

# Achtergronden bij de normering van de primaire waterkeringen in Nederland



## Hoofdrapport

## Colofon

Uitgegeven door	Ministerie van Infrastructuur en Milieu, DG Ruimte en Water, Directie Algemeen Waterbeleid en Veiligheid
Telefoon	+31 70 - 456 00 00
Auteurs	Nadine Slootjes en Herman van der Most (Deltares)
Met bijdragen van	Rijkswaterstaat WVL: Ilka Tanczos, Durk Riedstra Deltares: Dennis Wagenaar, Karin de Bruijn, Jarl Kind, Kymo Slager, Rolf van Buren, Wouter Jan Klerk HKV: Bob Maaskant, Saskia van Vuren, Marit Zethof Jongejan RMC: Ruben Jongejan
Meer informatie op	<a href="http://www.deltacommissaris.nl">www.deltacommissaris.nl</a> en <a href="http://www.helpdeskwater.nl">www.helpdeskwater.nl</a>
Datum	28 juni 2016
Status	Definitief

## Addendum

Het voorliggende rapport geeft u technische achtergrondinformatie over de berekening van de normen voor de primaire waterkeringen in Nederland. Deze nieuwe normen worden in de Waterwet vastgelegd via een wetwijziging. Het streven is om deze wijziging per 1 januari 2017 in werking te laten treden en om in 2050 overal aan deze nieuwe normen te voldoen.

Nieuw ten opzichte van de huidige Waterwet is onder meer dat er twee typen normen worden vermeld: een *signaleringsnorm*, die dient om tijdig de versterkingsopgave in beeld te brengen en een *ondergrensnorm*, ofwel maximaal toelaatbare overstromingskans, waar een kering minimaal aan moet voldoen.

In het proces van de totstandkoming van de nieuwe normen was de signaleringsnorm voor een groot deel van de tijd de centrale waarde. Ook in de ontwerp-wijziging van de Waterwet was alleen de signaleringswaarde opgenomen. Een vertaling naar de ondergrenswaarde was beschreven met een vaste factor 3 tussen beide waarden. Ook het voorliggende rapport is op deze manier ingestoken, d.w.z. dat het de afleiding van de signaleringswaarde beschrijft. Begin 2016 is, naar aanleiding van een Advies van de Raad van State besloten tot het opnemen van de waarden van de ondergrenzen in de wet. In plaats van het wijzigen van het gehele rapport is er voor gekozen om in dit addendum te beschrijven hoe deze is berekend. De overzichtstabel met de normhoogte in Bijlage H en de set aan factsheets per normtraject die horen bij het voorliggende rapport zijn wel aangepast en bevatten wel voor alle normtrajecten de signaleringswaarde en de ondergrens.

De wijze waarop de ondergrenswaarde is bepaald:

- De eisen aan de primaire waterkeringen voor het basisbeschermingsniveau zijn voor de ondergrens bepaald bij een kans op overlijden ten gevolge van overstromingen van 1/100.000 per jaar en voor de signaleringswaarde aan 1/200.000 per jaar. Hieruit volgt dat de signaleringswaarde een factor 2 strenger is dan de ondergrenswaarde. Omdat tussen de normklassen een factor 3 zit (1/300, 1/1000, 1/3000 etc.) zijn er een aantal normtrajecten waar de ondergrenswaarde en de signaleringswaarde in dezelfde normklasse vallen.
- Voor de aanvullende eisen aan de waterkeringen vanuit economisch perspectief (MKBA) is de signaleringswaarde gelijk aan de 'middenkans' voor het jaar 2050. De betekenis van de 'middenkans' is toegelicht in het voorliggende rapport. De verhouding tussen de 'middenkans' en de 'maximaal toelaatbare overstromingskans' (ondergrens) varieert over de normtrajecten en ligt tussen een factor 2 en 4, met een landelijk gemiddelde waarde van 2,8. Op basis hiervan is besloten om de ondergrensnorm vanuit economisch perspectief een factor 3 of te wel één normklasse soepeler te stellen dan de signaleringswaarde.
- Andere overwegingen om de signaleringswaarden aan te passen zoals voor de trajecten waar het groepsrisico bepalend is voor de eis, blijven van kracht. De ondergrensnorm is voor deze trajecten ook één klasse soepeler gesteld dan de signaleringsnorm.
- Voor de voorliggende keringen volgt de ondergrens direct uit de berekeningen.



*Ondergrensnorm per traject*

# Samenvatting

In het Deltaprogramma (2009-2015) heeft de voorbereiding plaatsgevonden voor de actualisering van de normering van de primaire waterkeringen in Nederland. Deze nieuwe normen worden in de Waterwet vastgelegd via een wetswijziging. Het streven is om deze wijziging per 1 januari 2017 in werking te laten treden en om in 2050 overal aan deze nieuwe normen te voldoen.

De normen voor de primaire waterkeringen zijn gebaseerd op een technisch-inhoudelijke uitwerking en aanvullende afwegingen. De technisch-inhoudelijke uitwerking is gebaseerd op een landelijk consistente benadering, waarbij de eisen aan de waterkeringen zijn bepaald vanuit een risicobenadering. Het overgrote deel van de primaire waterkeringen heeft een norm gekregen die hierop is gebaseerd. Voor enkele normtrajecten is hiervan echter afgeweken vanwege aanvullende afwegingen.

De uitwerking van de landelijk consistente benadering en de toepassing hiervan is de afgelopen jaren intensief besproken met de beheerders van de primaire waterkeringen en betrokken provincies. Ook het Expertise Netwerk Waterveiligheid (ENW) heeft adviezen uitgebracht over de aanpak en de uitwerking.

## *Risicobenadering aan de basis van nieuwe normen*

Binnen het huidige waterkeringingssysteem staat de dijkkring centraal. Er gelden uniforme eisen voor de waterkeringen van een dijkkring. Studies hebben laten zien dat de gevolgen van overstromingen (sterk) afhankelijk kunnen zijn van de doorbraaklocatie binnen de dijkkring. Bij de actualisering van de waterveiligheidsnormen wordt uitgegaan van een risicobenadering. Eisen aan de waterkeringen in termen van toelaatbare overstromingskansen worden daarbij afgestemd op de omvang van de gevolgen van een overstroming: voor delen van een dijkkring kunnen daarbij verschillende normen gelden.

Tot nu toe zijn de normen uitgedrukt in overschrijdingskansen van waterstanden waarop een waterkering moet zijn berekend. Vanaf 2017 worden de normen uitgedrukt in termen van overstromingskansen: de kans dat de waterkering zijn waterkerend vermogen verliest (faalt). De normhoogten zijn bepaald bij het (beleidsmatige) uitgangspunt dat in 2050 aan de gestelde norm moet worden voldaan. Een toekomstgerichte norm past binnen de opvatting dat Nederland weliswaar goed beschermd is tegen overstromingen, maar dat continu geïnvesteerd moet worden in het verbeteren van onze bescherming tegen overstromingen.

De waarden in de wet zijn signaalwaarden (term in de wet: signaleringsnorm) en maximaal toelaatbare overstromingskansen (term in de wet: ondergrens). In het concept signaalwaarde ligt besloten dat deze een tijdje overschreden mag worden.

## *Beleidsdoelen nieuwe waterveiligheidsbeleid*

De tussentijdse wijziging van het Nationaal Waterplan formuleert beleidsdoelen voor het nieuwe waterveiligheidsbeleid:

- Iedereen in Nederland achter dijken en duinen krijgt ten minste een beschermingsniveau van  $10^{-5}$  per jaar (kans op overlijden ten gevolge van overstromingen is niet groter dan 1/100.000 per jaar).
- Meer bescherming wordt geboden op plaatsen waar sprake kan zijn van:
  - grote groepen slachtoffers,
  - en/of grote economische schade,
  - en/of ernstige schade door uitval van vitale en kwetsbare infrastructuur van nationaal belang.

In deze *landelijke* analyse is bescherming van specifieke elementen van vitale en kwetsbare infrastructuur nader beschouwd voor die elementen die bij falen nationale gevolgen hebben. Het gaat hier om de gasinfrastructuur in Groningen en de kerncentrale in Borssele. Met deze vitale infrastructuur is rekening gehouden bij het berekenen van de hoogte van de norm.

Het basisveiligheidsniveau is uitgewerkt aan de hand van het Lokaal Individueel Risico (LIR). De tussentijdse wijziging van het Nationaal Waterplan onderstreept het belang van het gericht investeren in extra bescherming van gebieden met een relatief grote kans op grote economische schade en op grote groepen slachtoffers. Aan het beperken van de kansen op veel schade is invulling gegeven door een maatschappelijke kosten-batenanalyse (MKBA). Het economisch optimale beschermingsniveau is afhankelijk van de economische schade bij een overstroming en de kosten om de kans op een overstroming te verkleinen. Gericht investeren in extra bescherming van grote groepen slachtoffers is gedaan via het groepsrisico. Het groepsrisico geeft inzicht in de gebieden waar de kans op grote groepen slachtoffers het grootste is. Het beschermingsniveau van die gebieden is aangescherpt.

#### *Uitgangspunten bij bepaling van gevolgen van overstromingen*

Gevolgen van overstromingen vormen een belangrijk onderdeel binnen de risicobenadering. Voor de bepaling van de gevolgen van overstromingen is, waar beschikbaar, gebruik gemaakt van overstromingssimulaties die zijn gebruikt in het project Veiligheid Nederland in Kaart (VKNK2).

De overstromingsscenario's laten zien dat vooral dijkringen in het centrale deel van het rivierengebied diep kunnen overstromen bij een doorbraak vanuit de primaire waterkeringen. Ook in de inpolderingen langs het IJsselmeer (Wieringen, Westfriesland, Flevopolder, Noordoostpolder) komt het water na een overstroming hoog te staan. Langs de kust zijn de inundatiediepten minder groot.

De overstromingssimulaties vormen een belangrijke basis voor de berekening van schaden en slachtoffers met het standaard model HIS-SSM. In de kosten-batenanalyse is rekening gehouden met immateriële schade door verlies aan mensenlevens en overlast die getroffen worden. De grootste gevolgen van overstromingen in schade en/of slachtoffers zijn te vinden in het rivierengebied en in iets minder mate in Zuid-Holland en Flevoland. Schattingen van schaden en slachtoffers vormen een belangrijke input voor de kosten-batenanalyse en de analyse van slachtofferrisico's.

Het aantal getroffen personen van een overstroming hangt af van het overstromingsverloop en het aantal inwoners van het gebied. In hoeverre er mensen overlijden ten gevolge van een overstroming hangt daarnaast af van de mate van preventieve evacuatie en het gedrag en de kwetsbaarheid van de nog aanwezige mensen in het overstromde gebied. De fractie inwoners die bij dreigende overstroming preventief geëvacueerd kan worden is onder meer afhankelijk van de voorspeltijd van dreigende overstromingen en de bevolkingsdichtheid. Deze fractie is landelijk gedifferentieerd, met een relatief kleine evacuatiefractie in het westen van Nederland en een veel grotere fractie in het rivierengebied.

De evacuatiefractie geeft een inschatting van de preventieve evacuatiemogelijkheden en vormt een rekenwaarde/uitgangspunt bij de berekening van het slachtofferrisico. Voor deze uitwerking is een beleidsmatige keuze gemaakt voor een conservatieve invulling van de evacuatiefractie.

#### *Referentiesituatie voor overstromingskansen van trajecten*

Voor de analyses van deze uitwerking is de referentiesituatie gedefinieerd als de verwachte overstromingskansen - in 2015 / 2020 - na uitvoering van lopende projecten en programma's voor hoogwaterbescherming: in het bijzonder Ruimte voor de Rivier en het Tweede

Hoogwaterbeschermingsprogramma. Het nieuwe Hoogwaterbeschermingsprogramma en de voorgestelde maatregelen door de regionale deelprogramma's maken geen deel uit van de referentiesituatie, omdat over de uitvoering van maatregelen binnen dit programma nog geen besluiten zijn genomen en omdat de betreffende maatregelen beïnvloed kunnen worden door een nieuwe normering.

### *Ruimtelijke grondslag voor normering*

Er is overgestapt van normen per dijkkring naar normen per traject. Bij de trajectindeling is onder meer rekening gehouden met verschil in dreiging en verschil in omvang van de gevolgen in het overstromd gebied. Daarnaast is gestreefd om de lengte van de trajecten niet te veel uiteen te laten lopen. Vergelijkbare lengten van trajecten dragen bij aan een helder(der) verband tussen het geboden beschermingsniveau en de eisen aan de sterkte van de kering. In het nieuwe normstelsel van primaire waterkeringen is het onderscheid tussen categorie a-, b- en c-keringen om deze reden vervallen.

Het vaststellen van een trajectindeling is geen exercitie waarbij slechts één oplossing mogelijk is. De eisen vanuit basisveiligheid en economische doelmatigheid geven enige richting. Uitlegbaarheid en praktische toepasbaarheid zijn echter ook belangrijk. De trajectindeling is in samenspraak met de beheerders en provincies tot stand gekomen.

### *Heroverweging status c-keringen*

Bij de primaire keringen van de voormalige categorie c is gekeken of deze keringen in het nieuwe systeem nog in het stelsel van primaire keringen passen. Omdat de nieuwe normen uitgaan van een risicobenadering en er niet langer uniforme eisen gelden voor alle dijkvakken van een dijkkring, komt de primaire status van de c-keringen in een ander daglicht te staan en zijn de eisen die eraan gesteld worden heroverwogen. Dit heeft er toe geleid dat een groot deel van de voormalige c-keringen geen primaire status meer hebben in het nieuwe stelsel.

### *Eis vanuit basisveiligheid*

Het Lokaal Individueel Risico (LIR) is gedefinieerd als de kans per jaar om te overlijden op een bepaalde locatie door een overstroming, rekening houdend met de mogelijkheid van evacuatie. Het LIR is het product van de overstromingskans, het percentage achterblijvers na preventieve evacuatie en de mortaliteit. Op basis van de beschikbare overstromingsscenario's en schattingen van evacuatiefracties kan het LIR in kaart worden gebracht.

Bij het afleiden van eisen vanuit basisveiligheid is per traject vastgesteld aan welke eisen de overstromingskans van het traject zou moeten voldoen opdat het niveau van  $10^{-5}$  per jaar voor het LIR in geen enkele buurt van het dijkkringgebied wordt overschreden.

### *Eis vanuit economische doelmatigheid*

Het economisch optimaal beschermingsniveau is afhankelijk van de economische schade ten gevolge van een overstroming en de kosten die gemaakt moeten worden om de overstromingskans te verkleinen. Per traject zijn de overstromingsschade in 2050 berekend en de kosten van het realiseren van een 10 maal hoger beschermingsniveau. De totale schade bestaat uit economische schade en (gemonetariseerde) schade als gevolg van (dodelijke) slachtoffers en getroffen. Voor de groei van de economische schade is uitgegaan van een groeipercentage van 1,9% (volgens economisch scenario Transatlantic Market). Alleen bij Almere is rekening gehouden met een sterkere groei.

De methode voor de duinenkust en de voorliggende keringen wijken op een enkel punt af van de standaard aanpak. Voor de duinenkust is er bijvoorbeeld geen rekening gehouden met het gelijktijdig optreden van meerdere bressen. De kans op meervoudige doorbraken binnen een traject

is klein, vanwege de (meestal) zeer grote variatie in sterkte van de duinen. Voor de voorliggende keringen wijkt de aanpak af, omdat er bij het verlies van het waterkerend vermogen van een voorliggende kering geen overstroming van het achterland hoeft op te treden vanwege de aanwezigheid van achterliggende primaire keringen. De eisen aan de voorliggende keringen zijn in die situatie in relatie tot de achterliggende keringen bepaald.

#### *'Hot spot'-trajecten met scherpere eisen vanuit groepsrisico*

Vanuit het perspectief van normering is bij het groepsrisico sprake van een 'prestatie-eis' voor het *geheel van alle* a-keringen. Er is een aantal redeneerlijnen uitgewerkt om invulling te geven aan mogelijke eisen aan keringen vanuit het perspectief van groepsrisico. De redeneerlijnen illustreren de vrijheid die er is om invulling te geven aan eisen aan keringen van het perspectief van het landelijk groepsrisico. Er is uiteindelijk gekozen voor een zogeheten 'hot spot'-benadering. Er waren zes trajecten met een relatief soepele eis vanuit het LIR en MKBA in relatie tot het aantal potentiële slachtoffers. Voor deze trajecten zijn aanvullende eisen gesteld vanuit het groepsrisico perspectief.

#### *Afleiding normhoogten en toedeling aan normklassen*

De normhoogten zijn in eerste instantie afgeleid op basis van de strengste eis vanuit basisveiligheid en economische doelmatigheid. Aanvullend is voor de zes 'hot spot'-gebieden vanuit het groepsrisico de normhoogte één klasse strenger toegedeeld. De berekende normhoogten zijn ingedeeld naar zes klassen met kans op een overstroming van 1/300 per jaar tot 1/100.000 per jaar.

#### *Voordelen normen gebaseerd op risicobenadering*

De effecten van het implementeren van de afgeleide normhoogten zijn groot. Als de situatie die ontstaat na uitvoering van projecten op basis van de nieuwe normen (2050) wordt vergeleken met de referentiesituatie (overstromingsrisico 2015-2020), dan wordt de volgende winst behaald:

- De individuele risico's nemen sterk af. In de referentiesituatie is sprake van een aanzienlijk areaal waar een LIR-waarde van  $10^{-5}$  per jaar wordt overschreden. Bij de overstromingskansen van de afgeleide normhoogten is dit areaal teruggebracht tot nul. Voor iedereen achter de dijk geldt dan minimaal een bescherming tegen overstromingen van  $10^{-5}$  per jaar. Ook een belangrijk deel van het areaal met LIR-waarden tussen  $10^{-5}$  en  $10^{-6}$  per jaar is ten opzichte van de referentiesituatie verschoven naar LIR-waarden kleiner dan  $10^{-6}$  per jaar. De veiligheid van burgers neemt in grote delen van Nederland, vooral in het rivierengebied, toe met tenminste een factor 10.
- De jaarlijkse economische risico's (inclusief gemonetariseerde slachtoffers) nemen landelijk af met ruim een factor 25. Bij trajecten met relatief grote gevolgen zijn relatief scherpe eisen gesteld aan de toelaatbare overstromingskansen. Die keuze komt tot uitdrukking in een forse reductie van het economisch risico van deze trajecten voor de situatie in 2050 waardoor er een landelijk sterk genivelleerd beeld ontstaat ten aanzien van het economisch risico per traject.
- Ook het groepsrisico neemt af. De kans op meer dan 100 doden wordt een factor 15 - 20 kleiner, terwijl de kans op meer dan 1000 doden afneemt met bijna een factor 50.

#### *Factsheets*

Bij deze rapportage is ook een set aan factsheets per normtraject opgesteld. Iedere factsheet bevat per normtraject de berekende norm gebaseerd op het LIR en MKBA en de waarde die in de wet is gekomen. Daarnaast wordt getalsinformatie gegeven over de lengte van het traject, de gevolgen van een overstroming in termen van economische schades, aantallen slachtoffers en getroffen en over de gehanteerde kosten om een 10x hoger beschermingsniveau te realiseren voor het normtraject (als invoer voor de MKBA).



