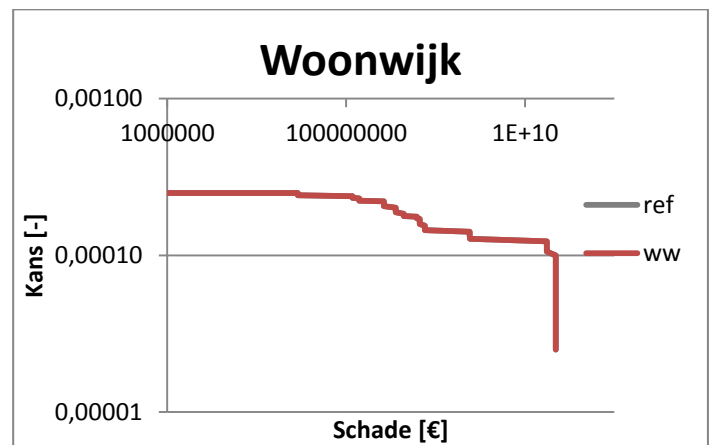
Figuur 71: Schadecurve – Gaswinning



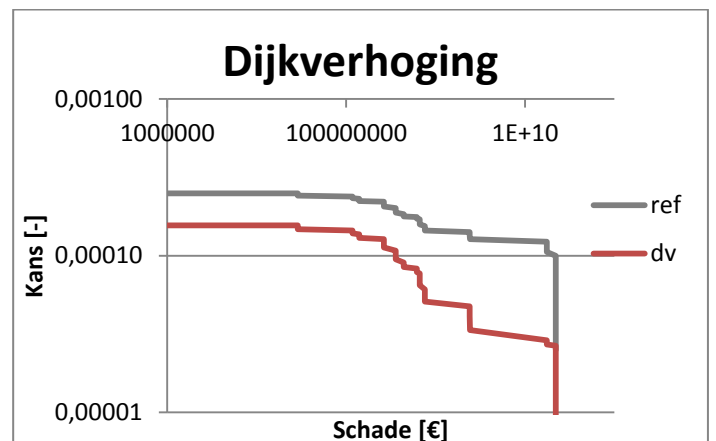
Figuur 74: Schadecurve - Compartiment 1 & 2



