



Planbureau voor de Leefomgeving

Deltares

Enabling Delta Life



**HKV**  
LIJN IN WATER

# Maatschappelijke ontwrichting door overstromingen voorkomen?

Verkenning van groepsrisico  
als normatieve grondslag en  
beïnvloedingsmogelijkheden





# Maatschappelijke ontwrichting door overstromingen voorkomen?

Verkenning van groepsrisico als normatieve grondslag en  
beïnvloedingsmogelijkheden

Frans Klijn<sup>1</sup>, Bas Kolen<sup>2</sup>, Joost Knoop<sup>3</sup>, Dennis Wagenaar<sup>1</sup>, Karin  
de Bruijn<sup>1</sup>, Laurens Bouwer<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Deltares

<sup>2</sup> HKV-  
lijn in Water

<sup>3</sup> Planbureau voor de Leefomgeving



**Titel**  
Maatschappelijke ontwrichting door overstromingen voorkomen?

**Opdrachtgever** PBL      **Project** 1208052-000      **Kenmerk** 1208052-000-VEB-0012      **Pagina's** 68

**Trefwoorden**

Overstromingen, groepsrisico, FN-curve, normen, hoogwaterbescherming, 'meerlaags-veiligheid'


**Samenvatting**

In haar brief aan de Tweede Kamer van 26 april 2013 geeft de minister van I&M aan het nieuwe beleid op het terrein van 'waterveiligheid' mede te willen richten op het tegengaan van maatschappelijke ontwrichting, onder meer gespecificeerd in de zinsnede: *Ik wil ... gericht investeren in extra bescherming van die gebieden waar nu een relatief grote kans is op grote economische schade en op grote groepen slachtoffers.*

In dit rapport wordt verkend wat het begrip groepsrisico inhoudt en hoe het als grondslag kan worden gebruikt voor actualisatie van het beleid inzake overstromingsrisico's, zoals dat momenteel vorm krijgt (in het Deltaprogramma en bij het Ministerie van I&M). Meer specifiek is verkend met welke (combinatie) van maatregelen het groepsrisico kan worden verkleind. Achtergrond voor deze verkenning is dat strategieën voor overstromingsrisicobeheersing doelmatig moeten zijn op een reeks van criteria, waaronder het voorkómen van onbeheersbare rampen met enorme schade, grote aantallen slachtoffers, en imagoschade voor ons land. Vanuit dat perspectief gaat het niet meer uitsluitend om de aanvaardbaarheid van risico's, maar ook om de aanvaardbaarheid van gevolgen, hoe klein de kans erop ook is.

Achtereenvolgens wordt ingegaan op het begrip groepsrisico, op de wijze van representeren, op verschillende manieren om te oordelen over de aanvaardbaarheid van een bepaalde situatie, op de situatie in Nederland in het heden en in de nabije toekomst (met nieuwe normen) en op mogelijke maatregelen om het groepsrisico te verkleinen.

In het laatste hoofdstuk wordt een perspectief geschetst, waarbij slimmere evacuatie ('adaptieve evacuatie') en het zoveel mogelijk uitsluiten van plotselinge onverwachte dijkdoorbraken bij risicovolle plekken ('praktisch doorbraakvrije dijken') het groepsrisico in Nederland verder kunnen verkleinen.

| Versie | Datum        | Auteur      | Paraaf  | Review              | Paraaf   | Goedkeuring        | Paraaf  |
|--------|--------------|-------------|---|---------------------|--|--------------------|---|
| 1.7    | 24 dec. 2013 | Frans Klijn |   | Herman van der Most |  | Cees van de Guchte |   |
| 1.9    | 31 dec. 2013 | Frans Klijn |  | Herman van der Most |  | Cees van de Guchte |  |

**Status**  
definitief



## Inhoud

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1 Inleiding</b>  | <b>1</b>  |
| 1.1 Achtergrond en aanleiding   | 1         |
| 1.2 Wat is het begrip groepsrisico i.r.t. maatschappelijke ontwrichting?  | 1         |
| 1.3 Doelstelling studie   | 2         |
| 1.4 Materiaal en methode  | 3         |
| 1.5 Opzet van het rapport   | 3         |
| <b>2 Hoe kan groepsrisico worden gerepresenteerd?</b>   | <b>5</b>  |
| 2.1 Wat betekent het concept groepsrisico of 'societal risk'?   | 5         |
| 2.2 Enige historie  | 6         |
| 2.3 Aandacht voor groepsrisico bij overstromingen   | 6         |
| 2.4 Manieren van weergeven  | 7         |
| 2.5 Puntenwolk met kans per installatie/ individuele gebeurtenis: fN  | 7         |
| 2.6 Opbossen tot FN curves: hoe te maken, hoe te lezen?   | 8         |
| 2.7 Kaarten: waar vallen slachtoffers en hoeveel?   | 9         |
| <b>3 Normatieve grondslagen</b>   | <b>11</b> |
| 3.1 Van feiten/verwachtingen ten aanzien van risico's naar oordelen over risico's   | 11        |
| 3.2 Normlijnen in fN of FN-curves   | 12        |
| 3.2.1 Absolute grenzen  | 12        |
| 3.2.2 Schuine normlijnen  | 13        |
| 3.2.3 Normlijnen voor externe veiligheid  | 14        |
| 3.2.4 Normen voor slachtofferrisico's van overstromingen: TAW-voorstellen   | 14        |
| 3.2.5 Van FN-curve voor het hele land tot normen voor fN puntenwolken (individuele dijktrajecten)                                   | 16        |
| 3.3 Voorstel normlijnen   | 17        |
| <b>4 Het groepsrisico in Nederland: nu en in de toekomst</b>  | <b>19</b> |
| 4.1 Enkele recente schattingen van het groepsrisico   | 19        |
| 4.2 Methodische ontwikkelingen  | 19        |
| 4.3 Aanpak en uitgangspunten  | 20        |
| 4.4 Hoe is het gesteld met het GR in Nederland, nu en in de toekomst bij (verschillende) normvoorstellen voor hoogwaterbescherming? | 20        |
| 4.4.1 Hoe ziet de FN-curve eruit in de huidige situatie ...?  | 20        |
| 4.4.2 ... en bij nieuwe hoogwaterbeschermingsnormen?  | 22        |
| 4.5 Wat zijn de gevolgen per dijktraject?   | 23        |
| 4.5.1 Locaties  | 25        |
| <b>5 Is er een opgave? Confrontatie risicoschattingen met mogelijke normatieve grondslagen</b>                                      | <b>27</b> |
| 5.1 Ten geleide   | 27        |
| 5.2 Analyse van de FN-curve huidige situatie en normvoorstel  | 27        |
| 5.3 Analyse van fN-puntenwolken met normvoorstel per waterkeringstraject  | 29        |
| 5.4 Gebruik van kaarten: aantal slachtoffers per brestraject als normatief uitgangspunt   | 31        |
| <b>6 Hoe kan het groepsrisico worden verkleind?</b>   | <b>33</b> |
| 6.1 Mogelijke maatregelen en consequenties  | 33        |

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| 6.2      | Gevolgbeperking door inrichting / rampenbeheersing                                | 33        |
| 6.2.1    | Verbeteren van de preventieve horizontale evacuatie                               | 34        |
| 6.2.2    | Preventieve 'verticale evacuatie' als aanvulling op horizontale evacuatie         | 35        |
| 6.2.3    | 'Acute' evacuatie   | 39        |
| 6.2.4    | Over de rol van communicatie bij evacuatie  | 39        |
| 6.2.3    | Kosten van maatregelen ter verbetering van de rampenbeheersing                    | 40        |
| 6.3      | Gevolgbeperking door extra waterkeringen (compartimentering e.d.)?                | 40        |
| 6.4      | Hogere eisen aan bestaande waterkeringen  | 41        |
| 6.4.1    | Kosten van sterkere dijken  | 45        |
| <b>7</b> | <b>Perspectief voor beperking maatschappelijke ontwrichting</b>                   | <b>47</b> |
| 7.1      | Over dit hoofdstuk  | 47        |
| 7.2      | Extra eisen aan rampenbeheersing om de slachtofferaantallen te reduceren          | 47        |
| 7.2.1    | Betere preventieve evacuatie het gebied uit                                       | 48        |
| 7.2.2    | Verbeteren van de evacuatie, met inbegrip van 'verticale evacuatie'               | 49        |
| 7.2.3    | 'Acute' evacuatie, na bresvorming   | 50        |
| 7.2.4    | Korte reflectie   | 50        |
| 7.3      | Extra eisen aan waterkeringen   | 51        |
| 7.3.1    | 'Doorbraakvrije dijken' bij risicovolle plekken in Nederland                      | 51        |
| 7.3.2    | 'Doorbraakvrije dijken' in het rivierengebied: verkenning verschillende varianten | 54        |
| 7.3.3    | Groepsrisico in relatie tot maatschappelijke kosten                               | 59        |
| <b>8</b> | <b>Referenties</b>  | <b>61</b> |

**Bijlage A: Aantal slachtoffers per 'brestraject'**

**Bijlage B: Gebruikte beschermingsnormen in de varianten**



# 1 Inleiding

## 1.1 Achtergrond en aanleiding

In haar brief aan de Tweede Kamer van 26 april 2013 beschrijft minister Schultz - Van Haegen de hoofdlijnen voor het nieuwe beleid op het terrein van waterveiligheid. Zij schrijft:

*“De volgende drie principes zijn daarom voor mij leidend bij actualisering van het waterveiligheidsbeleid:*

1. *Een basisveiligheidsniveau voor iedereen achter de dijk (...)*
2. *Tegengaan maatschappelijke ontwrichting (...)*  
*Ik wil aanvullend op de basisveiligheid van  $10^{-5}$  gericht investeren in extra bescherming van die gebieden waar nu een relatief grote kans is op grote economische schade en op grote groepen slachtoffers.*
3. *Bescherming vitale en kwetsbare infrastructuur(...)*  
*Het is nodig aandacht te besteden aan de gevolgen van een overstroming voor vitale en kwetsbare infrastructuur.”*

Tegen deze achtergrond heeft het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) voorgesteld het begrip ‘maatschappelijke ontwrichting’ nader te belichten. De term komt in meerdere beleidstukken voor, maar wordt nergens precies uitgewerkt. Wat is maatschappelijke ontwrichting? Hoe zou het begrip geoperationaliseerd kunnen worden? Wat betekent het voor het beleid als het tegengaan van maatschappelijke ontwrichting als leidend principe wordt genomen?

In een eerste notitie heeft het PBL het begrip geanalyseerd en vastgesteld dat er sprake kan zijn van maatschappelijke ontwrichting door zowel fysieke gevolgen als sociaal-psychologische gevolgen. Of in karikaturale termen: echte consequenties en gevoelens over, c.q. percepties van consequenties (verg. Baan & Klijn, 2006). En tevens heeft het PBL de systematiek van de Nationale RisicoBeoordeling (Programma Nationale Veiligheid, 2008) toegepast op een aantal (bijna-)overstromingen in het verleden en elders in de wereld. In die systematiek hebben aantallen dodelijke slachtoffers een prominente plaats, en wordt aan dat criterium in deze ‘multi-criteria-analyse’ ook een vrij groot gewicht toegekend (verg. Vlek, 2013).

Het PBL heeft eveneens vastgesteld dat de risicobenadering die wordt gevolgd bij de herijking van het ‘waterveiligheidsbeleid’ in het bijzonder aandacht heeft voor de fysieke gevolgen – en veel minder voor de sociaal-psychologische. Daarbij is het ‘criterium’ groepsrisico nog het minst uitgewerkt, doordacht en besproken. PBL heeft Deltares en HKV gevraagd daar discussiestof voor te leveren.

## 1.2 Wat is het begrip groepsrisico i.r.t. maatschappelijke ontwrichting?

Maatschappelijke ontwrichting kan ontstaan door grote fysieke gevolgen of door een perceptie van onbeheersbaarheid en onmacht (psychologisch). Dat blijkt onder andere uit de Nationale RisicoBeoordeling (Programma Nationale Veiligheid, 2008), die het mogelijk maakt om een indruk te krijgen van de mate van ontwrichting. Een van de onderdelen van die beoordeling behelst een ‘impactbeoordeling’, waar fysieke veiligheid en economische

veiligheid criteria bij zijn, naast territoriale en ecologische veiligheid en sociale en politieke stabiliteit.

De begrippen fysieke veiligheid en economische veiligheid zijn qua betekenis nauw verwant met – zo niet gelijk aan – wat de minister van I&M aanduidt als ‘*grote economische schade*’ respectievelijk ‘*grote groepen slachtoffers*’. Zeer grote economische schade en langdurige uitval van economische activiteit kan als maatschappelijk ontwrichtend worden gezien. Daaraan is in het onderzoek ten behoeve van de normactualisatie voor hoogwaterbescherming tot nu toe dan ook ruim aandacht besteed, in het bijzonder in de context van de zogenaamde MKBA (Maatschappelijke Kosten-Batenanalyse; Kind, 2011). De methode van MKBA wordt in de meest recente onderzoeken om te komen tot normactualisatie voor het hoogwaterbeschermingsbeleid breed gesteund (zie Deltaprogramma Veiligheid, 2013).

In de MKBA is al rekening gehouden met aantallen slachtoffers, namelijk door deze te moneteriseren en volwaardig in de MKBA mee te rekenen. Zo is ook het aantal getroffen personen ingecalculerd, door voor de psychische schade en ongemak per getroffen persoon een bedrag te rekenen. Maar dit is een vorm van incalculeren die nogal impliciet heeft plaatsgevonden.

In de perceptie van de bevolking en beleidsmakers zijn grote aantallen slachtoffers als gevolg van een overstroming zeer indrukwekkend. Daarom kan een groot aantal slachtoffers bij een ramp – ook wel groepsrisico genoemd – maatschappij-ontwrichtend genoemd worden. En terecht, omdat ook het herstel na de ramp sterk wordt belemmerd als er veel dodelijke slachtoffers te betreuren zijn. Daarom wordt in dit rapport vooral, en vrijwel uitsluitend, aandacht besteed aan groepsrisico's.

### 1.3 Doelstelling studie

Het doel van de studie is een nadere verkenning van wat het begrip groepsrisico inhoudt en hoe het als grondslag kan worden gebruikt voor actualisatie van het beleid inzake overstromingsrisico's, zoals dat momenteel vorm krijgt (in het Deltaprogramma en bij het Ministerie van I&M).

Meer specifiek dient te worden verkend met welke (combinatie) van maatregelen het groepsrisico kan worden verkleind, aangezien tot nu toe weinig aandacht naar dit specifieke doel lijkt te zijn uitgegaan.

Achtergrond voor deze verkenning is dat strategieën voor overstromingsrisicobeheersing doelmatig moeten zijn op een reeks van criteria. Dat wil zeggen dat de mate van risicoreductie (doeltreffendheid) moet opwegen tegen de kosten die daarvoor moeten worden gemaakt.

Naast de bekende criteria voor doelbereik (cf. Vergelijkingsystematiek Deltaprogramma) zoals reductie van schaderisico's en slachtofferrisico tot aanvaardbare niveaus zou er ook invulling kunnen worden gegeven aan zaken als *robuustheid*, waarbij het gaat om het voorkomen van onbeheersbare rampen met enorme schade, grote aantallen slachtoffers, en imagoschade voor ons land. Vanuit dat perspectief gaat het niet meer uitsluitend om de aanvaardbaarheid van risico's, maar ook om de aanvaardbaarheid van gevolgen bij zeer kleine kansen. Daartoe moet verkend worden welke relatie er is tussen aantal slachtoffers en kans van optreden.

#### 1.4 Materiaal en methode

Het onderzoek is gebaseerd op bestaand materiaal en bestaande gegevens, aanwezig bij Deltares, HKV en PBL, waarmee nieuwe analyses en combinaties zijn gemaakt. Het betreft vooral materiaal uit de WV21 studie (van 2011), VNK2, alsmede recente analyses van het Deltaprogramma Veiligheid<sup>1</sup> (Deltaprogramma Veiligheid, 2013: Technisch-inhoudelijke uitwerking 1.0 van september/oktober 2013).

Daarnaast is gebruik gemaakt van het 'groepsrisicotool' dat bij Deltares is ontwikkeld voor het rivierengebied (De Bruijn *et al.*, 2013).

#### 1.5 Opzet van het rapport

In hoofdstuk 2 wordt het begrip groepsrisico uitgelegd en worden verschillende wijzen van representeren besproken.

In hoofdstuk 3 wordt ingegaan op de normatieve discussie rond het begrip, en op verschillende manieren om op basis van berekende getalswaarden, grafieken of kaarten oordelen uit te spreken over aanvaardbaarheid respectievelijk onaanvaardbaarheid van een bepaalde risicosituatie.

Hoofdstuk 4 schetst de situatie in Nederland in het heden en in de nabije toekomst, waarna deze in hoofdstuk 5 worden geconfronteerd met de normatieve grondslagen uit hoofdstuk 3. Zo wordt duidelijk of de situatie acceptabel of niet acceptabel is, c.q. of er een 'opgave' is.

In hoofdstuk 6 worden enkele maatregelen besproken, waarmee het groepsrisico kan worden verkleind. In hoofdstuk 7 wordt van deze maatregelen besproken in hoeverre ze perspectief bieden om het groepsrisico te verkleinen.

---

<sup>1</sup> Tijdens het onderzoek is door Deltaprogramma Veiligheid aan een versie 2.0 gewerkt, waarin andere gegevens zijn gebruikt (uit VNK), met een andere trajectindeling is gewerkt en andere aannames zijn gedaan over onder andere evacuatiefracties. Doordat de beide verkenningen gelijktijdig plaatsvonden, kon niet met al deze veranderingen rekening worden gehouden.



## 2 Hoe kan groepsrisico worden gerepresenteerd?

### 2.1 Wat betekent het concept groepsrisico of 'societal risk'?

Het groepsrisico (GR) is een begrip waarmee wordt aangeduid:

*de kans per jaar dat in één keer een groep van tenminste een bepaalde grootte (bijvoorbeeld 10, 100 of 1000 personen) het slachtoffer is van een ongeval.*

(naar: Ministerie van VROM, 1989: Omgaan met Risico's). Opvallend aan deze definitie is dat deze het GR definieert als 'de kans'. In het Engels wordt vaak de term '*societal risk*' gebruikt: maatschappelijk risico. Dat woord kan natuurlijk breder worden vertaald, als maatschappelijk risico of maatschappelijke ontwracting.

Tegenwoordig denken we bij het begrip groepsrisico eerder aan *de relatie tussen* aantal slachtoffers en kans van voorkomen van een rampzalige gebeurtenis, in ons geval een overstroming door het bezwijken van één of meer dijken. Die relatie wordt dan uitgezet in een zogenaamde FN-curve. Maar soms wordt ook wel het gemiddelde aantal slachtoffers per jaar berekend; dat is het oppervlak onder die FN-curve. Daarmee wordt 'de relatie' weer gereduceerd tot één getal. Dat getal geeft minder informatie dan de relatie als geheel.

De relatie tussen aantal slachtoffers en kans op een ongeval/gebeurtenis kan worden onderzocht voor individuele 'inrichtingen', zoals gebruikelijk bij externe veiligheid, maar alle ongevallen met alle inrichtingen in Nederland kunnen ook worden opgeteld. Dat is voor 'externe veiligheid' gedaan (zie Ten Brinke & Bannink, 2004), en de TAW heeft voorgesteld dat voor overstromingen ook zo te doen.

In geval van vergunningverlening is het gebruikelijk de aandacht eerst te richten op een individuele inrichting: wat voor ongelukken kunnen daarbij optreden, met welke kans en welke gevolgen? Bij discussies over een bepaalde activiteit in het algemeen kunnen echter grote aantallen een rol gaan spelen. Dan is het gewenst een beeld te krijgen van – bijvoorbeeld – de kans op 'een ongeluk met een gasvulstation'. Alle externe veiligheidsrisico's bij elkaar leidt tot een inzicht in 'de kans op een ongeluk met een bepaald aantal slachtoffers, van welke externe aard dan ook'.

Vanuit de bescherming van de bevolking is het daarentegen juist gewenst alle mogelijke ongelukken in één en hetzelfde gebied in beeld te krijgen, vanuit de gedachte: "of je nu door de kat of de hond wordt gebeten ...". Voor een inwoner van het Rijnmondgebied is immers van belang dat deze op dezelfde locatie door verschillende ongelukken kan worden getroffen (explosie, gaswolk, transportongeluk, overstroming, etc.). In zulke gevallen wordt gebruik gemaakt van risicocontouren, die voor enkelvoudige risico's kunnen worden gemaakt, maar die ook over elkaar kunnen worden gelegd: de invalshoek is dan nadrukkelijk 'geografisch'.

In dit rapport zal zo'n geografische invalshoek nauwelijks aandacht krijgen, omdat die al is uitgewerkt in onderzoek aan risicovolle plekken (De Bruijn, 2007; De Bruijn & Klijn, 2009) en in de zogenaamde LIR-kaart ('Lokaal Verdrinkingsgevaar') – die als een risicocontourenkaart kan worden begrepen. We richten ons hier vooral op 'waterkeringen als installaties' en op 'overstromingen en groepsrisico in het algemeen'.

## 2.2 Enige historie

Aandacht voor (groeps-)risico's en veiligheid is er al eeuwen (Ale, 2003), meestal na een groot ongeluk, zoals de ontploffing van de kruittoren in Delft (1654) of die van het kruitschip in Leiden (1807). Vanaf 1810 leidde dat ook al tot beleid, namelijk een decreet van Napoleon.

De beleidsontwikkeling versnelde vooral in de jaren 1970 en '80, toen in verscheidene landen grootschalige risico-analyses werden ondernomen. In Nederland werden toen grootschalige aanvoer en distributie van LNG en LPG voorgenomen, waarbij de aandacht vooral gericht was op individuele installaties en (bedrijfs)activiteiten, vergunningverlening en veiligheidszoning. In de Integrale Nota LPG van 1984 is voor het eerst een kwantitatieve grenswaarde voor individueel risico en groepsrisico vastgelegd.

In dezelfde periode was er ook veel aandacht voor toxische stoffen en normstelling. Beide zaken werden geadresseerd in het rapport *Omgaan met Risico's* (Tweede kamer 1988-1989), waarin werd getracht zeer uiteenlopende risico's op een vergelijkbare wijze te analyseren en beoordelen (Ale, 2003). Tevens werd getracht de aversie van de samenleving voor grote ongevallen in (voorstellen voor) normstelling tot uiting te laten komen. Omdat de implicaties van strenge regelgeving voor veel veiligheidsdomeinen nog niet te overzien waren, werd implementatie van het beleid in dwingende regelgeving nog uitgesteld (Ale, 2003).

Na een periode van betrekkelijke stagnatie werd in 2001 de minister van VROM verantwoordelijk voor de coördinatie van het beleid inzake externe veiligheid. Het RIVM kwantificeerde toen in de Milieubalans voor het eerst de groepsrisico's van verschillende menselijke activiteiten in Nederland in samenhang.

## 2.3 Aandacht voor groepsrisico bij overstromingen

Met de aandacht voor individuele risico's en groepsrisico's in het milieubeleid ontstond er ook aandacht voor de risico's in andere domeinen. Dat betrof onder meer overstromingen, zeker toen in discussies over aanvaardbaarheid van 'externe-veiligheidsrisico's' vaak werd verwezen naar overstromingsrampen als referentie.