# Inhoud

1	Inleiding	1
1.1	<i>Kader</i>	1
1.2	<i>Technisch-inhoudelijke uitwerking en aanvullende afwegingen</i>	1
1.3	<i>Totstandkoming</i>	1
2	Overwegingen bij actualisering normen	3
2.1	<i>Beleidsdoelen nieuwe waterveiligheidsbeleid</i>	3
2.2	<i>Risicobenadering aan de basis van nieuwe normen</i>	3
2.3	<i>Karakter nieuwe norm</i>	4
2.4	<i>Van dijkkring naar dijktraject</i>	6
2.5	<i>Heroverweging status categorie c-keringen</i>	11
3	Werkwijze afleiden eisen primaire waterkeringen	13
3.1	<i>Inleiding</i>	13
3.2	<i>Bepaling gevolgen van overstromingen</i>	13
3.3	<i>Basisveiligheid geoperationaliseerd met het Lokaal Individueel Risico</i>	17
3.4	<i>Bepaling economisch optimale overstromingskansen</i>	18
3.5	<i>Bepaling van het groepsrisico</i>	21
3.6	<i>Toedeling naar normklassen</i>	23
4	Referentiesituatie en -strategie	24
4.1	<i>Overstromingskansen referentiesituatie</i>	25
4.2	<i>Lokaal Individueel Risico (LIR) referentiesituatie</i>	26
4.3	<i>Economisch risico referentiesituatie</i>	27
4.4	<i>Groepsrisico referentiesituatie</i>	28
5	Normvoorstel primaire waterkeringen	29
5.1	<i>Afleiding normhoogten</i>	29
5.2	<i>Statistieken</i>	34
5.3	<i>Effect van nieuwe normering op overstromingsrisico's</i>	37
6	Gevoeligheidsanalyse	41
6.1	<i>Inleiding</i>	41
6.2	<i>Conclusies gevoeligheidsanalyse WV21</i>	41
7	Literatuur	43
7.1	<i>Overige achtergronddocumenten bij de normering van de primaire waterkeringen</i>	43
7.2	<i>Referenties</i>	44

## Bijlagen (separaat document)

- A Standzekerheid van compartimenteringskeringen
- B Overzicht van gehanteerde evacuatiefracties
- C Overstromingskansen per traject voor de referentiesituatie
- D Nadere toelichting bij trajectindeling
- E Bepaling en beoordeling groepsrisico
- F Achtergronden bepaling LIR
- G Aanpak afleiden economisch optimale beschermingsniveau
- H Achtergronden bij normen voor duinenkust
- I Normhoogten per regio

# 1 Inleiding

## 1.1 Kader

In 2006 start onder de naam "Waterveiligheid 21e eeuw (WV21)" (o.a. Kind, 2011) een studie waarin het beheersen van overstromingsrisico's centraal staat. Naast hoogwaterbescherming wordt ook aandacht gegeven aan het betrekken van overstromingsrisico's bij ruimtelijke afwegingen, preparatie op overstromingen en risicobewustzijn. Eind 2009 wordt het Nationaal Waterplan vastgesteld waarin de uitkomsten van het WV21-proces zijn verwerkt in een aantal beleidskeuzen, waaronder:

- Het waterveiligheidsbeleid richt zich op overstromingsrisicobeheer, met als belangrijkste opgave verstandig omgaan met onzekerheden. Het kabinet kiest op basis van een risicobenadering voor een duurzame aanpak door in te zetten op 'meerlaagsveiligheid'. Meerlaagsveiligheid wordt opgebouwd in drie lagen: 1. Preventie als primaire pijler van beleid; 2. Duurzame ruimtelijke planning; 3. Rampenbeheersing op orde krijgen en houden.
- Het kabinet blijft sterk inzetten op maatregelen om een overstromingsramp zoveel mogelijk te voorkomen. Preventie is en blijft daarmee de kern van het waterveiligheidsbeleid.

De actualisering van de normen voor de primaire waterkeringen wordt vanaf dan in het Deltaprogramma (2009-2015) verder voorbereid. De Deltabeslissing Waterveiligheid was één van de vijf Deltabeslissingen die in het Deltaprogramma is voorbereid. De kern van deze deltabeslissing is een voorstel voor nieuwe normen voor primaire waterkeringen. De actualisering van de normen gaf aanleiding tot het wijzigen van de Waterwet. De wetwijziging gaat vanaf 2017 van kracht.

## 1.2 Technisch-inhoudelijke uitwerking en aanvullende afwegingen

De normen voor de primaire waterkeringen zijn gebaseerd op een technisch-inhoudelijke uitwerking, maar zijn uiteindelijk een politiek-bestuurlijk besluit. De technisch-inhoudelijke uitwerking is gebaseerd op een landelijk consistente benadering, waarbij de eisen aan de waterkeringen zijn bepaald vanuit een risicobenadering. Het overgrote deel van de primaire waterkeringen heeft een norm gekregen die hierop is gebaseerd. Voor enkele normtrajecten is hiervan afgeweken door aanvullende afwegingen en argumenten. Dit rapport heeft tot doel achtergrondinformatie te geven over de werkwijze en de uitgangspunten die zijn gebruikt bij de technisch-inhoudelijke uitwerking van de eisen aan de primaire waterkeringen. Om een totaalbeeld te schetsen van de achtergronden van de normering is ook aangegeven voor welke normtrajecten vanwege aanvullende afwegingen is afgeweken van de technisch-inhoudelijke uitwerking. Op de afwegingen zelf is niet nader ingegaan.

## 1.3 Totstandkoming

De technisch-inhoudelijke uitwerking is opgesteld door een werkgroep gevormd uit medewerkers van Rijkswaterstaat (WVL), projectbureau VNK2, Deltares en HKV.

De uitwerking, zoals gepresenteerd in dit rapport, is in een aantal stappen tot stand gekomen: van een eerste uitwerking in september 2013 tot deze versie van november 2015. Ten opzichte van de versie DPV 2.2 (oktober 2014) die als basis heeft gediend voor de Deltabeslissing, bevat deze versie een compleet beeld van de normen zoals die worden verankerd in de wet. Dit is inclusief de normen voor de voormalige b- en c-keringen en normtrajecten waar vanwege aanvullende afwegingen is afgeweken van de technisch-inhoudelijke uitwerking.

In het proces van de totstandkoming van de normen zijn de gebiedsgerichte deelprogramma's van het Deltaprogramma geconsulteerd. De inbreng vanuit deze programma's heeft geleid tot aanpassing op onderdelen van de technisch-inhoudelijke uitwerking. In het kader van de kwaliteitsborging heeft het Expertise Netwerk Waterveiligheid (ENW) een aantal malen advies uit gebracht. Eerdere uitwerkingen zijn ook ingebracht in het overleg van het Deltaprogramma.

Bij deze rapportage hoort ook een set aan factsheets per normtraject. Iedere factsheet bevat per normtraject de berekende norm gebaseerd op het LIR en MKBA en de waarde die in de wet is gekomen. Daarnaast wordt getalsinformatie gegeven over de lengte van het traject, de gevolgen van een overstroming in termen van economische schades, aantallen slachtoffers en getroffen en over de gehanteerde kosten om een 10x hoger beschermingsniveau te realiseren voor het normtraject (als invoer voor de MKBA).

Tevens zijn achtergrondrapporten opgesteld die informatie geven over de normering van een specifiek type of categorie waterkering (voormalig categorie b- en c-keringen, duinen), over het bepalen van het groepsrisico en een consequentieanalyse voor de benodigde investeringen van de nieuwe norm. De referenties van deze rapporten staan in hoofdstuk 7.

## 2 Overwegingen bij actualisering normen

### 2.1 Beleidsdoelen nieuwe waterveiligheidsbeleid

De nieuwe normen volgen uit een politiek-bestuurlijke afweging. De tussentijdse wijziging van het Nationaal Waterplan (MinlenM, 2014) is opgesteld voor de verankering van het rijksbeleid dat voortvloeit uit de voorstellen voor deltabeslissingen en voorkeursstrategieën zoals opgenomen in het Deltaprogramma 2015. Deze tussentijdse wijziging formuleert de volgende beleidsdoelen van het kabinet voor het nieuwe waterveiligheidsbeleid:

- Iedereen in Nederland achter dijken en duinen krijgt ten minste een beschermingsniveau van  $10^{-5}$  per jaar (kans op overlijden ten gevolge van overstromingen is niet groter dan 1/100.000 per jaar).
- Meer bescherming wordt geboden op plaatsen waar sprake kan zijn van:
  - grote groepen slachtoffers,
  - en/of grote economische schade,
  - en/of ernstige schade door uitval van vitale en kwetsbare infrastructuur van nationaal belang.

Het basisveiligheidsniveau is uitgewerkt aan de hand van het Lokaal Individueel Risico (LIR). In de notitie 'Beheersing van slachtofferrisico's door het hanteren van oriëntatiewaarden voor het Lokaal Individueel Risico' (Deelprogramma Veiligheid, 2012) zijn de argumenten en consequenties verkend van mogelijke oriëntatiewaarden. De notitie laat zien dat de investeringen bij een oriëntatiewaarde van  $10^{-6}$  per jaar substantieel hoger liggen dan bij  $10^{-5}$  per jaar. Nadere berekeningen (mei 2014) binnen het deelprogramma Veiligheid bevestigen dit beeld. De keuze voor  $10^{-5}$  per jaar is besproken met de Kamer, sluit aan bij de motie van Van Veldhoven en Lucas (Tweede Kamer, 2012) en is besproken in de Bestuurlijke Begeleidingsgroep Veiligheid.

De tussentijdse wijziging van het Nationaal Waterplan onderstreept het belang van het gericht investeren in extra bescherming van gebieden met een relatief grote kans op grote economische schade en op grote groepen slachtoffers. Aan het beperken van de kansen op veel schade is invulling gegeven door een maatschappelijke kosten-batenanalyse (MKBA). Het economisch optimale beschermingsniveau is afhankelijk van de economische schade bij een overstroming en de kosten om de kans op een overstroming te verkleinen. Gericht investeren in extra bescherming van grote groepen slachtoffers is gedaan via het groepsrisico. Het groepsrisico geeft inzicht in de gebieden waar de kans op grote groepen slachtoffers het grootste is. Het beschermingsniveau van die gebieden is aangescherpt.

In deze *landelijke* analyse is bescherming van specifieke elementen van vitale en kwetsbare infrastructuur alleen nader beschouwd voor die elementen die bij falen nationale gevolgen hebben. Het gaat hier om de gasinfrastructuur in Groningen en de kerncentrale in Borssele. Met deze vitale infrastructuur is rekening gehouden bij het berekenen van de hoogte van de norm.

### 2.2 Risicobenadering aan de basis van nieuwe normen

De inrichting van het huidige waterkeringsstelsel kent uitgangspunten die de doelmatigheid beperken. Zo gelden er uniforme eisen voor alle dijkvakken / kunstwerken binnen een dijkkring. Bij de eisen aan die waterkeringen wordt slechts op een grofstoffelijke manier rekening gehouden met de gevolgen van overstromingen, namelijk als grondslag voor de beschermingsnormen per dijkkring. In het nieuwe stelsel gelden voor verschillende dijktrajecten van een dijkkring ook verschillende

normhoogten (differentiatie), waarbij een duidelijke relatie gelegd wordt tussen de hoogte van de norm en de gevolgen van een overstroming.

Door het versterken van de *samenhang* in de eisen aan de verschillende onderdelen van het waterkeringsysteem kan - op basis van een risicobenadering - een meer doelmatige inrichting van het waterkeringsysteem worden gerealiseerd. Zo'n doelmatiger inrichting van het waterkeringsysteem omvat in ieder geval:

- 1 *Meer differentiatie in beschermingsniveau*: het geboden beschermingsniveau is beter afgestemd op verschillen in gevolgen van overstromingen.
- 2 *Eisen aan voorliggende keringen die beter zijn afgestemd op het achterliggende gebied*: bij het stellen van eisen aan de voorliggende keringen is beter rekening gehouden met de bufferende werking van het tussengelegen water en met het feitelijk overstromingsrisico in de achterliggende gebieden.
- 3 *Heroverweging van de formele positie van de primaire keringen die niet direct buitenwater keren*: wanneer als uitvloeisel van een risicobenadering niet langer uniforme eisen gelden voor alle dijkvakken van een 'dijkkring' vervalt het onderscheid tussen categorie a- en c-keringen.

### 2.3 Karakter nieuwe norm

#### *Van overschrijdingskans naar overstromingskans*

De huidige normen zijn uitgedrukt in overschrijdingskansen van extreme omstandigheden (waterstanden) waarop een waterkering moet zijn berekend. De standzekerheid van de waterkering onder extreme omstandigheden wordt per dijkvak apart beoordeeld. Die beoordeling betreft verschillende mechanismen waardoor een waterkering kan falen; deze mechanismen worden gedeeltelijk los van elkaar beoordeeld.

De nieuwe normen zijn uitgedrukt in termen van overstromingskansen, de kans op doorbraak van een traject die leidt tot daadwerkelijke overstroming van het achterliggende gebied. Bij de overstromingskans gaat het om de kans dat de belasting groter is dan de sterkte, waardoor de kering bezwijkt en er een bres in de dijk ontstaat of dat het water hoger komt dan de kering en erover stroomt. Daarbij wordt gekeken naar kansen op falen door alle mogelijke faalmechanismen en naar het traject als geheel. De beoordeling van standzekerheid van de waterkeringen onder extreme omstandigheden wordt samengevat in één getal: de overstromingskans van het traject (die wordt samengesteld uit de overstromingskansen van dijkvakken / onderdelen van de kering). De kans op natte voeten in een gebied kan worden afgeleid uit het combineren van de overstromingskansen van die trajecten van waaruit een gebied kan overstromen.

Bij voorliggende primaire keringen is deze definitie van een overstromingskans overigens niet van toepassing. Het verlies van het 'waterkerend vermogen' van een voorliggende kering hoeft niet altijd te leiden tot een overstroming, omdat er nog een stelsel van achterliggende keringen bescherming biedt. De betrouwbaarheid van een voorliggende kering komt tot uitdrukking in de kansen op extreme waterstanden in het achterland: hoe minder betrouwbaar de voorliggende kering is, des te groter de kans is op een extreme belasting op een achterliggende kering. Daarmee komt de betrouwbaarheid van een voorliggende kering ook tot uitdrukking in de overstromingskansen van de achterliggende keringen. Een eis aan de betrouwbaarheid van een voorliggende kering kan zodoende worden geformuleerd als een maximaal toelaatbare invloed op de overstromingskansen in het achterland, of, daarvan afgeleid, een set eisen aan de kansen op extreme waterstanden in het achterland.

### *Toekomstgerichte normen*

De normen zijn, door het toepassen van een scenario voor sociaaleconomische ontwikkeling en klimaatverandering, afgeleid voor de situatie in 2050 verwacht mag worden. Zo'n toekomstgerichte norm past binnen de opvatting dat Nederland weliswaar goed beschermd is tegen overstromingen, maar dat continu geïnvesteerd moet worden in het vasthouden en verbeteren van de bescherming tegen overstromingen. Immers door klimaatverandering neemt de overstromingskans gaandeweg toe en door sociaaleconomische ontwikkeling wordt ook de potentiële schade groter. Omdat de doelen voor 2050 bepaald zijn, en omdat de nieuwe normering voor Nederland als geheel een forse opgave vormt die niet in een paar jaar is uitgevoerd, wordt tot 2050 de tijd genomen om aan deze nieuwe normen te voldoen.

### *Signaleringsnorm en ondergrens*

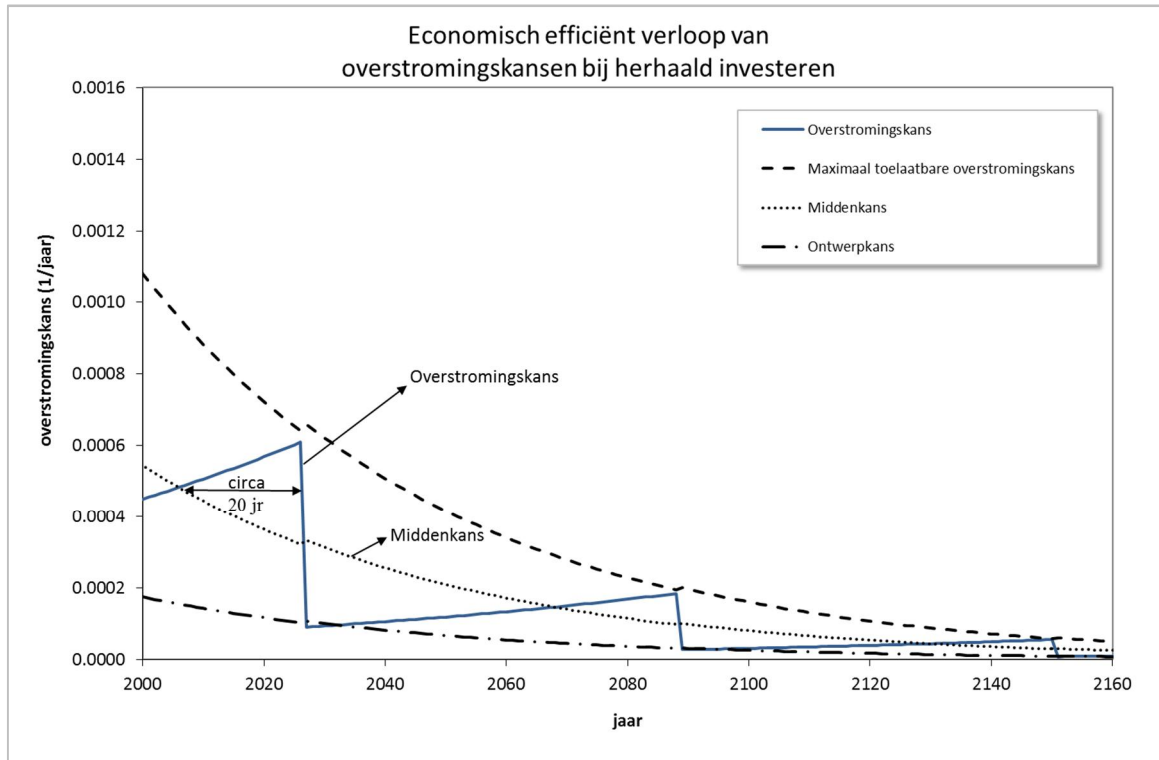
In de praktijk is gebleken dat het meer dan 10 jaar kan duren voordat een afgekeurde kering versterkt is. Gedurende die periode zal de norm verder worden overschreden door bijvoorbeeld voortgaande bodemdaling. Om toekomstige opgaven eerder in beeld te krijgen, is de overstap gemaakt naar een systeem dat een beeld geeft van de toestand van de kering op het moment van beoordelen en tegelijkertijd de versterkingsopgave voor de korte en middellange termijn in beeld brengt. Het systeem werkt met een *signaleringsnorm*, om tijdig de versterkingsopgave in beeld te brengen en een *ondergrens*, ofwel maximaal toelaatbare overstromingskans, waar een kering in minimaal aan moet voldoen. De waterkering voldoet dus nog steeds aan het vereiste beschermingsniveau wanneer deze aan de ondergrens voldoet.

Bij de technisch-inhoudelijke uitwerking is de middenkans uit de MKBA voor de harde keringen als basis gebruikt voor de signaleringswaarde. In het tekstkader hieronder is het begrip middenkans nader toegelicht. Voor de eis die volgt uit het basisveiligheidsniveau is een correctie toegepast om ook daar op een vergelijkbare signalerende waarde uit te komen.

De faalkanseisen per sluitvraag zoals gesteld aan de stormvloedkeringen vormen een uitzondering op het bovenstaande. Hiervoor zijn alleen maximaal toelaatbare waarden gegeven. Een signaalwaarde is bij de beweegbare stormvloedkeringen onnodig vanwege het continue karakter van het probabilistisch beheer en onderhoud (ProBO).

#### Kader: enkele achtergronden bij de middenkans

Het investeren in waterkeringen wordt niet gezien als een eenmalige beslissing, maar als een terugkerende of periodieke beslissing. Hierbij wordt uitgegaan van toenemende overstromingskansen in de tijd door klimaatverandering en bodemdaling. Tevens zal de potentiële schade toenemen door economische groei en demografische ontwikkelingen. Het verloop van de overstromingskansen in de tijd vertoont een zaagandpatroon met sprongen op de momenten van investeren (zie onderstaande figuur).



Het besluit om een waterkering te gaan versterken zou (vanuit economisch oogpunt) niet gebaseerd moeten worden op de maximaal toelaatbare overstromingskans (de bovenste lijn in de figuur), maar op een punt onder deze lijn. Op deze wijze wordt tijdig een aanvang gemaakt met een versterkingsproject. In de tijd die vervolgens verstrijkt voordat de maatregelen daadwerkelijk zijn genomen, zal de overstromingskans richting de bovenste lijn toenemen, zonder deze (snel) te overschrijden.

De middenkans (middelste lijn) ligt tussen de vanuit economisch oogpunt maximale toelaatbare kans (bovenste lijn) en de ontwerpkans (onderste lijn). De middenkans vormt over het algemeen een geschikte indicator voor het moment van ingrijpen op grond van economische efficiency. Op het moment dat de overstromingskans de middenkans overschrijdt, is er nog ongeveer twintig jaar tijd voordat de maximaal toelaatbare kans (bovenste lijn) wordt overschreden.