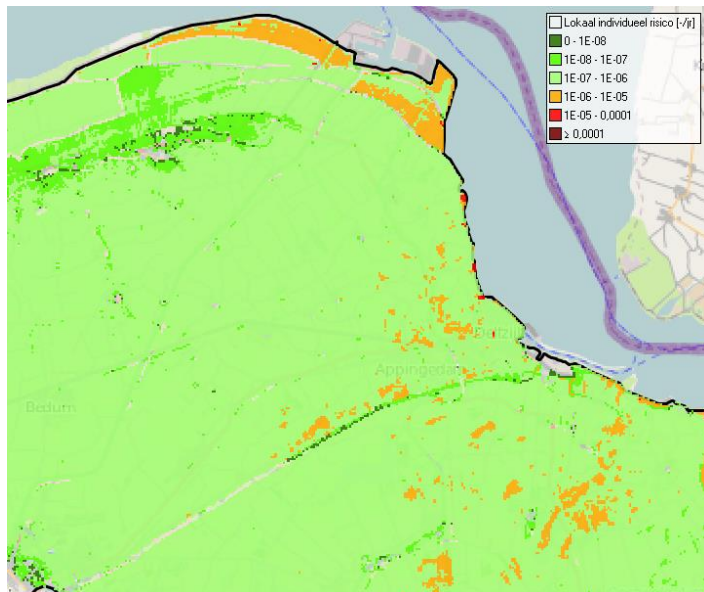
Figuur 72: Schadecurve - Compartiment 1



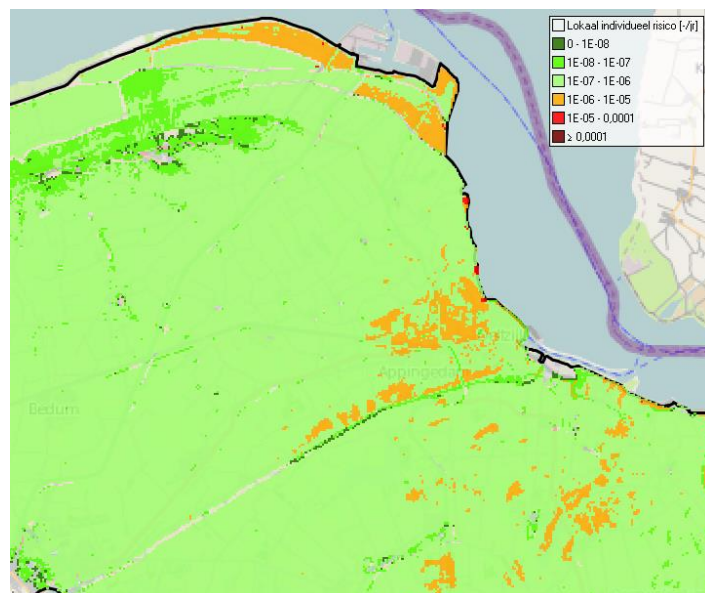
Figuur 75: Schadecurve – Woonwijk



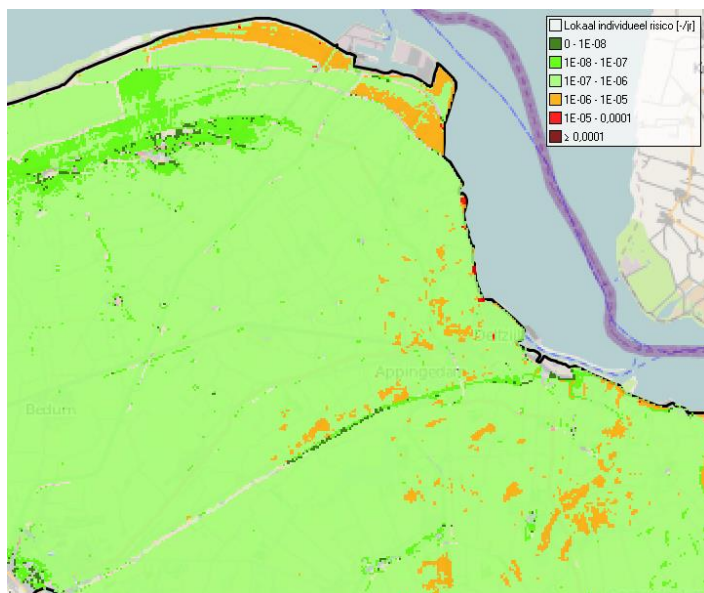
Figuur 76: Schadecurve - Dijkverhoging



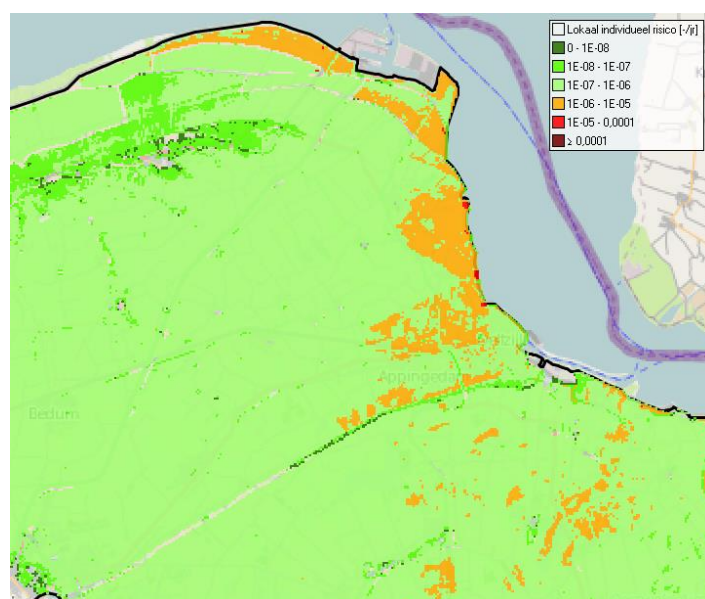
Figuur 77: LIR - Referentie



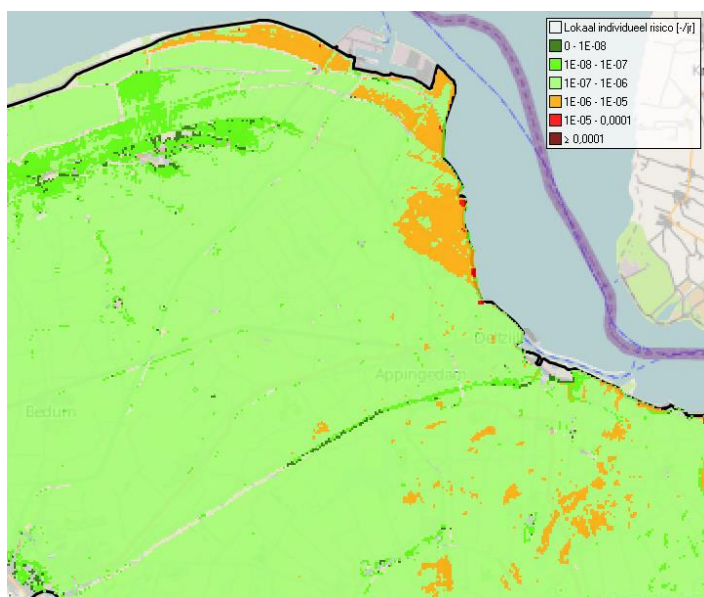
Figuur 80: LIR - Compartiment 2



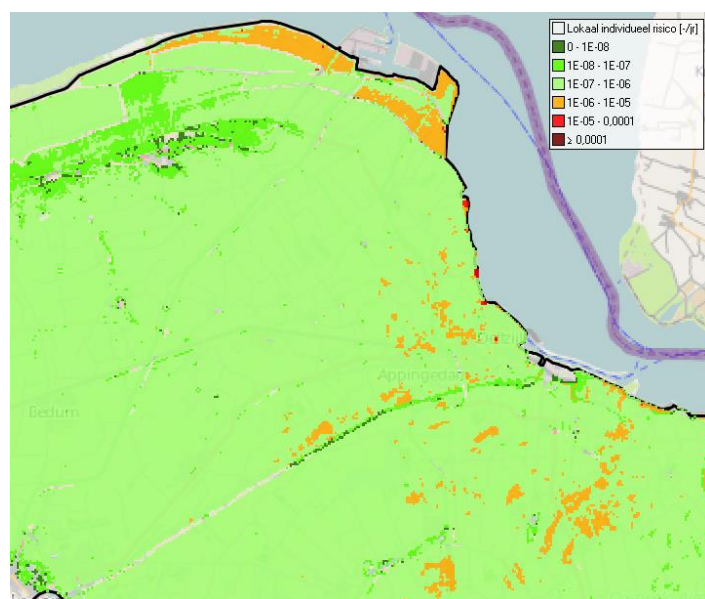
Figuur 78: LIR - Gaswinning



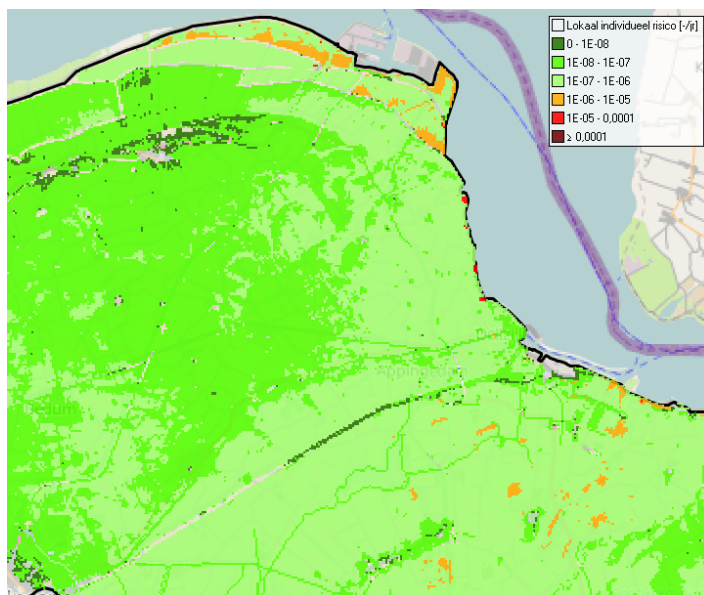
Figuur 81: LIR - Compartiment 1 & 2



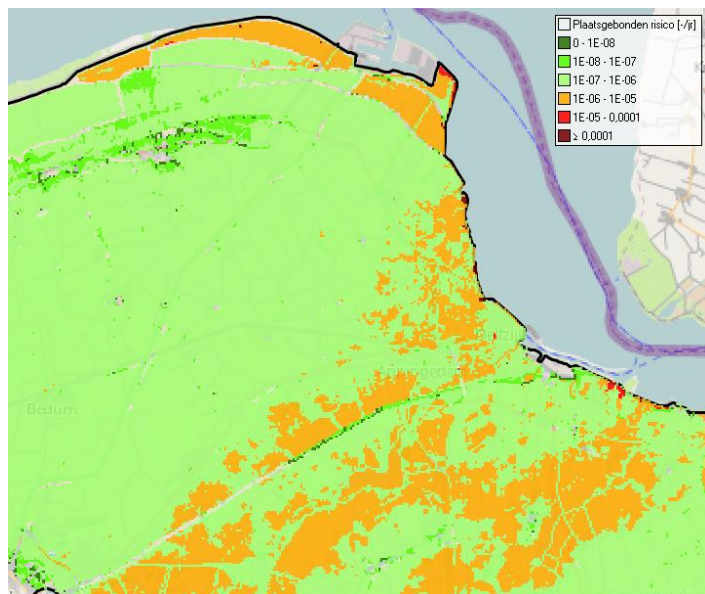
Figuur 79: LIR - Compartiment 1



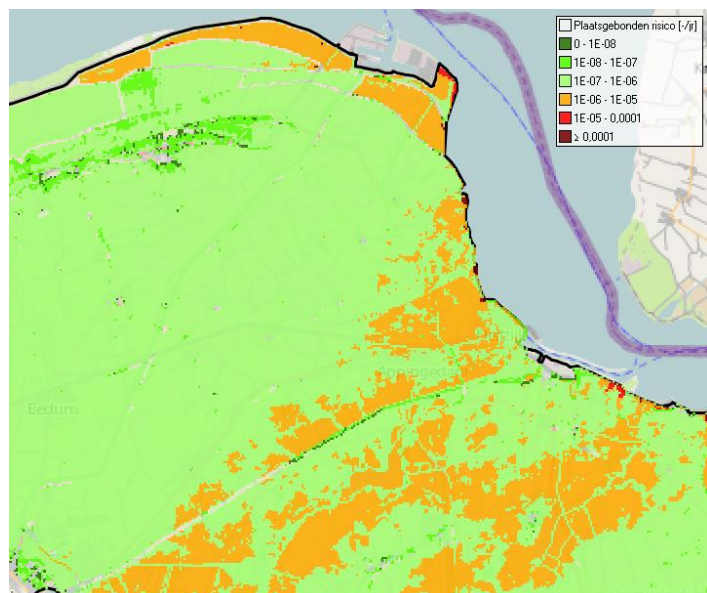
Figuur 82: LIR - Woonwijk



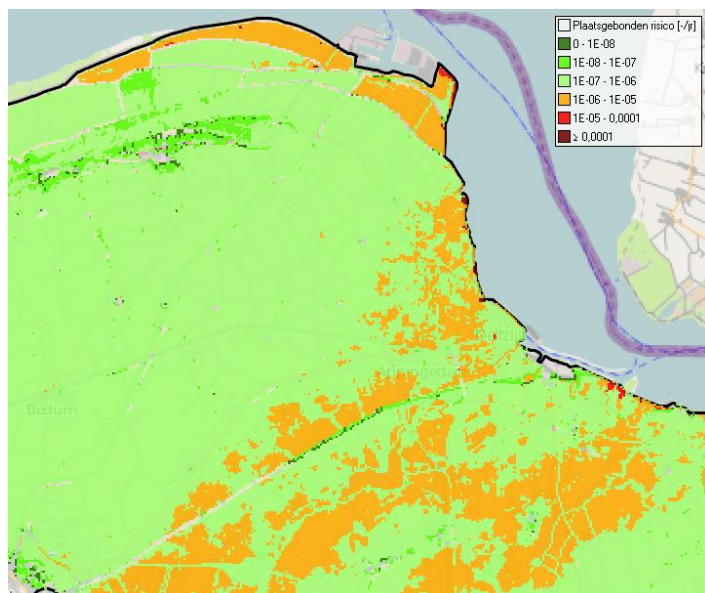
Figuur 83: LIR - Dijkverhoging



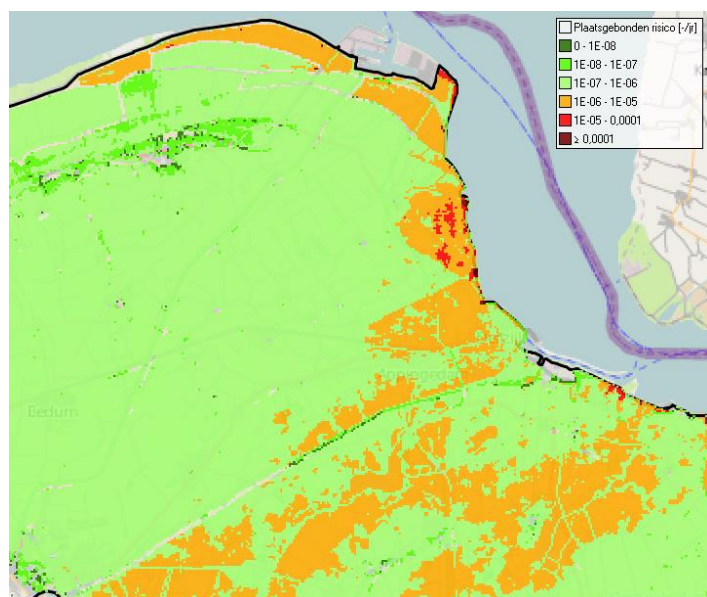
Figuur 84: PR - Referentie



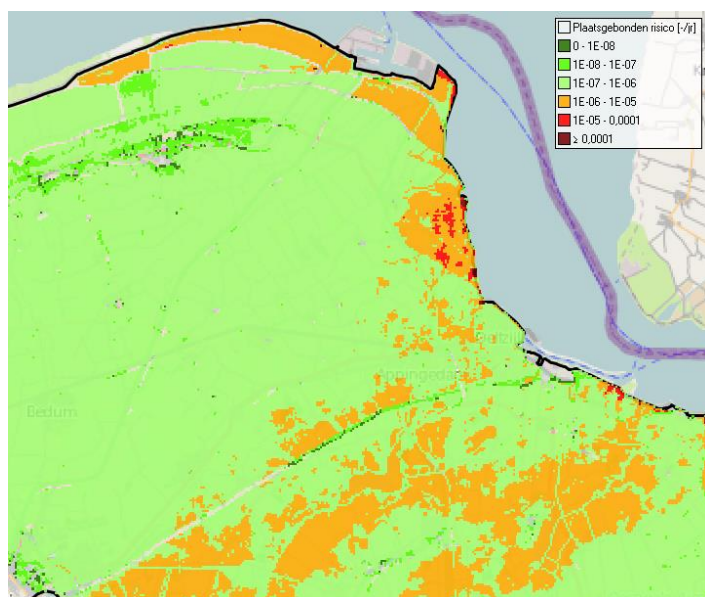
Figuur 87: PR - Compartiment 2



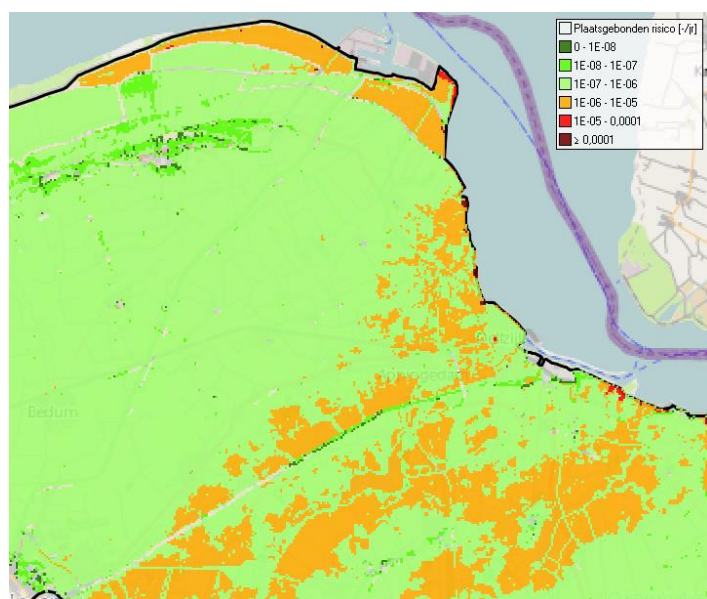
Figuur 85: PR - Gaswinning



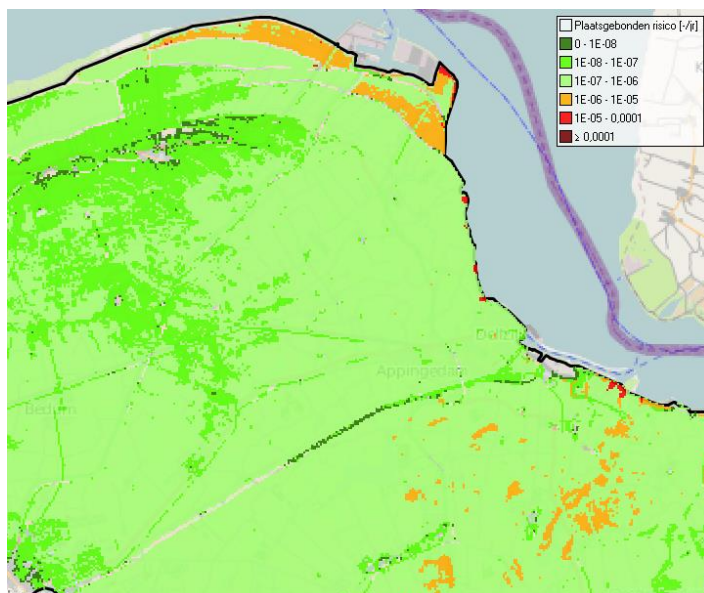
Figuur 88: PR - Compartiment 1 & 2



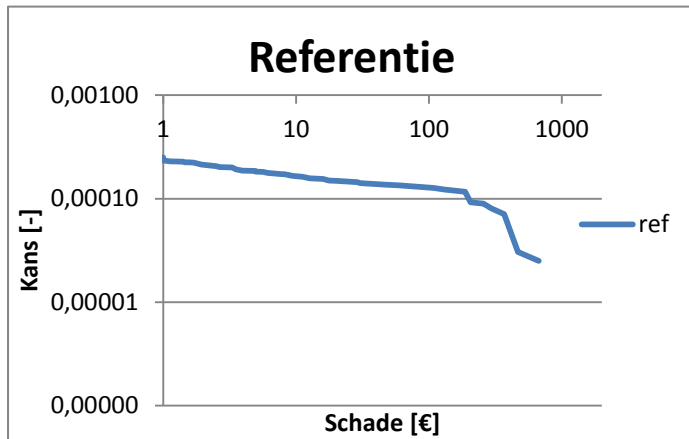
Figuur 86: PR - Compartiment 1



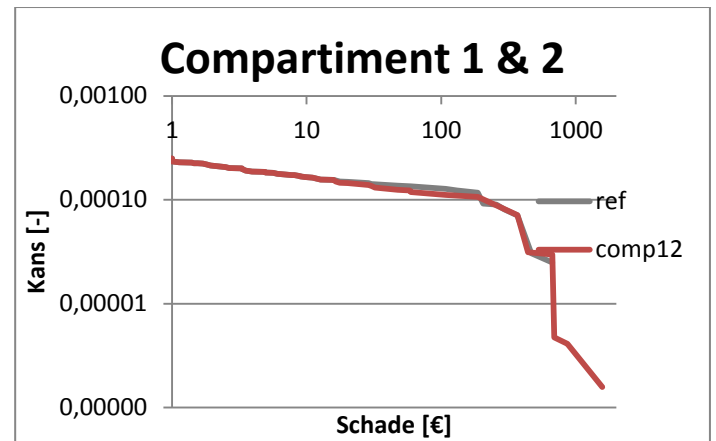
Figuur 89: PR - Woonwijk



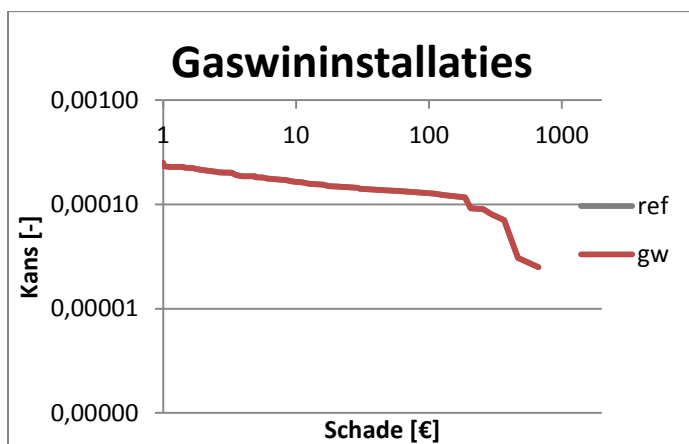
Figuur 90: PR - Dijkverhoging



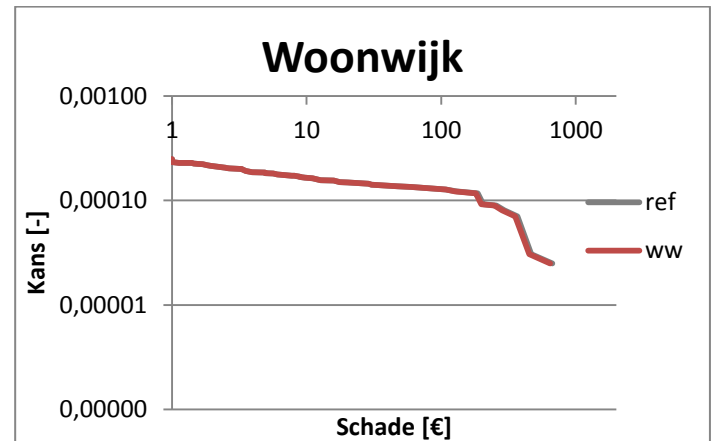