In de jaren '80 heeft de TAW (1985) al voorstellen gedaan voor aanvaardbare individuele en groepsrisico's van overstromingen. De TAW beoogde daarbij eenduidige behandeling van alle risico's en respecteerde het essentiële verschil tussen overstromingen en door mensen veroorzaakte risico's (Vrouwenvelder & Vrijling, 1995). Wiskundige formules om aanvaardbare niveaus af te leiden werden daartoe veralgemeniseerd en voorzien van factoren waarover beleidskeuzes te maken (zouden) zijn – zoals een *alfa* (hellingshoek voor risicoaversie) en een *beta* (beleidsfactor voor mate van vrijwilligheid). Daarop wordt teruggekomen in hoofdstuk 4.

Overstromingsrisico's kunnen niet net zo behandeld worden als externe veiligheid, vanwege onder meer:

- Bij overstromingen gaat het om natuurgeweld, al kan het risico worden beïnvloed door de mens. Bij externe veiligheid gaat het om gevaren van menselijk handelen uit economisch gewin. Bij dat laatste is een optie: afzien van het handelen; bij overstromingen is zo'n 0-alternatief er niet.
- Bij externe veiligheid is evacuatie voor het toeslaan van de rampzalige gebeurtenis niet van toepassing, bij waterveiligheid is (gedeeltelijke) evacuatie echter vaak mogelijk en ook praktijk.

- Bij externe veiligheid gaat het vaak om individuele installaties waarvan het effect een beperkte reikwijdte heeft, en om meestal onafhankelijke gebeurtenissen. Bij overstromingen kan het gebied dat onderloopt heel groot zijn en door systeemwerking ook andere gebieden treffen, terwijl overstromingen in de tijd gecorreleerd zijn doordat het optreden van storm en/of hoogwater randvoorwaarde is.

Vooral in verband met het laatste punt is een belangrijke keuze of onderzoek en normstelling rond overstromingen betrekking moeten hebben op dijktrajecten, dijkkringen, regio's (zoals het riviereengebied, de westkust), of geheel Nederland. De TAW pleitte voor het laatste, Beckers & De Bruijn (2011) stellen voor in ieder geval ook naar regio's/deelgebieden te kijken, en in VNK2 (2011-2012) wordt het groepsrisico ook consequent per dijkkring gekwantificeerd. Afhankelijk van de schaal en methode van weergeven moet ook vanuit een ander normatief kader worden gewerkt (vgl. Jonkman *et al.*, 2008).

## 2.4 Manieren van weergeven

Om groepsrisico's weer te geven zijn er in ieder geval drie mogelijkheden, waarbij we het terugrekenen tot één getal voor slachtofferrisico hier niet als zodanig beschouwen, omdat zo'n getal de relatie tussen kansen en gevolgen niet weergeeft<sup>2</sup>. Het gaat om:

- Puntenwolk/ *scatter diagram*: kansen van afzonderlijke gebeurtenissen met N slachtoffers: fN. Laat alle gebeurtenissen, waarbij er slachtoffers vallen afzonderlijk zien;
- FN-curve: kans op gebeurtenis met *meer dan (of gelijk aan)* N slachtoffers, ook wel kans op overschrijding van N slachtoffers, of overschrijdingskans van N slachtoffers;
- Kaart: op kaart kan worden weergegeven hoe groot het slachtofferrisico is op een bepaalde breslocatie of van een bepaald dijktraject. Omdat niet zowel het aantal slachtoffers als de kans kan worden weergegeven, moet één van beide in de legenda worden verwerkt, bijv. door aantal slachtoffers/jaar of aantal slachtoffers per jaar per meter dijk lengte te gebruiken.

Op basis van alle drie kan een beeld worden gevormd waar het groepsrisico erg groot is. Op kaart is dat meteen duidelijk, uit de puntenwolken kunnen de punten boven een bepaalde grenswaarde worden geselecteerd, uit een FN-curve moet het via een omweg worden afgeleid, namelijk uit de 'onderliggende punten/gebeurtenissen'. Overigens kunnen de puntenwolk en de FN-curve in één figuur worden gecombineerd.

## 2.5 Puntenwolk met kans per installatie/ individuele gebeurtenis: fN

De basis voor iedere analyse van groepsrisico's is het kwantificeren van de kansen van afzonderlijke gebeurtenissen en de gevolgen ervan. Van installaties die kunnen ontploffen worden meestal meerdere gebeurtenissen onderzocht, bijvoorbeeld bij verschillende windrichtingen en/of op verschillende tijdstippen. Dat levert verschillende combinaties van kans en gevolg.

Voor overstromingen is een relevante vraag in hoeverre dijktrajecten of dijkkringen als individuele installaties zijn te beschouwen. Per dijkkring kunnen bijvoorbeeld bressen op

<sup>2</sup> Overigens denken Evans & Verlander (1997) daar volstrekt anders over; zij achten dat het wiskundig enig juiste criterium voor een zuivere vergelijking.

verschillende locaties en bij verschillende buitenwaterstanden als afzonderlijke gebeurtenissen worden beschouwd, maar kunnen ook meervoudige bressen bij één gebeurtenis worden meegenomen. Ook kunnen verschillende dijkkringen als afzonderlijke installaties worden voorgesteld. Met de recente inzichten dat het heel veel uitmaakt op welke plaats in een dijkkring een bres optreedt (VNK2, 2011; Van der Most & Klijn, 2013) en de consequentie die daar in het recente DP-V voorstel aan is verbonden (Deltaprogramma Veiligheid, 2013), namelijk dat dijktrajecten de meest relevante schaal van beschouwen zijn, volgen ook wij die wijze van beschouwen. Dat wil zeggen dat we dijktrajecten als 'installaties' beschouwen; immers, dijktrajecten beschermen gebiedsdelen met bepaalde eigenschappen en bij bresvorming blijft de overstroming beperkt tot dat specifieke gebied. Daarbij wordt aangetekend dat deze 'beschermd – of getroffen – gebieden' wel kunnen overlappen met gebieden die (ook) door andere dijktrajecten worden beschermd, en dat domino-effecten kunnen zijn meegenomen (bijv. bij de noordelijke Lekdijk dijkkring 15 → 14).

Bij de puntenwolk worden per 'installatie' – hier dus dijktraject – de doorbraakkans en de bijbehorende gevolgen weergegeven. Op deze manier worden de gebeurtenissen afzonderlijk bekeken, maar wordt het effect van meerdere bressen tegelijk veronachtzaamd. In de volgende hoofdstukken maken we zulke puntenwolken (*scatter plots*), waarin ieder dijktraject (cf. het laatste normvoorstel) wordt beschouwd als een individuele 'installatie' (Figuur 4.4 t/m Figuur 4.6). We doen dit in de wetenschap dat daarmee meervoudige bressen worden 'vergeten', maar doen het omdat we zo een analyse voor heel Nederland kunnen doen, gebruikmakend van de WV21 gegevens.

## 2.6 Opbossen tot FN curves: hoe te maken, hoe te lezen?

Een FN-curve wordt geconstrueerd uit puntenwolken, dus op basis van alle gebeurtenissen (scenario's), met hun respectievelijke kans en het bijbehorende gevolg. Door alle kansen van gebeurtenissen met een bepaald aantal slachtoffers of meer (!) bij elkaar op te tellen, verkrijgt men de 'overschrijdingskans' op dat aantal slachtoffers, of duidelijker: *de kans op x slachtoffers of meer*.

Een FN-curve wordt opgesteld voor het domein dat onderwerp van analyse is; in ons geval *een* overstroming *ergens* in Nederland. De TAW (1985) adviseerde FN-curves voor het hele land te maken. Maar het is ook mogelijk FN-curves te maken voor kleinere geografische eenheden, zoals door Beckers & De Bruijn (2011) is gedaan, zodat de relatieve bijdrage aan de landelijke FN-curve kan worden vastgesteld van landsdelen die dezelfde bedreiging kennen. Maar het is ook mogelijk een FN-curve voor een individuele installatie te maken, mits voldoende mogelijke ongelukken met die installatie zijn geanalyseerd.

Uit een FN-curve valt dus af te lezen hoe groot de kans is dat er (in ons geval door overstromingen) meer dan  $x$  slachtoffers vallen. Doordat het een cumulatieve kans betreft, raakt een deel van de informatie die uit een puntenwolk is af te leiden verloren. Maar die informatie zit natuurlijk wel in de gegevens achter de grafiek.

FN-curves worden meestal gemaakt voor aantallen slachtoffers, maar ze kunnen ook voor aantallen getroffen worden gemaakt; en zelfs voor schade, maar dan kunnen ze beter anders worden genoemd (FD-curve in het Engels of FS-curve in het Nederlands).

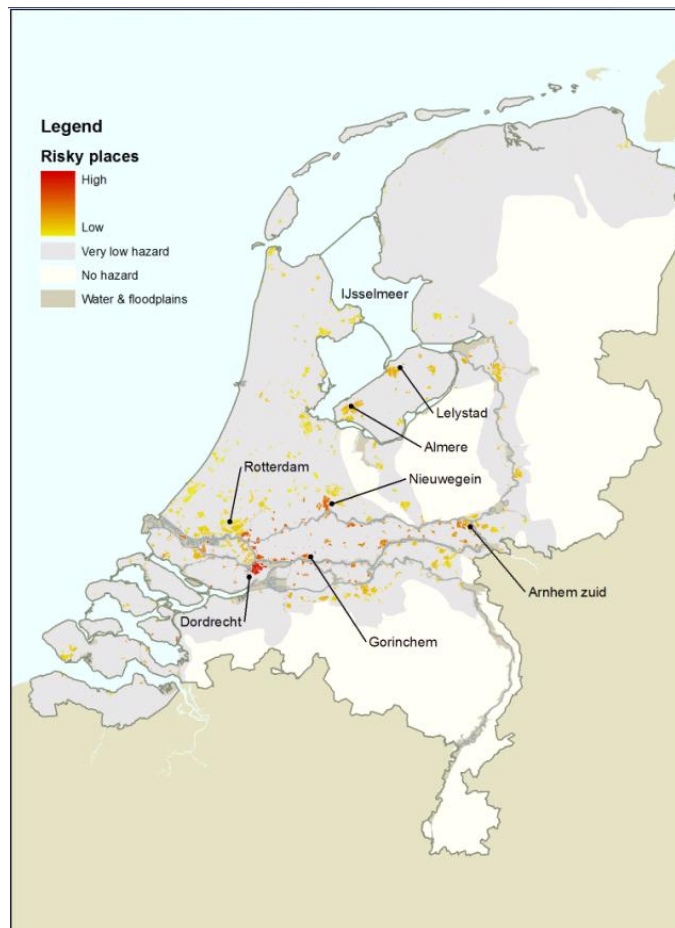


## 2.7 Kaarten: waar vallen slachtoffers en hoeveel?

Tot nu toe zijn er geen landsdekkende kaarten gemaakt, waarop de te verwachten aantallen slachtoffers per locatie (per ha of ander soort gridcel) zijn weergegeven, noch bij overstroming, noch gemiddeld per jaar (de 'verwachtingswaarde'). De gegevens daarvoor zijn er wel. In VNK2 worden dan ook wel kaarten gegeven met de verwachtingswaarde van het aantal slachtoffers per jaar voor afzonderlijke dijkkringen. Omdat de kans op overstromingen in Nederland over het algemeen heel klein is, zijn dat nogal 'lege' kaarten waarop ook nog eens heel kleine waarden staan.

Om een globale indruk te krijgen van waar veel slachtoffers te verwachten zijn, zijn door de Bruijn (2007; De Bruijn & Klijn, 2009) kaarten van het overstromingsgevaar gecombineerd met kaarten van de bevolkingsdichtheid. Zo zijn kaarten van risicovolle plekken gegenereerd, die een indruk geven van waar veel slachtoffers te verwachten zijn (Figuur 2.1).

Een meer recente benadering is die, waarbij het aantal slachtoffers per 'breslocatie', of per km dijk lengte op kaart wordt weergegeven. Daarmee worden aantallen slachtoffers aan de bijbehorende dijktrajecten gekoppeld. Voor zo'n kaart wordt verwezen naar Figuur 4.7.



Figuur 2.1 Risicovolle plekken, locaties waar veel slachtoffers te verwachten zijn als gevolg van overstromingen (De Bruijn & Klijn, 2009)



### 3 Normatieve grondslagen

#### 3.1 Van feiten/verwachtingen ten aanzien van risico's naar oordelen over risico's

Hiervoor is ingegaan op de vraag hoe feiten weer te geven over groepsrisico's van overstroming: de relatie tussen kans van optreden van overstromingen en de aantallen slachtoffers die daarbij zouden kunnen vallen. Meer specifiek gaat het om verwachtingen ten aanzien van de feiten, want het betreft *ex ante* risicoanalyses. Die feiten zijn echter van weinig waarde voor beleidsvorming als er geen oordelen over (kunnen) worden uitgesproken: zijn de feiten nu aanvaardbaar, onaanvaardbaar of onder voorwaarden aanvaardbaar? Valt er met het risico te leven of wordt het leven ondraaglijk? Is risicoreductie gewenst, of hebben we daar het geld niet voor (over)?

Om te kunnen oordelen moet worden teruggevallen op normatieve grondslagen. Die grondslagen kunnen variëren van a) heel kwalitatief en in een publiek discours te verkennen, via b) min-of-meer geaccepteerde formele methoden (bijv. kosten-batenanalyse MKBA, kosten-effectiviteitsanalyse KEA of multi-criteria-analyse MCA) worden verkend, tot c) in harde (soms wettelijk vastgestelde) getalsnormen vastgelegd. Die maatschappelijke discours en die getalsnormen moeten natuurlijk met elkaar in verband staan, zoals door de TAW (1985) terecht opgemerkt. Normen en wetten weerspiegelen immers maatschappelijke wensen, strevingen en breed-gedragen spelregels.

Enkele veelzeggende citaten in dat verband zijn:

*“De indruk bestaat dat .... de mathematisch-economische benadering tevens goeddeels representatief is voor het maatschappelijk denken terzake”* (TAW, 1985; blz.3),

en

*“... geschiedt ook de maatschappelijke optimalisering tastend.”* (TAW, 1985; blz. 18)

In dit hoofdstuk zien we af van een uitgebreide beschouwing over hoe individuele mensen en groepen mensen in verschillende culturele contexten tegen rampen met grote aantallen slachtoffers aankijken. Daarover bestaat immers een enorme hoeveelheid literatuur (we noemen hier bij wijze van voorbeelden Slovic (1992 en vele andere publicaties); Margolis (1996); vele publicaties van Vlek; en tenslotte Baan & Klijn (2004)). We gaan daarentegen meteen over naar pogingen getalswaarden af te leiden, c.q. voor te stellen, voor groepsrisico's.

We beperken ons dus tot het normatieve element in de discussie over groepsrisico's, maar doen dat vrijer dan de TAW (1985) indertijd deed. We volgen dus niet zonder meer hun normvoorstel. De TAW was immers vooral op zoek naar acceptabele *kansen* van optreden, waar alleen betere bescherming tegen overstromingen voor in aanmerking kwam; met andere woorden: het ging hen om normen voor 'laag 1' van de 'meerlaagsveiligheid'.

Maar de discussie wordt door ons verbreed met de vraag: 'wat is nog een acceptabel gevolg?' (verg. Klijn & de Grave, 2008). Dat gevolg kan dan wel niet los gezien worden van de kans op dat gevolg, maar is er niet helemaal ondubbelzinnig en eenduidig aan gerelateerd. En door ook specifiek naar het gevolg te kijken, kunnen ook andere dan kansreducerende maatregelen in beschouwing worden genomen.

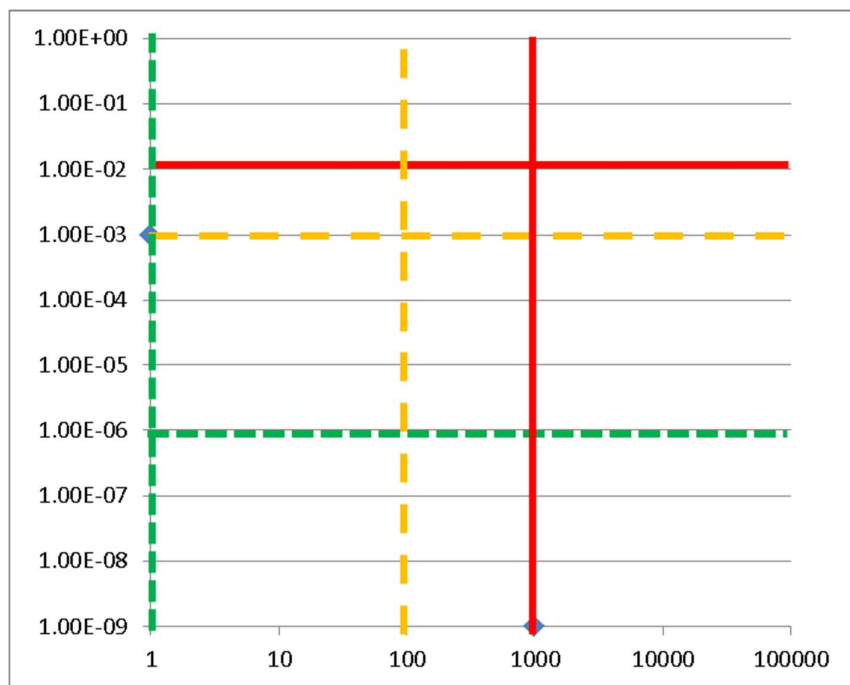
De belangrijkste reden om het onderwerp van normatieve grondslagen aan te snijden is dat vaak wordt teruggegrepen op eerdere voorstellen, met name die van de TAW, maar zonder dat de normatieve discussie echt goed is gevoerd.

## 3.2 Normlijnen in fN of FN-curves

Om in een fN-puntenwolk of vanuit een FN-curve weer te geven of het groepsrisico acceptabel is, worden vaak normlijnen gebruikt. We moeten daarbij onderscheid maken naar normlijnen voor individuele dijktrajecten of een FN-curve voor heel Nederland. Zo kan in een grafiek met op de x-as aantallen slachtoffers en op de y-as de kans van optreden:

- 1 een absolute bovengrens worden gesteld aan de kans op gebeurtenissen: een 'plafond', in aanvulling op een lijn die een verwaarloosbare kans weergeeft;
- 2 een bovengrens worden gesteld aan het maximaal acceptabele gevolg: een verticale 'afkapgrens' (ook wel 'cliff edge' genoemd; Ale, 2003), in aanvulling op een verwaarloosbaar gevolg;
- 3 of een grens aan de combinatie in de vorm van een hellende lijn van linksboven (kleine gevolgen met grote toelaatbare kansen) naar rechtsonder (grote gevolgen met kleine toelaatbare kansen).

### 3.2.1 Absolute grenzen



Figuur 3.1 Horizontale 'grenzen' als maat voor verwaarloosbare (groen) en onacceptabele kans van optreden (plafond) van een overstroming met slachtoffers, en/of verticale 'grenzen' van verwaarloosbaar effect (1 slachtoffer) tot onacceptabel effect (> 1000 slachtoffers; afkapgrens).

De eerste en tweede optie zijn bijzonder makkelijk te begrijpen, maar roepen daardoor ook snel weerstand op. Ten aanzien van een maximaal toelaatbare kans is dat het geval als er meer dan enkele slachtoffers vallen. Dan wordt al snel gevraagd het plafond naar beneden te verschuiven, zoals ook de kwalificatie verwaarloosbare kans bij meer dan 1000 slachtoffers weerstand oproept. Tot 10 slachtoffers is er echter wel iets te zeggen voor een plafond.

Hetzelfde geldt voor een bovengrens aan het gevolg. Zo'n grens werd lang bepleit rond nucleaire energieopwekking (Ale, 2003), maar valt nooit te garanderen. Vrouwenvelder & Vrijling (1995) wijzen er terecht op dat een maximum aan het gevolg simpelweg wordt bepaald door het fysiek mogelijke, in dit geval het aantal inwoners. Dat wil niet zeggen dat een maximaal gevolg niet valt na te streven! Niet iedere norm is immers een grenswaarde; ook streefwaarden en oriëntatiewaarden zijn normen. In het bijzonder bij een benadering die niet het overstromingsrisico van heel Nederland onder de loep neemt, maar *dijkvakken als individuele installaties* beschouwt, is een maximaal gevolg van een individuele dijkbreuk een denkbaar normatief uitgangspunt.

### 3.2.2 Schuine normlijnen

De derde optie heeft de meeste aandacht gekregen en behoeft de meeste toelichting. Kernelementen van die normlijnen zijn de hellingshoek  $\alpha$  (alfa; risiconeutraal of risicoavers) en beleidsfactor  $\beta$  (beta). De hellingshoek  $\alpha$  geeft aan of de normlijn risiconeutraal is (hellingshoek -1) of risicoavers (hellingshoek  $< -1$ ) (Vrouwenvelder & Vrijling, 1995; Ale, 2003). De beleidsfactor  $\beta$  geeft aan hoe hoog de lijn ligt ten opzichte van de y-as. (Vrouwenvelder & Vrijling, 1995). Deze kan voor risico's van verschillende aard worden vastgesteld in afhankelijkheid van de mate van vrijwilligheid van blootstelling en het nut voor degene die het risico ondervindt (TAW, 1985; Vrouwenvelder & Vrijling, 1995; De Bruijn *et al.*, 2013). Indien  $\alpha$  en  $\beta$  zijn gekozen kan het snijpunt van de resulterende lijn met de y-as worden bepaald: de abscis. Deze waarde wordt wel C-waarde genoemd (Vrijling *et al.*, 1995; Beckers & De Bruijn, 2011) en kan normatief worden begrepen (toelaatbare C-waarde) of als maat voor het berekende groepsrisico door het snijpunt te bepalen van een raaklijn evenwijdig aan de normlijn (zie De Bruijn & Klijn, 2011). De C-waarde is daarbij natuurlijk afhankelijk van de hellingshoek  $\alpha$ .

Tabel 3.1 Beschrijving van risico's van verschillende aard naar mate van vrijwilligheid en nut van de risico-veroorzakende activiteit voor diegenen die het risico lopen (Vrijling *et al.*, 1995)

| $\beta$ | Risico-omschrijving                         | Voorbeelden           |
|---------|---|-----------------------|
| 0,01    | Onvrijwillig en weinig of indirect nut      | LPG- installatie      |
| 0,1     | Onvrijwillig en alleen indirect nut         | Werken in een fabriek |
| 1       | Min of meer vrijwillig, redelijk direct nut | Autorijden            |
| 10      | Vrijwillig                                  | Motorrijden           |
| 100     | Vrijwillig en groot persoonlijk nut         | Bergklimmen           |

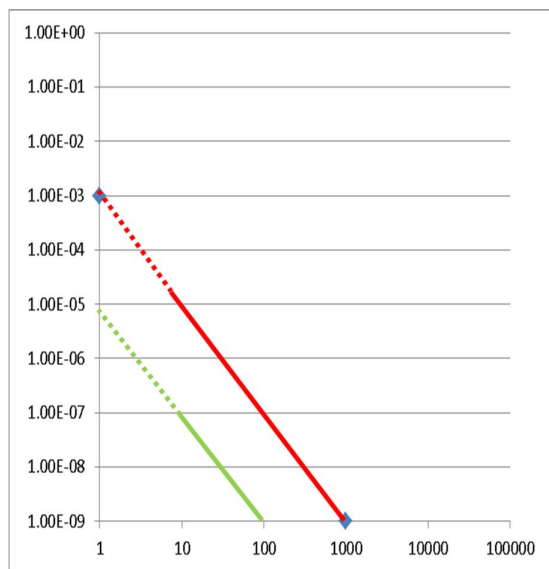
### 3.2.3 Normlijnen voor externe veiligheid

In het Nederlandse beleid inzake externe veiligheid zijn in het verleden twee normlijnen voorgesteld, namelijk één waarbij sprake is van een verwaarloosbaar risico en een tweede als grenswaarde voor individuele installaties (Figuur 3.2). Omdat het hier om menselijke activiteiten gaat met economisch gewin als oogmerk, zonder voordeel voor de omwonenden, is de grenswaarde vrij streng. Deze lijnen hebben een helling ( $\alpha$ ) van -2, hetgeen betekent dat 100 slachtoffers niet als 10 keer erger dan 10, maar als 100 keer erger dan 10 wordt beschouwd; en de toelaatbare kans op 10 slachtoffers is vastgelegd 1: 100.000.