## 2.4 Van dijkkring naar dijktraject

### Waterkeringsysteem met dijkringen

In het primaire waterkeringsysteem in Nederland staan dijkkringgebieden centraal. Een dijkkringgebied is gedefinieerd als een gebied dat wordt beschermd tegen 'buitenwater' door een gesloten stelsel van waterkeringen en hoge gronden (de dijkkring). Tot buitenwater rekent de Waterwet (tot 2017): de zee, de grote rivieren (de Rijn, de Maas en hun takken) en het IJsselmeer en Markermeer. Er

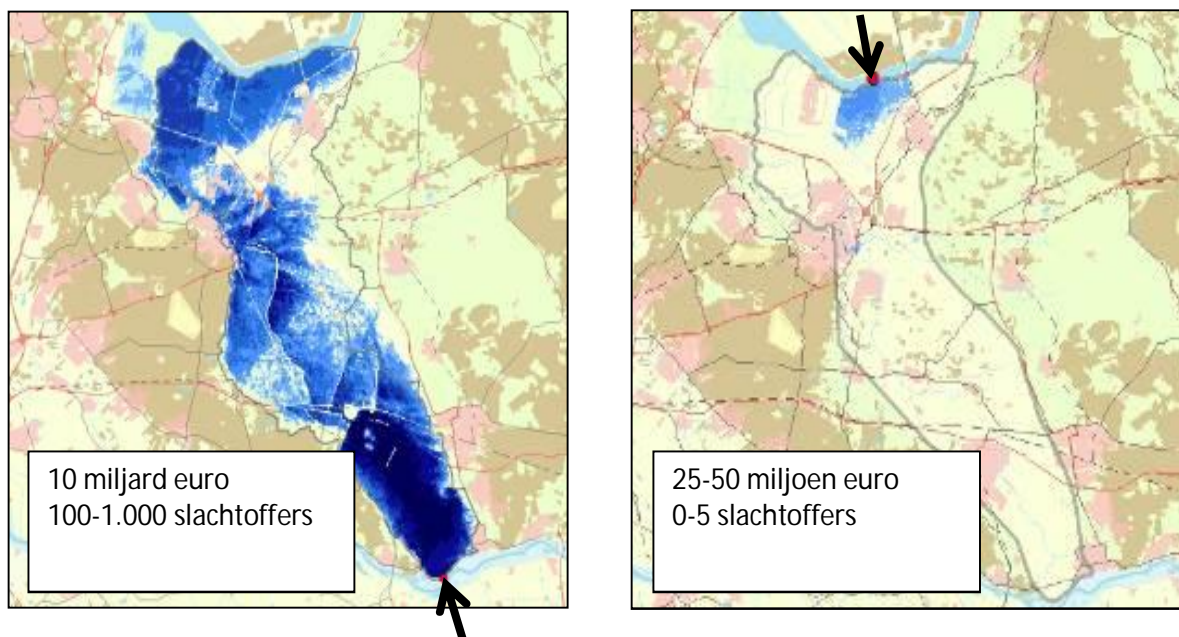


gelden verder uniforme eisen voor de waterkeringen van een dijkkring. Het stelsel met dijkkringen onderscheidt ook drie categorieën primaire waterkeringen (Figuur 2.2):

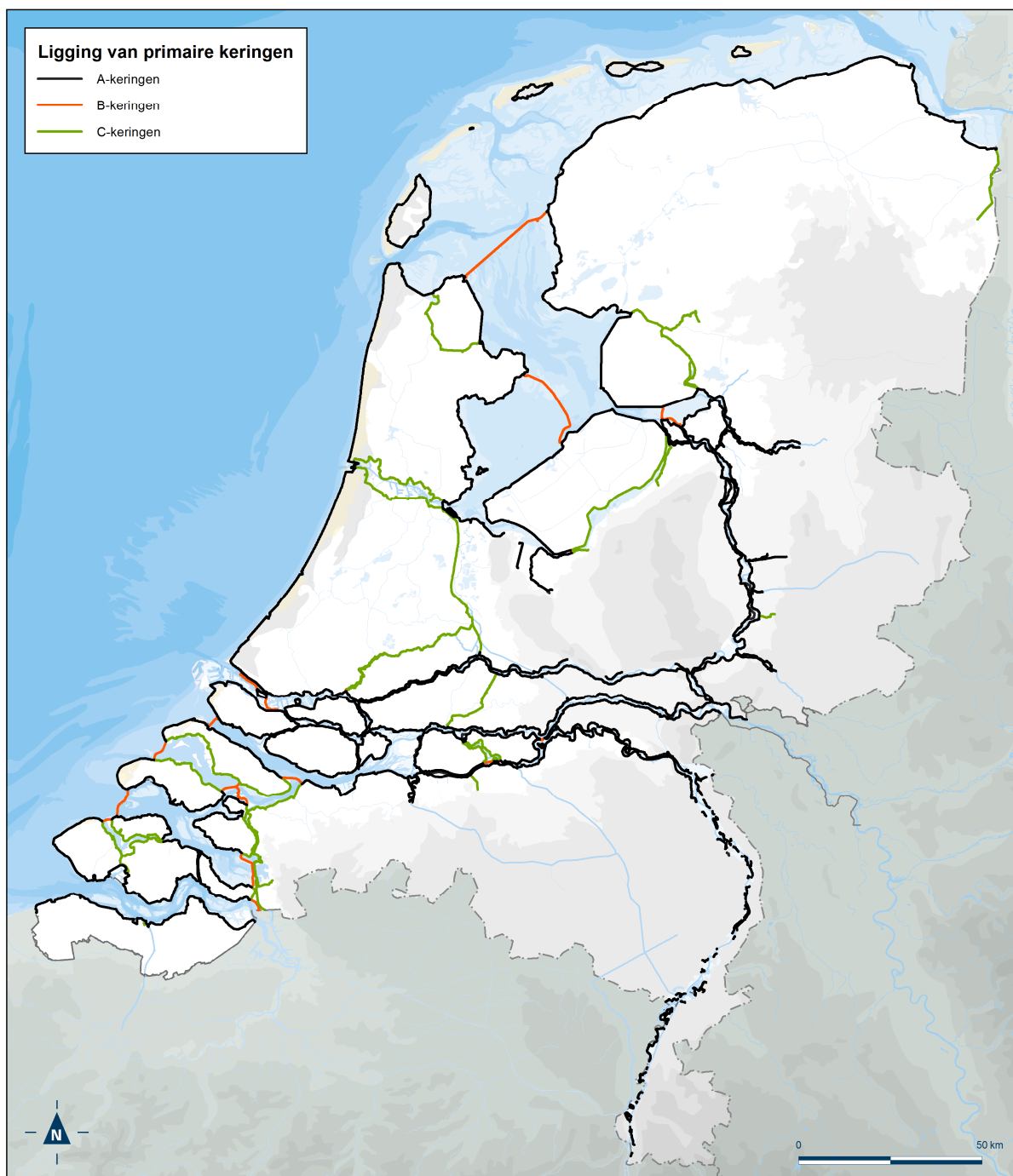
- a Waterkeringen die direct buitenwater keren en onderdeel uitmaken van een 'dijkkring'; de categorie a-keringen.
- b Waterkeringen die tussen een gevaarbron en ander buitenwater liggen; de categorie voorliggende b-keringen. Dit zijn de afsluitdijken, dammen en beweegbare stormvloedkeringen. Deze keringen zijn van belang voor meerdere dijkkringgebieden. De voorliggende b-keringen hebben een dempende invloed op de hydraulische randvoorwaarden vóór de erachter gelegen a- en c-keringen.
- c Waterkeringen die onderdeel uitmaken van een dijkkring, maar die slechts indirect 'buitenwater' keren; de categorie c-keringen. Dit zijn waterkeringen die de scheiding vormen tussen aangrenzende dijkkringgebieden of keringen die gelegen zijn tussen een dijkkringgebied en 'binnenwater'.

#### *Aanleiding voor een gedetailleerdere indeling in trajecten*

Studies hebben laten zien dat de gevolgen van overstromingen afhankelijk zijn van de doorbraaklocatie binnen de dijkkring. Het primaire waterkeringsysteem bestaat daarom vanaf 2017 uit dijktrajecten. Het verschil in gevolgen is bijvoorbeeld sterk het geval in de Gelderse Vallei (dijkkring 45); op dit moment één dijkkring met één norm. Door verschillen in de aard van de bedreiging en door de helling van het dijkkringgebied heeft een doorbraak aan de zuidzijde bij de Nederrijn fors grotere gevolgen dan een doorbraak aan de noordzijde bij het Nijkerkernauw (zie Figuur 2.1). Het economisch optimale beschermingsniveau is aan de zuidzijde om die reden veel hoger dan aan de noordzijde.



*Figuur 2.1*      *Verskil in gevolgen bij dijkkring Gelderse Vallei tussen een doorbraak van de Grebbedijk in het zuiden (links) en een dijkdoorbraak bij de randmeren aan de noordzijde (rechts).*



Figuur 2.2 Ligging van a-, b- en c-keringen in het voormalige stelsel van primaire waterkeringen.

### *Overwegingen bij vaststellen van geschikte trajectindeling*

Met de studies voor Waterveiligheid 21<sup>e</sup> Eeuw (WV21) is een eerste stap gezet in het differentiëren binnen een dijkkring; een deel van de dijkkringen is daarbij onderverdeeld in dijkkringdelen. Deze lijn is verder doorgezet en er is gezocht naar een geschikt ruimtelijk schaalniveau om eisen aan waterkeringen te stellen. Daarbij is gekeken naar de indeling in ringdelen zoals gehanteerd in VNK2 (RWS, 2014).

Binnen VNK2 zijn dijkkringen onderverdeeld in gemiddeld 10 ringdelen; een aantal dijkkringen in aanzienlijk meer ringdelen. Een heel gedetailleerde trajectindeling op basis van deze ringdelen zou

bij normering een sterk versnipperd beeld opleveren. De normering zou dan ook te sterk kunnen leunen op aannamen in de berekeningen van de gevolgen van overstromingen. Door uit te gaan van een iets grover schaalniveau, worden lokale toevalligheden minder belangrijk. De trajecten zijn feitelijk afgeleid uit een bundeling van aangrenzende VNK2-ringdelen. Bij het ontwikkelen van de trajectindeling is gekeken naar: verschil in dreiging, verschillen in de omvang van gevolgen, het overstroomd gebied bij een doorbraak en de lengte van het traject.

Significante verschillen in gevolgen tussen twee aanliggende ringdelen geven aanleiding een nieuw normtraject te onderscheiden. Een belangrijke overweging bij de onderverdeling in trajecten is om de lengte van trajecten niet te veel uiteen te laten lopen. Vergelijkbare lengten van trajecten dragen bij aan een helder(der) verband tussen het geboden beschermingsniveau en de eisen aan de sterkte van de kering. Daarnaast is een aantal grotere dijkkringen nog onderverdeeld in trajecten vanwege verschillen in getroffen gebied. Zo'n onderverdeling in trajecten draagt bij aan een eenduidige(r) relaties tussen eisen aan basisveiligheid van het dijkkringgebied en de toelaatbare overstromingskans van keringen. In Bijlage C zijn deze overwegingen nader toegelicht.

De trajectindeling is getoond in Figuur 2.3. Een meer gedetailleerd beeld van de trajectindeling is opgenomen in Bijlage H waarin de trajecten met hun trajectnummer beter zichtbaar zijn dan in Figuur 2.3.

Het vaststellen van een trajectindeling is overigens geen exercitie waarbij slechts één oplossing mogelijk is. De eisen vanuit basisveiligheid en economische doelmatigheid geven enige richting. Wat uitlegbaar, aansprekend en praktisch wordt geacht, is ook belangrijk. De beoordeling van de trajectindeling heeft daarom plaatsgevonden in nauwe samenspraak met de regionale beheerders.



Figuur 2.3 De nieuwe indeling van de primaire waterkeringen in trajecten.

## 2.5 Heroverweging status categorie c-keringen

Voor de categorie c-keringen is in eerste instantie onderzocht of ze onderdeel moeten blijven van het primaire stelsel. Hiervoor is een beoordelingssystematiek ontwikkeld. Centraal in de beoordelingssystematiek staat het principe dat de bescherming tegen overstromingen wordt geregeld via de voordeur. De huidige primaire categorie a- en b-keringen nemen in principe de bescherming op zich, waarmee de categorie c-keringen geen rol in het primaire stelsel meer hebben. Bij het normeren van deze a- en b-keringen is hier ook rekening mee gehouden. Alleen waar het kosten-efficiënter is om de categorie c-keringen te normeren is daar voor gekozen.

Voor categorie c-keringen gelegen achter een categorie b-kering zijn er situaties waarbij de bescherming via de b-kering is geregeld, maar waarvan het water dat direct aan de categorie c-kering grenst het karakter heeft van buitenwater. In dat geval blijft de primaire status van de c-keringen behouden, omdat de functie van de categorie c-kering veranderd van het *indirect* keren van buitenwater naar *direct* keren van buitenwater. Het toekennen van de status buitenwater is in overleg met de regionale beheerders gebeurd.

Voor de categorie c-keringen die de primaire status hebben behouden, is een norm afgeleid volgens de methode van de a-keringen. Tabel 2.1 en Figuur 2.4 geven het overzicht van de categorie c-keringen die de primaire status behouden met in de tabel een korte samenvatting van de onderbouwing. De overige categorie c-keringen (vergelijk met Figuur 2.2) verliezen de primaire status. Meer achtergronden over de heroverweging van de status en de normering van deze categorie c-keringen zijn beschreven in het achtergrondrapport over de categorie c-keringen (MinlenM, 2015c).

Status primair	Onderbouwing
Grevelingen	Het karakter van het Grevelingen en de gevolgen bij een overstroming zijn dusdanig, dat het Grevelingen de status buitenwater verdient. De keringen langs het Grevelingenmeer blijven daarom primair.
Veluwe Randmeren	Het karakter van de Veluwe Randmeren en de gevolgen bij een overstroming richting Flevoland zijn dusdanig, dat de Veluwe Randmeren de status buitenwater verdienen. Alle keringen langs deze meren blijven daarom primair.
Volkerak-Zoommeer	Door de waterbergende functie van het Volkerak-Zoommeer blijft het water verbonden met de grote rivieren. Daarom blijven de keringen die direct grenzen aan het bergingsgebied primair. Vanwege inzet van de berging worden nog extra aanvullende eisen gesteld. Deze worden verankerd in de wijziging van de Waterwet.
Getijde Hollandsche IJssel	De gewenste bescherming tegen overstromingen kan niet alleen met de huidige stormvloedkering worden gerealiseerd. Daarom blijven de achterliggende c-keringen langs de Getijde Hollandse IJssel primair. De Getijde Hollandsche IJssel krijgt daarnaast ook de status van buitenwater.
Diefdijklinie	De Diefdijk vormt een speciale categorie compartimenteringskering die verdere escalatie van een overstroming verkleint. Omdat de Diefdijklinie momenteel versterkt wordt, is het kosten-efficiënter om deze kering primaire status te laten behouden en om aanscherping van de norm van de voorliggende a-kering daarmee te vermijden.

Tabel 2.1 Categorie c-keringen die primaire status behouden met korte onderbouwing.





Figuur 2.4 Categorie c-keringen die de primaire status hebben behouden.

## 3 Werkwijze afleiden eisen primaire waterkeringen

### 3.1 Inleiding

Dit hoofdstuk bespreekt de werkwijze hoe de beleidsdoelen van het nieuwe waterveiligheidsbeleid zijn vertaald in het bepalen van de eisen aan de primaire waterkeringen. Het basisveiligheidsniveau is uitgewerkt aan de hand van (1) het Lokaal Individueel Risico (LIR), het beperken van de kansen op veel schade door (2) een maatschappelijke kosten-batenanalyse (MKBA). Het tegengaan van grote groepen slachtoffers door een overstroming is uitgewerkt via (3) het groepsrisico. De basis voor de uitwerking zijn de gevolgen van een overstroming. Dit hoofdstuk begint met een toelichting op de werkwijze en uitgangspunten die zijn gehanteerd bij de bepaling van de gevolgen. De daarop volgende paragrafen bespreken de werkwijze voor het bepalen van de eisen vanuit ieder van de drie perspectieven.

### 3.2 Bepaling gevolgen van overstromingen

Voor de bepaling van de gevolgen van overstromingen is gebruik gemaakt van simulaties van overstromingsscenario's. Het gaat in essentie om dezelfde werkwijze, zoals gehanteerd in projecten als WV21 en VNK2. Twee dimensies van de werkwijze voor het bepalen van gevolgen worden hier kort toegelicht: de simulaties van overstromingsscenario's, bepaling van economische schade en slachtoffers en de gebruikte evacuatiefracties.

#### *Overstromingssimulaties*

Voor de bepaling van schaden en slachtoffers is gebruik gemaakt van beschikbare overstromingsscenario's die binnen het project Veiligheid Nederland in Kaart (VНК2) in samenspraak met provincies en waterschappen zijn afgestemd, verfijnd en gezamenlijk vastgesteld. De provincie is eigenaar van de scenario's.

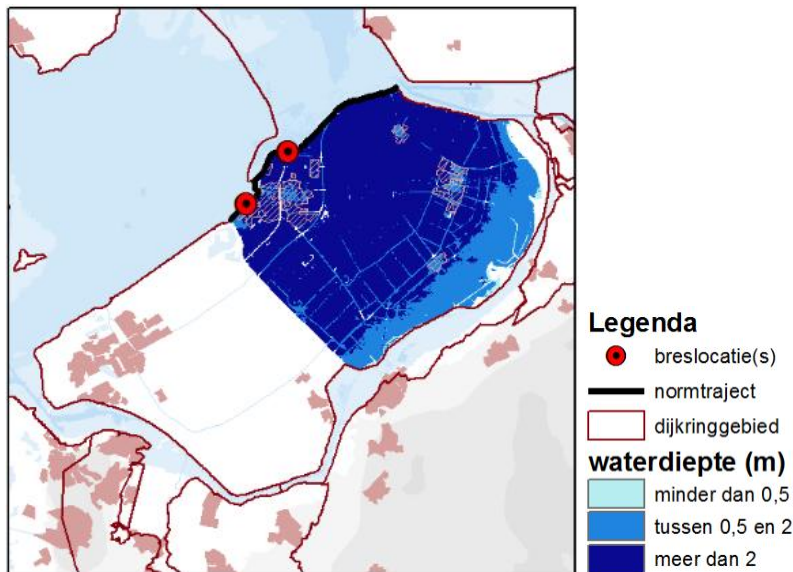
De gebruikte overstromingsscenario's hebben betrekking op doorbraken van primaire a-keringen. In de overstromingsscenario's is in eerste instantie uitgegaan van 'standzekerheid' van compartimenterende en regionale keringen; dat houdt in dat deze in het model wel kunnen overstromen maar niet zullen bezwijken (zie bijlage A voor een nadere beschouwing over de betekenis van deze aanname). In werkelijkheid hoeft dit niet het geval zijn.

Door de robuuste berekeningswijze (waarin ook bovenmaatgevende scenario's worden meegenomen) leidt de aanname over het algemeen tot stabiele resultaten. In een aantal gevallen is gekeken of de norm gevoelig was voor deze aanname over standzekerheid. Dat is gedaan voor situaties waar:

- 1 de achterliggende kering grote invloed heeft op het overstromingspatroon. Figuur 3.1 illustreert de situatie voor Flevoland waar de achterliggende kering de Knardijk een grote invloed heeft op het overstromingspatroon;
- 2 getwijfeld wordt aan de sterkte van de achterliggende regionale kering;
- 3 het een voormalige c-kering betreft en de invloed van falen van de c-kering op de norm van de voorliggende primaire waterkering in beeld gebracht is ten behoeve van het bepalen van de status van de c-kering (paragraaf 2.5).

In het geval van de eerste twee situaties is aangenomen dat deze keringen bij een hydraulische belasting vanuit het primaire watersysteem met 50% kans waterkerend zijn (conditionele faalkans van ½). Deze aanname is ook gebruikt bij de analyse naar de status voor de categorie c-keringen voor de gevallen waar de c-kering naast de primaire functie ook een regionale functie vervulden. In

de factsheets per normtraject is aangegeven wanneer is gerekend met deze conditionele faalkans van de achterliggende keringen.



*Figuur 3.1 Maximale waterdiepte bij getoonde breslocaties. Het overstromingspatroon wordt duidelijk beïnvloed door de aanwezigheid van de regionale kering de Knardijk die Noord- en Zuid-Flevoland splitst.*

De variatie in sterkte van de duinen binnen een traject is groot. Daarom is, in tegenstelling tot de 'harde' keringen, aangenomen dat de doorbraak alleen zal plaatsvinden op de zwakste plek in de duinenrij. Daarom wordt voor de duinenkust ook in het extreme scenario geen rekening gehouden met het gelijktijdig optreden van meerdere bressen.

De overstromingsscenario's laten zien dat vooral dijkringen in het centrale deel van het riviereengebied diep kunnen overstromen bij een doorbraak vanuit de a-keringen. Ook in de inpolderingen langs het IJsselmeer (Wieringen, Westfriesland, Flevopolder, Noordoostpolder) komt het water na een overstroming hoog te staan. Langs de kust zien we daar en tegen overwegend minder grote overstromingsdiepten.

#### *Bepaling van economische schade en slachtoffers*

De overstromingssimulaties vormen een belangrijke basis voor de berekening van schaden en slachtoffers. Voor de berekening is gebruik gemaakt van HIS-SSM, het standaard model voor bepaling van schaden en slachtoffers van overstromingen. Bij slachtoffers van overstromingen is onderscheid gemaakt tussen mensen die overlijden ten gevolge van een overstroming en getroffen (personen van wie de woning onder water komt te staan). In de kosten-batenanalyse wordt rekening gehouden met immateriële schade door verlies aan mensenlevens en overlast die getroffen ondervinden. De in geld gewaardeerde slachtoffergereleerde schade (6,7 miljoen euro per slachtoffer) vertegenwoordigt bijna 30% van de totale schade. Voor individuele dijkringen kan dit percentage sterk afwijken. In de berekening van gevolgen wordt rekening gehouden met cascaderwerking: water dat vanuit een overstroomde dijkkring een andere dijkkring instroomt en daarmee voor extra schade benedenstrooms zorgt.