Figuur 91: Slachtoffercurve - Referentie



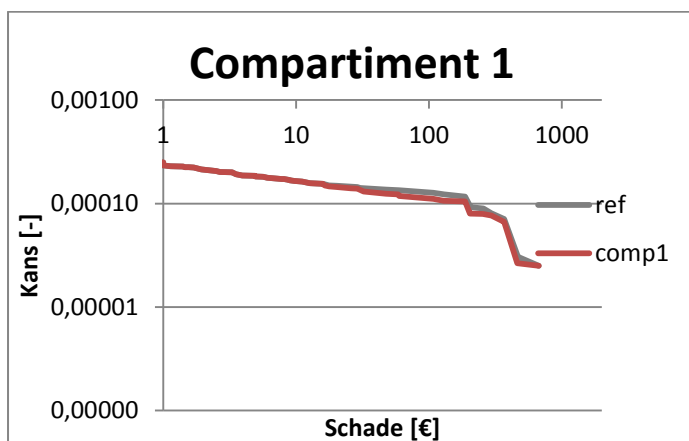
Figuur 95: Slachtoffercurve - Compartment 1 & 2



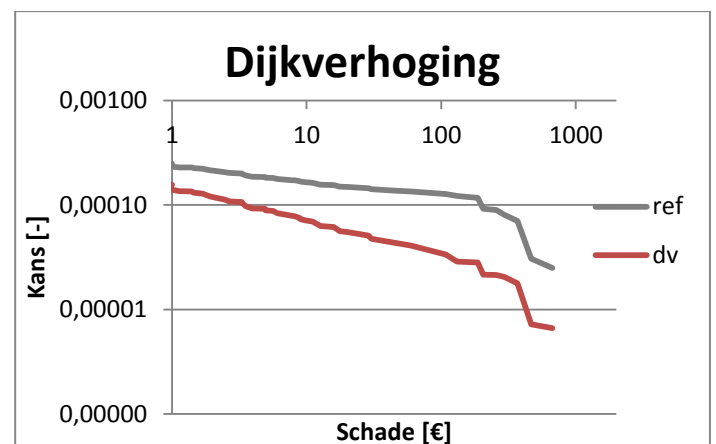
Figuur 92: Slachtoffercurve - Gaswinning



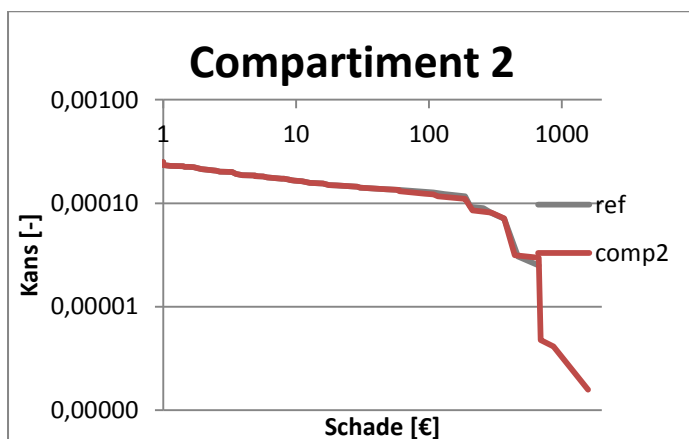
Figuur 96: Slachtoffercurve - Woonwijk



Figuur 93: Slachtoffercurve - Compartment 1



Figuur 97: Slachtoffercurve - Dijkverhoging



Figuur 94: Slachtoffercurve - Compartment 2

B 6.2 Onzekerheid

Het bepalen van de verandering in onzekerheid is op dezelfde wijze gekwantificeerd als in de fictieve casus (Bijlage 4). In tabel 29 is voor de maatregelen van de Noorderzijlvestcasus weergegeven hoe de onzekerheid in de componenten veranderd.

B 6.2.1 Gaswininstallaties

De overstromingskenmerken zijn onzeker door de onzekerheid over of de elementen in het landschap het water kunnen weerstaan. Door het element ringdijk aan het gebied toe te voegen ontstaat een extra onzekerheid en worden de overstromingskenmerken meer onzeker. Ook de zelfredzaamheid wordt meer onzeker, doordat er mensen achterblijven achter de ringdijk wordt hun zelfredzaamheid meer onzeker, in de referentiesituatie zouden ze immers geëvacueerd zijn.