Ale (2003) maakt in z'n historische schets over normen voor externe veiligheid een vergelijking met andere landen en constateert:

- dat maar weinig landen grenzen voor aanvaardbaarheid expliciet hebben gemaakt
- dat alleen Zwitserland dezelfde grenzen gebruikt als Nederland, met risicoaversie -2
- dat het Verenigd Koninkrijk (UK) en Hong Kong risico neutrale lijnen gebruiken.

Het PBL (2013) refereert naar de aanpak in de Verenigde Staten (VS), die eveneens risico neutrale lijnen voorstellen.



Figuur 3.2 Normlijnen van VROM voor externe veiligheid: verwaarloosbaar risico (groen) en grenswaarde voor installaties (rood)

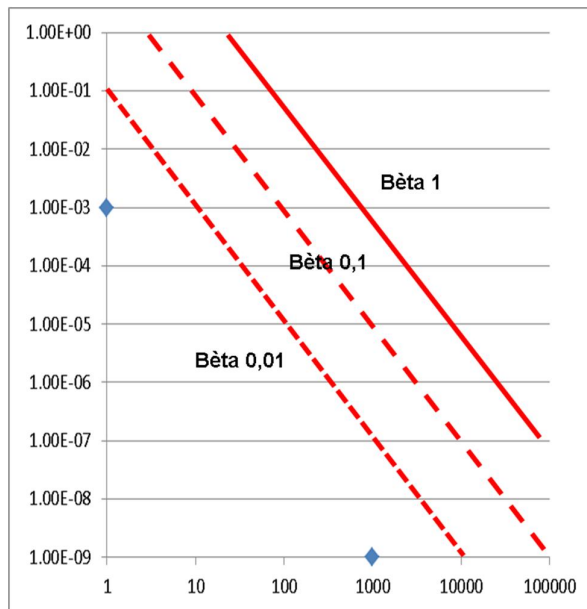
### 3.2.4 Normen voor slachtofferrisico's van overstromingen: TAW-voorstellen

Vanuit de normlijnen voor externe veiligheid heeft de TAW (1985) voorstellen gedaan voor normen voor individueel risico en groepsrisico van overstromingen. Vrouwenvelder & Vrijling (1995) geven daarvoor een generieke wiskundige afleiding en argumenten bij de afwijkende waarden van de TAW-voorstellen ten opzichte van de normen voor externe veiligheid. Het is in dit verband dat de beleidsfactor  $\beta$  werd voorgesteld. Voor externe veiligheid werd daarvoor een waarde van  $\beta$  van 0,01 aangehouden.

Voor overstromingen geldt dat de normdiscussie over groepsrisico's uitgaat van een FN-curve voor heel Nederland, vanuit de gedachte dat het gaat om het stellen van grenzen aan het voorkomen van overstromingsrampen *ergens in het land*. Vanuit dat perspectief – waarbij we dus te maken hebben met circa 53 oorspronkelijke dijkkringen en circa 45 bekaide gebieden langs de Maas – heeft de TAW gesuggereerd dat een  $\beta$  van 1 verdedigbaar zou kunnen zijn. Recentelijk wordt ook 0,1 wel gesuggereerd. Beide lijken verdedigbaar: 1 omdat Nederlanders vrijwillig in dit land wonen en daar duidelijk voordeel van hebben, 0,1 omdat veel mensen tamelijk toevallig in een bepaald deel van het land zijn geboren of terecht gekomen en er dus geen sprake is van 'geheel vrijwillige vestiging in het volle besef van alle risico's'.

Ten tweede stellen Vrouwenvelder & Vrijling (1995) dat groepsrisico's en normlijnen daarvoor alleen gebruikt zouden moeten worden voor *10 slachtoffers of meer*. Daaronder is de onzekerheid over de getalswaarden vaak te groot en is ook nauwelijks sprake van 'groepen' slachtoffers. Het doortrekken van de lijn aan de linkerzijde heeft dan ook alleen betekenis om het snijpunt met de y-as te kunnen vaststellen.

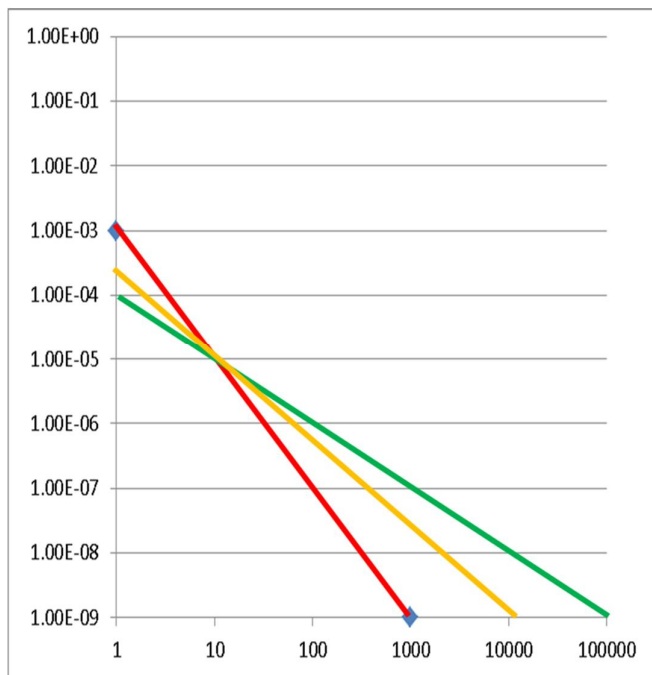
Ten aanzien van de hellingshoek  $\alpha$  volgt de TAW het voorstel van VROM, dus hanteert een waarde van -2 (Figuur 3.3).



Figuur 3.3 Verschillende beta's conform het TAW-voorstel voor normen voor groepsrisico overstromingen

Voor die hellingshoek wordt overigens geen verantwoording gegeven. De Bruijn *et al.* (2013) rekenen voor dat als – zoals in de MKBA WV21 – aan een dodelijk slachtoffer een waarde van 6,7 miljoen wordt toegekend, dat een kwadratische functie dan betekent dat bij 100 doden (ten opzichte van 10) de waarde per persoon al is gestegen naar 67 miljoen en bij 1000 naar 670 miljoen per persoon. Uit enquêtes onder burgers waarbij getalsvoorbeelden worden gebruikt blijkt ook geen duidelijke risicoaversie. Die wordt vooral afgeleid uit de grote media-aandacht en politieke aandacht rond rampen (zie ook Ale, 2003), maar of dat nu een goede indicator van werkelijke maatschappelijke zorg is ...? Van der Most *et al.* (2006) plaatsten al kanttekeningen bij een risicoaversie met hellingshoek -2 en suggereerden - 1,1

(100 slachtoffers is bijna 13 x erger dan 10) of - 1,2 (100 slachtoffers is bijna 16 keer erger dan 10). Kind (2013) meent dat 1,3 ook al flinke risicoaversie weerspiegelt (100 slachtoffers wordt als bijna 20 keer erger beschouwd dan 10).



Figuur 3.4 Verschillende hellingshoeken die een verschillende mate van risico-aversie representeren: de groene bovenste lijn is risiconutraal (alfa = -1,0), de rode (onderste) is kwadratisch (-2) en geeft aan dat 10 slachtoffers elke 10 jaar 10x erger is dan 1 slachtoffer elk jaar, en 1000 slachtoffers een miljoen keer erger. De gele (middelste) lijn heeft een alfa van circa - 1,3

Er wordt ook wel een norm geopperd gerelateerd aan de C-waarde. De C-waarde is de waarde op de y-as die hoort bij het snijpunt van de normlijn met deze y-as. Een norm voor C is natuurlijk afhankelijk van de eerder gekozen waarde van  $\alpha$  en van een normatieve keuze over de hoogte van de lijn ( $\beta$ ). In het TAW-voorstel ( $\alpha = -2$ ,  $\beta = 1$ ) wordt voor C een waarde van 1100 acceptabel geacht<sup>3</sup> als de FN-curve voor het hele land wordt opgesteld.

### 3.2.5 Van FN-curve voor het hele land tot normen voor fN puntenwolken (individuele dijktrajecten)

Voor de puntenwolken bestaan nog geen normlijnen. Van der Most *et al.* (2006) hebben daar echter wel een voorstel voor gedaan. De kern van hun denklijn om tot normlijnen te komen is in wezen de omkering van de denklijn van de TAW om tot normen voor heel Nederland te komen.

De TAW stelde vast dat de normlijnen voor externe veiligheid voor individuele installaties gelden en dat er daar honderden, misschien wel duizenden van zijn. Alle installaties bij elkaar

<sup>3</sup> Dat moet overigens niet worden begrepen als een kans van 1100 op 1 slachtoffer, maar als een 'abstracte' maat.



veroorzaken dan natuurlijk een fors groter risico dan al die individuele installaties afzonderlijk. De TAW introduceerde toen de 'beleidsfactor'  $\beta$ , die echter ook begrepen kan worden als een manier om rekening te houden met het grote aantal dijkkringen/dijktrajecten, of – om de relatie te leggen met de nieuwe wijze van kansberekening uit VNK – om rekening te houden met een 'lengte-effect'.

Als we de omgekeerde weg bewandelen kunnen we normlijnen afleiden voor dijkkringen of dijktrajecten. Deze gedachtelijn wordt ook gevolgd door het US Army Corps of Engineers, in navolging van het veiligheidsbeleid rond stuwdammen (USACE, 2010). Ons waterkeringstelsel vormt 53 dijkkringen en nog circa 45 bekade stukken Maasdal (waarvan echter slechts in enkele slachtoffers te verwachten zijn). Voor het recente onderzoek naar doelmatige hoogwaterbeschermingsnormen (Deltaprogramma Veiligheid, 2013) zijn meer dan honderd dijktrajecten onderscheiden. Dat betekent dat we een normlijn voor heel Nederland (FN) zouden moeten verplaatsen over 1 of 2 orden van grootte in een FN-puntenwolk. Zo zou 'eens per honderd jaar 10 slachtoffers ergens in Nederland' kunnen worden getransponeerd in 'locaties met 10 slachtoffers maximaal 1: 1.000'. Of 'maximaal 1000 slachtoffers bij een ramp die Nederland treft betekent maximaal 100 per breslocatie'.

### 3.3 Voorstel normlijnen

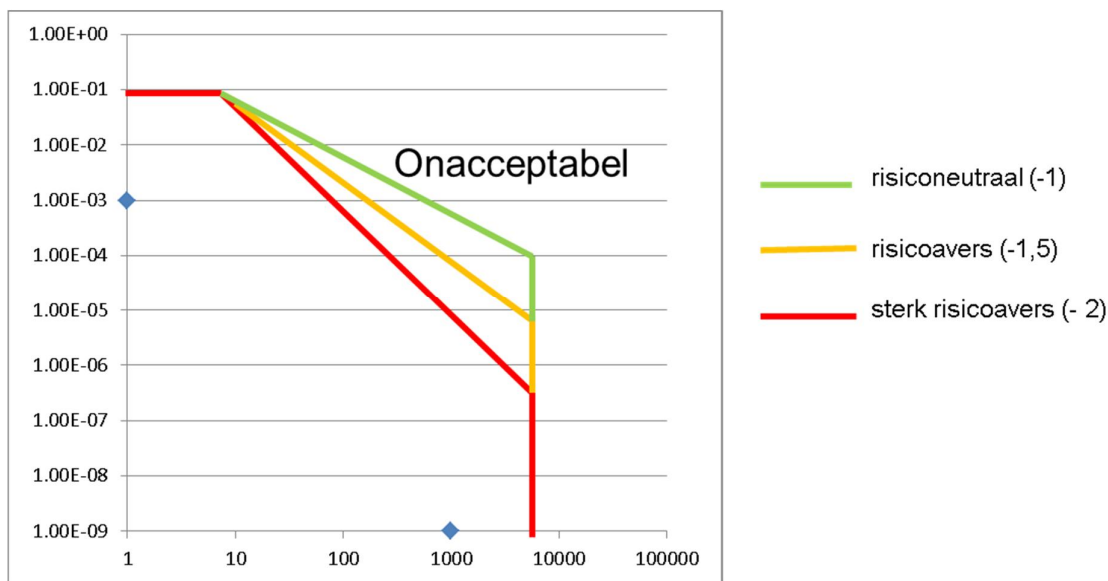
Als oriëntatiewaarden om te analyseren waar groepsrisico's in Nederland nu of in de toekomst groot zijn, stellen we enkele normlijnen voor. Daarbij wijzen we allereerst op de vorm van de FN-curves, die veelal bijna horizontaal beginnen, dan een bolle rug vertonen en een staart hebben die min of meer recht naar beneden loopt en meer of minder naar rechts ligt. Bij die vorm sluiten we aan, door de volgende overwegingen:

- Voor kleine aantallen slachtoffers is een plafond handig, goed te begrijpen en verdedigbaar in het licht van onzekerheden
- Voor gemiddelde aantallen slachtoffers biedt een schuine lijn het voordeel dat gevolgen en kansen in relatie tot elkaar worden beschouwd;
- Voor de hellingshoek van zo'n lijnstuk is zowel iets te zeggen voor risiconeutraal, als voor risicoavers; een hellingshoek -2 wordt door velen als te steil beschouwd, daarom laten we ook een tussenoptie zien (-1,5);
- Voor heel grote aantallen slachtoffers is een verticale afkapgrens te verdedigen.
- Voor een landelijke FN-curve kan qua normhoogten worden aangesloten bij voorstellen van de TAW, voor individuele dijktrajecten ligt een strengere (vershoven) normlijn voor de hand (naar Van der Most *et al.*, 2006).

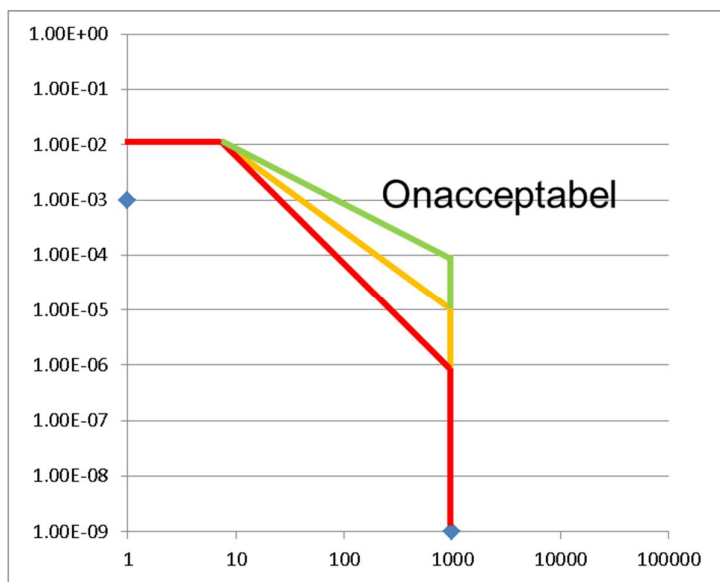
De aldus voorgestelde lijnen ter oriëntatie zijn weergegeven in Figuur 3.5 en Figuur 3.6, met plafonds en afkapgrenzen als volgt:

- Kans op een overstroming met maximaal 10 slachtoffers *ergens* in het land gebaseerd op voorstel TAW met  $\beta = 0,1$ , omdat die richtwaarde ook als grondslag voor een norm voor basisveiligheid is voorgesteld; levert een 'ophangpunt'/startpunt bij circa 1: 10;
- Kans op een overstroming met maximaal 10 slachtoffers *op een bepaalde plaats* < 1: 100
- Maximaal aanvaardbaar gevolg van een overstromingsramp *ergens* in Nederland (die meerdere dijkkringen treft) circa 5000 slachtoffers
- Maximaal aanvaardbaar gevolg van een overstroming als gevolg van een dijkbreuk *op een bepaalde plaats* 1000 slachtoffers

De geschetste lijnen zijn nadrukkelijk bedoeld ter oriëntatie. Boven de oriëntatiewaarde of weliswaar eronder maar dichtbij kan reden zijn tot nader onderzoek of er op doelmatige wijze iets aan te doen valt.



Figuur 3.5 Voorgestelde oriëntatiewaarden voor landelijke FN-curve (rode lijn risicoavers, groene neutraal)



Figuur 3.6 Voorgestelde oriëntatiewaarden voor individuele dijktrajecten, te representeren in fN- puntenwolken

## 4 Het groepsrisico in Nederland: nu en in de toekomst

### 4.1 Enkele recente schattingen van het groepsrisico

Er is nog niet zo lang aandacht voor het groepsrisico van overstromingen in Nederland. De eerste schattingen van aantallen slachtoffers voor heel Nederland dateren uit 2004 (Klijn *et al.*, 2004). Deze zijn gerapporteerd in het rapport 'Risico's in bedijkte termen' (Ten Brinke & Bannink, 2005), waarmee het onderwerp nadrukkelijk onder de aandacht werd gebracht. Voor het eerst werden de groepsrisico's van overstromingen vergeleken met die van externe veiligheid.

Groepsrisico's kregen vervolgens nadrukkelijk aandacht in het project Waterveiligheid 21<sup>e</sup> eeuw. Allereerst in een discussiestuk over normactualisatie (Van der Most *et al.*, 2006), dat nog gebaseerd was op de 2004-getallen. Belangrijker is dat daarna de groepsrisico's gedetailleerder in beeld zijn gebracht op basis van de vele nieuw beschikbaar gekomen overstromingssimulaties en de resultaten van slachtoffermodellering met behulp van HIS-SSM (Beckers & De Bruijn, 2011). Daarbij is naar heel Nederland gekeken, maar ook naar deelgebieden. Dat leidde tot nauwkeuriger en meer gedifferentieerde schattingen van aantallen slachtoffers, en tot de conclusie dat het groepsrisico in Nederland vooral werd bepaald door het benedenrivierengebied.

Inmiddels is het in beeld brengen van het groepsrisico standaardonderdeel geworden van de rapportages van het VNK-project (VNK, 2011, 2012, 2013, 2014), waarin voor iedere afzonderlijke dijkkring een FN-curve wordt gemaakt.

### 4.2 Methodische ontwikkelingen

Inmiddels is er ook gewerkt aan een 'Groepsrisicotool' (De Bruijn *et al.*, 2013a en b), waarmee op een gestandaardiseerde wijze FN-curves kunnen worden gegenereerd. In dit instrument wordt rekening gehouden met afhankelijkheid tussen doorbraakscenario's en systeemwerking; dat wil zeggen dat als bovenstrooms een bres in een dijk ontstaat de waterstand op de rivier (iets) daalt, wat weer invloed heeft op de kans dat de dijk meer stroomafwaarts bezwijkt. De overstromingskansen zijn te beschouwen als 'conditioneel' en gebaseerd op 'fragility curves'. Zo kunnen dijken al bezwijken alvorens de maatgevende waterstand wordt bereikt (plotselinge, onverwachte overstroming), maar ze kunnen ook langer blijven staan; dit is allemaal 'probabilistisch' qua aanpak. Ook worden gebeurtenissen met meerdere bressen beschouwd (in meerdere dijkkringen). Voor de precieze werking van het groepsrisicotool wordt verwezen naar De Bruijn *et al.* (2013a en b).

Dit groepsrisicotool is vooralsnog alleen voor het hele rivierengebied (boven- en benedenrivieren) toepasbaar. Kust en de meren zitten er (nog) niet in omdat in WV21 was gebleken dat deze gebieden beperkt bijdragen aan het landelijke groepsrisico. De eerste resultaten van toepassing het instrument hebben geleid tot bijstelling van de inzichten uit WV21, namelijk dat het benedenrivierengebied minder bijdraagt aan het GR omdat in het bovenrivierengebied aftopping plaatsvindt<sup>4</sup>.

<sup>4</sup> Er loopt nog een discussie of de systeemwerking nu niet te optimistisch wordt meegenomen; daarom moeten de uitkomsten van het groepsrisicotool vooralsnog alleen voor onderlinge vergelijking worden gebruikt.

Om het groepsrisico in kaart te brengen maken we voor dit rapport waar mogelijk gebruik van dit 'groepsrisicotool', temeer daar dit ook wordt gebruikt in het onderzoek voor DGRW voor nieuwe hoogwaterbeschermingsnormen (Deltaprogramma Veiligheid, 2013).

### 4.3 Aanpak en uitgangspunten

Om het groepsrisico in beeld te brengen moeten schattingen worden gecombineerd van kansen en gevolgen. Daarvoor kunnen we beschikken over landsdekkende schattingen en berekeningen uit de projecten WV21 en VNK2+. We maken zoveel mogelijk gebruik van dezelfde gegevens als zijn gebruikt voor de 1<sup>e</sup> versie van het 'DP-V normvoorstel' (Deltaprogramma Veiligheid, 2013). Maar voor het rivierengebied zijn ook berekeningen gebruikt die zijn gemaakt met het groepsrisicotool.

In WV 21 is aangenomen dat alle waterkeringen voldoen aan de huidige eisen en de situatie 'op orde' is gebracht door uitvoering van Ruimte-voor-de-Rivier en achtereenvolgende hoogwaterbeschermingsprogramma's (HWBP2 en nHWBP). Dat leidt tot kansen volgens de zogenaamde '2e referentie'. De gevolgen zijn berekend op basis van simulaties die zijn gedaan per representatief dijktraject. De meeste van die simulaties en berekeningen zijn gedaan in het kader van het project VNK(2).

Ten behoeve van de normstellingsdiscussie zijn op basis van uitkomsten van VNK2 enkele inter- en extrapolaties gedaan, zodat voor alle dijkringtrajecten een schatting van de doorbraakkans is verkregen. Dit is aangeduid als VNK2+ (Anonymus, 2013). Deze kansschattingen hebben betrekking op de situatie 2015, waarbij wel Ruimte-voor-de-Rivier en HWBP2 zijn uitgevoerd, maar niet nHWBP. Recentelijk afgekeurde dijken zijn dus niet 'op orde' gebracht. Dit impliceert grotere doorbraakkansen dan in de 2e referentie van WV21.

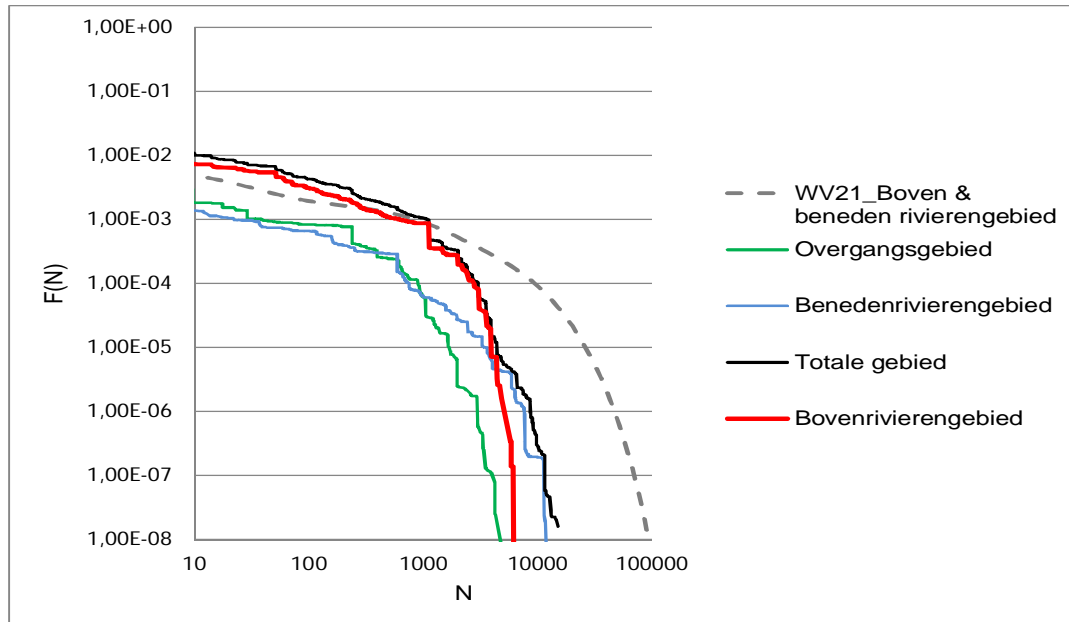
Beide 'referentiesituaties' zijn in dit rapport gebruikt, omdat we ons zoveel mogelijk op beschikbaar materiaal baseren.