De trajecten met relatief veel slachtoffers stemmen ten dele overeen met de trajecten met hoge schadecijfers. Een hoge bevolkingsconcentratie en een grote waterdiepte bij een overstroming zijn bij beide van belang, maar in het geval van slachtoffers spelen ook andere factoren een rol. Dan gaat

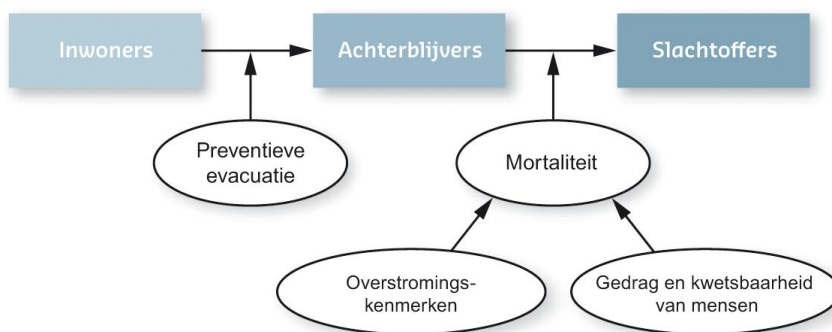


het voornamelijk om de stijgsnelheid van het water en het percentage mensen dat preventief geëvacueerd kan worden.

De grootste gevolgen van overstromingen in schade en/of slachtoffers zijn te vinden in het rivierengebied en in iets minder mate in Zuid-Holland en Flevoland. Schattingen van schaden en slachtoffers vormen een heel belangrijke input voor de kosten-batenanalyse en de analyse van slachtofferrisico's. Zie ook het gevolgenrapport van WV21 voor meer achtergronden (De Bruijn & Van der Doef, 2011).

#### *Evacuatiefracties bij bepaling slachtofferrisico*

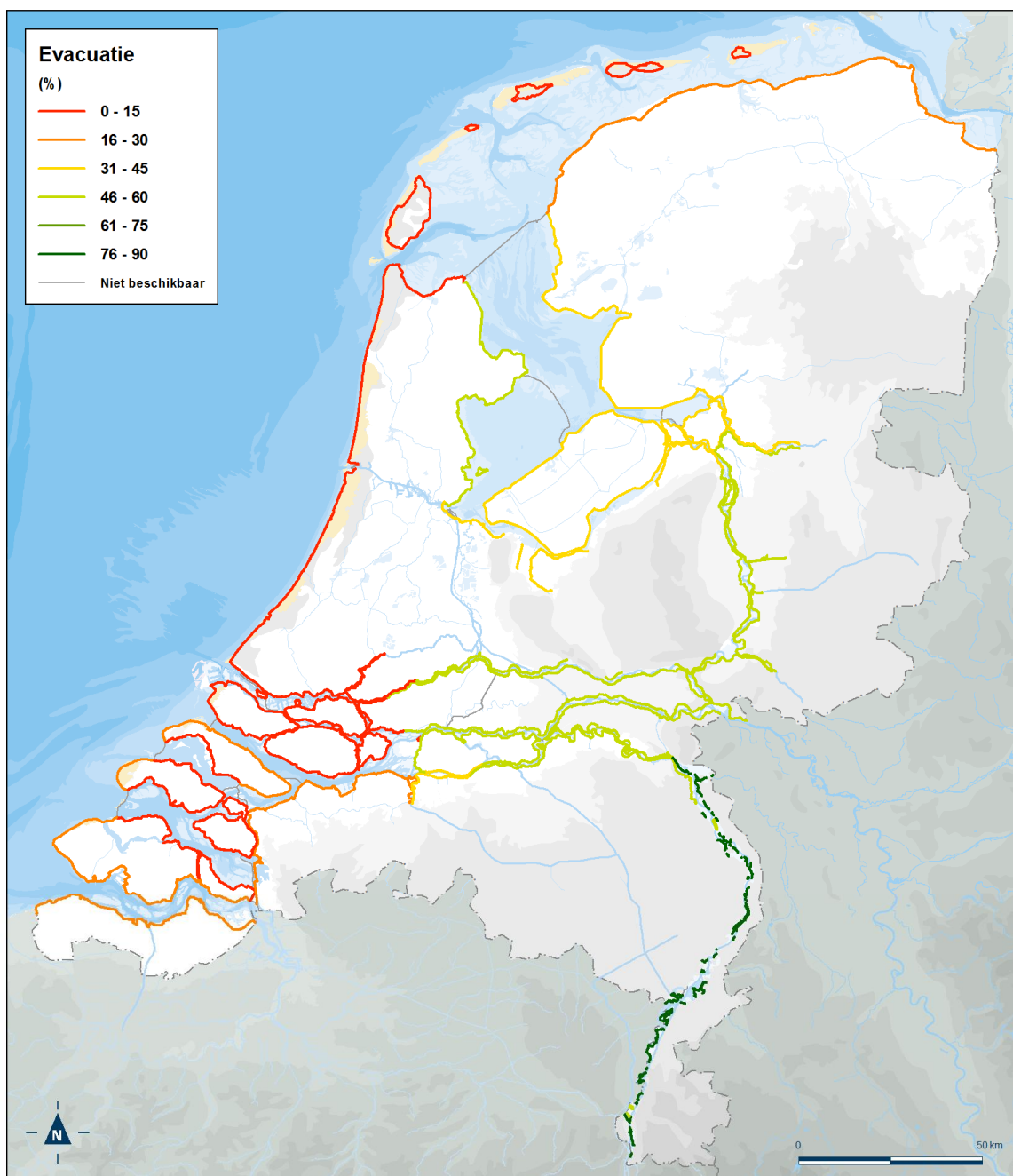
Het berekende overstromingsverloop en het aantal inwoners van het gebied bepalen het aantal getroffen. Het aantal mensen dat komt te overlijden hangt daarnaast af van de mate van preventieve evacuatie alsmede het gedrag en de kwetsbaarheid van de nog aanwezige mensen in het overstroomde gebied (Figuur 3.2).



*Figuur 3.2 Bepalende factoren voor het aantal slachtoffers in een dijkkring.*

De fractie inwoners die bij dreigende overstroming preventief geëvacueerd kan worden hangt onder meer af van de voorspeltijd van dreigende overstromingen en de bevolkingsdichtheid. Deze fractie is landelijk gedifferentieerd, met een relatief kleine evacuatiefractie in het westen van Nederland en een veel grotere fractie in het rivierengebied.

Binnen WV21 is de studie 'Evacuatieschattingen Nederland' (Maaskant *et al.*, 2009) uitgevoerd. Evacuatiefracties uit deze studie zijn benut binnen de MKBA en slachtofferrisicoanalyse van WV21. Voor het Deltaprogramma Veiligheid is een addendum op deze studie gemaakt (Kolen *et al.*, 2013). Dat addendum onderscheidt naast de verwachtingswaarde een zogeheten reële bandbreedte en een maximale bandbreedte. Bij de maximale bandbreedte wordt aanvullend op de beperkte bandbreedte ook rekening gehouden met de kwaliteit van de uitvoering van de preventieve evacuatie. Bijlage B presenteert een overzicht van de betreffende evacuatiefracties. Voor het berekenen van de eisen aan de primaire waterkeringen is een beleidsmatige keuze gemaakt voor een conservatieve invulling van de evacuatiefractie met de ondergrens van de maximale bandbreedte (zie bijlage B). Daarnaast is voor enkele trajecten vanwege aanvullende afwegingen de evacuatiefractie verder naar beneden gesteld. Dit geldt voor de Waddeneilanden (0%) en voor de trajecten langs de Oosterschelde (6%). Langs de Oosterschelde is gekozen voor een lagere fractie, omdat daar de noodsluiting van de Oosterscheldekering tot de hoogste waterstand leidt en daarmee minder tijd is voor evacuatie. Figuur 3.3 toont per traject de evacuatiefracties die zijn gehanteerd bij de berekeningen.



Figuur 3.3 Gehanteerde evacuatiefracties bij berekening van slachtofferaantallen en LIR.

#### Evacuatiefractie binnen analyse groepsrisico

Het succes van een evacuatie is afhankelijk van een groot aantal factoren. De grootte van de daadwerkelijke evacuatiefractie bij een dreigende situatie / incident is daarmee onzeker. Binnen de MKBA en LIR wordt gewerkt met één enkele waarde van de evacuatiefractie. Met de onzekerheid in deze fractie is rekening gehouden door een conservatieve waarde te hanteren voor de evacuatiefractie: de ondergrens van de maximale bandbreedte. Deze ondergrens weerspiegelt een matig tot slecht verlopen evacuatie.

Binnen de analyse van het groepsrisico voor het rivierengebied is niet met één enkele evacuatiefractie gerekend, maar met een hele range van meer en minder geslaagde evacuaties. De onzekerheid in de evacuatiefractie wordt in rekening gebracht door deze te beschouwen als een stochastische grootheid die verschillende waarden kan aannemen. Bijlage B geeft nadere informatie hoe evacuatie is betrokken in de modellering van het groepsrisico.

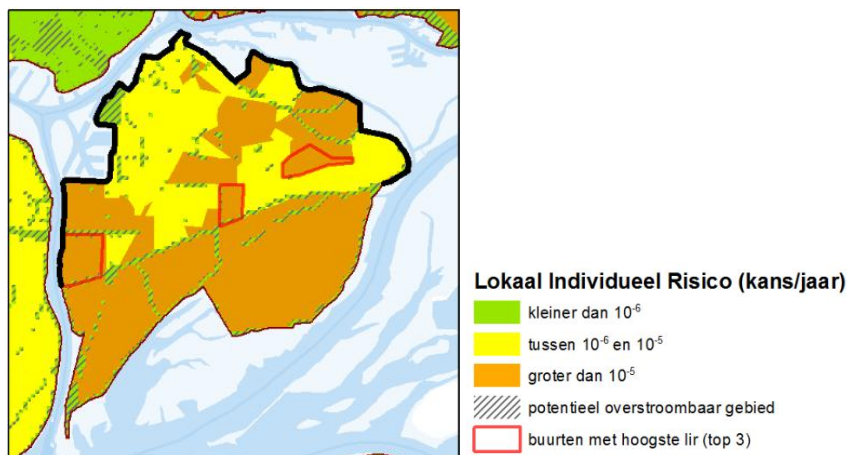
### 3.3 Basisveiligheid geoperationaliseerd met het Lokaal Individueel Risico

Het beleidsdoel van het kabinet om iedereen in Nederland achter dijken en duinen ten minste een beschermingsniveau van  $10^{-5}$  per jaar te geven is geoperationaliseerd via het Lokaal Individueel Risico (LIR). Het LIR is gedefinieerd als de kans per jaar om te overlijden op een bepaalde locatie door een overstroming, rekening houdend met de mogelijkheid van evacuatie. Het LIR is feitelijk het product van de overstromingskans, het percentage achterblijvers na preventieve evacuatie en de mortaliteit. Op basis van de beschikbare overstromingsscenario's en schattingen van evacuatiefracties kan het LIR in kaart worden gebracht.

De overstromingsscenario's (paragraaf 3.2) geven informatie over overstromingskenmerken op een rooster van 100 bij 100 m. Om beter aan te sluiten bij het schaalniveau waarvoor de mortaliteitsfuncties gelden en om 'toevallige uitschieters' weg te filteren, zijn LIR-waarden per buurt berekend. Hiervoor is het buurtenbestand van het CBS gebruikt. De oppervlakte van de CBS buurten varieert afhankelijk van de aard van het gebied. In landelijke gebieden is de gemiddelde oppervlakte 1000 ha. In stedelijke gebieden zijn de buurten kleiner, gemiddeld ongeveer 150 hectare ( $1.5 \text{ km}^2$ ). Kleine dijkeringen bestaan uit één of enkele buurten; de grotere dijkeringen kennen tientallen tot honderden buurten.

Per buurt is de mediane waarde van het LIR berekend voor de cellen binnen het overstromde gedeelte van de buurt. Deze LIR-waarde per buurt wordt benut bij de afleiding van eisen aan keringen vanuit basisveiligheid. Zeker in het landelijke gebied kunnen buurten een grote omvang hebben en kan het voorkomen dat slechts een deel van de buurt overstromt.

Wanneer een dergelijk buurt maatgevend is bij de afleiding van eisen vanuit basisveiligheid is steeds gecontroleerd of het construct van de 'buurtwaarde van het LIR' een voldoende representatieve waarde vormt voor het individuele risico. Figuur 3.4 geeft een ruimtelijke verdeling van het LIR weer voor het Eiland van Dordrecht en de 3 buurten die de hoogste LIR-waarden hebben. Meer achtergronden bij de bepaling van het LIR zijn gegeven in Bijlage E en De Bruijn & Van der Doef (2011).



Figuur 3.4 Het Lokaal Individueel Risico bij de referentiekans voor het Eiland van Dordrecht.

#### Grenswaarden voor LIR gebaseerd op signaleringswaarde

Om de grondslag van de MKBA en de LIR te harmoniseren worden de maximaal toelaatbare overstromingskansen vanuit het perspectief van slachtofferrisico's omgerekend naar een signaalwaarde die vergeleken kan worden met de MKBA middenkans (paragraaf 2.3). Dit komt er in de praktijk op neer, dat in deze uitwerking niet wordt gewerkt met een grenswaarde voor het LIR van  $10^{-5}$  per jaar, maar met  $5 \cdot 10^{-6}$  per jaar. De eis vanuit basisveiligheid krijgt hiermee dus ook het karakter van een signaalwaarde.

### *Kansen voor meerlaagsveiligheid*

Voor de trajecten waar de afgeleide norm wordt bepaald vanuit basisveiligheid, kan worden overwogen om gevolgbeperkende alternatieven uit te werken in plaats van de dijk te versterken. Wanneer sprake is van een of enkele buurten die eruit springen (ongeacht of er nu veel of weinig mensen wonen) of bij zeer dunbevolkte grotere gebieden liggen er kansen voor meerlaagsveiligheid ("slimme combinaties").

## *3.4 Bepaling economisch optimale overstromingskansen*

### *Algemene werkwijze*

Het economisch optimaal beschermingsniveau is afhankelijk van de economische schade ten gevolge van een overstroming en de kosten die gemaakt moeten worden om de overstromingskans te verkleinen. In de analyse is uitgegaan van de kosten om een factor 10 veiliger te worden door middel van dijkverzwaring. Het is in essentie de verhouding tussen schade en kosten die het economisch optimale beschermingsniveau bepaalt. Relatief hoge schaden dan wel lage kosten leiden tot een relatief hoog economisch optimaal beschermingsniveau.

In de MKBA van WV21 zijn economisch optimale beschermingsniveaus en bijbehorende investeringen berekend met behulp van het model 'OptimaliseRing'. Het gebruik van dit model is een tijdrovende werkwijze. Voor het afleiden van eisen aan de overstromingskans vanuit economische doelmatigheid, is voor deze uitwerking daarom een vereenvoudigde werkwijze gevolgd, zoals ook gehanteerd bij het gevoeligheidsonderzoek in WV21 (de Monte Carlo-analyse). Het verhoudingsgetal van schaden en kosten is een goede voorspeller gebleken van het economisch optimale beschermingsniveau. Nadere informatie over de zogeheten directe methode is opgenomen in Bijlage F.

Voor het afleiden van eisen vanuit economische doelmatigheid zijn per traject de overstromingsschade in 2050 berekend alsook de kosten van het realiseren van een 10 maal hoger beschermingsniveau. De totale schade bestaat uit economische schade en (gemonetariseerde) schade als gevolg van (dodelijke) slachtoffers en getroffen. Voor de groei van de economische schade is uitgegaan van een groeipercentage van 1,9 % (volgens economisch scenario Transatlantic Market). Alleen bij Almere is net als bij de MKBA WV21 rekening gehouden met een sterkere groei in verband met verwachte sterkere groei voor dit gebied ("schaalsprong"). De kosten van 10 maal veiliger zijn gebaseerd op de kostenfuncties zoals ontwikkeld in WV21. Meer informatie over de bepaling van de economisch optimale overstromingskansen en de kostenbepaling is te vinden in de WV21-rapporten (o.a. Kind, 2011 en De Grave & Baarse, 2011).

### *Duinenkust*

Voor de duinenkust wijkt de kostenberekening om een duin een factor 10 te versterken af ten opzichte van de 'harde' keringen. Bij harde keringen zijn de investeringskosten om de faalkans van een traject met een factor 10 te verkleinen bepaald met het uitgangspunt dat het normtraject over de gehele lengte integraal versterkt wordt. Voor de duinenkust geldt dat de lokale toestand van de duinen sterk varieert binnen de normtrajecten waardoor er nooit sprake zal zijn van een integrale versterking van het gehele normtraject. Er zijn duintrajecten die aanzienlijk sterker zijn en dus nooit versterkt hoeven te worden vanuit veiligheidsoogpunt. Alleen het zwakste deel zal worden aangepakt. De investeringskosten is in een aantal stappen bepaald. Meer achtergronden bij de uitgevoerde stappen is opgenomen in Bijlage G. Samengevat zijn de stappen:

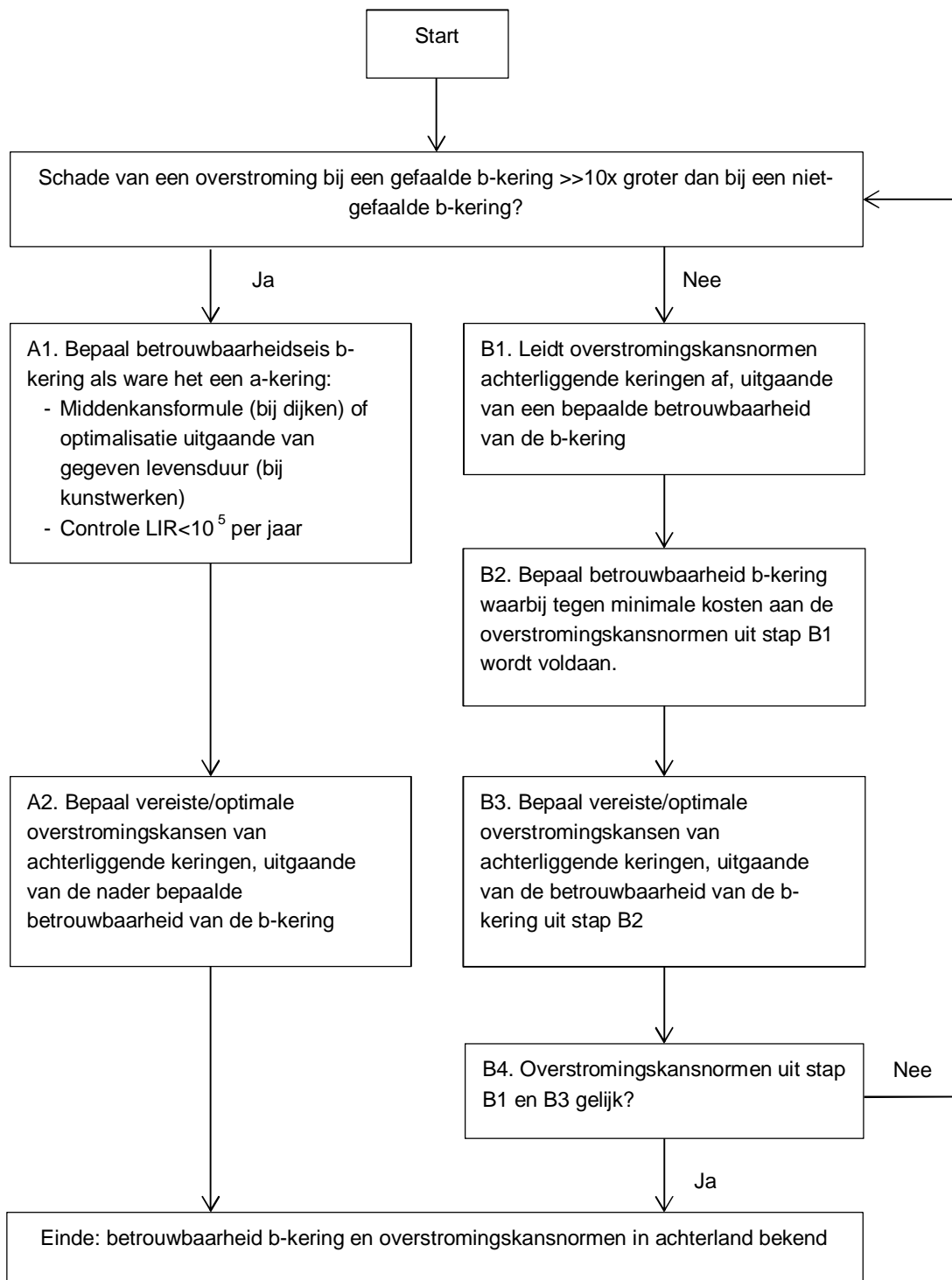
- *Keuze van een representatief duinprofiel in het normeringstraject.* Om de gevoeligheid van de norm voor de profielkeuze te verkennen zijn twee duinprofielen geselecteerd, namelijk (1) een gemiddeld duinprofiel, en (2) een relatief zwak profiel.
- *Bepalen van de ingreep om de faalkans van een duinprofiel te verkleinen.* Er is een inschatting gemaakt van de grootte van de ingreep om de faalkans van het geselecteerde duinprofiel met een factor 10 te verkleinen, daarbij is uitgegaan van zeewaartse versterking.
- *Bepalen van de lengte van het te versterken duintraject.* Voor delen van een duintraject geldt dat de duinen dusdanig sterk zijn dat geen versterking nodig is. Nadere analyse van variaties binnen trajecten heeft uitgewezen dat gemiddeld 30% van de trajectlengte moet worden versterkt met een praktisch minimum van 1 km.
- *Bepalen van de versterkingskosten om faalkans een factor 10 te verkleinen.* De versterkingskosten voor de profielverbreding zijn een combinatie van kosten voor een vooroever-, strand- en duinsuppletie en worden berekend uit de omvang van de suppletie en eenheidskosten per type suppletie.