De onzekerheid in de bedrijfsuitval en indirecte schade in het gebied wordt zeer sterk bepaald door de onzekerheid over het uitvallen van de gaswininstallaties, door de ringdijken wordt de kans op deze schades kleiner waardoor de onzekerheid erin minder zwaar wordt meegenomen in de beoordeling, de gemiddelde onzekerheid zal echter niet sterk afnemen doordat de onzekerheid over het functioneren van de leidingen wel zal blijven bestaan.

B 6.2.2 Compartimentering

Door compartimentering wordt een tweede barrière aangelegd voor het water het land in kan stromen, de onzekerheid in faalkans neemt hierdoor af. De onzekerheid in de fysische kenmerken van de dijk neemt toe doordat er meer kilometers dijk zijn en deze door de omgeving minder gecontroleerd zal worden. De onzekerheid in zelfredzaamheid zal enigszins verkleind worden omdat mensen die zich in het compartiment bevinden meer bewust worden van hun situatie en zich hier beter op zullen voorbereiden.

B 6.2.3 Woonwijk ophogen

Door het ophogen van een deel van het gebied wordt de onzekerheid over het bodemprofiel vergroot, in hoeverre modellen deze verandering zullen doorvoeren is namelijk niet bekend. Ook de overstromingskenmerken worden meer onzeker, doordat de plotselinge verhoging in het gebied onverwachte effecten kan hebben. De onzekerheid in bedrijfsuitval wordt groter doordat het onzeker is of de verhoogde woonwijk nog bereikbaar is als de omgeving wel overstroomd is.