### 4.4 Hoe is het gesteld met het GR in Nederland, nu en in de toekomst bij (verschillende) normvoorstellen voor hoogwaterbescherming?

#### 4.4.1 Hoe ziet de FN-curve eruit in de huidige situatie ...?

We geven hier de resultaten van de meest recente analyses met het 'groepsrisicotool' (De Bruijn & Diermanse, 2013), omdat daarin rekening wordt gehouden met systeemwerking in het rivierengebied. Aldus wordt rekening gehouden met de kans op meerdere dijkbreuken tegelijk, maar wordt de kans daarop niet overschat, omdat ook rekening wordt gehouden met systeemwerking in de vorm van 'ontlasting': als het water door een bres de rivier verlaat is de hoogwatergolf meer stroomafwaarts lager. We achten deze methode daarom fundamenteel juist en menen dat de resultaten tot een realistischer schatting van het groepsrisico leiden.

Figuur 4.1 toont de oorspronkelijke FN-curve voor het boven- en benedenrivierengebied samen (uit WV21; Beckers & De Bruijn, 2011) en de curves zoals berekend met het nieuwe groepsrisicotool maar met de kansen conform de 2<sup>e</sup> referentie van WV21 als startpunt' (De Bruijn *et al.*, 2013).

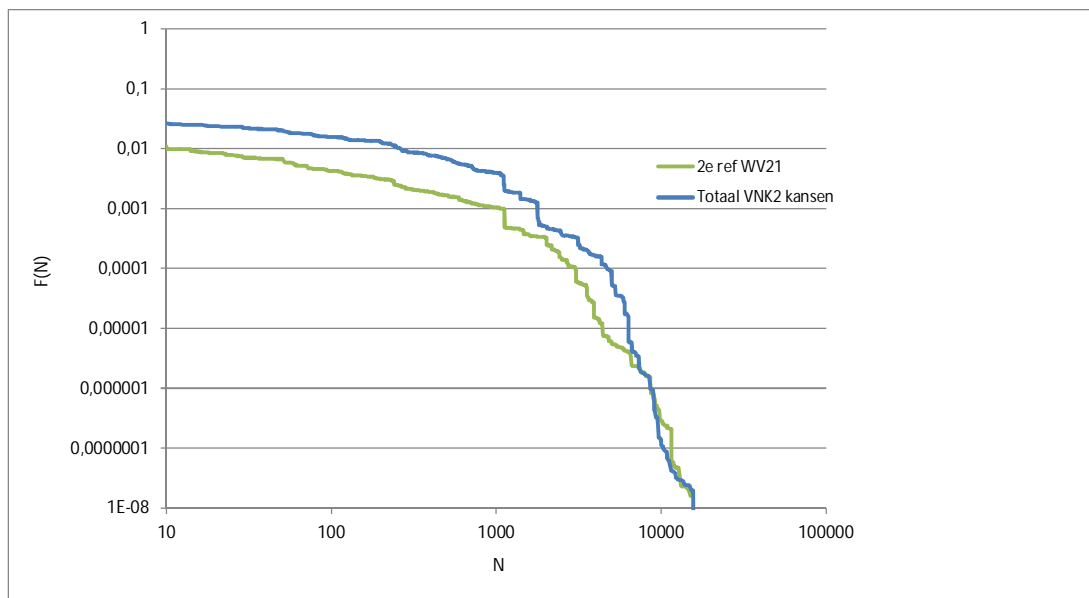


Figuur 4.1 FN curve voor het rivierengebied, uitgaande van de kansen volgens de tweede referentiesituatie van WV21, berekend met de groepsrisicotool en zoals eerder berekend in het WV21 project (grijze curve)

De uitkomsten van het nieuwe groepsrisicotool wijken af van de eerdere uitkomsten in het project WV21. Het meest opmerkelijk is dat de maximale slachtofferaantallen van zeer zeldzame rampen veel kleiner zijn. De simpele verklaring daarvoor is dat 'het water op is' en zeer veel bressen, ook nog ver benedenstrooms niet meer kunnen ontstaan. In plaats van bijna 100.000 slachtoffers met een kans van 1 op een miljoen is dan het met zo'n 10.000 slachtoffers wel gedaan. Daar staat tegenover dat aantallen slachtoffers van 10 tot 1000 vaker voorkomen, doordat rekening wordt gehouden met het plotseling en onvoorzien kunnen bezwijken van de dijken bij lagere waterstanden dan maatgevende – waarbij dus geen preventieve evacuatie heeft plaatsgevonden.

De curve laat zien dat nu het bovenrivierengebied grotendeels maatgevend is voor de FN-curve, waar dat in WV21 nog het benedenrivierengebied (met name dijkkring 15 en 16) leek (zie Beckers & De Bruijn, 2011). Nu is dat alleen nog het geval voor gebeurtenissen met meer dan ongeveer 8000 slachtoffers (De Bruijn *et al.*, 2013).

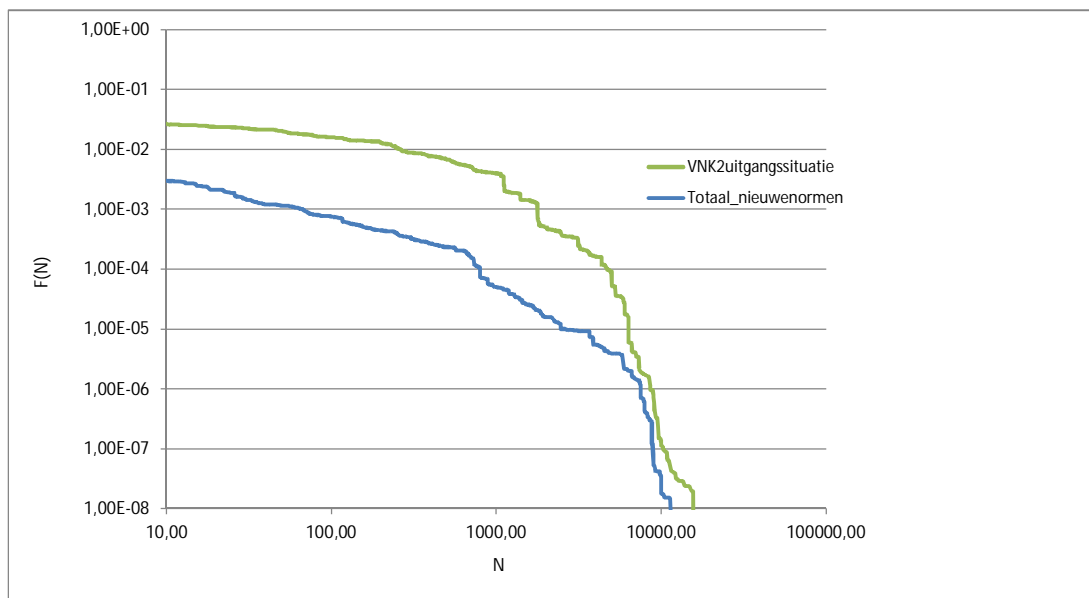
De FN-curve is ook nog eens berekend met de VNK2+ kansen als startpunt. Het resultaat daarvan is gegeven in Figuur 4.2 (De Bruijn *et al.*, 2013), naast dat met de kansen van de 2<sup>e</sup> referentie van WV21 als uitgangspunt. Door de grotere overstromingskansen van VNK2+ is het groepsrisico ook groter, hoewel aan de 'staart' – bij de grote aantallen slachtoffers – de curves vrijwel gelijk zijn.



Figuur 4.2 Vergelijking van de FN curve gebaseerd op de kansen uit de tweede referentie van WV21 en de uitgangssituatie gebaseerd op VNK2 kansen (De Bruijn et al., 2013).

#### 4.4.2 ... en bij nieuwe hoogwaterbeschermingsnormen?

Wanneer de overstromingskansen gebruikt worden zoals voorgesteld in het normenvoorstel (1<sup>e</sup> technisch-inhoudelijke uitwerking) van DP-V (Deltaprogramma Veiligheid, 2013) dan ligt de FN curve veel lager dan in de uitgangssituatie (zie Figuur 4.3). Met name de kans op minder dan 5000 slachtoffers daalt sterk.



Figuur 4.3 Vergelijking van de FN curve voor het nieuwe normenvoorstel en de VNK2 uitgangssituatie

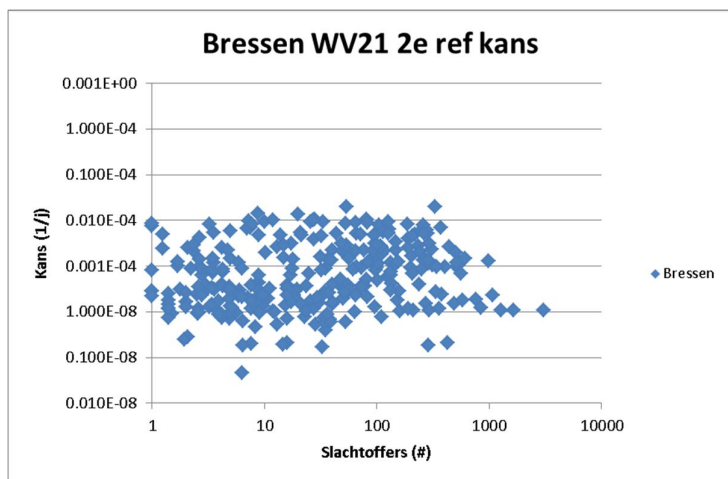
Bij strengere beschermingsnormen wordt het groepsrisico niet meer voornamelijk bepaald door het bovenrivierengebied, maar dragen ook het benedenrivierengebied en het overgangsgebied significant bij. Voor gebeurtenissen met 100-1000 slachtoffers is het overgangsgebied dan dominant. Voor gebeurtenissen met meer dan 1000 slachtoffers het benedenrivierengebied.

#### 4.5 Wat zijn de gevolgen per dijktraject?

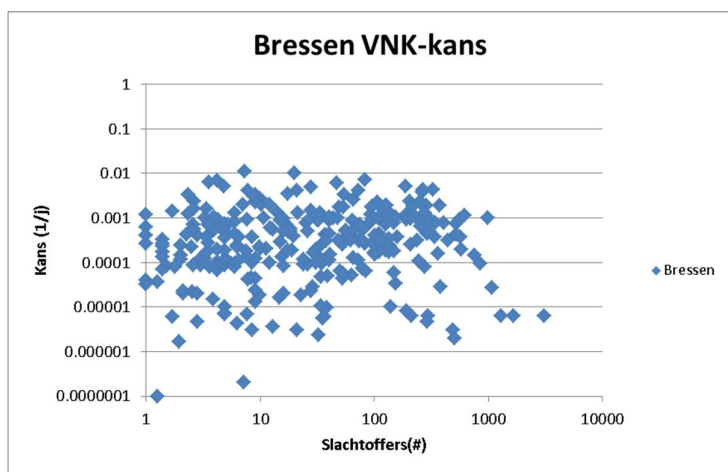
In puntenwolken kan het gevolg per individuele breslocatie – representatief voor een dijktraject – worden getoond. Figuur 4.4 laat de bressen met de kansen volgens WV21 2<sup>e</sup> referentie zien. Het eerste dat opvalt is dat de puntenzwerm nogal willekeurig verdeeld is; een trendlijn zou heel goed horizontaal kunnen lopen. Ofwel: er is geen relatie tussen kans en aantal slachtoffers (dat hadden Van der Most *et al.* (2006) overigens ook al geconstateerd).

Figuur 4.5 laat de bressen met hun individuele gevolgen zien bij de 'VNK2+ kansen'. Ook deze puntenwolk laat geen relatie zien tussen overstromingskansen en gevolg in termen van aantal slachtoffers.

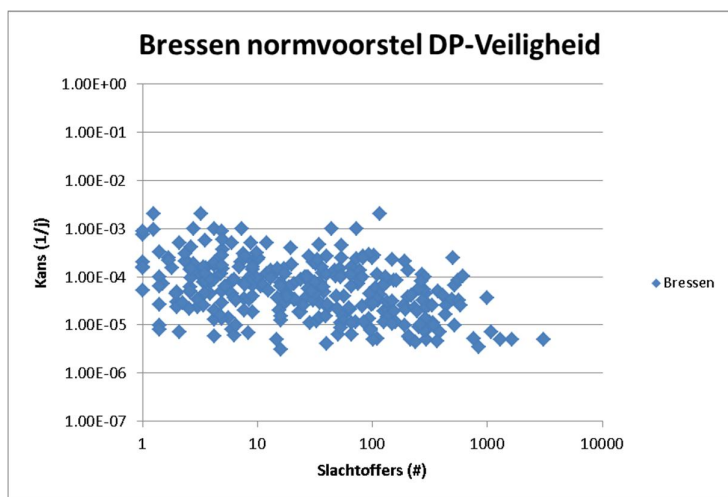
Figuur 4.6 laat zien dat met het normvoorstel van DP- Veiligheid (Deltaprogramma Veiligheid, 2013), dat slachtoffers meebegroot bij de MKBA ter waarde van 6,7 miljoen per slachtoffer, een eventuele trendlijn door de puntenwolk wel iets van een verband laat zien tussen gevolg(slachtofferaantal) en kans. Dat betekent dat met het normvoorstel 'beter' wordt ingespeeld op het voorkomen van grote aantallen slachtoffers dan met de huidige situatie; ook al is dat nog niet expliciet/ specifiek doelgericht.



Figuur 4.4 Bressen met WV21 2<sup>e</sup>-referentiekansen.



Figuur 4.5 Bressen met kansen volgens VNK



Figuur 4.6 Bressen met de kansen conform het recente normvoorstel van DP-Veiligheid (Deltaprogramma Veiligheid, 2013)



#### 4.5.1 Locaties

Het normenvoorstel van DP-V (Deltaprogramma Veiligheid, 2013) berust voor een deel op een MKBA-benadering, waarin slachtoffers meetellen voor 6,7 miljoen euro per stuk. Grote aantallen slachtoffers beïnvloeden dus ongetwijfeld de voorgestelde beschermingsniveaus. Dat neemt niet weg dat de gevolgen van een dijkbreuk nog steeds zeer groot kunnen zijn. Dat wordt duidelijk bij deze 3<sup>e</sup> benadering, via locaties.

Allereerst is er een (voorlopige) kaart gemaakt met het verwachte aantal slachtoffers indien er een bres zou optreden op een bepaald 'brestraject' (Figuur 4.7). Deze geeft een indicatie van het gevolg, *los van de kans*. Dat wil zeggen dat het normatieve uitgangspunt in dit kaartbeeld overeen komt met verticale lijnen in een fN-puntenwolk.



Figuur 4.7 Aantal slachtoffers bij bezwijken van de dijk (rekening houdend met evacuatie), gespecificeerd voor de 'breslocaties/brestrajecten' die zijn gebruikt als invoer voor het normvoorstel DP-V (ca 432 breslocaties)

Deze benadering biedt mogelijk ook houvast voor het selecteren van locaties waar men een bres 'koste wat kost' zou willen voorkomen.

Deze informatie kan natuurlijk ook in tabelvorm worden weergegeven (Bijlage A). Daaruit kan worden afgeleid dat er 4 waterkeringtrajecten zijn, die – onder de aanname van evacuatie – bij bezwijken elk meer dan 1000 slachtoffers kunnen opleveren<sup>5</sup>. Deze liggen alle rond Rotterdam aan de zuidzijde van centraal Holland en op IJsselmonde. Bij 78 'brestrajecten' kunnen er tussen 100 en 1000 slachtoffers vallen, bij 108 trajecten 11 -100, en het bezwijken van de overgebleven 241 trajecten levert 10 of minder slachtoffers.

---

<sup>5</sup> Als niet preventief wordt geëvacueerd vallen er meer slachtoffers en vallen meer dijktrajecten in de hoogste categorie.

## 5 Is er een opgave? Confrontatie risicoschattingen met mogelijke normatieve grondslagen

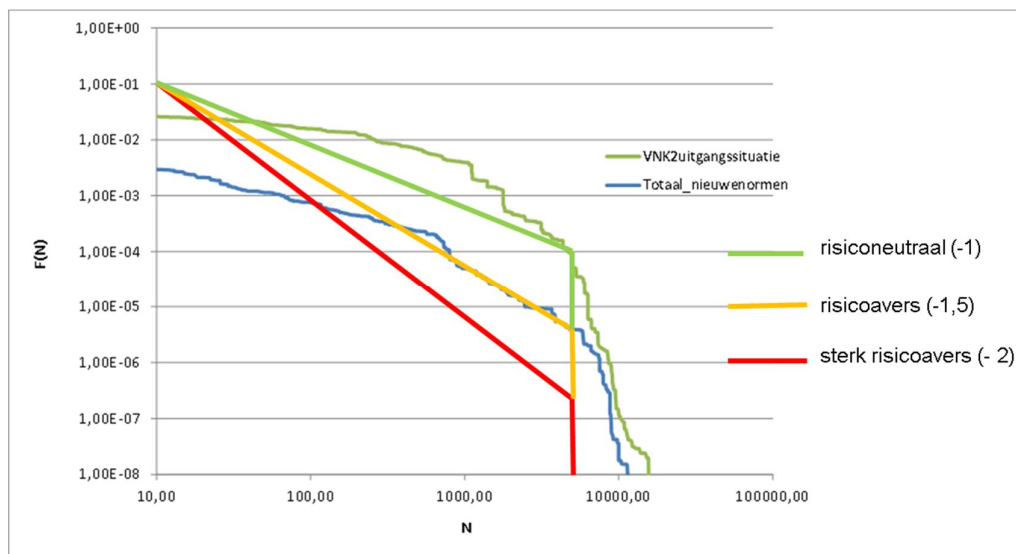
### 5.1 Ten geleide

In hoofdstuk 3 is ingegaan op mogelijk normatieve grondslagen en in hoofdstuk 4 op de vraag hoe groot het groepsrisico nu en in de toekomst – bij andere hoogwaterbeschermingsnormen – naar verwachting is. In dit hoofdstuk vergelijken we die beide door ‘oriëntatielijnen’ (normen) te plaatsen in de FN-curves en fN- puntenwolken. Zo krijgen we een indruk van de aanvaardbaarheid van het groepsrisico, nu en in de toekomst, maar ook van de vraag waar extra ingrijpen doeltreffend kan zijn. Kortom: van de vraag ‘*is er een probleem of niet?*’ en van de vraag ‘*hoe is er iets aan te doen?*’

In principe zijn er 3 manieren om locaties te identificeren waar extra ingrijpen wenselijk zou kunnen zijn, namelijk op basis van een analyse van de FN- curve, een analyse van de fN- puntenwolk en vanuit de kaart (Figuur 4.7) respectievelijk tabel (Bijlage A). Alle drie zullen hier kort worden besproken.

### 5.2 Analyse van de FN-curve huidige situatie en normvoorstel

In de met het groepsrisicotool gemaakte FN-curves van referentie VNK2+ en het DP-V normenvoorstel<sup>6</sup> zijn drie mogelijke oriëntatielijnen voor GR-normen geplott, alle 3 overeenkomend met  $\beta = 0,1$  en startend bij > 10 slachtoffers maximaal eens per 10 jaar (dat laatste cf. TAW, 1992). Ze verschillen qua risicoaversie van -1 (groen) tot -2 (rood; streng).



Figuur 5.1 FN curves van referentie VNK2+ en normvoorstel DP-V met daarin oriëntatielijnen zoals voorgesteld in paragraaf 3.3

<sup>6</sup> Hierin zitten alleen het boven- en benedenrivierengebied, maar die zijn naar verwachting doorslaggevend.

Uit de figuur blijkt dat de referentiesituatie alle oriëntatiewaarden overschrijdt. Met het normenvoorstel van DP-V worden de kansen op grote groepen slachtoffers fors kleiner, maar de aantallen slachtoffers niet. De 'staart' – meer dan 5000 slachtoffers – wordt in het normenvoorstel wel naar beneden gedrukt (= minder waarschijnlijk), maar de mogelijkheid tot ontwrichting door een ramp met veel slachtoffers blijft bestaan.

De FN-curve van het normenvoorstel komt vanaf 200 slachtoffers boven de TAW oriëntatielijn (rood) uit, en vanaf circa 300- 400 slachtoffers ook boven de tussenoptie. Een nadere analyse van welke gebeurtenissen de 'bolle rug' en de 'staart' veroorzaken ligt voor de hand.

Zo'n analyse is door De Bruijn *et al.* (2013) al gedaan, met de volgende bevindingen.

- Voor de huidige situatie geldt **bij WV21 2e referentie-kansen** dat de noordelijke dijk van de Nederrijn bij Amerongen (DR 44), de Waaldijk van de Betuwe net benedenstrooms van Lent (DR 43, bij Oosterhout) en zuidelijke Waaldijk bij Heerewaarden (DR 40) sterk bepalend zijn voor de groepsrisicocurve: in 5 van de 10 meest bepalende gebeurtenissen breekt de dijk bij Amerongen en in 4 van de 10 breken de Waaldijken bij Oosterhout en Heerewaarden door. Het bovenrivierengebied is dan ook duidelijk bepalend voor de bolle rug in de FN-curve.
- In de huidige situatie bij **VNK2+- kansen** zijn de overstromingskansen veel groter dan in de tweede referentiesituatie van WV21. Ook het groepsrisico is dan veel groter dan met de tweede referentie van WV21 (zie Figuur 4.2). Het bovenrivierengebied is nu nog meer bepalend. In het bovenrivierengebied zijn 6 van de 7 meest bepalende gebeurtenissen met een doorbraak bij kasteel Amerongen (DR 44) en 1 met een doorbraak langs de IJssel te Olst (DR53). Amerongen is veruit de meest bepalende breslocatie voor het groepsrisico. In het overgangsgebied dragen doorbraken in de Alblasserwaard (Lekkerkerk) en de Krimpenerwaard (Nieuw Lekkerland) en bij Willemstad en Moerdijk (DR 34) sterk bij. Die doorbraken in dijkkring 15 en 16 treden op bij hogere zeewaterstanden, een gesloten Maeslantkering en een hoge rivierafvoer. De grote bijdrage van dijkkring 34 komt door de grote faalkansen die hiervoor door VNK2 zijn bepaald (1/89 per jaar).
- In het normenvoorstel van DP-V (Deltaprogramma Veiligheid, 2013) ligt de FN curve veel lager dan in de uitgangssituatie. Met name het traject met minder dan 5000 slachtoffers daalt sterk. Ook dragen het benedenrivierengebied en het overgangsgebied verhoudingsgewijs meer bij aan het groepsrisico, waar in de huidige situatie het bovenrivierengebied domineerde door de relatief grote doorbraakkansen. Voor gebeurtenissen met 100-1000 slachtoffers is het overgangsgebied dominant. Voor gebeurtenissen met meer dan 1000 slachtoffers het benedenrivierengebied. Alle relevante<sup>7</sup> gebeurtenissen met meer dan 6700 slachtoffers horen bij een situatie met een falende Maeslantkering en doorbraken aan de zuidkant van dijkkring 14 (Centraal-Holland) in Rotterdam (Parksluizen, Boerengatsluis), op IJsselmonde (DR17, locatie Beverwaarseweg en aan de Nieuwe Maas bij kmr 47), op Voorne-Putten (DR20), bij Kinderdijk in de Alblasserwaard (DR 16) en bij Krimpen in dijkkring 15, de Lopiker en Krimpenerwaard.