### *Voorliggende keringen*

Het vaststellen van optimale betrouwbaarheidseisen voor een stelsel van voor- en achterliggende keringen vereist een integrale analyse. Het bepalen van het economisch optimum is zeer complex, mede gelet op het belang van de onzekerheid ten aanzien van de sterkte van de waterkeringen en de uiteenlopende wijzen waarop voorliggende keringen kunnen falen. Er is daarom een benaderingsprocedure opgesteld. Deze procedure is weergegeven in Figuur 3.5.

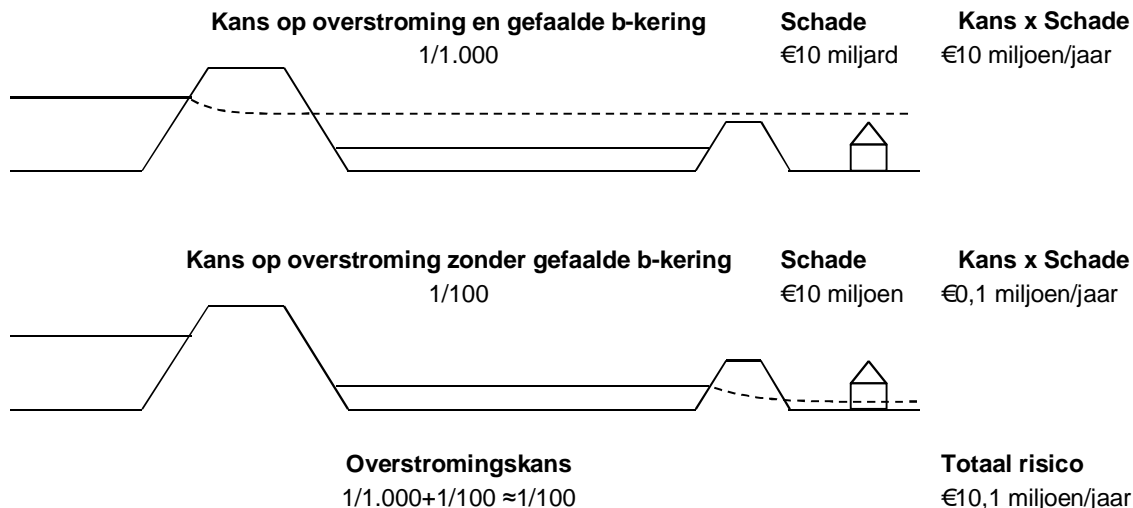
In het stroomschema zijn twee paden te onderscheiden: methode A (linker pad) en methode B (rechter pad). De reden voor de verschillen tussen deze methoden is als volgt. Als de schade van een overstroming bij een gefaalde voorliggende kering ordegrottes groter is dan bij een niet-gefaalde voorliggende kering, dan hoeft een verandering van "de" overstromingskans niet direct van grote invloed te zijn op het overstromingsrisico. Dit is geïllustreerd met een fictief getallenvoorbeeld in Figuur 3.6. In de praktijk speelt dit bij voorliggende keringen die voor regionale keringen liggen. In dergelijke gevallen wordt het nauwkeurigste resultaat verkregen door de voorliggende kering te behandelen als ware het een a-kering die direct tegen overstromingen bescherming biedt (methode A). Als er wel een sterke relatie bestaat tussen de overstromingskans en het overstromingsrisico, dan wordt een nauwkeuriger resultaat verkregen door een iteratieve procedure te volgen waarin de overstromingskansen van de achterliggende keringen centraal staan (methode B).

De details van de verschillende stappen in de optimalisatieprocedure zijn het achtergrondrapport over de normering van de b-keringen (MinlenM, 2015b) beschreven.



Figuur 3.5 Stroomschema benaderende optimalisatieprocedure voor stelsels van voor- en achterliggende keringen.





Figuur 3.6 Geval waarbij de relatie tussen de kans op een overstroming en het overstromingsrisico zeer zwak is. Het verkleinen van de kans op een overstroming met een factor 2 door te investeren in de achterliggende kering zou het overstromingsrisico hooguit verkleinen tot €10,05 miljoen euro per jaar.

### Compartimenteringskeringen

Bij de heroverweging van de primaire status van de c-keringen is voor de c-keringen met een compartimenterende functie onderzocht of het falen van de c-kering invloed heeft op de norm van de voorliggende a-kering. Omdat in het proces van totstandkoming van de nieuwe normen de a-keringen eerst zijn afgeleid, is dat het vertrekpunt geweest voor die analyse. Bij het afleiden van de norm voor de a-keringen is in de meeste gevallen geen rekening gehouden met cascade-effecten door het falen van de c-kering. Voor de a-keringen waar c-keringen achter liggen is daarom opnieuw de norm bepaald waarbij wel rekening is gehouden met cascadowerking.

Met de nieuwe schade inclusief cascadowerking zijn de eisen aan de a-kering opnieuw berekend en toegevoegd aan een normklasse (paragraaf 3.6). Dit is vergeleken met het normvoorstel Waterveiligheid uit het Deltaprogramma 2015. Wanneer de norm voor de a-kering inclusief de extra schade bij doorbraak van de c-kering gelijk blijft, dan heeft de c-kering geen directe functie meer in het primaire systeem. Indien de norm wel aangescherpt zou moeten worden, is onderzocht of het kostenefficiënter is om de norm van de a-kering te verhogen of de c-kering als compartimenterende kering onderdeel te laten zijn van het primaire systeem.

De eis aan een compartimenteringskering als onderdeel van het primaire systeem is geen overstromingskans per jaar, maar een overstromingskans per keer dat hydraulische belasting optreedt doordat een bres ontstaat in een voorliggend dijktraject (conditionele faalkans). De hoogte van deze overstromingskans gegeven een hydraulische belasting is bepaald in relatie tot de norm van de a-kering. De eis is dan gelijk aan de overstromingskans waarbij de normklasse van de voorliggende primaire kering niet verandert.

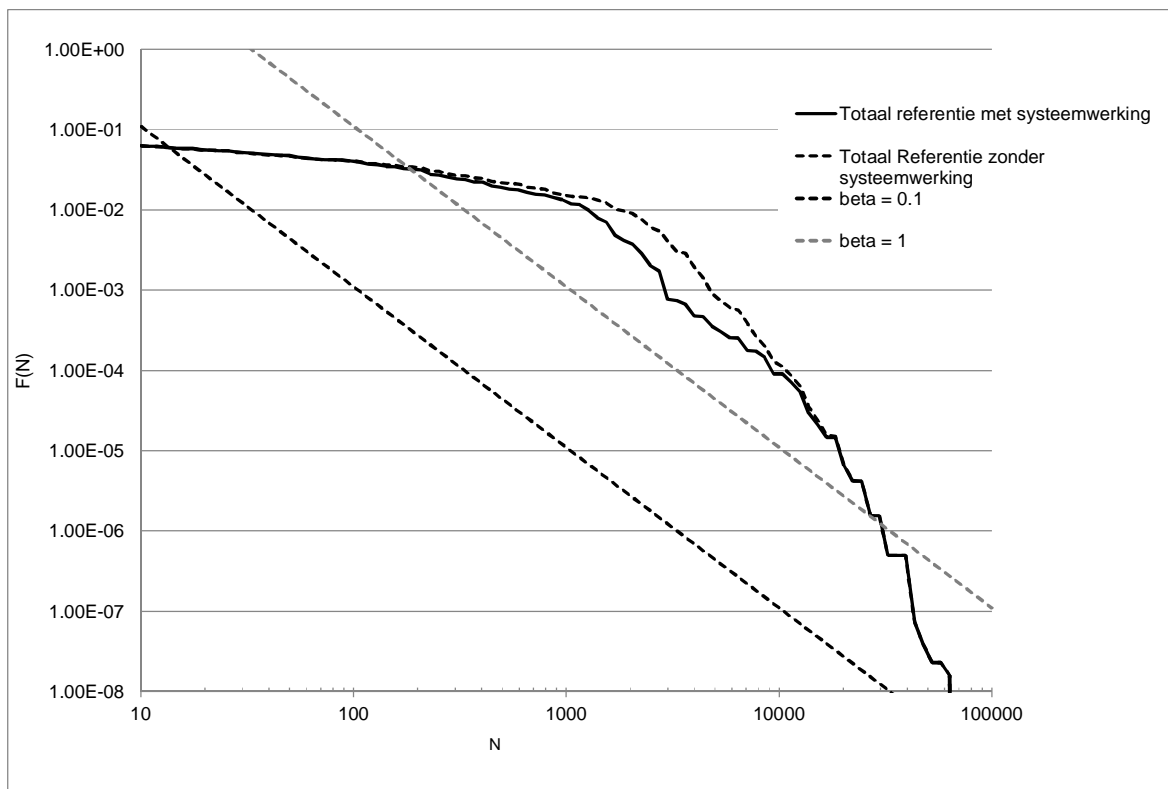
### 3.5 Bepaling van het groepsrisico

Bij slachtofferrisico's wordt gekeken naar het aantal dodelijke slachtoffers als direct gevolg van een overstroming. Vanuit het maatschappelijk perspectief is het van belang om te kijken naar de kans op een groot aantal slachtoffers in één hoogwatersituatie. In gebieden waar veel mensen wonen of waar een groot gebied in één keer kan onderstromen, kunnen veel slachtoffers vallen. Een

overstroming met een groot aantal slachtoffers heeft een grotere impact dan veel kleine(re) incidenten. Dit aspect komt tot uitdrukking in het groepsrisico.

Het groepsrisico hangt af van de overstromingskansen van de trajecten, het verwachte aantal slachtoffers per traject en de afhankelijkheden tussen overstromingskansen van de verschillende dijktrajecten. Niet alleen binnen een dijkkring zijn er meerdere overstromingspatronen met één of meerdere bressen mogelijk, ook kunnen bij een grootschalige overstroming meerdere dijkkringen tegelijkertijd overstromen. Deze kans op het gelijktijdig overstromen van meerdere dijkkringen wordt bepaald om een beeld te krijgen van het totale groepsrisico van Nederland als geheel. Voor meer achtergrond over de bepaling van het groepsrisico: zie Bijlage D en De Bruijn *et al.* (2014).

Het groepsrisico wordt weergegeven met een FN curve, die de kans op meer dan N slachtoffers weergeeft. Zo'n FN curve bundelt in één grafiek informatie over de kans op een gebeurtenis met meer dan 10, 100, 1000 of 10.000 slachtoffers ten gevolge van één overstroming. De oppervlakte onder de curve is gelijk aan het verwachte aantal slachtoffers per jaar. Figuur 3.7 geeft de FN curve voor de referentiesituatie.



Figuur 3.7 Groepsrisico bij overstroming in de referentiesituatie (met en zonder rekening te houden met systeemwerking).  $N$  = aantal slachtoffers,  $F(N)$  is kans op een bepaald aantal slachtoffers.

De FN curves voor het overstromingsrisico worden vergeleken met mogelijke oriëntatielijnen ( $\beta$ ) uit het TAW-beoordelingskader. Binnen dit kader is een risico-averse oriëntatielijne (zie De Bruijn & Diermanse, 2013b) gehanteerd net als binnen het terrein van de externe veiligheid. De keuze voor de  $\beta$  is per risicotype afhankelijk van de mate van vrijwilligheid en het voordeel dat mensen genieten bij deelname aan de risicodragende activiteit. Een waarde  $\beta=1$  komt overeen met 'autorijden',  $\beta=0,1$  stemt overeen met de risico's van het 'werken in een fabriek' (en de mate van vrijwilligheid daarvan zoals opgevat in de jaren 90) (De Bruijn & Diermanse, 2013a). In deze uitwerking is de lijn  $\beta=1$  aangehouden.



In beginsel zijn er twee aangrijpingspunten om het groepsrisico te reduceren: het verkleinen van de overstromingskans of het beperken van de gevolgen. Deze uitwerking is gericht op het normeren van overstromingskansen van trajecten en daarmee op het verkleinen van overstromingskansen.

Vanuit het perspectief van normering is bij het groepsrisico sprake van een 'prestatie-eis' voor het *geheel van alle* a-keringen. Zo'n landelijke prestatie-eis laat vrijheid op welke manier precies aan de eis wordt voldaan. Er is daarom een aantal redeneerlijnen uitgewerkt (Bijlage D) om invulling te geven aan mogelijke eisen aan keringen vanuit het perspectief van groepsrisico's. De redeneerlijnen illustreren de vrijheid die er is om invulling te geven aan eisen aan keringen van het perspectief van het landelijk groepsrisico. De totale prestatie-eis voor het landelijk groepsrisico houdt echter geen rekening met de situatie van individuele trajecten. Daarom is onderzocht welke trajecten na het realiseren van de normen vanuit basisveiligheid en economische doelmatigheid een relatief soepele eis hebben in relatie tot het aantal potentiële slachtoffers. Voor deze trajecten, 'hot spots' genaamd, is vanuit het groepsrisico perspectief de norm één klasse strenger gesteld dan volgend uit basisveiligheid en economische doelmatigheid.

### 3.6 Toedeling naar normklassen

Tabel 3.1 geeft aan hoe de berekende overstromingskansen kunnen worden toegedeeld aan een bepaalde klasse. Een ordegrootte verschil in overstromingskans (= factor 10) is bij deze indeling onderverdeeld in twee delen. Zo is het ordegrootte verschil tussen 1/1.000 en 1/10.000 per jaar onderverdeeld met 1/3.000 per jaar als tussengrens. De klassenindeling is een beleidsmatige keuze, evenals de laagste klasse van 1/300 per jaar.

Klasse (1/jaar)	Interval
1/300	0 - 550
1/1.000	550 - 1.700
1/3.000	1.700 - 5.500
1/10.000	5.500 - 17.000
1/30.000	17.000 - 55.000
1/100.000	55.000 - 170.000

Tabel 3.1 Normklassen en het corresponderende interval. De ondergrens is 1/300 per jaar.

Daarnaast is bij de toedeling naar normklassen rekening gehouden met uitkomsten van onderzoek naar de schade door overstromingen in het Maasdal (Huizinga, Kok, 2013). Dat onderzoek wijst uit dat in de eerdere analyses van het deelprogramma Rivieren de schaden in bedijkte gebieden (gebieden achter de kaden) ten gevolge van overstromingen met ongeveer een factor 3 zijn overschat. Deze bevinding is betrokken bij de toedeling van de afgeleide economisch optimale beschermingsniveaus naar normklassen. Voor die trajecten in het Maasdal waarbij de norm wordt bepaald door de MKBA, is bij de toedeling aan normklassen afgeweken van de standaardtoedeling. Alle waarden die tussen twee normklassen in liggen, worden aan de lagere normklasse toegedeeld. Zo wordt bijvoorbeeld een berekende eis van 1/900 per jaar toebedeeld aan de normklasse 1/300 per jaar in plaats van 1/1000 per jaar volgens de toedeling in Tabel 3.1.

## 4 Referentiesituatie en -strategie

Voor de analyses die ten grondslag liggen aan het voorstel voor de nieuwe normering is een referentiesituatie (uitgangsituatie) gedefinieerd voor de MKBA en de slachtofferrisicoanalyses. De referentiesituatie is hier gebruikt als een gedefinieerde situatie, die gekoppeld is aan daarbij behorende overstromingskansen. De uitkomsten van de MKBA (in de vorm van economisch optimale overstromingskansen) zijn overigens niet gevoelig voor de keuze van de referentiesituatie. De referentiesituatie bepaalt wel de omvang van de opgave; het verschil tussen de referentiesituatie en gewenste situatie.

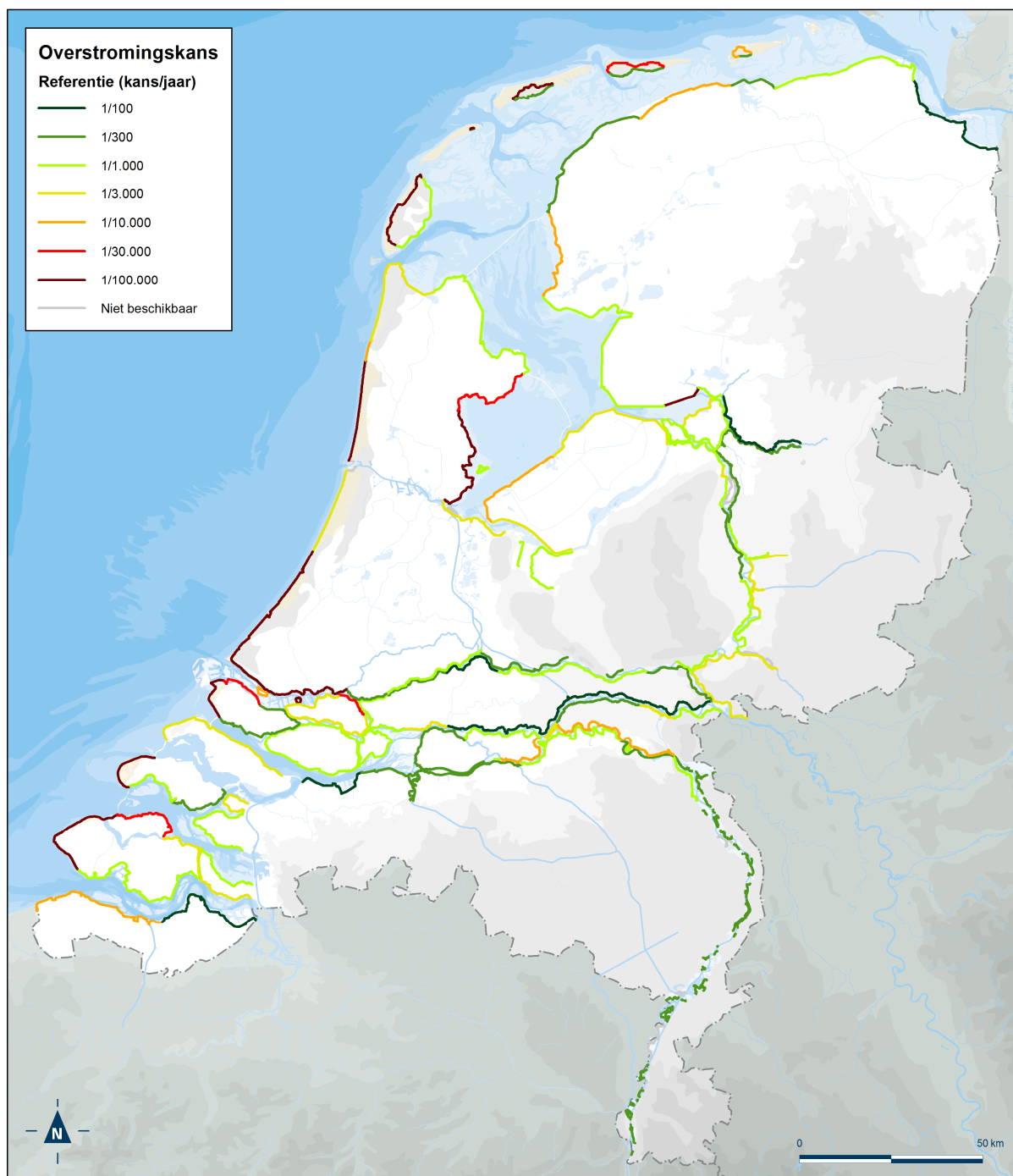
Voor de analyses is de referentiesituatie vastgesteld als de verwachte overstromingskans - in 2020 - na uitvoering van lopende projecten en programma's voor hoogwaterbescherming. Deze kansen zijn gebaseerd op analyseresultaten vanuit VNK2. De uitvoering van het nieuwe Hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBP) maakt geen deel uit van deze referentiesituatie, omdat over de uitvoering van maatregelen binnen dit programma nog geen besluiten zijn genomen en omdat de betreffende maatregelen beïnvloed kunnen worden door de nieuwe normering. De overstromingskans van de referentiesituatie op basis van VNK2 is opgebouwd uit dijkvakken die afzonderlijk veel of weinig bijdragen aan de overstromingskans van het traject. De relatief zwakke dijkvakken zijn bepalend voor de overstromingskans op dijktrajectniveau. Een grotere overstromingskans in de referentiesituatie impliceert niet noodzakelijkerwijs een grotere opgave bij het realiseren van een nieuwe norm. Op trajectniveau kan de overstromingskans op een efficiënte manier worden beperkt door de aanpak van die zwakke plekken die het meest bijdragen aan de overstromingskans.