B 6.2.4 Dijkverhoging

Bij dijkverhoging wordt de onzekerheid in frequentie en buitenwaterstand sterk vergroot, dit is contra-intuïtief, de dijk veranderd immers niets aan de grillen der natuur. Deze onzekerheid moet echter gezien worden als onzekerheid over het risico ten gevolge van de hydraulische belasting. Algemeen aangenomen is dat de onzekerheid over de hydraulische belasting waaraan de dijk wordt blootgesteld toeneemt bij lagere frequenties dus indien lage (relatief zekere) waterstanden niet of nauwelijks meer bijdragen aan het risico, zullen de hoge (relatief onzekere) waterstanden zwaarder meewegen en de totale onzekerheid daarmee verhogen. Ook de onzekerheid in zelfredzaamheid wordt sterk vergroot, doordat het moeilijker te voorspellen wordt hoe mensen zullen handelen als de overstroming extremer wordt. De fysische kenmerken van de dijk, de faalkans, het faalmechanisme en het instroomdebiet worden meer onzeker naar mate de omstandigheden extremer worden, deze vergroting van de onzekerheid is niet zo

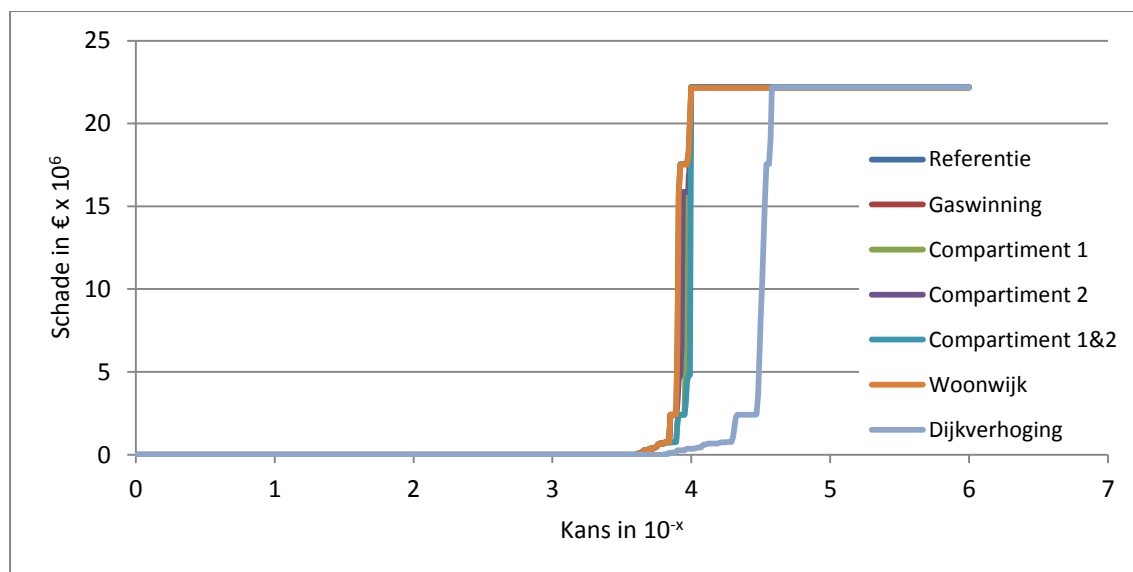
extreem als die van de hydraulische belasting omdat ook de nieuwe dijkhoogte goed getoetst kan worden. Noodmaatregelen, communicatie en noodvoorzieningen hebben ook een vergrote onzekerheid. Of wallen van zandzakken ook de extreme vloed kunnen weerstaan, of het luchtalarm nog werkt en of een aggregaat lang genoeg mee zal gaan om de overstroming door te komen wordt meer onzeker naar mate de overstroming extremer wordt.

Tabel 29: Verandering van onzekerheid in risico door verschillende maatregelen Noorderzijvestcasus

	Gaswinning	Compartimentering	Woonwijk ophogen	Dijkverhoging
Componenten met sterk vergrote onzekerheid				Frequentie Buitenwaterstand Zelfredzaamheid
Componenten met vergrote onzekerheid	Overstromings-kenmerken Zelfredzaamheid	Fysische kenmerken dijk	Bodemprofiel Overstromings-kenmerken Bedrijfsuitval	Fysische kenmerken dijk Faalkans Faalmechanisme Instroomdebiet Noodmaatregelen Communicatie Noodvoorzieningen
Componenten met verkleinde onzekerheid	Bedrijfsuitval Indirecte schade	Faalkans Zelfredzaamheid		
Componenten met sterk verkleinde onzekerheid				

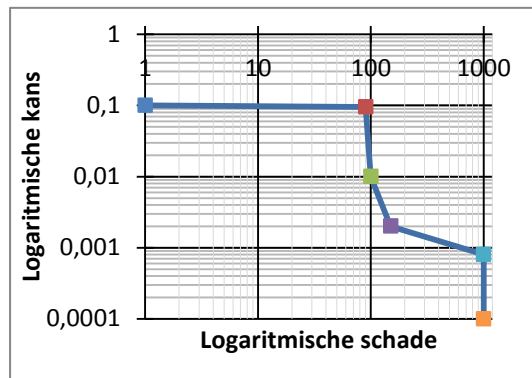
B 6.3 Robuustheid – Geleidelijkheid

Net als in de fictieve casus is de geleidelijkheid bepaald op basis van een grafiek waarin de schade is uitgezet tegen de logaritmische kans (figuur 98)

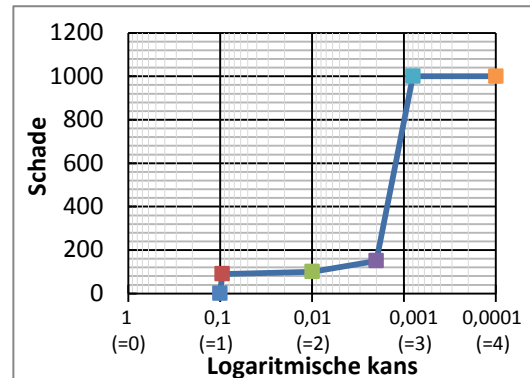


Figuur 98: Reactiecurves van de Noorderzijvestcasus na maatregelen

De meeste curves zijn niet te zien omdat ze weinig verschillen met de referentie, vooral Dijkverhoging onderscheidt zich duidelijk. Deze curves zijn dezelfde curves als de FS-curves maar dan met de assen gewisseld en op een andere schaal, de transponering wordt duidelijk in figuur 99 die zoals de FS-curve is en figuur 100 die zoals de hier gebruikte curve is, de markeringen in beide figuren hebben dezelfde kleur.



Figuur 99: Voorbeeld FS-curve op dubbel logaritmische schaal



Figuur 100: Zelfde FS-curve weergegeven als reactiecurve: gedraaid, en alleen kans op logaritmische schaal

Om de geleidelijkheid te bepalen is een stapgrootte van 0,01 gebruikt en is logaritmisch geïnterpoleerd op de punten waar niet genoeg data beschikbaar was. In tabel 30 zijn de resultaten per methode en het totaal weergegeven. Bij de fictieve casus werd de score nog gedomineerd door de 'Absolute afwijking'-methode, bij deze casus is de 'Spronggrootte kwadraat'-methode bepalend.

Tabel 30: Scores voor geleidelijkheid per maatregel uitgesplitst in kwadratenmethode, afwijkingmethode en combinatie van die twee. Rode cellen bevatten negatieve scores, gele cellen gemiddelde en groene cellen positieve

	Referentie	Gaswinning	Compartment			Woonwijk	Dijkverhoging
			1	2	1&2		
Spronggrootte kwadraat	0,230	0,207	0,236	0,232	0,622	0,229	0,095
Absolute afwijking	0,535	0,541	0,544	0,537	0,548	0,534	0,610
Combinatie	0,76	0,75	0,78	0,77	1,17	0,76	0,71

B 6.4 Kosten

NCW

De netto contante waarde is de gediscoteerde waarde van risicoreductie (zowel schade als gemonetariseerde slachtoffers) min de gediscoteerde kosten van de maatregel. Hierbij is een disconteringsvoet van 4% gebruikt. Dit is een maat voor de effectiviteit van de maatregel.