<sup>7</sup> Er is hierbij alleen gekeken naar runs met een kans groter dan  $10^{-8}$

### 5.3 Analyse van fN-puntenwolken met normvoorstel per waterkeringstraject

We kunnen ook de puntenwolken van de breslocaties/dijktrajecten vergelijken met de voorgestelde oriëntatielijnen voor individuele dijktrajecten, door deze als installaties voor te stellen (zie paragraaf 3.2.5 en 3.3).

Dat levert het beeld op van Figuur 5.2 als we uitgaan van de VNK2+- kansen, respectievelijk dat van Figuur 5.3 als we het normvoorstel van DP-V plotten.

In Figuur 5.2 zien we dat een groot aantal bressen boven de 'strengere' norm met grote risicoaversie uitkomt, en dat dat ook nog het geval is bij een risiconeutrale norm (waarbij wordt aangetekend dat  $\beta = 0,1$  natuurlijk ook al wat strengheid introduceert).

Uit Figuur 5.3 wordt duidelijk dat bij het normvoorstel het aantal breslocaties dat boven de oriëntatielij(en) uitkomt veel kleiner is (slechts 6 bij risiconeutraal; circa 25 bij de middenvariant), maar dat er bij de strenge variant nog heel veel dijktrajecten zijn waar meer dan 1000 (3- 5 trajecten) of enkele honderden slachtoffers (tientallen trajecten) kunnen vallen.

De locaties die in de huidige situatie **met VNK2+-kansen** de normlijn(en) het ernstigst overschrijden zijn:

- Nederrijn bij kasteel Amerongen (DR 44)
- Lek bij Lopik (DR 15)
- Waal bij sluisTiel (DR 43)
- Maas zuidzijde tegenover Keent (DR 36)
- Nederrijn bij Wageningen/ Grebbedijk van de Gelderse Vallei (DR 45)
- Merwede bij Hardinxveld aan de zuidzijde van de Alblasserwaard (DR 16:)

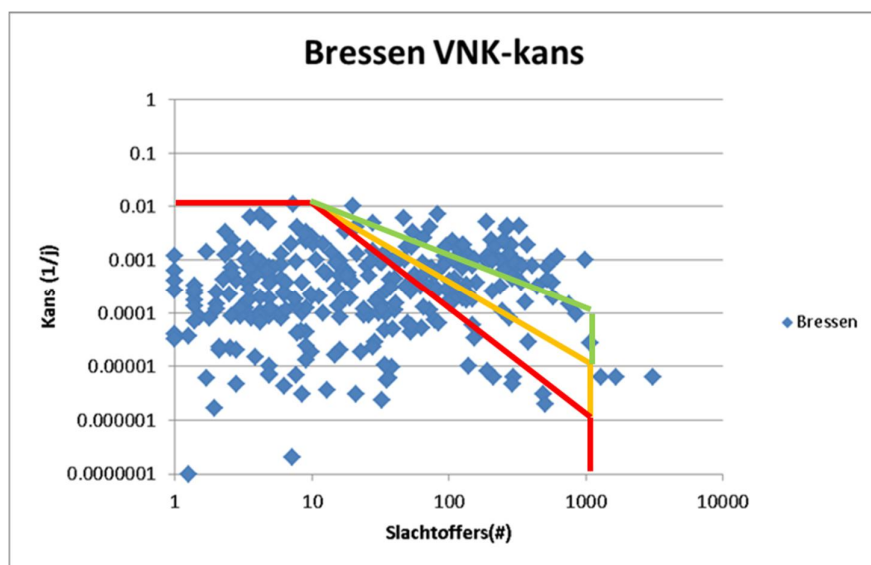
Voor de laatste twee locaties geldt dat in VNK2+ een significant grotere kans is berekend dan in WV21 is aangehouden.

De twee locaties die in het **normvoorstel van DP-V** de normlijn(en) het ernstigst overschrijden zijn:

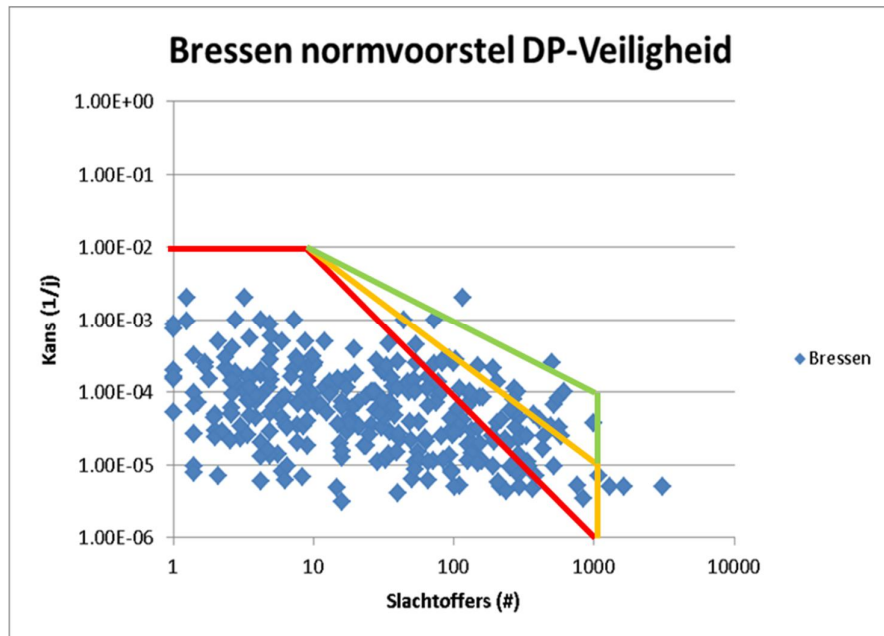
- de IJsselmeerdijk langs het Wieringermeer (DR 12) met circa 100 slachtoffers; en
- Pernis (DR 18) met tussen 500 en 1000 slachtoffers.

Voor die laatste locatie geldt overigens dat de doorbraakkans nu al erg klein is, mogelijk zelfs kleiner dan in het normvoorstel. En dat deze dijkkring gemakkelijk kan worden geëvacueerd<sup>8</sup>.

<sup>8</sup> Maar het opheffen van deze dichtbevolkte en 'gevaarlijk kleine' dijkkring en het integraal ophogen tot boven maatgevend hoogwater in het kader van een stedelijke herstructurering verdient misschien ook serieuze overweging in een lange-termijnstrategie.



Figuur 5.2 Oriëntatielijnen voor dijktrajecten/breslocaties, met in de puntenwolk de relatie tussen de slachtofferaantallen cf. WV21 en de bezwijkkansen van VNK2+ bij enkelvoudige bressen.



Figuur 5.3 Oriëntatielijnen voor dijktrajecten/breslocaties, met in de puntenwolk de relatie tussen de slachtofferaantallen cf. WV21 en de bezwijkkansen van het normvoorstel DP-V bij enkelvoudige bressen.

#### 5.4 Gebruik van kaarten: aantal slachtoffers per brestraject als normatief uitgangspunt

De kaarten met aantallen slachtoffers per brestraject zijn bruikbaar in een analyse gericht op de vraag: 'waar vallen de grootste aantallen slachtoffers als het fout gaat?' En aanvullend: 'kan daar met gevolgbeperkende maatregelen iets aan worden gedaan?'. Zo'n analyse is dus vooral gericht op het 'naar links duwen van de staart' van de FN-curve.

De kaart die is getoond in Figuur 4.7 en de lijst die is gegeven in Bijlage A vormen daarvoor zowel de basis als het eindresultaat. Ze geven beide hetzelfde weer, alleen is de kaart in klassen ingedeeld, en de tabel simpelweg geordend van veel slachtoffers naar weinig. Hier zijn de feiten en de normatieve interpretatie dus vrijwel congruent.

Bij Bijlage A hadden we al geconstateerd dat er 4 waterkeringtrajecten zijn, die bij bezwijken onder maatgevende omstandigheden in hun eentje meer dan 1000 slachtoffers kunnen opleveren. Deze liggen alle rond Rotterdam, aan de zuidzijde van Centraal Holland en op IJsselmonde. Ook de Krimpenerwaard en Alblasserwaard kennen grote aantallen slachtoffers in geval van doorbraak. Het gaat hier dus om dezelfde locaties als in de vorige paragraaf geïdentificeerd; maar nu worden ze geselecteerd op grond van de verwachte aantallen slachtoffers, los van de doorbraakkans.

Bij 78 trajecten kunnen er tussen 100 en 1000 slachtoffers vallen.





## 6 Hoe kan het groepsrisico worden verkleind?

### 6.1 Mogelijke maatregelen en consequenties

Het groepsrisico kan worden verkleind door hetzij de kans op dijkdoorbraken, hetzij de gevolgen ervan – in termen van het aantal dodelijke slachtoffers – te verkleinen. Over de consequenties voor economische schade en schaderisico's gaat het hier dus niet.

Kansverkleining zal in principe leiden tot het naar beneden verschuiven/'indeuken' van de FN-curve: kleinere kansen, met dezelfde aantallen slachtoffers. Het voorkomen van slachtoffers door gevolgbeperking, in het bijzonder rampenbeheersing, zal de FN-curve naar links doen verschuiven of 'indeuken': minder slachtoffers bij dezelfde kansen.

In dit rapport worden maatregelen verkend van beide typen: gevolgbeperkende en kansverkleinende; maar ook hybrides, die zowel in kleinere kansen uitmonden als – op indirecte wijze – tot minder slachtoffers leiden. We bespreken achtereenvolgens:

- Betere rampenbeheersing, eventueel door aangepaste inrichting
- Gevolgbeperking door extra infrastructuur (compartimentering), e.d.
- Hogere eisen aan bestaande waterkeringen

### 6.2 Gevolgbeperking door inrichting / rampenbeheersing

Rampenbeheersing beoogt vlak voor en tijdens een (dreigende) overstroming mensen uit het gebied te evacueren, het vluchten te begeleiden en achterblijvers te redden. Tevens wordt vaak geprobeerd het verloop van de gebeurtenissen te beïnvloeden met zandzakken, noodreparaties, etc., maar daar gaat het hier nadrukkelijk niet over.

De slachtoffermodellering die in Nederland wordt gebruikt (HIS-SSM), gaat uit van het aantal aanwezigen in het overstromde gebied vanaf het moment dat de waterkering bezwijkt. Om dit aantal vast te stellen wordt uitgegaan van het aantal inwoners, gereduceerd met het aantal mensen dat voor dat moment kan worden geëvacueerd. Het deel van de inwoners dat – naar men aanneemt – kan evacueren wordt aangeduid met de zogenaamde evacuatiefractie (Beckers & De Bruijn, 2011; Maaskant *et al.*, 2013). De opvattingen over welke fractie hiervoor aan te nemen – afhankelijk van de eigenschappen van een gebied – lopen nogal uiteen; en ze kunnen niet tot nauwelijks worden gevalideerd bij gebrek aan 'ervaringskennis' in vergelijkbare omstandigheden.

Voor deze verkenning wordt gekeken naar de mogelijkheden van drie soorten 'evacuatie' (vrij naar Kolen, 2013), namelijk:

- Verbeteren van de preventieve horizontale evacuatie, het gebied uit<sup>9</sup>;
- Het zoeken van hooggelegen veilige plekken binnen het getroffen gebied, door Kolen (2013) 'verticale evacuatie' genoemd;
- 'Acute evacuatie', het verlaten van het gebied na het bezwijken van de dijk, maar alvorens het water ter plaatse arriveert.

<sup>9</sup> Evacuatie betekent letterlijk het gebied leeg ('vacuum') maken, door het gebied uit ('ex') te gaan

Hier zijn dus drie vormen van 'evacuatie' benoemd, die zich onderscheiden van 'redden' doordat ze plaatsvinden voordat blootstelling plaatsvindt, dus alvorens het water ter plaatse arriveert. Dat is voor Kolen (2013) aanleiding ze tot evacuatie te rekenen, waar anderen het 'vluchten' of 'een goed heenkomen zoeken' zouden noemen, en het bij de modellering als hetzij 'tijdsafhankelijke vluchtfractie' toevoegen, hetzij het in de 'mortaliteitsfractie' verdisconteren (zie De Bruijn & Slager, 2013).

### 6.2.1 Verbeteren van de preventieve horizontale evacuatie

Door Terpstra en Kolen (2012) is gekeken naar de mogelijkheden om de preventieve evacuatie verbeteren. Hierbij is onder meer<sup>10</sup> gekeken naar de volgende maatregelen:

- Het structureel vergroten van de wegcapaciteit met 5% respectievelijk 20%.
- Beter plannen. Bij aannames over de evacuatiefractie kan onderscheid worden gemaakt tussen goede, gemiddelde en slechte uitvoering van evacuatieplannen. In EvacuAid (Kolen *et al.*, 2012) kan hiermee worden gevarieerd, zodat het verwachte effect van maatregelen kan worden berekend. Zo wordt vaak eerst gerekend met een *default*verhouding van 0,2: 0,6: 0,2. In het meest gunstige geval is de verdeling bijvoorbeeld 0,6: 0,3: 0,1 en wordt tevens aangenomen dat er meer mensen in een auto zitten dan gebruikelijk (onderlinge hulpverlening).
- Het vergroten van de beschikbare tijd voor evacuatie door sneller te beslissen (en beter voorspellen). Er is uitgegaan van een dag langer beschikbare tijd voor de evacuatie.

Uit deze studie (zie Tabel 6.1) bleek dat het evacuatiepercentage kan worden vergroot maar dat de winst beperkt is.

Het vergroten van de wegcapaciteit met 20% bleek het evacuatiepercentage ten hoogste met 15% te vergroten in het rivierengebied (aan de kust is het nog minder). Het aantal achterblijvers in het rivierengebied, waar het effect het grootst is, wordt hierdoor gehalveerd waardoor ook het aantal slachtoffers half zo groot is. De kosten voor structurele aanpassing van het wegennet zijn echter zeer hoog (vergelijkbaar met die voor het HWBP). Investeren in bredere wegen<sup>11</sup> voor risicoreductie is daarom niet doelmatig.

Met name eerder beslissen in combinatie met betere plannen bleek effectief, het effect is aan de kust groter (het evacuatiepercentage stijgt met maximaal 30% ten opzichte van de referentie) dan in het rivierengebied (een stijging met maximaal 20%). Het aantal slachtoffers zal hierdoor in het rivierengebied gemiddeld meer dan halveren; in het kustgebied is het effect kleiner.

---

<sup>10</sup> *Er is ook nog verkend of meer hulpverleners zou kunnen bijdragen, maar omdat het effect daarvan verwaarloosbaar is terwijl de kosten voor het structureel verdubbelen van het aantal hulpverleners een grote kostenpost zou betekenen – terwijl deze mensen zelden nodig zijn – is dit verder niet uitgewerkt.*

<sup>11</sup> *Het alleen veranderen van de rijrichting op snelwegen, zoals in New Orleans succesvol toegepast, is niet onderzocht.*

Tabel 6.1 Evacuatiepercentage in de referentie en bij verschillende verbeteringen van de preventieve evacuatie

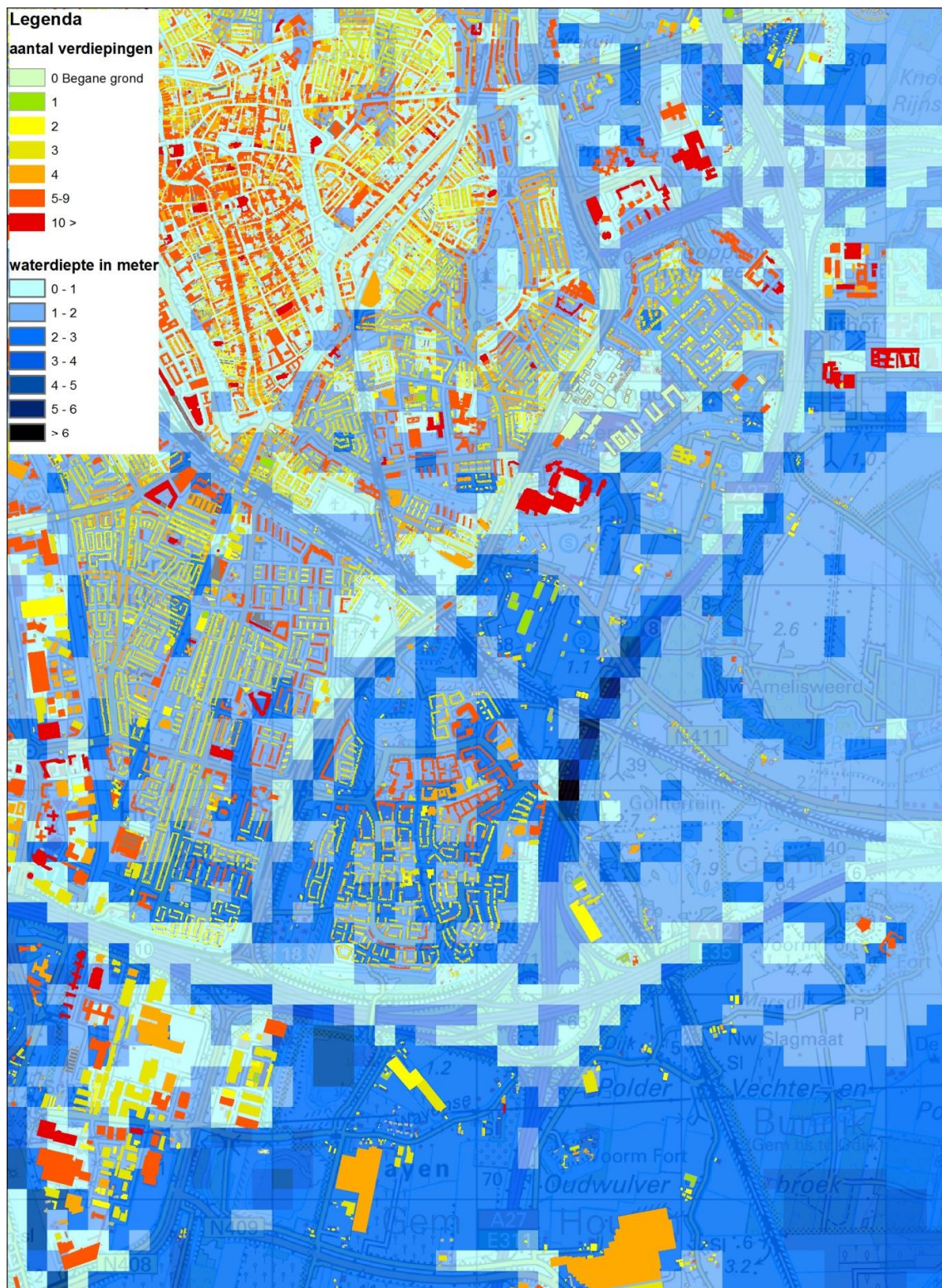
|  | Referentie | 5% meer weg-capaciteit | 20% meer weg-capaciteit | Beter plannen | Meer tijd & maximaal effect beter plannen |
|--|------------|------------------------|-------------------------|---------------|---|
| Maas                                   | 68%        | 72%                    | 82%                     | 75%           | 85%                                       |
| Rijn                                   | 73%        | 77%                    | 88%                     | 78%           | 84%                                       |
| Benedenrivierengebied (rivierdreiging) | 73%        | 77%                    | 88%                     | 78%           | 84%                                       |
| Benedenrivierengebied (zeedreiging)    | 4%         | 4%                     | 5%                      | 5%            | 16%                                       |
| IJsselmeergebied                       | 51%        | 53%                    | 61%                     | 57%           | 68%                                       |
| Noordkust                              | 37%        | 39%                    | 45%                     | 46%           | 62%                                       |
| Westkust                               | 12%        | 13%                    | 15%                     | 16%           | 35%                                       |
| Zeeuwse en Zuid-Hollandse eilanden     | 26%        | 27%                    | 31%                     | 32%           | 61%                                       |
| Zeeuws Vlaanderen                      | 30%        | 32%                    | 37%                     | 34%           | 63%                                       |

### 6.2.2 Preventieve 'verticale evacuatie' als aanvulling op horizontale evacuatie

Recent onderzoek (Kolen, 2013) heeft laten zien dat in sommige situaties verticaal evacueren kan leiden tot minder slachtoffers dan 'minder geslaagde pogingen' tot evacuatie het gebied uit. Dat blijkt uit verkenningen met het model EvacuAid (Kolen *et al.*, 2012), waarmee de effectiviteit van horizontaal en verticaal evacueren kan worden gekwantificeerd.

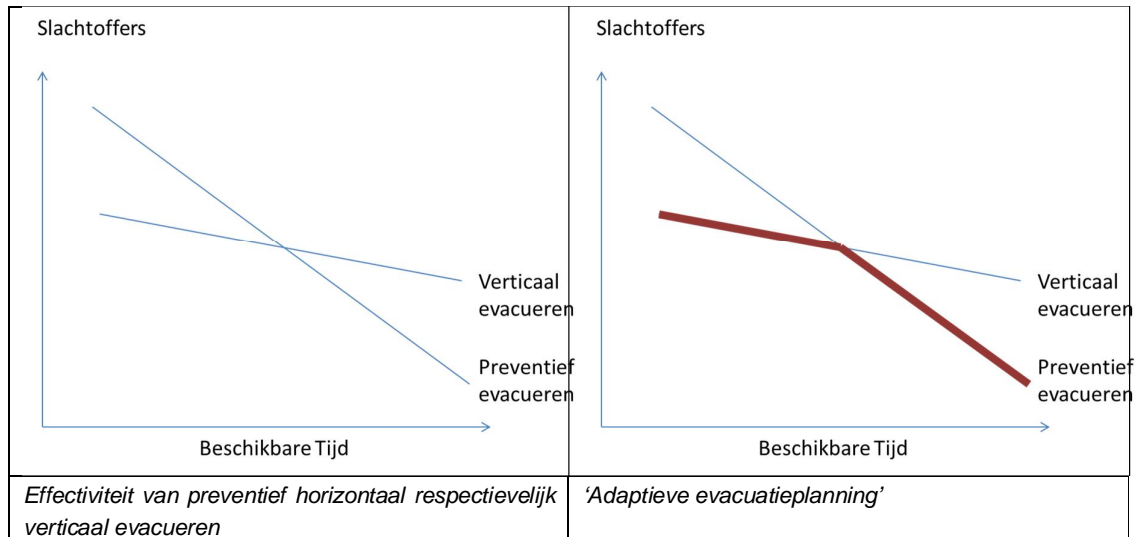
Verticaal evacueren is in veel gevallen te verkiezen als er weinig tijd is voor de evacuatie (Figuur 6.2). Maar wanneer en waar verticaal evacueren te verkiezen is boven horizontaal evacueren hangt af van de kenmerken van een gebied. Relevante factoren daarbij zijn het aantal inwoners, de wegcapaciteit, de aankomsttijden, stijgsnelheden en waterdieptes, en de aanwezigheid/nabijheid van vluchtplekken en/of hoogbouw.