De referentiesituatie is grofstoffelijk bepaald en kan niet worden gebruikt om de effectiviteit van individuele uitvoeringsprojecten te kunnen bepalen.

De effecten van het voorstel voor nieuwe geactualiseerde normen kunnen alleen goed worden beoordeeld wanneer ze worden afgezet tegen de situatie waarin geen actualisering zal plaatsvinden: de referentiestrategie. De referentiestrategie gaat uit van een voortzetting van het huidige beleid. Er blijft sprake van een overschrijdingskans als norm. Voor een dijkkring gelden uniforme eisen voor alle dijkvakken en kunstwerken. Nieuwe technische kennis wordt geïntroduceerd bij de start van nieuwe toetsrondes, met als eerstvolgende die van 2017. Opgaven als het opvangen van de gevolgen van klimaatverandering en bodemdaling, en de aanpak van het pipingvraagstuk worden binnen de huidige systematiek opgepakt, al dan niet in speciale programma's, zoals Ruimte voor de Rivier. De afspraken, zoals vastgelegd in het Bestuursakkoord Water, blijven gehandhaafd. Een nadere uitwerking van de referentiestrategie en bijbehorende kosten en risico's is beschreven in Deelprogramma Veiligheid (2014).

#### 4.1 Overstromingskansen referentiesituatie

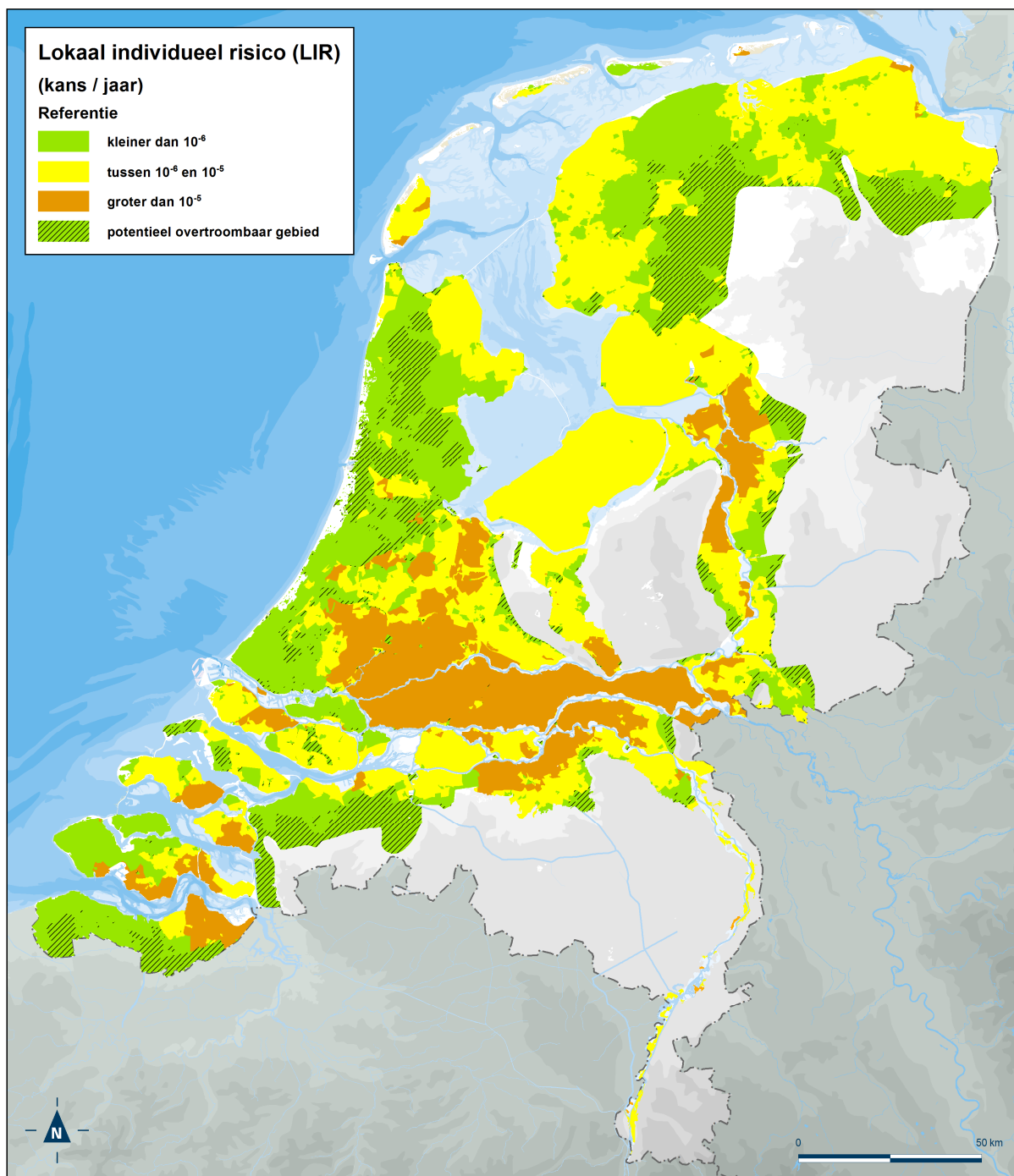
Figuur 4.1 toont de overstromingskansen per traject van de gedefinieerde referentiesituatie. De referentiesituatie heeft alleen betrekking op de a-keringen. Alleen voor dit type keringen is er, dankzij het VNK2-project, een vrijwel compleet beeld van de overstromingskansen van dijkringen of delen daarvan.



Figuur 4.1 Overstromingskansen van de referentiesituatie.

## 4.2 Lokaal Individueel Risico (LIR) referentiesituatie

Het Lokaal Individueel Risico (LIR) is het product van de overstromingskans, het percentage achterblijvers na preventieve evacuatie en de mortaliteit (zie paragraaf 3.3). Figuur 4.2 laat de ruimtelijke verdeling van de LIR-waarden zien bij de referentiesituatie. Bij een aanzienlijk deel van het overstroombare gebied is de waarde van het LIR groter dan de oriëntatiewaarde voor basisveiligheid van  $10^{-5}$  per jaar. LIR-waarden groter dan  $10^{-5}$  per jaar komen vooral voor in het rivierengebied (de meer benedenstrooms gelegen delen), Groningen en de Zuidwestelijke delta.



Figuur 4.2 Ruimtelijke verdeling van LIR-waarde bij overstromingskansen van de referentiesituatie.

### 4.3 Economisch risico referentiesituatie

Het economisch risico of schaderisico is het product van de overstromingskans in de referentiesituatie en de economische schade in geval van een overstroming. De schade is bepaald op basis van overstromingsscenario's gebruik makend van schadefuncties voor de verschillende vormen van grondgebruik. Voor de normen geldt als uitgangspunt, dat hieraan in 2050 moet zijn voldaan; daarom is het risico in 2050 berekend. Relatief hoge waarden van het economisch risico kunnen worden veroorzaakt door relatief grote schaden en/of relatief grote overstromingskansen.



Figuur 4.3 Ruimtelijke verdeling van het economisch risico bij overstromingskansen van de referentiesituatie.

Er is sprake van behoorlijke verschillen in de omvang van het economisch risico of schaderisico (Figuur 4.3). Relatief grote risico's komen voor in het rivierengebied en in Flevoland en ook meer lokaal in de Zuidwestelijke delta en Noord-Nederland. In deze laatste gebieden wordt dit vooral bepaald door de relatief grote overstromingskansen.

#### *Potentieel overstroombaar gebied*

Een deel van het gebied in Figuur 4.2 en Figuur 4.3 is gearceerd en wordt gemerkt als 'potentieel overstroombaar' gebied. In de overstromingssimulaties blijft dit gebied bij de gehanteerde hydraulische randvoorwaarden droog. Bij nog hogere buitenwaterstanden (met een nog kleinere kans) kunnen deze gebieden wel overstromen, omdat bijvoorbeeld hoge 'lijnelementen' (zoals regionale keringen, spoordijken, etc.) bij die extremere situaties wel overstromen. Vanwege het droog blijven dan wel vanwege de hele kleine kans van voorkomen van extreme waterstanden zijn de risico's in deze gebieden doorgaans heel klein.

#### *4.4 Groepsrisico referentiesituatie*

Het groepsrisico behorend bij de overstromingskansen en gevolgen van de referentiesituatie is getoond in Figuur 3.7 van het vorige hoofdstuk. Zowel de situatie met als zonder systeemwerking in het rivierengebied zijn gepresenteerd. De figuur laat zien dat de FN curve voor de referentiesituatie ver boven de  $\beta = 1$  lijn uit komt. Om te voldoen aan een  $\beta$ -waarde dient de gehele curve onder de lijn met de betreffende waarde te liggen. Dat betekent dat in de referentiesituatie niet aan de ambitie  $\beta = 1$  wordt voldaan. Dit komt vooral door de relatief grote overstromingskansen van de dijkringen Alblasserwaard en Vijfheerenlanden (dijkring 16), de Betuwe, Tieler- en Culembergerwaard (dijkring 43), Kromme Rijn (dijkring 44), Gelderse Vallei (dijkring 45) en Walcheren (dijkring 29).



## 5 Normvoorstel primaire waterkeringen

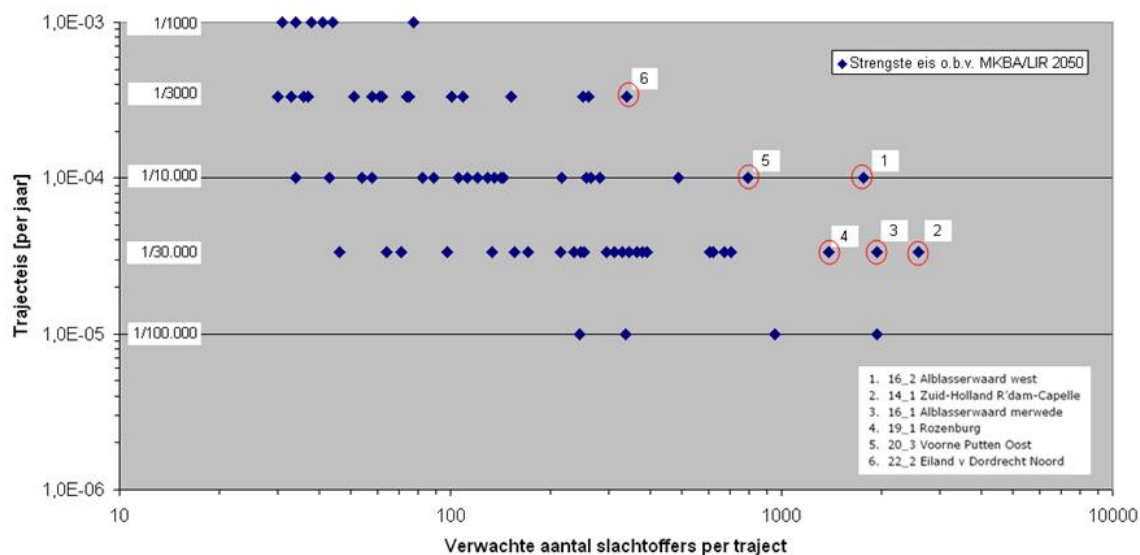
### 5.1 Afleiding normhoogten

#### Technisch-inhoudelijke uitwerking

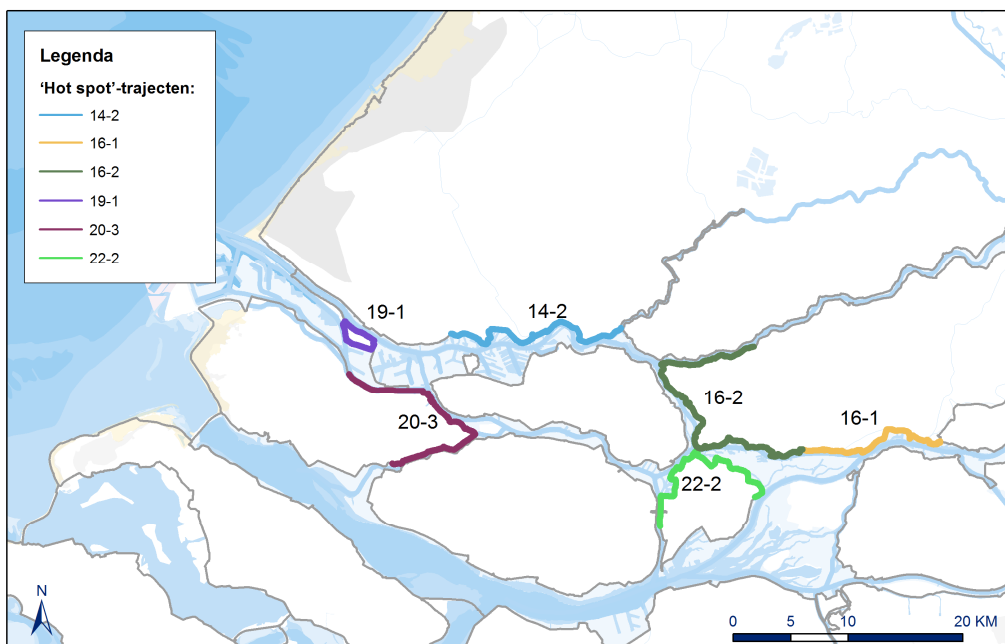
Per normtraject zijn de eisen berekend vanuit basisveiligheid (LIR), economische doelmatigheid (MKBA) resp. beheersing van het groepsrisico (hotspots). In de technisch-inhoudelijke uitwerking zijn de normhoogten per traject bepaald door de hoogste eisen aan het beschermingsniveau maatgevend te stellen.

Relatief scherpe eisen vanuit basisveiligheid komen voor in het rivierengebied (vooral langs de Waal), en in delen van Rijnmond-Drechtsteden en de Zuidwestelijke delta. De hoogste economisch optimale beschermingsniveaus zijn berekend voor het rivierengebied, delen van Rijnmond-Drechtsteden en Flevoland. Daarnaast wordt een relatief hoog economisch optimaal beschermingsniveau berekend voor enkele trajecten langs de Zuid-Hollandse kust, in Groningen en in Noord-Holland.

Uit de analyse van het groepsrisico blijkt dat waar het gaat om het voldoen aan de totale prestatie-eis voor het landelijke groepsrisico geen verdere aanscherping nodig is. Toch is voor een zestal trajecten die een relatief soepele norm hebben op basis van LIR en/of MKBA in relatie tot het aantal potentiële slachtoffers (gepresenteerd in Figuur 5.1) aanvullende eisen gesteld. Daarmee wordt op deze zogenaamde 'hot spot'-trajecten (Figuur 5.2) de kans op een grote groep slachtoffers verkleind én wordt het landelijk groepsrisico kleiner.



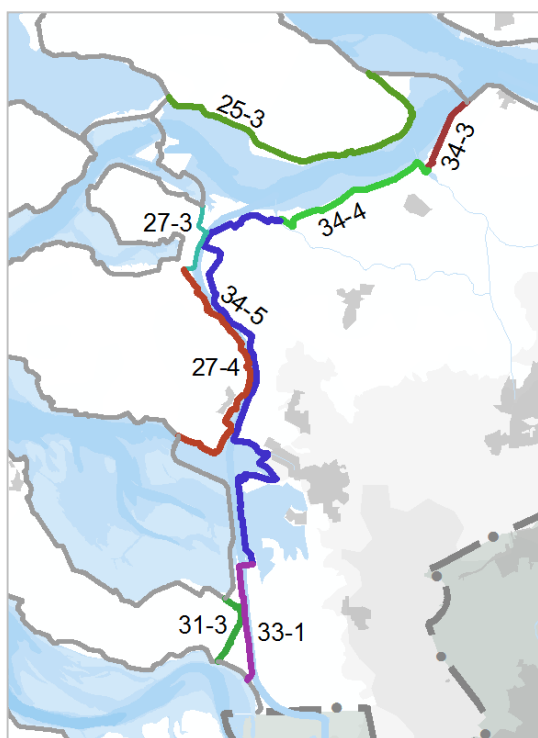
Figuur 5.1 Verwacht aantal slachtoffers in relatie tot de overstromingskans.



Figuur 5.2 Ligging 'hot spot'-trajecten.

#### Aanvullende eis waterkeringen langs Volkerak-Zoommeer

Een aanvullende norm is uitgewerkt voor de waterkeringen die liggen langs het Volkerak-Zoommeer. De reden voor de aanvullende eis is dat onder extreme omstandigheden tijdelijk extra water wordt geborgen op het Volkerak-Zoommeer en de norm gebaseerd op het LIR en de MKBA niet is toegesneden op de genoemde situatie. Zonder aanvullende eisen is de waterkering niet in alle gevallen berekend op de extra hoeveelheid water die dan moet worden gekeerd. De strengste van de eis gebaseerd op het LIR/MKBA en de aanvullende eis bij berging bepalen voor deze waterkeringen dus het ontwerp van de kering.

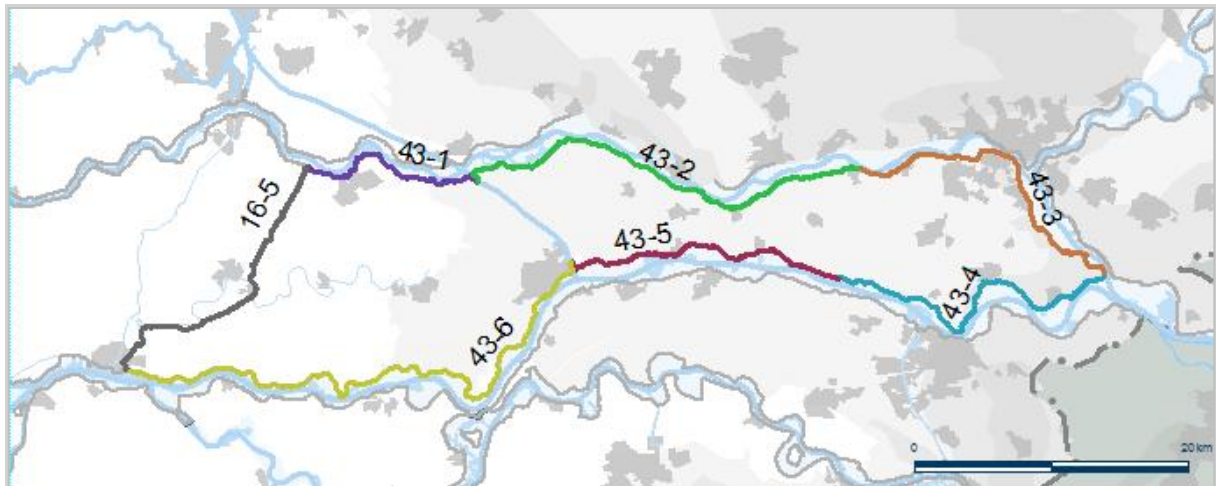


Figuur 5.3 De trajecten langs het Volkerak-Zoommeer hebben een aanvullende eis gekregen.



### *Afwijkende eis aan compartimenteringskering*

De Diefdijk (traject 16-5) is de enige compartimenteringskering in het nieuwe primaire stelsel. De overige compartimenteringskeringen (voormalig c-keringen) hebben geen primaire status meer. Voor de Diefdijk is een overstromingskans bepaald van 1/10 per keer dat de kering hydraulische belast wordt door een bres in een voorliggende dijktraject. Bepalend voor deze eis is het voorliggende traject 43-2 (Figuur 5.4). Mede vanwege de reeds in uitvoering zijnde versterking van de Diefdijklinie is er voor gekozen om niet traject 43-2 aan te scherpen maar om de Diefdijklinie primair te houden.



Figuur 5.4 Diefdijk (16-5) en de voorliggende primaire keringen van voormalig dijkkring 43.