B/K-ratio

De baten-kosten-ratio is de gediscoteerde waarde van de risicoreductie (zowel schade als gemonetariseerde slachtoffers) gedeeld door de gediscoteerde kosten van de maatregel. Hierbij is een disconteringsvoet van 4% gebruikt. Dit is een maat voor de efficiëntie van de maatregel.

B 6.5 Publiek – Gelijkheid

Voor het berekenen van de scores voor gelijkheid zijn de bronbestanden van de LIR-kaarten gebruikt. Voor de berekening van de gelijkheid in LIR is de volgende formule gebruikt:

$$\text{Variantie LIR} = \sum_{n=1}^N (\bar{X} - X_n)^2$$

Met:

n=het aantal locaties waar het LIR bepaald is

X_n =Het LIR op locatie n

$\bar{X}$ =de gemiddelde LIR

Voor de berekening van de gelijkheid van de verandering in LIR is de volgende formule gebruikt:

$$\text{Variantie in verandering LIR} = \sum_{n=1}^N \left(\overline{X - X_{ref}} - (X_n - X_{n,ref}) \right)^2$$

Met:

n=het aantal locaties waar het LIR bepaald is

X_n =Het LIR op locatie n

$X_{n,ref}$ =Het LIR op locatie n in de referentiesituatie

$\overline{X - X_{ref}}$ =de gemiddelde verandering in LIR

B 6.6 Overige criteria

B 6.6.1 Robuustheid

Reactiedrempel

Dit is de kans dat de eerste schade optreedt.

Onzekerheid over reactiedrempel

De faalkans is één van de componenten die het risico bepaald, de waarde hiervoor is dus overgenomen uit de onzekerheidsberekening.

Geleidelijkheid

Dit is een maat waarmee de geleidelijkheid van de schadecurve is bepaald. En is eerder in de bijlage toegelicht.

Verwachtingswaarde schade en slachtoffers

Dit is de som van de verwachtingswaarde van de schade en de verwachtingswaarde van de gemonetariseerde slachtoffers.

Onzekerheid over gevolgen

Deze is overgenomen uit de onzekerheidsberekening.

Herstelcapaciteit

GW	2	Door vlot herstel gasvoorziening kan wederopbouw sneller plaatsvinden
C1, C2, C1&2	1	Door per compartiment leeg te pompen kan eerder begonnen worden met het eerste herstel
WW	0	De schaal van de woonwijk is te klein om iets te betekenen in het grote geheel
DV	-1	De maatgevende overstroming zal extremer zijn wat herstel bemoeilijkt

Omslagpunt

Dit is de kans dat een grotere schade optreedt dan een vastgestelde waarde, verondersteld wordt dat boven dit bedrag het herstel niet plaatsvindt. Over de hoogte van dit bedrag is in dit onderzoek een zeer grote aanname gemaakt (1 miljard euro).

Hersteltijd

GW	10	Gaswininstallaties worden gespaard waardoor winning snel herstart kan worden
Overige	25	Gaswininstallaties zijn ondergelopen welke zeer moeilijk te herstellen zijn

B 6.6.2 Politiek-bestuurlijk

Uitstraling

GW	-1	Aanpassing van het gebied geeft gevoel van tekortschieten huidige veiligheid
C1,	-1	Ingeklemd tussen twee dijken geeft onveilig gevoel, achter tweede dijk wel positieve uitstraling
C2, C1&2	-2	Ingeklemd tussen twee dijken geeft onveilig gevoel bij veel mensen door grote woonkernen tussen dijken, achter tweede dijk wel positieve uitstraling
WW	1	Vooraf nadenken over waterveiligheid wekt vertrouwen
DV	-1	Aanpassing van het gebied geeft gevoel van tekortschieten huidige veiligheid

Continuïteit van functies

GW, WW	1	De bescherming is afgestemd op de functie van de woonwijk/gaswininstallatie en wordt zo vastgelegd
Overige	0	Geen veranderingen met betrekking tot het vastleggen van functies ten opzichte van de referentiesituatie

Complexiteit van ontwerp-uitvoering-beheer aantal partijen

GW	3	Gaswinner en partijen verantwoordelijk voor waterveiligheid
C1, C2, C1&2	8	Grondeigenaar, partijen verantwoordelijk voor waterveiligheid en partijen verantwoordelijk andere functies dijk
WW	8	Partijen verantwoordelijk voor waterveiligheid en partijen verantwoordelijk voor nieuwbouw
DV	2	Partijen verantwoordelijk voor waterveiligheid

Complexiteit van ontwerp-uitvoering-beheer niveau van besluitvorming

GW, WW	2	Regionaal met verschillende disciplines
Overige	1	Regionaal

Complexiteit van ontwerp-uitvoering-beheer gescheiden verantwoordelijkheden

GW	3	Waterveiligheid heeft prioriteit, geen tegengestelde belangen
C1, C2, C1&2	2	Dijk en opbouw hebben weinig invloed op elkaar
WW	0	Conflicterende belangen tussen nieuwbouw en waterveiligheid
DV	4	Waterveiligheid partijen hebben verantwoordelijkheid

Innovatie

WW	1	Enkele mogelijkheden doordat toepassing als waterveiligheidsmaatregel lang niet meer gebruikt is, maar veelal bestaande technieken
Overige	0	Bestaande technieken

Juridische verankering

DV	4	Goed controleerbaar en meetbaar
Overige	3	Effect enigszins moeilijk meetbaar maar goed controleerbaar

B 6.6.3 Publiek

Gedupeerden

GW	1	Bewoners van percelen waar de dijk komt moeten permanent wijken
C1, C2, C1&2	2	Bewoners van percelen waar de dijk komt moeten permanent wijken, dit betreft een groot aantal mensen
WW	0	Voor woonwijk werd huidige functie al verwijderd
DV	0	Hooguit kleine stukken land worden opgekocht

Bewustzijn

Allen	1	Enigszins vergroot bewustzijn door de dijk te zien, maar geen directe last ervan
-------	---	--

Gelijkheid

De twee typen gelijkheid (in veiligheid en in verandering in veiligheid) zijn eerder in de bijlage toegelicht.

B 6.6.4 Ruimtelijk

Inpasbaarheid

GW	3	Locaties bevinden zich reeds op afgelegen plekken, functie landbouw kan op kleine schaal moeten wijken
C1, C2, C1&2	2	Lokale plannen moeten worden afgestemd op compartimenteringsdijken
WW	3	Woonfunctie hoeft niet te wijken, hoogstens aangepast
DV	4	Ruimte is reeds gereserveerd

Meekoppelen

GW	1	Maatregel kan aangegrepen worden om ook te werken aan informatievoorziening of natuurontwikkeling
C1, C1&2	3	Bij verbreden N33 kan dijk onder weg aangelegd worden
C2	1	Maatregel kan aangegrepen worden voor landschapsontwikkeling
WW	3	Veel kosten voor ophogen en nieuwbouw hoeven niet dubbel gemaakt
DV	0	Geen andere functies toebedeeld aan gebied

Ruimtelijke kwaliteit

GW	1	Gasinfrastructuur wordt onttrokken aan het zicht
C1, C2, C1&2	-1	Verhoging in het landschap beperkt het uitzicht en geeft infrastructuur een prominente plek
WW	2	Wonen met uitzicht
DV	-1	Verhoging in het landschap beperkt het uitzicht

B 6.6.5 Temporeel

Tijd tot beoogde effect

GW, DV	2	Aanleg kan direct beginnen
Overige	5	Afhankelijk van andere partijen maar aanleg kan direct beginnen

Aanpasbaarheid met zelfde maatregel

GW, DV	3	Tot op een zeker punt kunnen dijken sterker en hoger gemaakt worden
WW	0	De verhoging is vastgelegd er kan niet opnieuw verhoogd worden
C1, C1&2	2	Aanleg weg legt functie vast, maar kan met moeite wel verhoogd worden

Aanpasbaarheid met andere maatregel

GW	4	Maatregel is op zeer lokale schaal, dus conflicteert niet met andere maatregelen
C1, C2, C1&2	3	In tussen dijken gelegen gebied zijn veel maatregelen niet effectief meer, maar in de rest van het gebied wel
WW	3	Overstromingspatroon wordt deels vastgelegd, maar andere maatregelen zijn nog mogelijk
DV	1	Veel maatregelen in het gebied worden nutteloos door extreme omstandigheden waar ze aan blootgesteld worden bij doorbraak

Tijdbestendigheid

WW	200	Door vastleggen functie zal verhoging voor lange tijd aangelegd worden
Overige	100	Dijken worden ontworpen voor komende 100 jaar

Bijlage 7 Indirecte schade gaswininstallaties

Het is onzeker wat de waarde is van de indirecte schade aan gaswininstallaties en of het mogelijk is deze te voorkomen. Dit komt doordat niet zeker is of de leidingen zullen blijven liggen bij een overstroming en de verantwoordelijke partijen kunnen besluiten de gaswininstallaties vooraf af te sluiten waardoor het systeem alsnog kan instorten.