Zo wordt geschat dat in de stad Utrecht – met veel hoogbouw – een reductie van het aantal slachtoffers met bijna 30% mogelijk is (ten opzichte van alleen horizontale evacuatie) als wordt ingezet op vluchten naar gebouwen met 5 bouwlagen of meer; met een gedetailleerder waterdieptebestand en een veel gedetailleerde woningbestand (Figuur 6.1), kan naar schatting wel een reductie van het aantal slachtoffers met meer dan de helft worden bereikt.



Figuur 6.1 Ligging van gestapelde bouw (aantal lagen) ten opzichte van de verwachte overstroomingsdiepte voor zuidoost Utrecht. (Bronkaart voor de bebouwing: OHN)

Als kan worden ingespeeld op de actuele dreiging en dan de meest effectieve keuze kan worden gemaakt gegeven de situatie en verwachting, kan men spreken van 'handelen naar bevind van zaken' of 'adaptieve evacuatieplanning' in de woorden van Kolen (2013). Dit behelst dat gegeven de omstandigheden de meest effectieve strategie worden gekozen: bij weinig tijd: 'Zoek het hogerop'; bij voldoende tijd" 'Verlaat het gebied' (zie Figuur 6.2).



Figuur 6.2 Effectiviteit van horizontaal ('preventief') respectievelijk verticaal evacueren (EvacuAid) en 'adaptieve evacuatieplanning' (= naar gelang de omstandigheden) (naar Kolen, 2013).

Kolen (2013) concludeert dat het niet onverstandig is om – zolang er onzekerheid is over de feitelijke toestand – voor heel Nederland in eerste instantie te adviseren in te zetten op verticaal evacueren, of concreter: 'Ga niet de weg op!'. Als er toch voldoende tijd blijkt te zijn kan de overheid, voor delen van het bedreigd gebied, alsnog besluiten tot volledige evacuatie. Dit zullen ze alleen doen mits het vrijwel zeker is dat mensen ook tijdig weg kunnen komen en het georganiseerd kan worden.

Voor drie dijkringen is met behulp van EvacuAid verkend hoe deze verschillende vormen van evacuatie uitpakken: beter of slechter?. Dit is gedaan voor de dijkringen 6 (Friesland en Groningen), 14 (Centraal Holland) en 43 (Betuwe, Tieler- en Culemborgerwaarden). Dijkkring 6 is aan de buitenzijde enigszins gecompartmenteerd, relatief dun bevolkt en grenst aan hoge gronden. Dijkkring 14 kent hogere delen ('bovenlanden'), maar ook diepe droogmakerijen, en is dichtbevolkt; de bedreiging komt vaak vanuit zee. Dijkkring 43 wordt bedreigd vanuit de rivieren, zodat hoogwater dagen van tevoren te voorspellen is. De dijkkring zelf is langgerekt, enigszins gecompartmenteerd en hellend.

Bij de analyses is gevarieerd van zeer goed georganiseerde uitvoering van de evacuatie ( $k=1$ ) tot zeer chaotische uitvoering ( $k=5$ ). Bij een waarde van  $k=3$  is de uitvoering gemiddeld. Voor dijkringen 6 en 14 wordt opgemerkt dat er de dag voor de dijkdoorbraak geen mogelijkheid is tot evacuatie vanwege de (zeer) zware storm.

Door het combineren van de kansverdeling van de beschikbare tijd en het aantal slachtoffers als functie van de tijd kan inzicht worden verkregen in het verwachte aantal slachtoffers bij 'horizontaal evacueren', 'verticaal evacueren' en 'adaptief evacueren' (Tabel 6.2 en Tabel

6.3). Hierbij is aangenomen dat het aantal slachtoffers bij een onverwachte gebeurtenis gelijk is aan het aantal slachtoffers bij 1 dag beschikbare tijd voor preventief evacueren.

Tabel 6.2 Verwachtingswaarde van het aantal slachtoffers bij een overstroming bij verschillende evacuatiestrategie en met verschillende mate van 'georganiseerdheid' van de evacuatie (k = 1: zeer goed verloop, k= 5: chaotisch verloop)

| dijkkring | Horizontaal |     |     | Verticaal |     |     | Adaptief |     |     |
|-----------|-------------|-----|-----|-----------|-----|-----|----------|-----|-----|
|           | 14          | 6   | 43  | 14        | 6   | 43  | 14       | 6   | 43  |
| k         |             |     |     |           |     |     |          |     |     |
| 1         | 1554        | 189 | 111 | 745       | 163 | 277 | 742      | 146 | 111 |
| 2         | 1610        | 221 | 142 | 762       | 163 | 279 | 762      | 153 | 142 |
| 3         | 1667        | 250 | 180 | 784       | 168 | 279 | 784      | 165 | 180 |
| 4         | 1734        | 276 | 252 | 807       | 168 | 281 | 807      | 167 | 230 |
| 5         | 1791        | 306 | 329 | 832       | 175 | 290 | 832      | 175 | 276 |

Tabel 6.3 Relatief verschil in aantal slachtoffers ten opzichte van horizontaal evacueren (negatieve waarden betekenen minder slachtoffers)

| dijkkring |  | Verticaal |      |       | Adaptief |      |      |
|-----------|--|-----------|------|-------|----------|------|------|
|           |  | 14        | 6    | 43    | 14       | 6    | 43   |
| k         |  |           |      |       |          |      |      |
| 1         |  | -52%      | -14% | +150% | -52%     | -23% | 0%   |
| 2         |  | -53%      | -26% | +96%  | -53%     | -31% | 0%   |
| 3         |  | -53%      | -33% | +55%  | -53%     | -34% | 0%   |
| 4         |  | -53%      | -39% | +12%  | -53%     | -40% | -9%  |
| 5         |  | -54%      | -43% | -12%  | -54%     | -43% | -16% |

De tabellen laten zien dat wat gemiddeld voor Nederland de meest voor de hand liggende keuze lijkt, in een specifieke situatie niet verstandig hoeft te zijn. Zo blijkt uit Tabel 6.3 dat 'verticaal evacueren' in de kustdijkeringen 6 en 14 de verwachtingswaarde van slachtoffers bij een overstroming kan verminderen in vergelijking met horizontaal; in dijkkring 43 in het rivierengebied is het tegendeel echter waar. Daar is het gebied verlaten vrijwel altijd veel gunstiger. 'Adaptief evacueren' scoort in alle gevallen (iets) beter, omdat dat steeds de beste keuze maken inhoudt.

Voor dijkkring 14 leidt 'verticaal evacueren' grofweg tot een halvering van het aantal slachtoffers ten opzichte van horizontale evacuatie. Maar eerder is al vastgesteld dat de bijdrage van de kust aan de FN-curve beperkt is, zodat dit voor het landelijk beeld niet betekent.

In het rivierengebied leidt verticaal evacueren alleen in situaties met weinig tijd en ongunstige uitvoering tot minder slachtoffers dan preventief evacueren. Maar omdat uit de analyse met het groepsrisicotool blijkt dat juist onverwachte dijkdoorbraken de grootste aantallen

slachtoffers veroorzaken kan het ook hier zinvol zijn om bij tekort tijd voor ‘ga niet de weg op’ te kiezen. In dergelijke situaties kan het aantal slachtoffers naar verwachting met maximaal een factor 2 worden gereduceerd.

### 6.2.3 ‘Acute’ evacuatie

Ook na een dijkdoorbraak kunnen nog veel mensen het gebied verlaten – al dan niet begeleid. Tot nu toe is hieraan bij de slachtofferanalyses geen expliciete aandacht besteed: alles is verdisconteerd in aannames betreffende de mortaliteit. De ratio daarachter is dat er onvoldoende kennis en gegevens zijn om dit op een valide manier allemaal uiteen te rafelen.

Recentelijk zijn gevoeligheidsanalyses gedaan naar de invloed van onder andere aankomsttijd op het aantal slachtoffers op verschillende afstanden tot de bres (De Bruijn & Slager, 2013). Die invloed blijkt groot, maar onderscheid maken tussen zelfredzame burgers versus begeleid vluchten is daarbij niet gemaakt; noch lijkt dit onderbouwd te maken. We zien hier dan ook af van een beschouwing, die noodgedwongen toch slechts kwalitatief van aard zou moeten blijven.

### 6.2.4 Over de rol van communicatie bij evacuatie

In relatie tot evacueren kan communicatie bijdragen aan sneller beslissen en aan een beter verloop van de uitvoering. Het gaat daarbij om enerzijds crisiscommunicatie binnen de crisisorganisatie, tot en met de hulpdiensten; en anderzijds om communicatie met de burgers en buitenlui van wie een bepaald gedrag wordt verwacht om een ordelijk verloop van de evacuatie tot stand te brengen.

Een goede informatievoorziening kan op drie momenten bijdragen:

1. Onder dagelijkse omstandigheden (*risicocommunicatie*) stimuleert een goede informatievoorziening het risicobewustzijn van mensen zodanig dat zij iets leren over de wijze waarop het risico zich kan manifesteren in hun omgeving, over wat men in verschillende situaties het beste kan doen (handelingsperspectief), en wat men in zo'n geval van overheidsinstanties mag verwachten ('verwachtingenmanagement'). De misvatting dat overstromingen in Nederland niet meer kunnen voorkomen wordt zo genuanceerd.
2. In crisistijd (*crisiscommunicatie*) gaat het om concrete informatie over de dreiging en handelingsperspectieven. Het zenden van informatie leidt vaak tot (nieuwe) vragen bij ontvangers. Goede crisiscommunicatie onderscheidt zich daarom ook doordat de communicatie in twee richtingen plaatsvindt en aansluit bij de beleving en behoeften van de ontvangers. Tijdens recente natuurrampen in het buitenland is duidelijk geworden dat sociale media zoals Twitter en Facebook belangrijke kanalen zijn waarlangs mensen hun vragen stellen of waarlangs anderen die zich buiten het bedreigde gebied bevinden steun betuigen en hulpinitiatieven beginnen. Getroffenen putten kracht uit het idee dat andere mensen met hun situatie begaan zijn.
3. Na de overstroming is – behalve het herstellen van de schade – psychologische zorg van groot belang. Hierbij kan in de communicatie een duidelijk onderscheid worden aangebracht tussen getroffen en niet-getroffen.

Communicatie kan dus helpen om de maatregelen door overheid en burger gericht en dus effectiever te laten zijn, in het bijzonder evacuatie en vluchten, doordat de handelingsperspectieven zijn geschetst.

### 6.2.3 Kosten van maatregelen ter verbetering van de rampenbeheersing

Over de kosten van rampenbeheersing in relatie tot het effect (verbetering van de uitvoering) is weinig bekend. We baseren ons op Kolen & Terpstra (2012), die een inventarisatie hebben gedaan van in het verleden gemaakte kosten ten behoeve van een globale kosten-batenanalyse rond verbeterde evacuatie.

De kosten van structureel meer wegcapaciteit zijn heel hoog. Zo kost 5% extra wegcapaciteit enkele miljarden euro's<sup>12</sup> en 20% extra ruim 10 miljard euro (netto contante waarde). In verhouding tot de te realiseren reductie van het slachtofferrisico is dat een enorm bedrag.

De kosten voor het verbeteren van de plannen, voor oefenen, voor communicatie en voor kennisontwikkeling zijn daarentegen gering; vele malen lager dan de kosten voor fysieke maatregelen (bredere wegen) of extra personeel.

Betere planning voor heel Nederland kost volgens Kolen & Terpstra (2013) tussen 90 en 450 miljoen euro (netto contante waarde). Dit betreft zowel de eenmalige investering, als het onderhouden van het beoogde niveau door oefeningen en updates van plannen.

Investeren in meer personeel kan pas effectief zijn als dat substantieel verschil maakt; 1000 extra manschappen is verwaarloosbaar op bijvoorbeeld de al aanwezige ruim 65.000 agenten en (nu nog) ruim 60.000 mensen die nu bij defensie werken. Een extra 10 fte in een veiligheidsregio kost veel meer dan alleen betere organisatie van de rampenbeheersing.

Met andere woorden: investeren in kwaliteit is veel goedkoper en kosteneffectiever dan investeren in kwantiteit.

## 6.3 Gevolgbeperking door extra waterkeringen (compartimentering e.d.)?

Met extra waterkeringen (compartimentering) kan de omvang van het gebied dat onderloopt worden verkleind. Als zo dichtbevolkte gedeelten van een dijkkringgebied kunnen worden afgezonderd van een veel minder dichtbevolkte 'rest', kan dat fors schelen in het aantal getroffen en het aantal slachtoffers. Zo'n situatie doet zich voor in Zwolle (noordpunt van dijkkring 53), of Gorinchem (uiterste westpunt van de Betuwe (dijkkring 43)).

Maar niet alleen het volledig splitsen van dijkringen kan tot minder slachtoffers leiden, ook het vertragen van de uitbreiding van de overstroming kan daaraan bijdragen. Bestaande regionale keringen en overige droge infrastructuur kunnen het water zolang ophouden (zie Van der Most & Klijn, 2013) dat de inwoners van een dijkkringgebied die wat verder van de bres af wonen nog kunnen vluchten. Met de 'aankomsttijd van het eerste water' wordt nu bij slachtoffermodellering nog geen rekening gehouden, maar het is een gekend relevante factor (zie Van de Pas *et al.*, 2012). Eerste verkenningen van De Bruijn & Slager (2013) wijzen uit dat de aankomsttijd in langgerekte dijkringen fors kan uitmaken in het aantal slachtoffers van een dijkdoorbraak; zulke situaties doen zich voor in de Betuwe (Dijkkring 43), Kromme Rijn (DR 44), Gelderse Vallei (DR 45) of langs de IJssel (DR 52 en 53). Het ligt niet voor de hand dat er slachtoffers vallen in Amsterdam als de dijk bij Amerongen is doorgebroken.

<sup>12</sup> Uitgaande van aanlegkosten van extra rijbanen door landelijk gebied waarbij de grond al in eigendom is.



Het doelbewust vertragen van de uitbreiding van overstromingswater kan worden bevorderd door bij onderhoud aan regionale waterkeringen deze steeds iets sterker en hoger te maken: 'met de zee mee te groeien' als het ware. In hoeverre met nieuwe of verbeterde regionale keringen nog invloed kan worden uitgeoefend op het groepsrisico is in deze studie echter niet verder verkend. Dat vergt het doen van (vele) extra overstromingssimulaties (met verschillende kadehoogtes) en de mogelijkheid rekening te houden met de aankomsttijd bij het berekenen van het aantal slachtoffers; de methode voor dat laatste is momenteel in ontwikkeling (zie De Bruijn & Slager, 2013).

Tenslotte wordt opgemerkt dat er natuurlijk een nauwe relatie is met het onderwerp dat in de vorige paragraaf is besproken, namelijk evacuatieverbetering. Wat daar 'acute evacuatie' werd genoemd kan natuurlijk veel baat hebben bij vertraging en of geleiding van het verloop van de overstroming.

#### 6.4 Hogere eisen aan bestaande waterkeringen

Bij hogere eisen aan bestaande infrastructuur kunnen we denken aan strengere beschermingsnormen voor conventionele dijken, of aan 'praktisch doorbraakvrije' dijken. Dat zijn dijken die functioneel gedefinieerd zijn als 'dijken die keren tot de kruin en ook bij grote hoeveelheden overslag en/of overloop niet bezwijken'. Zulke dijken hoeven niet zo hoog te zijn – omdat het overslagdebiet niet kritisch is – maar ze moeten wel heel sterk zijn, want er mag geen bres in ontstaan. Als er geen bres in ontstaat, loopt het water langzaam in, in plaats van met veel geweld. Dat betekent dat er meer tijd is om het gebied uit te vluchten en een langzamer stijgsnelheid van het water maakt het ook gemakkelijker om een veiliger plaats in een hoog gebouw te zoeken.

De extra vluchttijd kan worden 'vertaald' in een kleinere mortaliteit, en hetzelfde geldt voor de langzamere stijgsnelheid. Eerder onderzoek in twee casussen (Stijnen, 2008; Silva & Van Velzen, 2008) wees op reducties van het aantal slachtoffers met 94 – 100%. Dat was voor Klijn *et al.* (2010) aanleiding een reductie van 90 % als redelijke schatting van het reducerend effect aan te nemen indien gehele dijkringen van praktisch doorbraakvrije dijken werden voorzien. Als het slechts plaatselijk was, werd met 50% gerekend. In de onderhavige studie worden slachtofferaantallen per breslocatie als uitgangspunt gebruikt, evenals conditionele kansen per breslocatie. Dan lijkt 80% reductie van het slachtofferaantal een redelijke – conservatieve – aanname.

De kosten om dijken 'praktisch doorbraakvrij' te maken zijn lastig te schatten, ten eerste omdat ze verschillen van plek tot plek (net als conventionele dijken) en het tevens van plek tot plek verschilt welk faalmechanisme onder controle moet worden gebracht (zie tekstkader hierna).

## ‘Doorbraakvrije dijken’: bestaat dat wel en zijn ze technisch maakbaar?

(door Mark Klein Breteler, Han Knoeff, Frans Hamer & Frans Klijn)

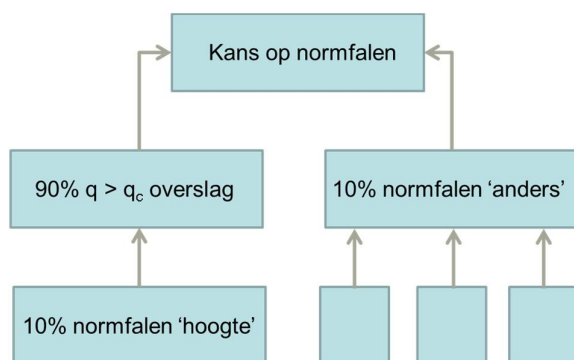
### Inleiding

Principieel kan worden gesteld dat 100% doorbraakvrij niet bestaat; alles kan stuk. Maar in de praktijk zien we dat zomerkades (van grond) en havendammen (van beton) bij enorme overslag- of overloophoeveelheden probleemloos blijven staan. Die zijn dus doorbraakvrij in de praktijk. Daarom spreken we bij voorkeur van praktisch doorbraakvrij, of we gebruiken aanhalingstekens.

Om dijken ‘doorbraakvrij’ te maken moeten we alle mechanismen die leiden tot het bezwijken van dijken voor een voldoende lange tijd onder controle krijgen. Een voldoende lange tijd, omdat water nu eenmaal geen maanden of weken over de dijk zal stromen, maar meestal maar een paar uur tot maximaal enkele dagen. Als na overslag of overloop er enige schade aan de dijk(bekleding) is ontstaan kan dat gerepareerd worden, zeker als dat maar eens in de paar honderd jaar optreedt. Als de dijk maar niet bezwijkt.

Dijken worden standaard ontworpen volgens de Leidraden van de TAW/ENW voor kust- en rivierdijken. Daarbij was altijd het uitgangspunt dat de dijk met 90% zekerheid het water tot de maatgevende omstandigheden moet kunnen keren. Dat laat 10% kansruimte dat de dijk ‘faalt’ door overslag/overloop bij beneden-maatgevende omstandigheden. Daarbovenop komt nog een kans op falen door andere faalmechanismen dan overloop en overslag: piping, onvoldoende macrostabiliteit (slumping, sliding), aantasting van de bekleding en erosie van het buitentalud, etc. (Knoeff & Ellen, 2011). Die kans zou volgens de Leidraden ook ongeveer 10% van de kans op het optreden van maatgevende omstandigheden mogen zijn.

Helaas blijkt uit recent onderzoek, onder andere door VNK, dat veel dijken niet aan deze ontwerpeisen voldoen, en dat de kans op falen veel groter is dan de kans op maatgevende waterstanden (VNK, 2011). En dat die kans op falen er al is bij omstandigheden (ver) beneden de maatgevende. Samen met het ‘lengte-effect’ betekent dat voor veel dijkeringen een grotere kans dat de dijk *ergens* ‘faalt’, dan dat de maatgevende omstandigheden worden bereikt.



Nu is falen nog geen bezwijken, want in de kansberekening is sprake van ‘normfalen’. Dat betekent dat elementen van de waterkering waar normen aan gesteld zijn, niet aan die normen voldoen. Zo kan de grasmat stuk gaan, de steenbekleding los komen te liggen, of het overslagvolume groter zijn dan volgens de norm is toegestaan (bij rivierdijken 1 liter per strekkende meter per seconde). Bij ‘normfalen’ hoeft de dijk echter nog niet te bezwijken. Want dijken hebben ook reststerkte. Die maakt dat het echte *bezwijken* soms pas (veel) later optreedt, of in het geheel niet. Dan spreken we van een ‘taai faalgedrag’ of een ‘taai dijk’. Als het bezwijken niet gebeurt tijdens het hoogwater, zou je kunnen zeggen dat de dijk doorbraakvrij is gebleken.

### Hoe kun je een dijk 'doorbraakvrij' maken?

Om een dijk praktisch doorbraakvrij te maken moeten de faalmechanismen die tot bresvorming bij hoogwater kunnen leiden onder controle gebracht worden. Dan gaat het hoofdzakelijk om bezwijken door terugschrijdende *erosie* van het binnentalud bij overslag of overlopen, om structureel bezwijken door *macro-instabiliteit*, of door *onderloopsheid* (piping). Voor al deze faalmechanismen geldt dat ze ten eerste niet altijd tot bezwijken en bresvorming leiden (denk aan een afschuiving waarbij een deel van de dijk behouden blijft of piping waarbij de dijk slechts een half metertje zakt), en ten tweede dat ze beheerst kunnen worden met grond of met constructies.



**Erosie** door overslag kan worden beperkt door de **hellingshoek** van het binnentalud te verkleinen. In Duitsland worden wel hellingshoeken van 1:8 aangehouden, langs de kust overigens ook voor het buitentalud (golfaanval), dat dan niet met steen hoeft te worden bekleed maar groen kan blijven. Mogelijk is een talud van 1:5 voldoende om de kans op bezwijken door erosie al heel klein te maken, maar dat hangt ook af van het verval over de dijk, de bekleding en het materiaal..



Flauwe hellingen vragen natuurlijk veel ruimte. In plaats daarvan kan ook veel worden bereikt door het **voorkomen van scherpe overgangen** van vlak naar steil naar vlak. Uit recente overslagproeven met rivierdijken is gebleken dat erosie eigenlijk alleen optreedt bij de knik aan de dijkteen; en het is bekend dat ook de knik aan de bovenzijde problemen kan opleveren. Door de overgang van kruin naar binnentalud af te ronden en van talud naar maaiveld kan een steilere dijk worden gerealiseerd, met een kleinere voetafdruk. Zie figuur. Dergelijke 'onduidelijke' vormen worden vanuit landschapsarchitectonisch oogpunt vaak minder gewaardeerd.



Waar deze 'oplossingsrichtingen' de erosiviteit van het water beperken, kan ook de erodibiliteit van de dijk zelf worden beïnvloed. Dat kan door een **dikkere kleilaag** toe te passen, of een **bekleding** van het binnentalud, die met grond kan worden afgedekt om toch een groene dijk te krijgen. Er zijn kunststof rasters waarin gras kan groeien en die dan vrijwel onzichtbaar zijn. Uit overslagproeven blijkt dat zeedijken met dergelijke bescherming probleemloos een overslagdebit van 100 l/m/s doorstaan. Maar ook kan op enige diepte een steenbekleding worden aangebracht. Dat zijn duurdere oplossingen dan een dikkere kleilaag. Bij een dikke kleilaag moet vooral worden opgepast dat een weg op de dijk dan niet zo onzorgvuldig in een zandcunet wordt gelegd, dat het beoogde effect weer teniet gedaan wordt.

De **macrostabiliteit** van de dijk wordt bepaald door de interne sterkte en de verbinding met de 'fundering': de ondergrond. Met een **brede dijk, met flauwe taluds** is de interne sterkte gemakkelijk voldoende groot te krijgen. Maar vaak wordt gekozen voor stabilisatie met behulp van een zware berm; die geeft tegendruk en voorkomt afschuiving.