### *Aanpassingen door aanvullende afwegingen*

De normen volgens de technisch-inhoudelijke uitwerking zijn voorgelegd aan de bestuurders uit het Deltaprogramma. Door andere perspectieven en afwegingen dan die de basis vormen voor de technisch-inhoudelijke uitwerking is voor een aantal trajecten de norm aangepast. Voor sommige trajecten is gekozen voor een strengere norm dan berekend volgens de technisch-inhoudelijke uitwerking en voor enkele trajecten is gekozen voor een soepeler norm. De factsheets per normtraject geven aan voor welke trajecten afgeweken is van de technisch-inhoudelijke uitwerking.

### *Normhoogte per traject en het bepalende perspectief*

In het rivierengebied, langs de Zuidhollandse kust en Flevoland worden scherpe normen vooral ingegeven door economische doelmatigheid van investeringen. Voor de Zuidwestelijke delta is vooral de LIR-eis bepalend. Voor Rijnmond-Drechtsteden is het beeld gemengd: scherpe eisen van uit basisveiligheid en economische doelmatig vallen regelmatig samen. Het bepalende perspectief wisselt daarbij. Figuur 5.5 geeft de normhoogte aan zoals die zijn voorgesteld aan de Tweede Kamer Figuur 5.6 geeft aan op basis van welk perspectief de norm is bepaald.



Figuur 5.5 Signaleringswaarde per traject.



Figuur 5.6 *Perspectief bepalend voor de norm.*

## 5.2 Statistieken

In totaal zijn er 234 normtrajecten, waarvan 207 dijk- en/of duintrajecten en 27 voorliggende keringen (inclusief de nog aan te leggen Reevedam en Roggebotsluis). Getalsinformatie over de lengte, gevolgen in termen van schade, slachtoffers en getroffenen en kosten voor 10x sterker zijn per normtraject vastgelegd in de factsheets. Tabel 5.1 geeft het gemiddelde, de mediaan en het minimum en maximum van deze getalsinformatie. In de volgende alinea's wordt deze informatie verder geduid.

	Lengte (km)	Schade 2011 (miljard euro)	Slachtoffers 2011 (aantal)	Getroffenen 2011 (aantal)	Kosten 10x veiliger (miljoen euro)	Kosten per km (miljoen euro)
Gemiddelde	15	4	200	48.000	65	5
Mediaan	14	0,85	25	9.600	50	4
Minimum	0,2	1	0	0	1	0,6
Maximum	46,7	41	3.100	690.000	370	22

Tabel 5.1 Gemiddelde, mediaan, minimum en maximum van de 207 dijktrajecten.

### Lengte

Een belangrijke overweging bij de onderverdeling in trajecten is om de lengte van trajecten niet te veel uiteen te laten lopen (paragraaf 2.4). Tabel 5.1 laat zien dat de gemiddelde lengte 15 km is, maar dat er ook trajecten zijn die heel kort zijn en trajecten met een aanzienlijk langere lengte (tot wel 30 km langer). De mediaan en het gemiddelde zijn nagenoeg gelijk, wat betekent dat er evenveel trajecten langer en korter zijn dan 14 km.

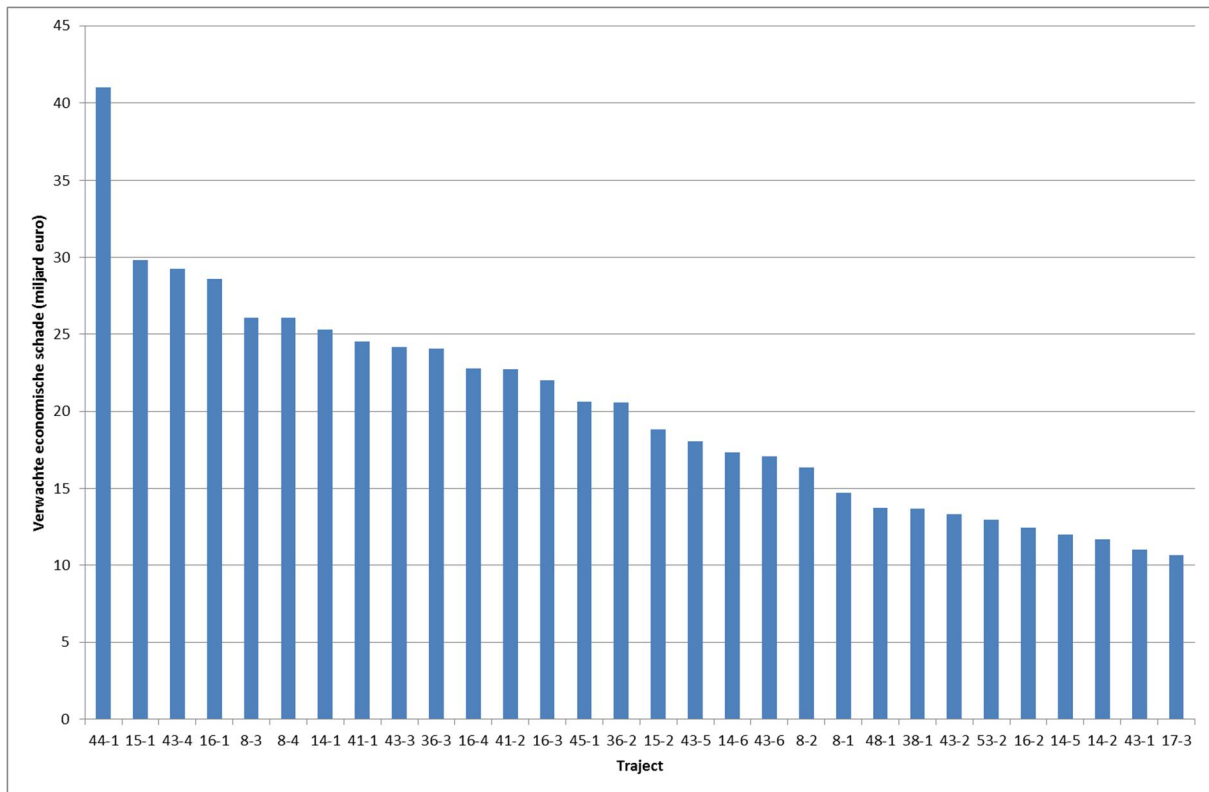
Korte trajecten zijn bijvoorbeeld ontstaan bij kleine (voormalige) dijkeringen. Het normtraject is dan vaak gelijk aan de lengte van de totale dijkkring. De korte normtrajecten liggen grotendeels in Limburg. Soms zijn kleine dijkeringen vanuit het oogpunt van gevolgen of dreiging nog onderverdeeld in twee normtrajecten. Dit speelt bijvoorbeeld bij de Waddeneilanden of voormalig dijkkring Heerenwaarden.

Lange normtrajecten komen voor waar de dreiging én het overstromingspatroon over een lang traject nagenoeg gelijk zijn. Trajecten van 30 km en langer komen voor langs de Waddenkust bij Groningen/Friesland, de Hollandse kust en Zeeland en bij grote dijkeringen langs de rivieren.

### Gevolgen

De gemiddelde verwachte economische schade per normtraject is 4 miljard euro (in het jaar 2011). De grootste schade treedt op bij de normtrajecten langs de Lek en de Waal, Flevoland en in het gebied van Rijnmond-Drechtsteden (Centraal-Holland, IJsselmonde, Krimpenerwaard). Bij het falen van normtraject 44-1 langs de Lek, waardoor Utrecht en delen van Centraal Holland overstromen, is de hoogste verwachte schade berekend: 10x hoger dan het gemiddelde.

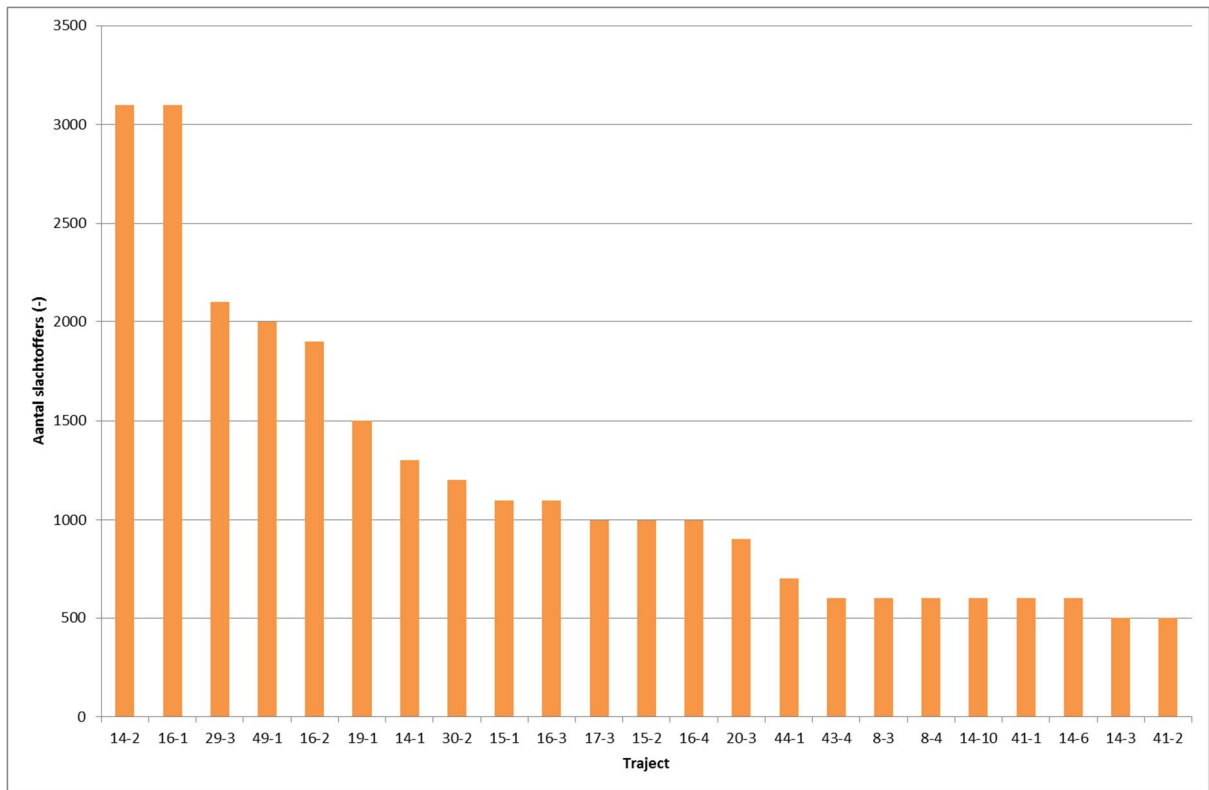
De mediane waarde van de economische schade (0,85 miljard euro) ligt lager dan het gemiddelde. Er zijn dus meer trajecten met een lagere schade dan het gemiddelde dan een hogere. De normtrajecten met lage schade liggen voornamelijk in Limburg, langs de duinenkust en langs de voormalige kleine dijkeringen.



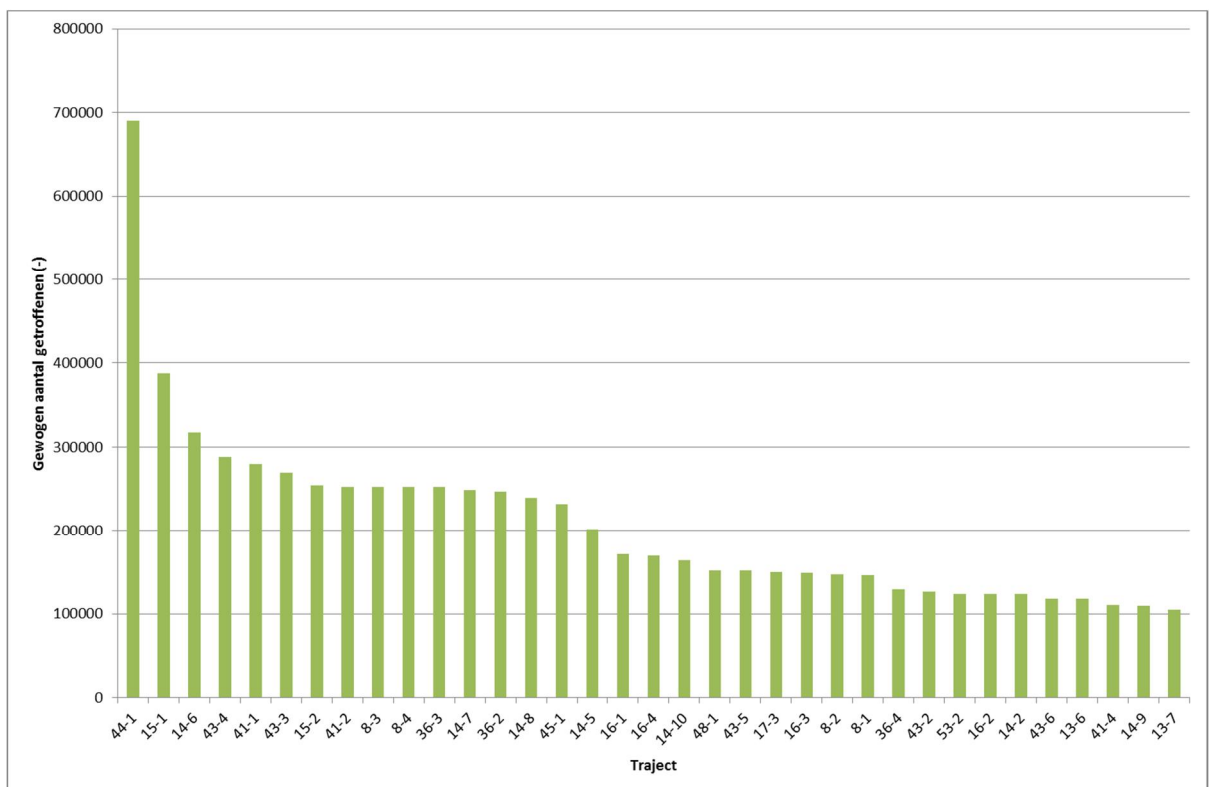
*Figuur 5.7 Verwachte economische schade (jaar 2011) van normtrajecten met meer dan 10 miljard euro schade (de factsheets bevatten de getalsinformatie van dit staafdiagram).*

Het gemiddelde aantal slachtoffers per traject is 200. De normtrajecten met de hoogste slachtofferaantallen zijn vooral gelegen in gebied van Rijnmond-Drechtsteden: de normtrajecten langs Rotterdam, IJsselmonde, Pernis, Voorne-Putten, Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden en de Lopiker- en Krimpenerwaard hebben allemaal verwachtingswaardes voor het slachtofferaantal groter dan 500. Deze normtrajecten met de hoogste aantallen slachtoffers komen niet allemaal overeen met de normtrajecten met de hoogste schades (Figuur 5.7). Zowel hoge schades, als hoge slachtofferaantallen zijn vooral te verwachten in dicht bevolkte gebieden die diep onder water komen te staan. Echter, de schades zijn alleen afhankelijk van de waterdieptes, terwijl de slachtofferaantallen ook bepaald worden door de maximale stijgsnelheden en de evacuatiemogelijkheden.

De verdeling van het verwachte aantal getroffen en over de normtrajecten is vergelijkbaar met die van de economische schade. De normtrajecten met hoge economische schade hebben meestal ook een groot aantal getroffen en. De dijkwingdelen met het hoogste aantal getroffen en zijn vooral de grote en dichtbevolkte gebieden. De meeste getroffen en (ruim 650.000) vinden we bij een doorbraak vanuit de Nederrijn/Lek bij normtraject 44-1 (Kromme Rijn\_Nederrijn/Lek). De minste getroffen en, minder dan 500, vinden we in de kleine dunbevolkte gebieden Vlieland, Alem, Keent, Nederhemert en Maasband.



Figuur 5.8 Slachtofferaantallen (jaar 2011) van de normtrajecten met meer dan 500 slachtoffers.



Figuur 5.9 Normtrajecten met meer dan 100.000 getroffen.



## *Kosten*

De kosten voor 10x sterker variëren tussen de 0,5 en 22 miljoen euro per km. De gemiddelde kosten liggen op 5 miljoen euro per km en dit is voor de normtrajecten redelijk normaal verdeeld (mediaan is 4 miljoen euro per km). De hoogste kosten zijn de trajecten waar veel bebouwing langs de dijk ligt. De hoogste kosten per kilometer zijn voornamelijk de trajecten in het gebied van Rijnmond-Drechtsteden van Centraal Holland en IJsselmonde.

Uiteindelijk gaat het in de MKBA om de totale kosten van het traject. Die variëren tussen de 1 en 370 miljoen euro. De variatie is zo groot vanwege het verschil in lengte en de verhouding groene dijk en een dijk met veel bebouwing. De duurste trajecten zijn (vanzelfsprekend) de relatief lange trajecten langs Groningen en Friesland en trajecten langs de Alblasserwaard en de Betuwe.

### *5.3 Effect van nieuwe normering op overstromingsrisico's*

Met de afgeleide normhoogten zal het overstromingsrisico afnemen. Een zeker (rest)risico blijft echter bestaan. Deze paragraaf presenteert de effecten van scherpere waterveiligheidsnormen op het lokaal individueel risico (LIR), het economisch risico en het groepsrisico.

#### *Effect op Lokaal Individueel Risico (LIR)*

De LIR-waarden per buurt bij de nieuwe normen zijn getoond in Figuur 5.11. De kaart laat zien dat nergens meer in het overstroombare gebied een LIR-waarde van  $10^{-5}$  per jaar wordt overschreden. Voor iedereen achter de dijk geldt dan ten minste een zelfde veiligheid van  $10^{-5}$  per jaar. Ten opzichte van de referentiesituatie (vergelijk Figuur 4.3) is ook een belangrijk deel van het areaal met LIR-waarden tussen  $10^{-5}$  en  $10^{-6}$  per jaar verschoven naar LIR-waarden kleiner dan  $10^{-6}$  per jaar. De veiligheid van burgers neemt in grote delen van Nederland, voornamelijk in het rivierengebied, toe met tenminste een factor 10.

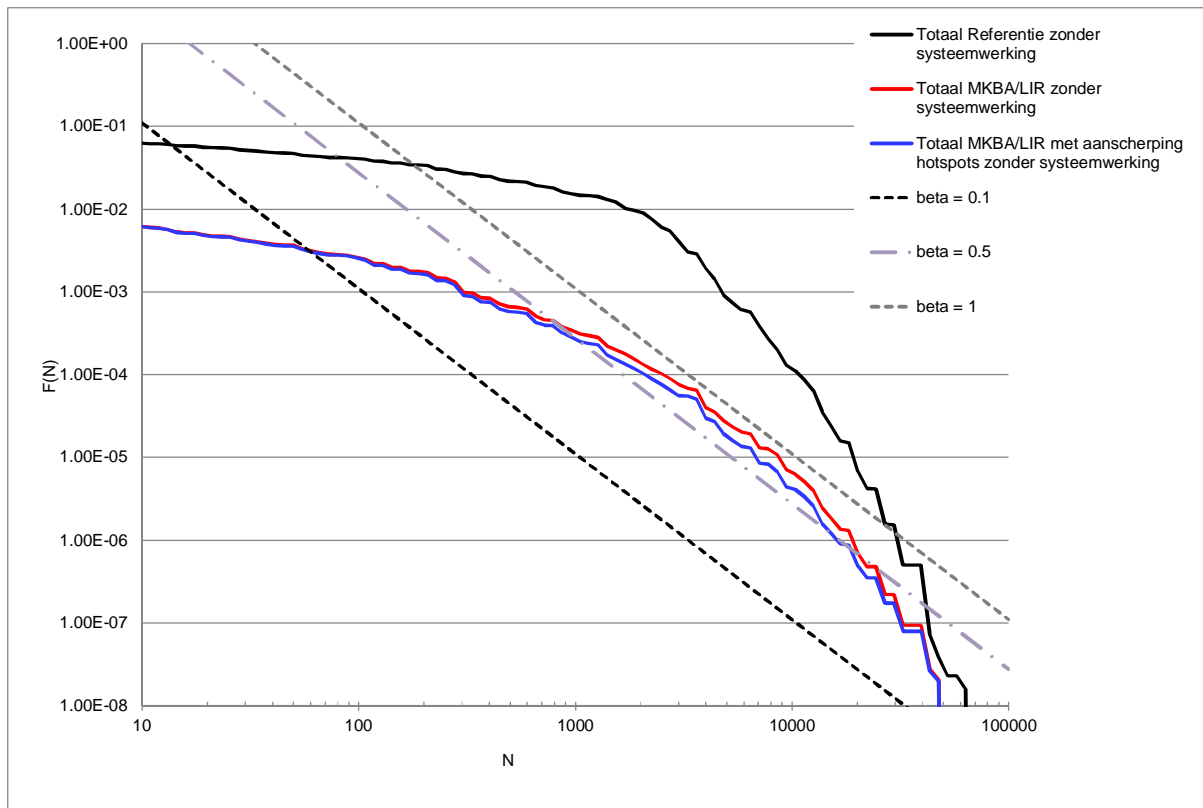
#### *Effect op economisch risico*

Het economisch risico bij de nieuwe normen is getoond in Figuur 5.12. Met aanscherping van het beschermingsniveau wordt ten opzichte van de referentiesituatie een zeer substantiële reductie in economisch risico bereikt. Waar in de referentiesituatie nog grote oppervlakten voorkomen met schaderisico van meer dan 100 Euro/ha per jaar (en lokaal van meer dan 1000) is dat bij de nieuwe normen fors teruggebracht. Schaderisico's van meer dan 100 Euro/ha per jaar komen nog slechts lokaal voor.