Om deze reden is ook een casus doorgerekend waarin deze schade niet is meegenomen. In deze bijlage worden de verschillen beschreven, hierbij komen ook enkele mankementen in criteria naar voren. Voor de overzichtelijkheid is de naamgeving als volgt:

- De indirecte schade kan wel voorkomen worden: Casus 1
- De indirecte schade kan niet voorkomen worden: Casus 2

Casus 1 is de casus zoals deze in het hoofdrapport beschreven is. Aan Casus 1 zijn de directe schade en de indirecte schade toegevoegd als nabewerking op de schadegrids. Omdat in Casus 2 de indirecte schade voor alle situaties hetzelfde is, is alleen de directe schade als nabewerking toegevoegd. Dit zorgt ervoor dat de verwachtingswaarde schade in de referentiesituatie minder is in Casus 2. Daarom is voor schade naast de verwachtingswaarde ook de reductie van de verwachtingswaarde weergegeven. Voor Geleidelijkheid is het niet mogelijk een dergelijke aanpassing te doen (zie subkop Robuustheid) en voor de Kosten zijn al relatieve waarden ten opzichte van de referentiesituatie gebruikt om de baten te bepalen.

De verschillen tussen Casus 1 en Casus 2 zijn voornamelijk duidelijk aan te geven bij de berekende waarden. Voor de overige criteria kan slechts een indicatie gegeven worden door het subjectieve karakter ervan.

Schade

De schade wordt onderschat als de aanname dat indirecte schade wel te voorkomen is onterecht is, met name voor de maatregelen gaswininstallaties beschermen en dijkverhoging. In tabel 31 is de verwachte schade te zien van de twee casussen en in tabel 32 het verschil in verwachtingswaarde met de referentiesituatie. Te zien is dat het beschermen van gaswininstallaties en dijkverhoging veel minder schadereductie realiseren in Casus 2 en dat woonwijk (en in enige mate compartiment 2) ongeveer dezelfde schadereductie realiseren. Deze maatregelen hebben geen of relatief weinig relatie met de gaswininstallaties.

Tabel 31: Schaderisico in casus 1 en casus 2. Rode cellen bevatten negatieve scores, gele cellen gemiddelde en groene cellen positieve

	Referentie	Gaswinning	Compartiment			Woonwijk	Dijk-verhoging
			1	2	1&2		
Verwachtingswaarde schade Casus 1 [mln. €/jaar]	2,70	1,35	2,42	2,59	2,34	2,69	0,71
Verwachtingswaarde schade Casus 2 [mln. €/jaar]	1,23	1,20	1,14	1,19	1,13	1,22	0,57

Tabel 32: Verandering in schaderisico in casus 1 en casus 2. Rode cellen bevatten negatieve scores, gele cellen gemiddelde en groene cellen positieve

	Referentie	Gaswinning	Compartiment			Woonwijk	Dijk-verhoging
			1	2	1&2		
Reductie verwachtingswaarde schade Casus 1 [mln. €/jaar]	0	-1,35	-0,28	-0,11	-0,36	-0,01	-1,99
Reductie verwachtingswaarde schade Casus 2 [mln. €/jaar]	0	-0,03	-0,09	-0,04	-0,10	-0,01	-0,66

Slachtoffers

Bij de verwachtingswaarde van het aantal slachtoffers is er geen verschil tussen de twee casussen doordat indirecte schade niets te maken heeft met slachtoffers. Een uitzondering hierop is de dijkverhoging, dit is een fout in de berekeningswijze. Zoals te lezen in §5.3.2 ‘Maatregelen’ wordt de kans van het ‘worst case’-scenario aangepast op basis van de verandering in schade, deze kans heeft op zijn beurt weer invloed op het slachtofferrisico. In Casus 1 wordt de schadereductie door dijkverhoging zeer sterk bepaald door de indirecte schade, resulterend in een grote reductiefactor voor de ‘worst case’-scenariokans. Door het wegvallen van deze grote schadereductie in Casus 2 is de reductiefactor ook veel minder groot, het slachtofferrisico is hierdoor volgens de berekeningen een factor 1,6 groter terwijl er in werkelijkheid niets anders is.

Onzekerheid

De onzekerheid is bepaald door veel aannames, waardoor het verschil tussen de twee casussen moeilijk aan te geven is. Het is duidelijk dat maatregelen in Casus 2 de onzekerheid in indirecte schade aan de installaties niet kunnen veranderen omdat deze niet meegenomen wordt. De maatregel gaswinning zal daardoor in ieder geval minder goed scoren op dit criterium.

Robuustheid

De reactiedrempel zou niet anders moeten zijn doordat het volledig bepaald wordt door kansen, niet door gevolgen, door het eerder beschreven effect van de reductiefactor voor de scenariokans van de worst case is dit voor dijkverhoging wel het geval, al is het in beperkte mate: een factor 1,1 hogere reactiedrempel. De onzekerheid hierin zal min of meer gelijk blijven.

De geleidelijkheid verschilt sterk (tabel 33), in Casus 2 is de referentiesituatie erg geleidelijk, de maatregelen die het schaderisico voor grote delen van het gebied veranderen komen hierdoor niet goed uit de bus ((compartimenterings)dijken). In casus twee was alleen compartimentering 1&2 erg negatief voor de geleidelijkheid en was dijkverhoging juist erg positief. De verschillen kunnen komen doordat het voorkomen van indirecte schade grote onregelmatigheden schept in de schadetoename bij kleinere kansen. Aannemelijker is, en dat doet af aan de waarde van deze resultaten, dat de verschillen worden veroorzaakt door het verschil in de referentiesituatie dat doorwerkt in de resultaten van de maatregelen. Hieraan is te zien dat het criterium geleidelijkheid zeer afhankelijk is van keuzes ten aanzien van wat wel en niet betrokken wordt in de analyse.

Tabel 33: Geleidelijkheid in casus 1 en casus 2. Rode cellen bevatten negatieve scores, gele cellen gemiddelde en groene cellen positieve

	Referentie	Gaswinning	Compartiment			Woonwijk	Dijk-verhoging
			1	2	1&2		
Geleidelijkheid indirecte schade <u>wel</u> voorkomen [-]	0,76	0,75	0,78	0,77	1,17	0,76	0,71
Geleidelijkheid indirecte schade <u>niet</u> voorkomen [-]	0,68	0,68	0,81	0,85	0,86	0,68	0,75

De verwachtingswaarde van de schade en slachtoffers en de onzekerheid verschillen zoals eerder beschreven. De verandering in herstelcapaciteit is moeilijk te bepalen, maar het is aannemelijk dat het voordeel van het beschermen van gaswininstallaties deels teniet gedaan wordt doordat de schade aan het systeem groter is, dit geldt ook voor het omslagpunt en de hersteltijd.

Kosten

Door de ontbrekende risicoreductie in Casus 2 is niet één maatregel kosteneffectief (tabel 34), vooral gaswinning en dijkverhoging zijn een stuk minder effectief doordat deze maatregelen sterk inzetten op de reductie van de indirecte schade. Het ophogen van de woonwijk is niet minder effectief doordat er geen relatie is met de gaswininstallaties.