De hechting van de dijk aan de fundering kan ook met grond worden gewaarborgd, maar daarvoor zijn ook diverse innovatieve technieken (dijkdeuvels e.d.) bedacht. En de ondergrond moet zelf natuurlijk ook voldoende sterk zijn, hetgeen vooral in veengebieden vaak een zorgpunt is; daar kan de ondergrond zo zwak zijn dat de dijk in z'n geheel verschuift. Dat kan worden voorkomen door zo'n slappe ondergrond deels te vervangen door iets zwaarders: zand en/of klei; of door er een zware berm tegenaan te leggen.

Tenslotte kan verschuiving met een **damwand** worden voorkomen. Meestal is sprake van gekromde glijvlakken die tot in de ondergrond reiken ('slumping'), zodat een damwand aan de teen van de dijk dit faalmechanisme afdoende kan voorkomen.

Onderloopsheid door grondwaterstroming onder dijk en het ontstaan van zandmeevoerende wellen vraagt ingrijpen in deze stroming en/of ondergrond. De stroming kan worden beïnvloed door de **intreeweerstand te vergroten** aan de buitendijkse kant, bijv. door een breed voorland met kleidek, of door het inbrengen van een zogenaamde GCL-mat: een sandwich van een bentoniet tussen twee lagen geotextiel (Dorst, 2013). Ook kan de uittreelocatie aan de binnendijkse kant worden verplaatst, door een brede **berm**. Daarmee wordt de kwelweglengte vergoot. Die laatste oplossing wordt in de praktijk vaak toegepast, maar de nieuwste rekenwijzen resulteren in plaatselijk zeer brede bermen (tot > 80 m breed).

In plaats daarvan kan ook de **verplaatsing van zand** worden voorkomen door een geotextiel verticaal in de grond te brengen aan de binnendijkse dijkteen. Daarmee wordt momenteel geëxperimenteerd door Waterschap Rivierenland.

Ook kan een **kwelscherm** worden gemaakt van bentoniet of met een damwand. Daarmee wordt zowel de stroming vertraagd (door 'kwelwegverlenging') als de verplaatsing van zand voorkomen.

Met een damwand aan de voet van de dijk kan dus zowel de macro-instabiliteit als onderloopsheid worden voorkomen. Zou men er ook de erosie bij overloop mee willen voorkomen, dan zou de damwand tot de dijk kruin moeten worden verlengd en in de dijk in plaats van aan de teen moeten worden geplaatst. Om het grondmateriaal in de dijk dan werkelijk afdoende op te sluiten, zou een **kistdam** (twee gekoppelde damwanden) dan de voorkeur hebben. Dat is een dure oplossing, die in één keer alle faalmechanismen onder controle brengt en gepaard gaat met de kleinste voetafdruk van de dijk.

#### **Grond of constructies vanuit kosten en landschap bezien**

Allereerst kan worden gesteld: *met geld is alles te maken*. Dat geldt zeker voor 'doorbraakvrije' dijken.

Ten tweede kan worden gesteld: *oplossingen in grond zijn technisch het goedkoopst*. En: *meer volume is goedkoper*, want stelt minder hoge eisen aan de kwaliteit van de gebruikte materialen. Maar oplossingen in grond vragen de meeste ruimte. Soms is die ruimte er niet, of maakt de grote voetafdruk een oplossing in grond alsnog heel duur (door bestaande bebouwing). Dat leert de ervaring met recente dijkversterkingen

langs de Lek in de Alblasserwaard (circa 20 M€/km met veel constructies om alle huizen sparen, 15 M€/km bij deels onteigening en afbraak; mondel. meded. Frans van den Berg, Waterschap Rivierenland). *Dan kan het met constructies altijd smaller.*

De smalste en duurste ‘verborgen’ oplossing is de dubbele damwand (kistdam), die alle faalmechanismen in een keer voorkomt, maar tevens een heel smalle en steile dijk mogelijk maakt. Hoogvliet *et al.* (2013) schatten hiervoor een bedrag van circa 19 M€ per km voor Krimpenerwaard-West. Voor een stedelijke omgeving is ook een L-vormige keermuur denkbaar; die is dan wel beeldbepalend, en komt op bijna 28 M€/km.

Brede bermen vragen om veel ruimte, en worden op veel plaatsen als minder fraai beoordeeld. Als ze de macrostabiliteit moeten vergroten kunnen damwanden of dijkdeuvels worden overwogen: onzichtbaar en effectief. Als ze piping moeten voorkomen zijn er ook ‘onzichtbare’ alternatieven, zoals geotextiel, ingegraven kleidekken in voorland en/of achterland, kwelschermen, of – wederom – een damwand. Een eenzijdig verankerde damwand voor Krimpenerwaard-West wordt door Hoogvliet *et al.* (2013) geraamd op circa 9 M€/km.

Een overslagbestendige dijk vraagt heroverweging van ontwerpprincipes zoals die door landschapsarchitecten tot nu toe werden gebezigd, zoals: een steile bovenkant (gedetailleerde dijk, cf. Yttje Feddes) en scherpe knikken. In plaats daarvan zou ontworpen moeten worden aan geleidelijke overgangen (vooral onderaan). Dan zijn misschien steile middengedeeltes nog mogelijk om de voetafdruk klein te houden. En dat is zeker het geval als grond en constructies worden gecombineerd. Een samenwerking van kundige civiel-ingenieurs met landschapsarchitecten biedt hier mogelijk perspectief.

#### 6.4.1 Kosten van sterkere dijken

Voor een schatting van de kosten van ‘doorbraakvrije’ dijken gaan we in deze verkenning uit van grofstoffelijke schattingen op basis van drie eerdere schattingen en ramingen in de literatuur. Allereerst is dat Silva & van Velzen (2008), die – zonder verhoging – meerkosten van 2– 4 M€/km opgeven indien uitgevoerd in grond, en 7 M€/km als een damwand nodig is.

Knoeff & Ellen (2011) noemen voor ‘deltadijken’ veel hogere bedragen, namelijk gemiddeld 8 M€/km, met een spreiding van 6 M€/km bij IJssel, Maas en IJsselmeer tot 12 M€/km langs de kust indien uitgevoerd in grond. En nog eens ongeveer 75% duurder indien constructief. Daarbij maakt het volgens hen voor de meerkosten niet uit of de gewenste situatie wordt bereikt door het overslagvolume te verkleinen (extra hoogte) of door extra sterkte (overslagbestendig maken), maar ze maken dus eigenlijk een raming voor dijken die een 100 x kleinere faalkans hebben. Dat is niet wat we ons hier voorstellen bij ‘doorbraakvrije dijken’.

Tenslotte geven Hoogvliet *et al.* (2013) kostenramingen voor eveneens een ‘deltadijk’ op een specifieke locatie, namelijk de westzijde van de Krimpenerwaard. Indien uitgevoerd in grond komen ze op meerkosten voor een deltdijk van 70%, die vooral voortkomen uit de aankoop en sloop van panden. Een grondoplossing kost hier dus 1,7 keer zoveel als een conventionele dijk; dat betekent bij een ‘basisprijs’ van 8- 10 M€/km al gauw 14- 17 M€/km, ofwel 5,6- 7 M€/km meer. Voor constructieve oplossingen geven ze de volgende getallen voor totale investeringskosten (door ons afgerond):

- Verankerde damwand: 9 M€/km
- Diepwand: 16 M€/km
- Kistdam: 19 M€/km
- L-vormige keermuur: 28 M€/km

Maar ook Hoogvliet *et al.* maken de dijk niet alleen sterker maar tevens hoger. Daar staat tegenover dat de ervaring met recente conventionele dijkversterkingen in de tegenoverliggende Alblasserwaard ook al gemiddelde kosten van 15 – 20 M€/km liet zien (zie tekstkader hiervoor). Dat betekent dat een kistdam (2 verankerde stalen damwanden) – waarvan we aannemen dat die in ieder geval praktisch doorbraakvrij is – qua kosten slechts 4 M€/km duurder is dan een grotendeels conventionele oplossing in een ‘moeilijk gebied’.

Om een globale indruk van de meerkosten van ‘doorbraakvrije dijken’ op enkele nader te selecteren trajecten te verkrijgen gaan we uit van de volgende uitgangspunten en kentallen:

- We maken de dijk alleen veel sterker en niet hoger: kerend tot de kruin en overslagbestendig;
- We gaan uit van grond als er veel ruimte is om een echt brede dijk te maken; in alle andere gevallen gaan we uit van een kistdam;
- Meerkosten ten opzichte van conventioneel (cf. DP-Veiligheid) zijn dan: 2- 4 M€/km. Dat is de bandbreedte tussen 1) de laagste schatting van Silva & Van Velzen (2009) en 2) het verschil tussen een kistdam en ‘lage’ ervaringskosten (goedkoopste oplossing in de Alblasserwaard);
- Omdat de kostenschatting van DP-Veiligheid ook uitgaan van constructies op lastige locaties gaan we voor het bepalen van meerkosten niet uit van de hoogste schatting van Silva & Van Velzen voor ‘constructieve oplossingen’ in plaats van grond, omdat dat laatste in de praktijk dus vaak al niet kan/gebeurt. We wijzen in dat verband nog op de verwachting van Silva & Van Velzen (2008) dat in de praktijk een kostenreductie zou kunnen worden bereikt van 60-80% door synergie met het nHWBP;;
- De resulterende bandbreedte komt overeen met de bandbreedte die Silva & Van Velzen schatten voor grondoplossingen.

## 7 Perspectief voor beperking maatschappelijke ontwrichting

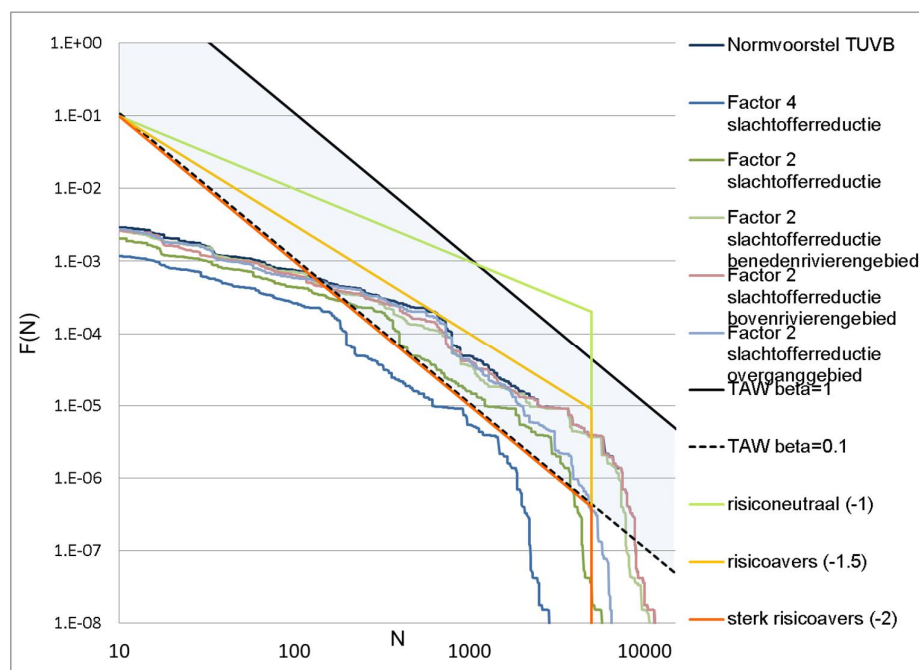
### 7.1 Over dit hoofdstuk

In dit hoofdstuk verkennen we wat de in hoofdstuk 6 genoemde maatregelen kunnen bijdragen aan een verkleining van het groepsrisico. Daartoe berekenen we de effecten van een generieke inzet van individuele maatregelen en/of de implementatie van – nog zeer grofstoffelijke gedefinieerde – alternatieven. We bespreken weer maatregelen uit 'laag 3' en 'laag 1,5' (dijken met gevolgv Kleinend effect). Waar mogelijk wordt ingegaan op de meerkosten van de alternatieven en de implicaties voor schaderisico's.

### 7.2 Extra eisen aan rampenbeheersing om de slachtofferaantallen te reduceren

Met betere crisisbeheersing kunnen mogelijk meer mensen uit het getroffen gebied worden weggehaald of een veilige plek bereiken, zodat het aantal slachtoffers als gevolg van een overstroming kleiner is. In deze paragraaf verkennen we wat de effecten op het groepsrisico zijn van effectievere vormen van evacuatie op basis van de schattingen uit paragraaf 6.2.

Maar alvorens op realistische schattingen van effectievere evacuatie in te gaan, illustreren we het effect van betere evacuatie op de FN-curve aan de hand van een gevoeligheidsanalyse. Daartoe hebben we het effect bepaald van reductie van het aantal slachtoffers – zoals eerder bepaald met de groepsrisicotool voor *alleen het rivierengebied* – met een factor 2 respectievelijk 4 (Figuur 7.1).



Figuur 7.1 Gevoeligheid van de FN-curve voor berekende aantallen slachtoffers: het effect van reductie van het aantal slachtoffers met overall factor 2 of, 4, respectievelijk met factor 2 reductie in deelgebieden

Ter verdere illustratie is de reductie met een factor 2 ook alleen van toepassing verklaard op het benedenrivierengebied, het bovenrivierengebied, respectievelijk het overgangsgebied. Het effect daarvan is eveneens weergegeven in Figuur 7.1.

De figuur illustreert de mogelijke bijdrage van betere rampenbeheersing. Daarbij plaatsen we de volgende kanttekeningen:

- een halvering van het aantal achterblijvers lijkt in het bovenrivierengebied haalbaar, mits eerder tot evacuatie wordt overgegaan en 'met het verloop van de overstroming' wordt meegewerkt (van bres naar verderweg);
- in het overgangs- en benedenrivierengebied kan een forse reductie alleen worden bereikt door een ruimtelijk veel gedifferentieerder aanpak van de evacuatie (gericht beginnen op de meest risicovolle plekken, de rest later of juist helemaal niet) en streng optreden om chaos te voorkomen en velen juist te verbieden de weg op te gaan.

### 7.2.1 Betere preventieve evacuatie het gebied uit

Betere evacuatie het gebied uit heeft, zoals in hoofdstuk 6 is vastgesteld, alleen kans van slagen als er voldoende tijd is. Bij alle plotselinge onverwachte dijkbreuken kan niet goed worden geëvacueerd; het gevaar is juist groot dat men zich dan in de auto bevindt, in plaats van in een veel veiliger omgeving van een huis of hoog gebouw.

Het effect van betere evacuatie het gebied uit is berekend in vergelijking tot een 'referentiesituatie', namelijk de technische uitwerking 1.0 van DP-V (Deltaprogramma Veiligheid, 2013), de referentie die we steeds gebruiken. Daarbij is gebruik gemaakt van de berekeningen met het GroepsrisicoTool (De Bruijn *et al.*, 2013), waarin enkele duizenden gebeurtenissen tot een FN-curve leiden. Van al die gebeurtenissen is vastgesteld of ze bij een plotselinge onvoorziene dijkdoorbraak horen, dan wel bij een voorziene, door bovenmaatgevend hoogwater veroorzaakte doorbraak. Voor die laatste gevallen is de evacuatiefractie aangepast, conform het maximaal haalbare volgens wat in hoofdstuk 6 is gesteld. Voor de relatief onverwachte gebeurtenissen is dat niet gebeurd, omdat verbetering van de preventieve evacuatie dan geen effect heeft.

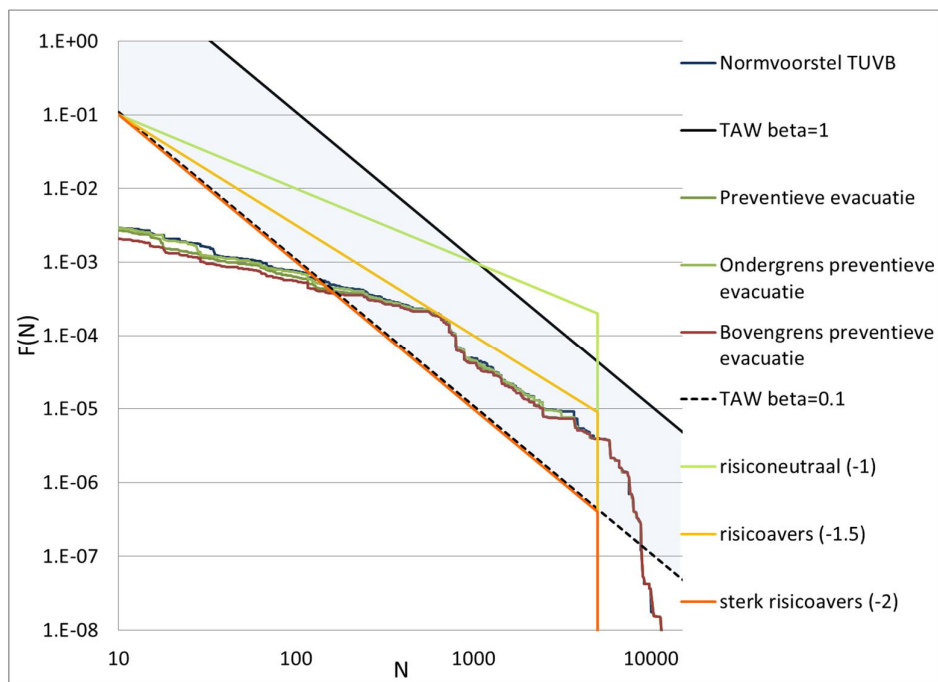
In praktische uitvoering voor deze vingeroefening is het als volgt aangepakt:

- Indien 'gebeurtenis-specifieke' evacuatiefractie hoger dan 0,5, dan halvering van het aantal slachtoffers (groveweg het maximaal haalbare).

Om deze aanname heen is een bandbreedte geconstrueerd, waarbij het aantal slachtoffers niet is gehalveerd, maar gereduceerd tot 20% (bovengrens) respectievelijk 80% (ondergrens). Dit is dus een tamelijk arbitraire bandbreedte, vooral bedoeld om de onzekerheid te illustreren.

Het effect op de FN-curve is getoond in Figuur 7.2. Uit deze figuur blijkt dat de FN-curve nauwelijks verandert in 'de staart', waar vooral plotselinge onvoorziene dijkdoorbraken leiden tot grote aantallen slachtoffers, maar wel enigszins aan de linker-bovenzijde, waar relatief voorspelbare doorbraken de FN-curve bepalen. De twee 'kamelenbulten' worden niet beïnvloed door deze maatregel, hetgeen erop wijst dat het ook op deze punten in de FN-curve om plotselinge onverwachte dijkdoorbraken gaat. Dat betekent dus dat van verbetering van de preventieve evacuatie het gebied uit niet veel mag worden verwacht.





Figuur 7.2 Het effect van betere evacuatie het gebied uit op de FN-curve voor het gehele rivierengebied, in die gevallen waarin nog voldoende tijd beschikbaar is. Bandbreedte aangegeven met ondergrens en bovengrens. Alles in vergelijking met de FN-curve voor het normvoorstel DP-V.

### 7.2.2 Verbeteren van de evacuatie, met inbegrip van 'verticale evacuatie'

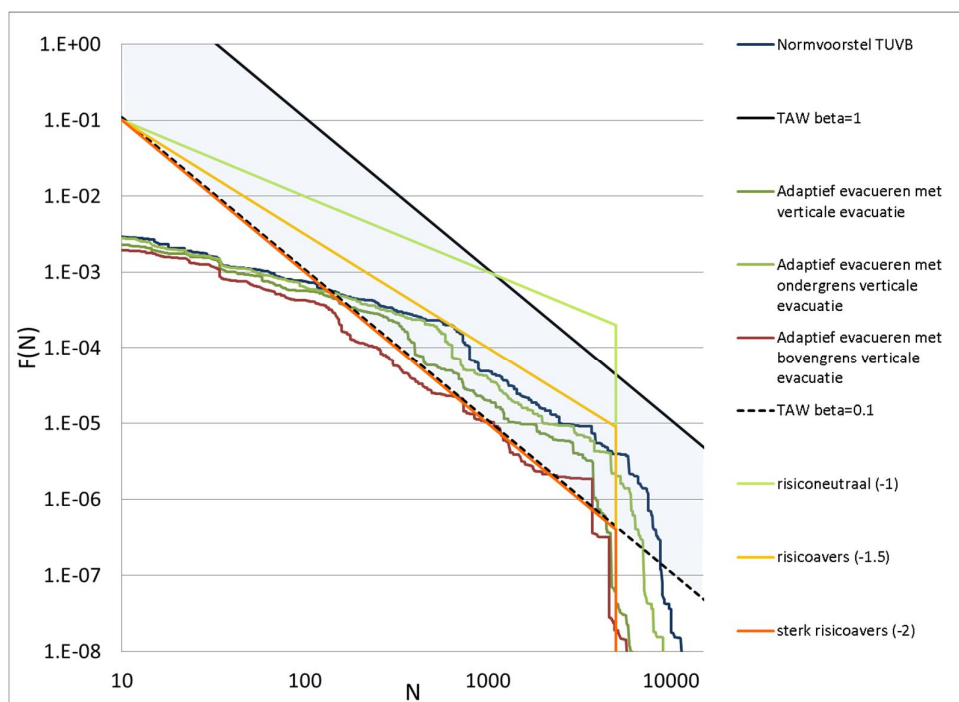
Op vergelijkbare wijze is het effect van 'adaptieve evacuatie' verkend, waarbij voor plotselinge onvoorziene dijkdoorbraken is uitgegaan van 'verticale evacuatie' en bij voorziene, door boven-maatgevend hoogwater veroorzaakte doorbraken die ruim van te voren te voorspellen zijn, van horizontale evacuatie het gebied uit, maar zonder verbeteringen daaraan. Voor de gebeurtenissen waarbij onvoldoende tijd voorhanden is, is dus uitgegaan van halvering van het aantal slachtoffers door adequate verticale evacuatie.

In praktische uitvoering voor deze vingeroefening betekent het:

- Indien evacuatiefractie kleiner dan 0,5, dan wordt verticaal geëvacueerd met eveneens als effect een halvering van het aantal slachtoffers

Ook in dit geval is een bandbreedte geconstrueerd met de tamelijk willekeurige aannames van 20% en 80% minder slachtoffers (Figuur 7.3).

In de figuur zien we dat evacuatie al naar gelang de omstandigheden of 'naar bevind van zaken' een groter effect op de FN-curve heeft dan met alleen verbetering van de horizontale evacuatie kan worden bereikt. Omdat nu ook bij plotselinge onverwachte overstromingen een reductie van het aantal slachtoffers wordt bewerkstelligd, verschuift de hele FN-curve naar links, inclusief de 'kamelenbulten'.



Figuur 7.3 Het effect van 'adaptieve evacuatie' (naar bevind van zaken verticaal of horizontaal) op de FN-curve voor het gehele rivierengebied. Bandbreedte aangegeven met ondergrens en bovengrens. Alles in vergelijking met de FN-curve voor het normvoorstel DP-V.