#### *Effect op het groepsrisico*

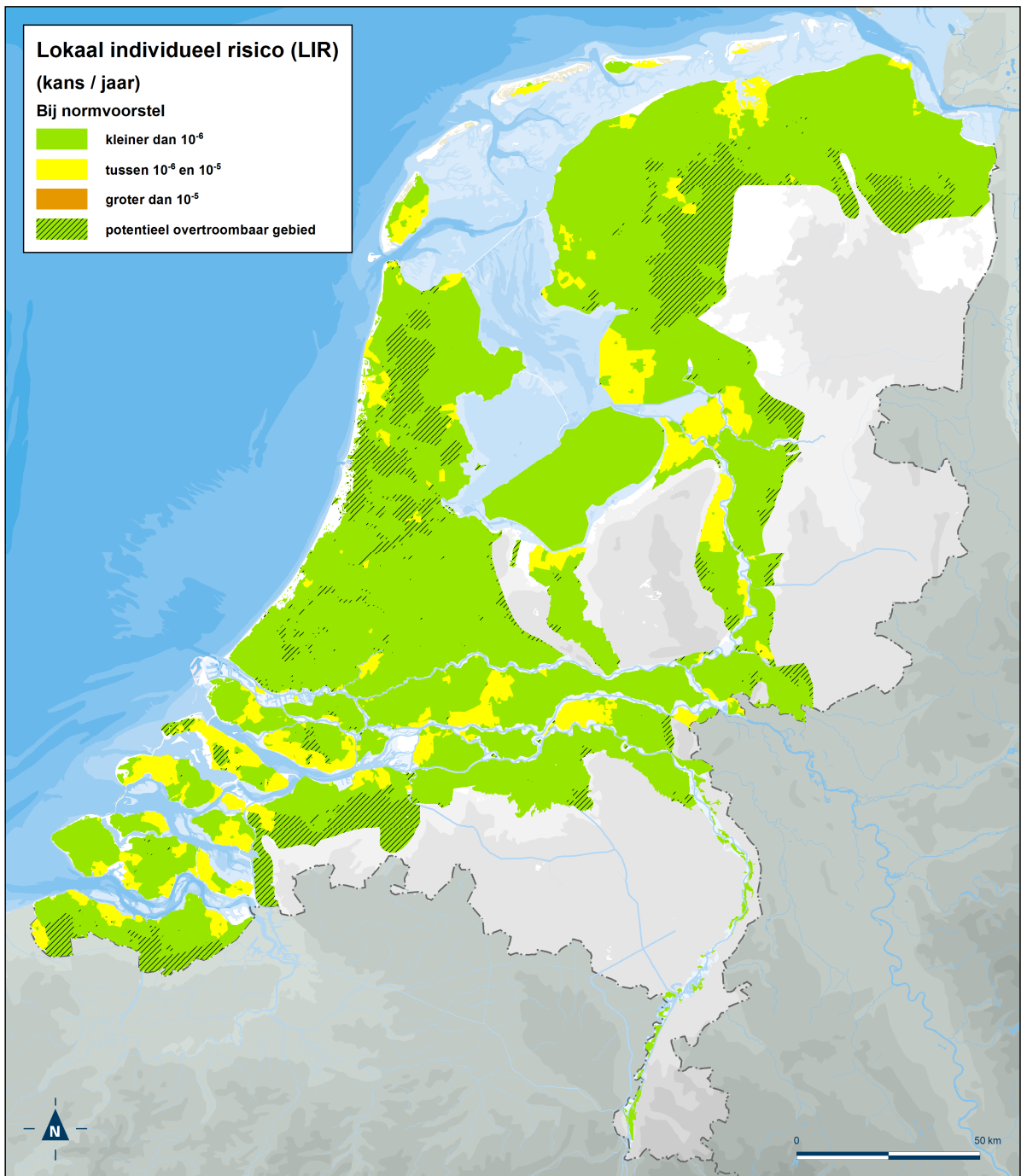
Na de realisatie van de normen gebaseerd op basisveiligheid en economische doelmatigheid (MKBA/LIR) neemt het groepsrisico aanzienlijk af. De kans op meer dan 100 doden wordt een factor 15 - 20 kleiner, terwijl de kans op meer dan 1000 doden afneemt met bijna een factor 50. Figuur 5.10 laat dit zien met de zwarte doorgetrokken lijn uit de referentie en de rode doorgetrokken lijn na realisatie van de normen. Met de afgeleide normhoogten (rode lijn) wordt voldaan aan de oriëntatielijn met  $\beta=1$  van het TAW-beoordelingskader (grijs onderbroken lijn). Het effect van de verdere aanscherping van de zes 'hot spot'-trajecten op de landelijke FN-curve is relatief beperkt, maar zeker niet verwaarloosbaar (verhouding rode en blauwe lijn).





Figuur 5.10 Groepsrisico bij overstromingskansen van DPV 2.2<sup>1</sup> (met en zonder hot spots) in vergelijking tot referentiesituatie (De Bruijn et al., 2014).

<sup>1</sup> Deze analyse is uitgevoerd bij de normhoogten volgens de technisch-inhoudelijke uitwerking van voorjaar 2014 (versie DPV 2.2). Sindsdien is de normhoogte van een aantal trajecten wel gewijzigd, maar altijd strenger geworden. Dit zal daarom leiden dat de rode lijn nog verder richting  $\beta=1$  van het TAW-beoordelingskader opschuift.



Figuur 5.11 Ruimtelijke verdeling van LIR-waarden bij normen volgens normvoorstel.



Figuur 5.12 Ruimtelijke verdeling van het economisch risico bij normen volgens normvoorstel.

## 6 Gevoeligheidsanalyse

### 6.1 Inleiding

In het kader van het project Waterveiligheid 21<sup>e</sup> eeuw (WV21) (Kind, 2011, Gauderis *et al.*, 2011, Beckers en De Bruijn, 2011) is een uitgebreide gevoeligheidsanalyse uitgevoerd waarin de onzekere factoren zijn bepaald en de invloed ervan op de economisch optimale overstromingskans en het LIR. Het gaat om onzekerheden in kosten, baten (vermeden schaden), economische parameters (discontovoet, omvang van economische groei), evacuatiefractie, mortaliteitsfuncties en overstromingssimulaties. De invloed van de keuze voor de sociaaleconomische scenario's en klimaatscenario's is ook onderzocht, met aandacht voor de invloed van ruimtelijke differentiatie van de economische groeiscenario's (Kind, 2013).

De werkwijze van de technisch-inhoudelijke uitwerking komt overeen met die van WV21. Daarmee zijn de resultaten van de gevoeligheidsanalyse van destijds nog geldig. Dit hoofdstuk vat de belangrijkste conclusies daarvan samen.

### 6.2 Conclusies gevoeligheidsanalyse WV21

#### *Gevoeligheidsanalyse economisch optimale overstromingskans*

In WV21 is een enkelvoudige bandbreedteanalyse en Monte Carlo analyse uitgevoerd. In de enkelvoudige bandbreedteanalyse is het effect verkend van het variëren van aannames over afzonderlijke onzekere variabelen op de economisch optimale overstromingskans verkend. In een Monte Carlo-analyse is niet één maar zijn de belangrijkste onzekere variabelen allemaal tegelijkertijd gevarieerd. Het resultaat is geen bandbreedte, maar een kansverdeling van de economisch optimale overstromingskans zelf. Uit die kansverdeling kunnen vervolgens betrouwbaarheidsintervallen afgeleid worden. In de Monte Carlo-analyse spelen expertoordelen over de kansverdelingen rondom de onzekere variabelen een belangrijke rol.

De enkelvoudige bandbreedteanalyse (Kind, 2011) toont aan dat voor de dijkringen in het bovenrivierengebied de aanname dat de toekomstige beschermingsniveaus in Duitsland blijvend lager zullen zijn dan in Nederland, erg belangrijk is. Wanneer in Duitsland de beschermingsniveaus worden aangescherpt dan zijn meer en duurdere maatregelen in Nederland nodig. De economisch optimale overstromingskansen zullen dan minder scherp zijn. Verder zijn de economisch optimale beschermingsniveaus het meest gevoelig voor het gehanteerde economische scenario en de onzekerheden ten aanzien van de kosten en bestaande overhoogte. De overstromingskans in de referentiesituatie en het gehanteerde klimaatscenario zijn minder of niet van invloed op het economisch optimale beschermingsniveau (maar wel op de benodigde investeringen).

Uit de Monte Carlo-analyse (Gauderis *et al.*, 2011) blijkt een factor 5 tot 10 bandbreedte rondom de economische optimale overstromingskans, op basis van een 80% respectievelijk 90% betrouwbaarheidsinterval. Dat wil zeggen dat met redelijke zekerheid (80%) de optimale overstromingskans niet meer dan een factor 2,5 naar beneden of naar boven zal afwijken van de berekende waarde, en met een nog grotere zekerheid (90%) niet meer dan een factor 5 naar beneden of boven zal afwijken. Uit de analyse is gebleken dat de onzekerheid groter is voor trajecten waar het economisch gewaardeerde slachtofferrisico een fors aandeel heeft in de totale schade.

Met de bandbreedte wordt het effect van onzekerheid op de economisch optimale overstromingskans in absolute zin beschreven. Het is belangrijk te realiseren dat de optimale

overstromingskansen voor de verschillende dijkkringdelen met dezelfde methoden en gegevens zijn bepaald. De invloed van onzekerheden werkt doorgaans voor alle dijkkringdelen in dezelfde richting. Een hogere discontovoet bijvoorbeeld leidt voor alle dijkkringdelen tot minder scherpe optimale overstromingskansen. De verschillen die tussen dijkkringdelen worden gevonden zijn daarom veel significanter dan uit een bandbreedte van 5 zou kunnen worden geconcludeerd.

#### *Onzekerheden bepaling slachtofferrisico*

Beckers en De Bruijn (2011) hebben de betrouwbaarheid van de resultaten van de LIR-berekeningen en het Groepsrisico onderzocht door middel van een gevoeligheidsanalyse, waarin een aantal aannames en parameters in de berekening is gevarieerd. Een schatting van de totale bandbreedte van de berekende LIR waarden bedraagt een factor 2-3 voor de meeste gebieden. Voor het gebied van Rijnmond-Drechtsteden en de Maaskaden geldt een grotere onzekerheid van een factor 4 tot 6 vanwege de onzekerheid in de evacuatiefractie in die gebieden.

#### *Invloed kennisonzekerheden rond hydraulische belasting en sterkte keringen*

De berekende overstromingskansen van de referentiesituatie zijn gebaseerd op de risicoanalyses van VNK2. In die analyses wordt rekening gehouden met onzekerheden in de hydraulische belasting en sterkte van dijken. In de analyse van overstromingsscenario's is de aanname gedaan dat regionale keringen standzeker zijn. Zij overstroomden dus wel maar bezwijken niet. Over de daadwerkelijke sterkte van deze regionale keringen is echter relatief weinig bekend, zeker als deze regionale wateren keren (bijv. boezemkaden) en door overstromingen vanuit de hoofdwateren vanaf de 'verkeerde' kant worden belast. In bijlage A is een beschouwing opgenomen over de invloed van deze aanname van standzekerheid op de verwachte omvang van gevolgen van overstromingen. De conclusie is dat in de meeste gevallen de aanname verantwoord is, omdat het effect op overstromingsgevolgen en normhoogte relatief beperkt is. Voor een aantal specifieke trajecten, waar de aanname mogelijk toch van invloed leek te kunnen zijn, is de betreffende aanname nog nader tegen het licht gehouden.

#### *Conclusie gevoeligheidsanalyse voor afgeleide normhoogten*

Het is belangrijk te realiseren dat de optimale overstromingskansen voor de verschillende trajecten met *dezelfde methoden en gegevens* zijn bepaald. De invloed van onzekerheden werkt doorgaans voor alle trajecten in dezelfde richting; bijv. een hogere discontovoet leidt voor alle dijkkringdelen tot minder scherpe kansen. De verschillen die *tussen* trajecten worden gevonden zijn daarom *veel significanter* dan uit een forse bandbreedte zou kunnen worden geconcludeerd.

De gevoeligheidsanalyse is aanleiding geweest om in normklassen te gaan werken. De klassenindeling volgens het stramien 1-3-10 is een robuuste indeling gezien de resultaten van de Monte-Carlo analyse. Daarnaast heeft de keuze voor de onderkant van de bandbreedte van de evacuatiefractie er voor gezorgd dat de onzekerheid in de afgeleide normhoogten kleiner is geworden.

## 7 Literatuur

### 7.1 Overige achtergronddocumenten bij de normering van de primaire waterkeringen

Naast dit rapport zijn achtergrondrapporten opgesteld die informatie geven over de normering van een specifiek type of categorie waterkering (voormalig categorie b- en c-keringen, duinen), over het bepalen van het groepsrisico en een consequentieanalyse voor de benodigde investeringen van de nieuwe norm:

- *Achtergronden bij de normering van de primaire waterkeringen in Nederland. Hoofdrapport.* N. Slootjes en H. van der Most. Uitgave van ministerie van Infrastructuur en Milieu. 22 april 2016 (MinlenM, 2016a)
- *Factsheets normering primaire waterkeringen. Getalsinformatie per normtraject.* N. Slootjes en D. Wagenaar. 22 april 2016. (MinlenM, 2016b)
- *De normering van primaire waterkeringen van de (voormalig) categorie b.* R. Jongejan, N. Kramer en R. Delhez. Uitgave van ministerie van Infrastructuur en Milieu, 30 augustus 2015. (MinlenM, 2015b)
- *Heroverweging status en normering van de primaire waterkeringen van (voormalig) categorie c.* N. Slootjes en B. Maaskant. Uitgave van ministerie van Infrastructuur en Milieu, 7 oktober 2015. (MinlenM, 2015c)
- *Consequentieanalyse primaire keringen. Technisch-inhoudelijke uitwerking DPV2.2.* W. ter Horst en B. Maaskant. Werkdocument Deelprogramma Veiligheid. 19 september 2014.
- *Syntheserapport Groepsrisico (terugblik 2009-2014).* Rijkswaterstaat Water, Veiligheid en Leefomgeving. Durk Riedstra. 29 december 2014.
- *Het groepsrisico van overstromingen in Nederland. Eisen aan primaire waterkeringen vanuit verschillende redeneerlijnen.* K.M. de Bruijn, W.J. Klerk, F. Diermanse. Deltares-rapport 1209190-000-VEB-0005, juli 2014.
- *Normen voor de duinenkust. Normen op basis van een kostenbatenanalyse en normen voor basisveiligheid.* B.G. van Vuren, M. Zethof, R. Nicolai, V. Vuik, B. Maaskant. HKV-rapport PR2679.20, april 2014.

Overige relevante rapporten en kamerbrieven:

Waterveiligheid 21<sup>e</sup> eeuw:

- *Samenvatting van analyse van slachtofferrisico's en maatschappelijke kosten-batenanalyse Waterveiligheid 21<sup>e</sup> eeuw. WV21-onderzoek ten behoeve van de actualisering van waterveiligheidsnormen.* H. van der Most. Deltares-rapport 1204144-005-ZWS-0002. 26 april 2011.
- *Maatschappelijke kosten-batenanalyse Waterveiligheid 21e Eeuw.* J. Kind. Deltares-rapport 1204144-006-ZWS-0012, 31 maart 2011.
- *Gevolgen van overstromingen – Informatie ten behoeve van het project Waterveiligheid 21e eeuw.* K.M. de Bruijn en M. van der Doef. Deltares-rapport 1204144-004-ZWS-0001, 29 maart 2011.

Nationaal waterplan:

- *Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2014. Tussentijdse wijziging van het Nationaal Waterplan.* Ministerie van Infrastructuur en Milieu en Ministerie van Economische Zaken. December 2014.

Kamerbrieven:

- *Koersbepaling waterbeleid en toezeggingen WGO van 10 december 2012*. Tweede Kamer vergaderjaar 2012-2013, kamerstuk 33400-J, nr. 19, 26 april 2013.
- *Brief waterveiligheid* (IENM/BSK-2014/96343). 4 juni 2014.

## 7.2 Referenties

Beckers, J.V.L. en K.M. de Bruijn, 2011. Analyse van slachtofferrisico's waterveiligheid – Een analyse van de bescherming tegen overstroming door buitenwater. Deltares-rapport 1204144-005-ZWS-0001, 1 april 2011.

De Bruijn, K.M. en M. van der Doef, 2011. *Gevolgen van overstromingen – Informatie ten behoeve van het project Waterveiligheid 21e eeuw*. Deltares-rapport 1204144-004-ZWS-0001, 29 maart 2011.

De Bruijn, K. en F. Diermanse, 2013a. Groepsrisico's door overstromingen in Nederland. Methode, resultaten en betekenis voor de normeringsdiscussie van de waterkeringen. Deltares-rapport 1207830-003, september 2013.

De Bruijn, K. en F. Diermanse, 2013b. A new method to assess societal flood risk. Developed for the riverine area in the Netherlands. Deltares-rapport 1207830-002, oktober 2013.

De Bruijn, K., W.J. Klerk en F. Diermanse, 2014. Het groepsrisico van overstromingen in Nederland Eisen aan primaire waterkeringen vanuit verschillende redeneerlijnen. Deltares-rapport 1209190-000-VEB-0005, juli 2014.

Deelprogramma Veiligheid, 2012. Beheersing van slachtofferrisico's door het hanteren van oriëntatiewaarden voor het Lokaal Individueel Risico (LIR).

Deltacommissie, 2008. Samen werken met water, bevindingen van de Deltacommissie. BN/EAN 978-90-9023484-7.

Baarse, G. en P. de Grave, P. (2011). *Kosten van maatregelen – Informatie ten behoeve van het project Waterveiligheid 21e eeuw*. Deltares-rapport 1204144-003-ZWS-0001, 29 maart 2011.

Gauderis, J., J. Kind en R. van Duinen, 2011. *Maatschappelijke kosten-batenanalyse Waterveiligheid 21e eeuw. Bijlage G: Monte Carlo-analyse*. Deltares-rapport 1204144-006-ZWS-0011, maart 2011.

Huizinga, H.J. en M. Kok, 2013. *Schade bij hoogwater langs de Limburgse Maas*, HKV-rapport PR2676.10, december 2013.

Kolen, B., B. Maaskant en T. Terpstra, 2013. *Evacuatieschattingen Nederland; Addendum*. HKV-rapport.

Kind, J., 2011. *Maatschappelijke kosten-batenanalyse Waterveiligheid 21<sup>e</sup> Eeuw*. Deltares-rapport 1204144-006-ZWS-0012, 31 maart 2011.

Kind, J., 2013 Gevoeligheidsanalyse economisch optimale overstromingskansen WV21 voor de Deltascenario's 2012. Deltares-rapport 1207830-007-VEB-001, augustus 2013.



Kramer, N en H. van der Most, 2014. Eisen aan faalkansen van b-keringen. Opzet en resultaten van een eenvoudige benadering. Deltares-rapport 1207834-012, mei 2014.

Kuijper, B., J. Stijnen en E. van Velzen, E., 2011. *Overstromingskansen – Informatie ten behoeve van het project Waterveiligheid 21e eeuw*. Deltares-rapport 1204144-002-ZWS-0002, 30 maart 2011.

Maaskant, B., B. Kolen, R. Jongejan, B. Jonkman en M. Kok., 2009. *Evacuatieschattingen Nederland*. HKV-rapport, december 2013.

Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2009. *Het Nationaal Waterplan*, Beleidsnota.

Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2013. Koersbepaling waterbeleid en toezeggingen WGO van 10 december 2012. Tweede Kamer vergaderjaar 2012-2013, kamerstuk 33400-J, nr. 19, 26 april 2013.

Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2014. *Brief waterveiligheid* (IENM/BSK-2014/96343). 4 juni 2014.

RWS, 2014. De veiligheid van Nederland in kaart. Eindrapportage VNK. Rijkswaterstaat projectbureau VNK, 2014.

Tweede Kamer, 2012. Motie van de leden Van Veldhoven en Lucas 17 april 2012. TK nr. 27625 nr. 262.

Van Vuren, S., M. Zethof, B. Maaskant en V. Vuik, 2013. *Normen voor de duinenkust. Afleiden van norm op basis van MKBA en LIR*. HKV-rapport PR2679.10.

Vrijling, J.K., W. van Hengel, R.J. Houben, 1998. *Acceptable risk as a basis for design*. Reliability engineering and system safety, 59: 141-150.