Tabel 34: Netto contante waarde en baten-kostenratio in casus 1 en 2. Rode cellen bevatten negatieve waarden, gele cellen gemiddelde en groene cellen positieve

	Referentie	Gaswinning	Compartiment			Woonwijk	Dijk-verhoging
			1	2	1&2		
NCW indirecte schade <u>wel</u> voorkomen [mln. €]		6,1	-68,7	-69,3	-127,5	-9,6	-22,5
NCW indirecte schade <u>niet</u> voorkomen [mln. €]		-22,3	-72,8	-70,4	-133,5	-9,6	-52,1
B/K-ratio indirecte schade <u>wel</u> voorkomen [-]		1,27	0,09	0,02	0,06	0,03	0,68
B/K-ratio indirecte schade <u>niet</u> voorkomen [-]		0,02	0,03	0,01	0,01	0,03	0,26

Overige criteria

Voor de overige criteria is geen verschil te verwachten, behalve de verschillen in LIR en verschillen in veranderingen in LIR, deze zijn door het eerder genoemde effect van de aanpassing van de 'worst case'-scenariokans volgens de berekeningen (onterecht, het zijn immers maten voor slachtofferrisico) respectievelijk een factor 2 en 0,5 hoger voor de maatregel dijkverhoging in Casus 2 dan in Casus 1.

Bijlage 8 Enquête

Het beoordelingskader is voorgelegd aan experts om inzicht te krijgen in de meerwaarde ervan. Aan de 6 experts is het rode kader voorgelegd, een kader waarin alleen schade, slachtoffers & gewonden en kosten aspecten zijn die meegenomen worden. En aan 9 experts is het groene kader voorgelegd, dit is het kader zoals opgesteld in deze studie. Naast deze 15 experts is het kader verstuurd naar 4 experts die het niet ingevuld hebben, dit waren allen groene kaders.

De experts die het groene kader hebben beoordeeld zijn:

Advies- & ingenieursbureaus:

Diederik van Hogendorp Projectleider – Arcadis

Onderzoeksinstituten:

Frauke Hoss	PhD-kandidaat, Engineering & Public policy – Carnegie Mellon University
Marjolein Mens	PhD-kandidaat – Universiteit Twente & Onderzoeker – Deltares
Ties Rijcken	Onderzoeker Hydraulic engineering & society – TU Delft

Overheid -Besluitvormers:

Johannes Lindenbergh Locodijkgraaf – Waterschap Noorderzijlvest

Overheid -Beleidsadviseurs:

Henk van der Leij	Specialist Kering en Veiligheid – Waterschap Hunze & Aa's
Kees de Jong	Sr. Beleidsadviseur waterveiligheid – Waterschap Noorderzijlvest
Peter Lalkens	Toetser/vergunningverlener primaire kering – Waterschap Noorderzijlvest
Tineke Cnossen	Unitmanager Strategische ontwikkeling – Waterschap Noorderzijlvest

De experts die het rode kader hebben beoordeeld zijn:

Advies- & ingenieursbureaus:

Bas Kolen	Adviseur Calamiteitenmanagement, marktcoördinator – HKV Lijn in Water
Michiel van Reen	Sr. Projectleider - Arcadis

Onderzoeksinstituten:

Eelco van Beek Professor IWRM modelling – Universiteit Twente & WRM specialist - Deltares

Overheid -Besluitvormers:

Klaas Klaassens	Sr. beleidsmedewerker Waterveiligheid - Provincie Groningen
Siep Groen	Sr. Beleidsmedewerker - Min. EZ & Deltaprogramma Waddengebied

Overheid -Beleidsadviseurs:

Bert de Graaf Coördinator Crisismanagement – Waterschap Noorderzijlvest

De vragenlijst voor de beoordeling van het groene kader wordt hier weergegeven, voor het rode kader is dezelfde vragenlijst gebruikt maar met kortere aspecten- en criteriatabellen. Voor het rode kader zijn in deze tabellen zijn alleen de aspecten schade, slachtoffers & gewonden en kosten weergegeven, met dezelfde criteria voor deze aspecten als in het groene kader. Er wordt gesproken over een bijlage, in deze bijlage staan de gebiedskenmerken samengevat, de locatie en eigenschappen van de maatregelen en hoe de kwalitatieve scores zijn vastgesteld. Deze bijlage is niet aan dit rapport toegevoegd.

Vragenlijst evaluatie beoordelingskader Meerlaagsveiligheid⁴

Voor de afronding van mijn studie Civil Engineering & Management onderzoek ik of een uitgebreider beoordelingskader nodig is voor de beoordeling van waterveiligheidsmaatregelen in de tweede laag van Meerlaagsveiligheid dan nu gebruikt wordt. Voor dit onderzoek wil ik graag van u weten welke criteria u relevant vindt en wat u vindt van het beoordelingskader dat ik heb vastgesteld. Deze twee vragen komen achtereenvolgens aan bod en tot slot zal ik u vragen wat u vond van deze evaluatie.

Deze evaluatie is voorgelegd aan medewerkers van ingenieurs- en onderzoeksbureaus, waterschappen, provincies, universiteiten en een ministerie.

Het invullen van deze evaluatie kost u ongeveer 10 minuten.

Deel 1: Opstellen relevante beoordelingscriteria

Voor dit onderzoek vraag ik u in onderstaande tabel een lijst van criteria⁵ op te stellen welke u relevant vindt bij het beoordelen van maatregelen. Hierbij kunt u denken aan technische criteria, maar ook aan criteria ten aanzien van meer generieke aspecten zoals bestuur. Pas dit alstublieft niet meer aan als u begonnen bent met deel 2.

Criteria relevant voor de beoordeling van waterveiligheidsmaatregelen:

Deel 2: Evaluatie van het beoordelingskader

Voor dit deel van het onderzoek heb ik de testgroep, waar u deel van uitmaakt, verdeeld in twee groepen. Beide groepen krijgen dezelfde casus voorgelegd waarin de effecten van verschillende maatregelen uit de tweede laag en één maatregel uit de eerste laag van Meerlaagsveiligheid zijn doorberekend in het beheergebied van Waterschap Noorderzijlvest. Op basis van de resultaten zijn twee verschillende beoordelingskaders ingevuld die elk aan een andere groep voorgelegd worden. Ik vraag u dit beoordelingskader te evalueren op verschillende onderdelen en vooral ook op onderdelen die u zelf relevant vindt. Uiteindelijk vraag ik u een eindoordeel te geven over het

⁴ Meerlaagsveiligheid is in 2009 in het Nationaal Waterplan genoemd, en is in de jaren erna verder uitgewerkt als nieuwe benadering waarbij waterveiligheid wordt gerealiseerd in drie lagen:

1. Preventie
2. Ruimtelijke inrichting
3. Rampenbeheersing

Deze benadering is ontwikkeld vanuit de gedachte dat zowel kans als gevolg bepalend zijn voor het overstromingsrisico en dus ook allebei kansen bieden voor een veiligheidsmaatregelen.

⁵ In mijn onderzoek heb ik onderscheid gemaakt tussen aspecten en criteria. Een aspect is iets waar rekening mee gehouden moet worden om een bepaalde doelstelling te halen en een criterium is dat waarmee gemeten wordt wat de bijdrage van het aspect aan de doelstelling is. Voor de meer generieke aspecten is het moeilijk goed meetbare criteria te bedenken, als u wel een aspect, maar geen criterium weet te bedenken, geef dan alstublieft aan wat het aspect is en wat u daar zo belangrijk aan vindt.

[illegible]

Tabel 36: Criteriatabel

[illegible]

2. Toelichting

Overbodige criteria en aspecten (als u bij criteria of aspecten de weging 0 aan heeft gegeven)

Waarom vindt u de betreffende criteria/aspecten irrelevant?

Criterium/aspect	Reden

Aanpassing criteria en aspecten (als u criteria of aspecten een andere nuance gegeven had)

Wat had u aangepast in de criteria/aspecten en waarom voldoet de huidige nuance niet of is de andere beter in uw optiek?

Criterium/aspect	Reden
Oud: Nieuw:	
Oud: Nieuw:	

Missende criteria en aspecten (als u ergens een weging voor 'andere aspecten' of 'andere criteria voor het aspect ...' heeft ingevuld)

Welke criteria/aspecten miste u en waarom zijn deze belangrijk om wel mee te nemen?

Criterium/aspect	Reden

3. Totaaloordeel

Wat is uw totaaloordeel over dit beoordelingskader op een schaal van 1 tot 10?

Deel 3: Tot slot

Heeft u twijfels over de wijze waarop deze evaluatie is uitgevoerd of andere opmerkingen ten aanzien van de rest van mijn onderzoek of wat dan ook? Geef dat dan alstublieft in onderstaand blok aan.