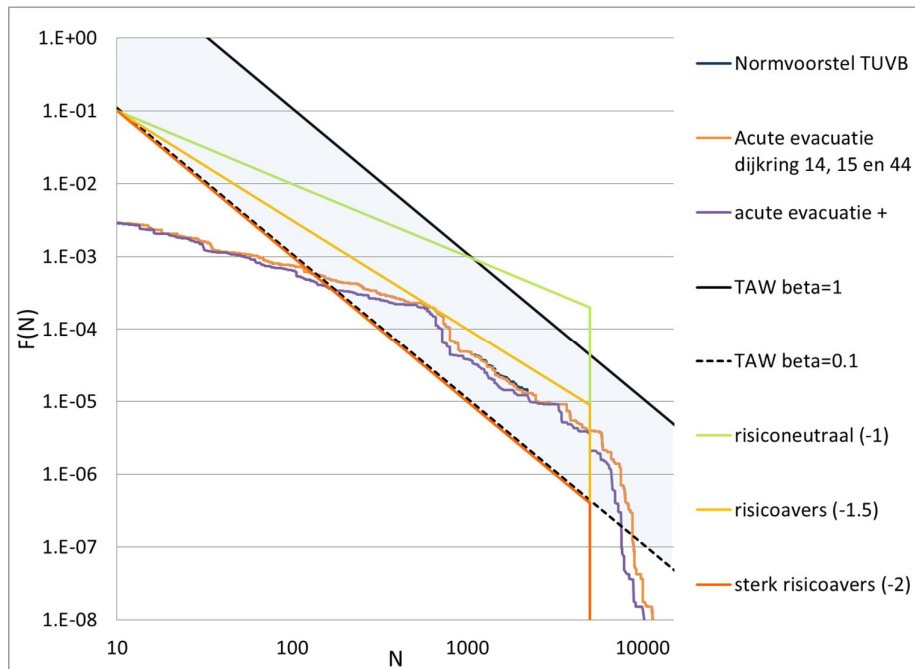
### 7.2.3 'Acute' evacuatie, na bresvorming

Tenslotte is nog bekeken wat evacuatie na bresvorming, of 'begeleid vluchten' – in plaats van ongeordend, – kan betekenen. Dit is gedaan door voor een drietal dijkringen, namelijk dijkringen 15 (met domino-effect naar 14) en 44 aan te nemen dat het aantal slachtoffers door evacuatie na de doorbraak nog kan worden gereduceerd met 80% in alle doorbraakscenario's (Figuur 7.4).

Vervolgens is ook nog berekend wat een reductie van nog eens 10% in alle overige dijkringen extra kan betekenen. Dit is in de figuur aangeduid als 'acute evacuatie +'. De resultaten van beide berekeningen staan in Figuur 7.4. Daaruit blijkt dat het additionele effect van 'acute evacuatie' ten opzichte van de standaard horizontale evacuatie beperkt is.

### 7.2.4 Korte reflectie

Uit het bovenstaande blijkt dat betere rampenbeheersing, en met name beter doordachte (adaptieve) evacuatie, kan leiden tot een verkleining van het groepsrisico. Vooral de juiste vorm van 'evacuatie' kiezen gegeven de omstandigheden kan slachtoffers schelen (zie Figuur 7.3). Daar staat tegenover dat een zo generieke maatregel als betere evacuatie niet de bult(en) uit de FN-curve kan wegnemen, tenzij de evacuatie ruimtelijk veel beter gestuurd wordt, gericht op prioritaire evacuatie van de meest risicovolle plekken (dat wil zeggen: waar veel mensen op een gevaarlijke locatie zitten).



Figuur 7.4 Het effect van 'acute evacuatie' (vluchten) na bresvorming in dijkringen 15-14 en 44 op de FN-curve voor het gehele rivierengebied.

### 7.3 Extra eisen aan waterkeringen

Wat met 'doorbraakvrije dijken' kan worden bereikt is verkend op twee verschillende wijzen:

- allereerst in een vingeroefening met behulp van een spreadsheet, waarmee ook de verkenningen voor het onderzoek naar mogelijke normen voor DP-Veiligheid zijn gedaan, op basis van een indeling in waterkeringstrajecten met bijbehorende gevolgen en kansen, die heel Nederland beslaat.
- Vervolgens met het groepsrisicotool (De Bruijn & Diermanse, 2013), dat nog in ontwikkeling is en waarmee alleen het effect van zulke dijken in het rivierengebied kan worden berekend. Het instrument is gebaseerd op 'fragility curves', die kunnen worden gevarieerd en per faalmechanisme naar believen uitgezet, en er wordt bij het berekenen van de bezwijkkansen rekening gehouden met positieve systeemwerking ('ontlasting').

#### 7.3.1 'Doorbraakvrije dijken' bij risicovolle plekken in Nederland

Met behulp van de simulatieresultaten die ook voor DP-Veiligheid zijn gebruikt is verkend wat het effect is van het doorbraakvrij maken van die dijktrajecten waar – onder de aanname van evacuatie – meer dan 500 respectievelijk meer dan 100 slachtoffers worden verwacht. Deze locaties zijn afgeleid uit Bijlage A.

Omdat het maken van een FN-curve op basis van deze gegevens enigszins discutabel is (er zitten geen situaties met meervoudige bressen in en er wordt geen rekening gehouden met onderlinge afhankelijkheden of systeemwerking), geven we alleen ter indicatie het effect weer in de puntenwolken (cf. paragrafen 2.5 en 5.3). Daarmee is goed te visualiseren wat het

effect is van het reduceren van slachtofferaantallen doordat wordt voorkomen dat er een bres ontstaat, maar wel overloop optreedt. Voor deze vingeroefening is het volgende gedaan/aangenomen:

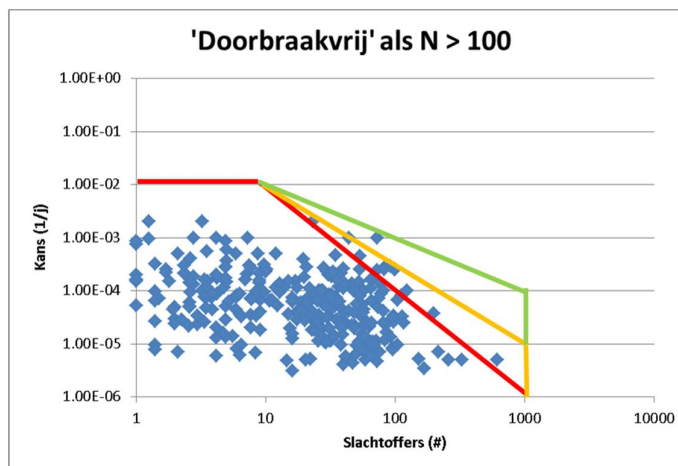
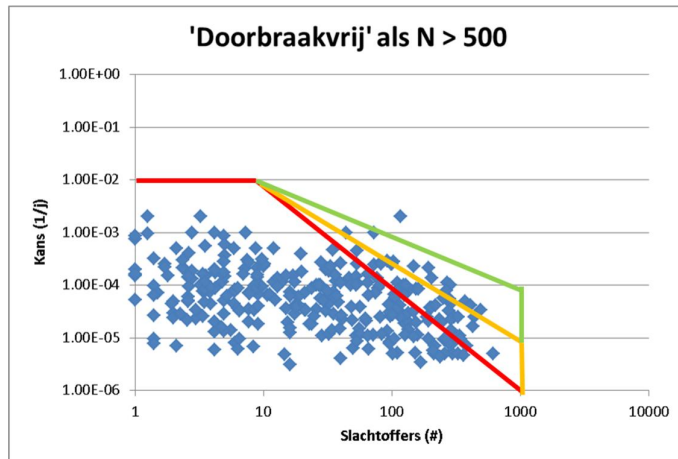
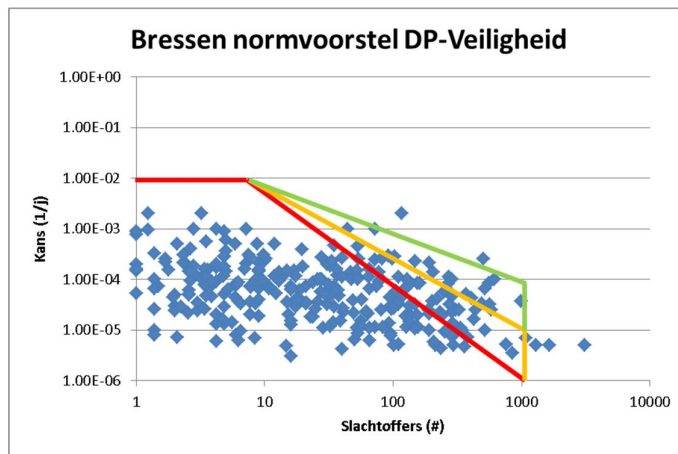
- We gaan uit van het 'normvoorstel van DP-V' (Deltaprogramma Veiligheid, 2013) en gebruiken dat ook als vergelijkingsmateriaal;
- Waar meer dan 500 (respectievelijk 100) slachtoffers worden verwacht, gaan we uit van een 'doorbraakvrije' dijk met een zelfde normhoogte als in het voorstel, maar een 10x kleinere kans op doorbraak (faalkansbegroting 99/1 in plaats van 90/10). Omdat het om relatief korte dijkstrekkings gaat is de kans dat de dijk verderop breekt dan zoveel groter, dat de doorbraakkans van het 'doorbraakvrije' traject door systeemwerking vrijwel verwaarloosbaar is geworden;
- Omdat de overloopkans niet verwaarloosbaar is, is voor de bijbehorende breslocaties het aantal slachtoffers met 80 % gereduceerd, maar de kans van optreden van overloop gelijk verondersteld aan de kans van doorbraak volgens het DP-V 'normvoorstel'. De reductie van het aantal slachtoffers is een 'conservatieve' schatting op basis van eerdere verkenningen (Stijnen, 2008; Silva & Van Velzen, 2008; Klijn *et al.*, 2010) die ruim 90% reductie vonden. De reductie betreft alleen de betreffende breslocatie(s).

De resultaten van deze *vingeroefening* zijn weergegeven in Figuur 7.5, waarin we achtereenvolgens zien hoe de punten met meer dan 500, respectievelijk > 100 slachtoffers naar links schuiven, zonder dat de kansen veranderen. Daardoor komen we bij de eerste stap (> 500) al – op één breslocatie na – onder de groene (minst strenge), maar nog niet onder de oranje (redelijk strenge) oriëntatielijn. Op die plek – waar meer dan 100 slachtoffers kunnen vallen – wordt blijkbaar een vrij grote kans voorgesteld in het 'normvoorstel' van DP-Veiligheid, ondanks het feit dat slachtoffers al a 6,7 M€/stuk in de MKBA zijn verdisconteerd (Kind, 2011). Bij stap 2 (> 100) komen we met alle trajecten onder de groene, en – weer op één na – ook onder de redelijk strenge oranje oriëntatielijn.

In het eerste geval (> 500) gaat het om 70 km dijk die 'doorbraakvrij' gemaakt moet worden), in het tweede om ruim 700 km (van de 2250 km categorie a-keringen, zonder duinen en kunstwerken). Dat eerste is heel overzichtelijk, zeker in verhouding tot het bereikte effect; maar 700 km is daarentegen wel weer heel veel, zeker omdat maar enkele punten in de puntenwolk boven de strengste (rode) oriëntatielijn uitkomen. Of dat doelmatig is, valt te betwijfelen.

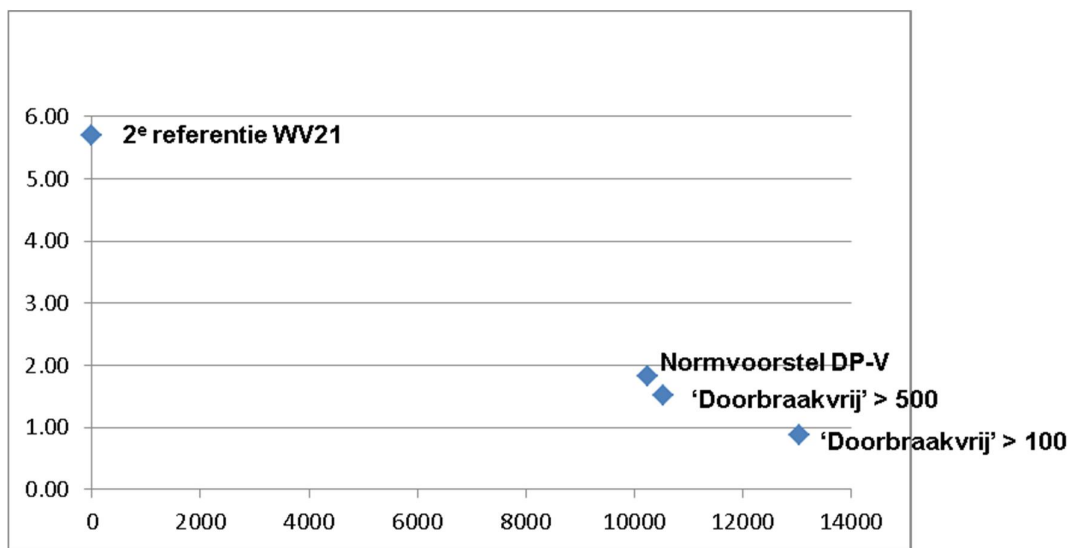
Ten opzichte van het normvoorstel van DP-Veiligheid (referentie) levert de eerste optie een reductie van het slachtofferrisico tot 83 % op en de tweede tot 47 %. Dat wil zeggen dat met 3 % aan praktisch doorbraakvrije dijken 17 % slachtofferrisicoreductie kan worden bereikt, en met 32 % van de lengte een reductie van 53 %.

De eerste variant zou ongeveer 140- 280 M€ extra kosten ten opzichte van de 'normverkenning' van DP-V, de tweede 1,4 tot 2,8 miljard extra. Deze bedragen dient men te bezien in het licht van de toch al te maken investeringskosten voor het normvoorstel 1.0 van DP-V van circa 10 miljard € (uitgaande van 2<sup>e</sup> referentie WV21 en met inbegrip van kosten voor aanpassing aan bodemdaling en klimaatverandering volgens scenario W+) (Deltaprogramma Veiligheid, 2013). Ook zou men kunnen overwegen eenzelfde bedrag te besparen door geen dijkversterking toe te passen op plekken waar geen (of minder dan 10) slachtoffers te verwachten zijn, waar dat nu in het normvoorstel 1.0 van DP-V wel gebeurt, omdat vanuit een ander uitgangspunt (LIR en MKBA) wordt geredeneerd.



*Figuur 7.5 Effect van gevolgverkleining op risicovolle plekken', waar > 500 respectievelijk > 100 slachtoffers worden verwacht als gevolg van overstroming bij bresvorming.*

Als we die uitkomsten uitzetten, resulteert het beeld van Figuur 7.6. Dat laat zien dat tegen geringe meerkosten het slachtofferrisico nog significant verkleind kan worden.



Figuur 7.6 Totaal slachtofferrisico (gemiddeld aantal/jaar) van de alternatieven met 'doorbraakvrije' dijken ten opzichte van normvoorstel DP-V (en 2<sup>e</sup> referentie WV21) versus investeringskosten (ME)

### 7.3.2 'Doorbraakvrije dijken' in het rivierengebied: verkenning verschillende varianten

Een tweede verkenning is uitgevoerd met behulp van het GroepsrisicoTool voor het rivierengebied. Daarmee zijn twee varianten van doorbraakvrije dijken doorgerekend, die worden vergeleken met het normvoorstel van de technisch-inhoudelijke uitwerking 1.0.

- Doorbraakvrij op *risicovolle plekken*, dat wil zeggen waar een bres veel slachtoffers veroorzaakt. Met extra strenge beschermingsnormen.
- Doorbraakvrij met een overlaat, waar juist relatief weinig slachtoffers verwacht worden en de gevolgen ook verder beperkt kunnen worden. Met juist extra lage beschermingsnormen. Dit is aangeduid als '*sturen op systeemwerking*', ter ontlasting van dijktrajecten waar wel veel slachtoffers kunnen vallen.

Voor de berekeningen zijn a) beschermingsnormen gekozen; b) aannames gedaan betreffende reductie van het aantal slachtoffers; en c) locaties gekozen voor overlaten die in Sobek zijn geschematiseerd als drempels (bresgroei verticaal beperkt) met een aarden plug op de drempel die snel wegspoelt

De aangehouden nummering is als volgt::

- 1 het 'DP-V normvoorstel'
- 2a Risicovolle plekken 'doorbraakvrij'
- 2b Combinatie van 1 en 2a
- 3 Sturen op systeemwerking

De beschermingsnormen die voor deze varianten zijn gekozen zijn gespecificeerd in Bijlage A.

Voor de variant 2a is de beschermingsnorm gekozen puur op basis van het aantal verwachte slachtoffers per dijktraject conform Tabel 7.1. De aangenomen kans is dus puur afhankelijk van verwacht aantal slachtoffers (zie Bijlage A). Tevens is aangenomen dat de dijken met een beschermingsnorm van 1: 10.000, 1: 30.000 en 1: 100.000 niet meer bezwijken door geotechnisch falen en dat er op die trajecten 80% minder slachtoffers vallen doordat de dijken zelfs bij overloop niet meteen bezwijken maar het water slechts langzaam instroomt en langzaam stijgt. Het gaat om circa 565 km dijk.

Voor variant 2b gelden dezelfde aannames. En gaat het eveneens om 565 km 'praktisch doorbraakvrije' dijk.

Tabel 7.1 Gebruikte beschermingsnormen voor variant 2a, afhankelijk van het aantal slachtoffers per breslocatie en de dijk lengte die daar bij hoort (alleen rivierengebied). Bij de oranje 'normen' is uitgegaan van praktisch doorbraakvrije dijken.

| N        | Beschermingsnorm | Lengte trajecten |
|----------|------------------|------------------|
| >1000    | 1/100.000        | 33               |
| 500-1000 | 1/30.000         | 118              |
| 100-500  | 1/10.000         | 414              |
| 50-100   | 1/3000           | 167              |
| 10-50    | 1/1000           | 139              |
| <10      | 1/300            | 246              |

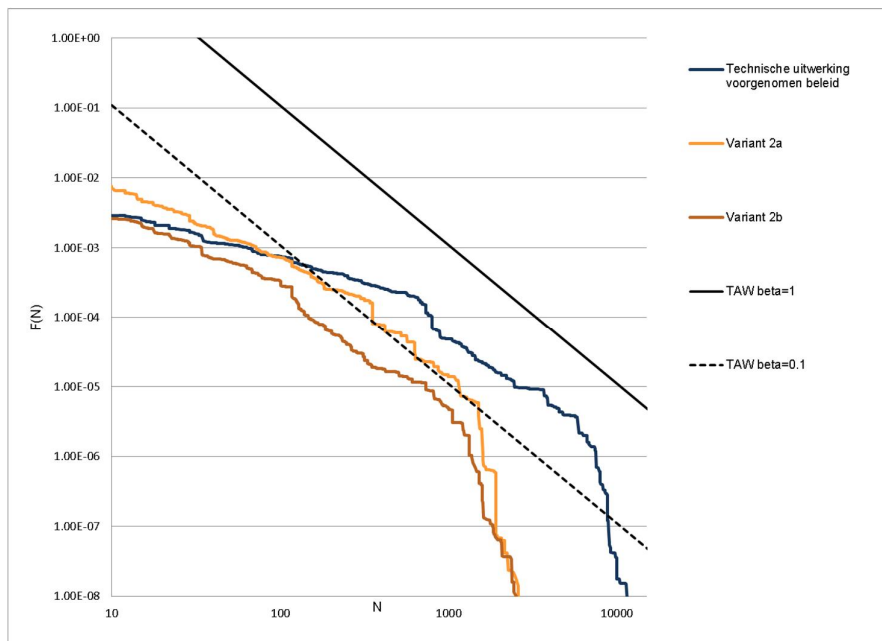
Variante 3, 'systeem', beoogt vooral de systeemwerking te benutten door 'beheerste overstromingen' allereerst daar te laten optreden waar weinig slachtoffers te verwachten zijn en deze tijdig kunnen worden geëvacueerd en waar de overige gevolgen ook relatief beperkt zijn. Op iedere riviertak is het systeem zo ingericht dat de dijkkringen met minder mensen/schade de klappen voor de anderen opvangen., door hier lage beschermingsnormen te kiezen van respectievelijk 1:300 en 1:1000. Voor deze locaties is een andere bresgroeï aangenomen: als waterstand horend bij de opgegeven faalkans wordt overschreden, dan spoelt een aarden plug weg en zakt de dijk tot 1 meter onder het normwaterstandsniveau (bijv. de 1: 300 waterstand). De breedte waarover dit gebeurt, is 1 kilometer. In het model blijft de sterkte van deze dijken wel onzeker, maar de onzekerheid wordt volledig gebaseerd op de 'fragility curve' voor overschrijding (piping en macrostabiliteit worden niet meegenomen). De spreiding en onzekerheid zijn daardoor veel kleiner. De overige dijken blijven 'conventionele dijken'. Deze strategie eist verder nog compartimenteringsdijken van voldoende sterkte tussen het Rijnstrangengebied en de rest van dijkkring 48, tussen dijkkringen 49 en 50 en ter plaatse van de Zeedijk in dijkkring 22 (Eiland van Dordrecht).

In deze variante wordt het slachtofferaantal 80% verkleind voor de normtrajecten met een kans van 1:300 en 1:1000.

#### **Risicovolle plekken 'doorbraakvrij'**

Als beschermingsnormen worden gedifferentieerd naar de verwachte aantallen slachtoffers, dan wordt een groter gewicht toegekend aan slachtofferaantallen en een kleiner gewicht aan economische schade dan in de MKBA WV21 (Kind, 2011). Waar veel slachtoffers worden verwacht wordt de trajectnorm dus strenger, waar weinig slachtoffers worden verwacht wordt deze soepeler.

In dit alternatief wordt ongeveer 565 km dijk zo versterkt dat geotechnisch falen zo goed als uitgesloten is, maar overloop nog wel tot bezwijken kan leiden ('keren tot de kruin'). Het gevolg voor de FN-curve is getoond in Figuur 7.7, in vergelijking met het effect van het DP-V normvoorstel.



Figuur 7.7 FN-curves voor het rivierengebied van varianten 2a en 2b, met praktisch doorbraakvrije dijken op risicovolle plekken, in vergelijking met de FN-curve van het DP-V normvoorstel.

We zien dat van variant 2a de kans op grote aantallen slachtoffers beduidend kleiner is dan in het DP-V voorstel, maar de kans op kleine aantallen juist groter. De bolle rug uit de curve is minder geprononceerd, maar er is een grotere kans op enkele slachtoffers aan het begin (links) van de curve. De staart (rechts) ligt zowel lager, doordat de kansen op bezwijken op risicovolle plekken kleiner zijn, maar ook zijn de slachtofferaantallen afgenomen, doordat dijken worden toegepast die ook blijven staan als het water er in grote hoeveelheden overheen loopt. Doordat het slachtofferaantal – alleen voor de betreffende trajecten – is gereduceerd met 80% (dezelfde aanname als hiervoor in paragraaf 7.3.1) is de staart van de FN-curve naar links opgeschoven: hele grote aantallen slachtoffers komen niet meer voor. In plaats van circa 10.000 als maximum, gaat het nu om 2-3000 als maximum, en met een heel kleine kans van < 1:1.000.000 jaar. Let wel: alle andere dijken zijn 'conventioneel' en doorbraken aldaar krijgen dus de bijbehorende aantallen slachtoffers. Het is dus ook niet zo dat wie achter een 'doorbraakvrije dijk' woont nooit getroffen wordt, want het water kan ook achterlangs komen. Wel is er meer tijd voor evacuatie of vluchten, zodat er minder slachtoffers vallen.

### Combinatie van 1 en 2

Omdat de FN-curve van variant 2a aan de linkerzijde boven die van het DP-V normvoorstel uitkomt, is ook een FN-curve gemaakt voor 'doorbraakvrij', maar met de DP-V norm voor trajecten waar weinig slachtoffers te verwachten zijn (vanuit de idee van basisveiligheid?), of omdat betere bescherming daar economisch verantwoord is (op grond van de MKBA). De aangenomen beschermingsnormen zijn weer gespecificeerd in Bijlage A.

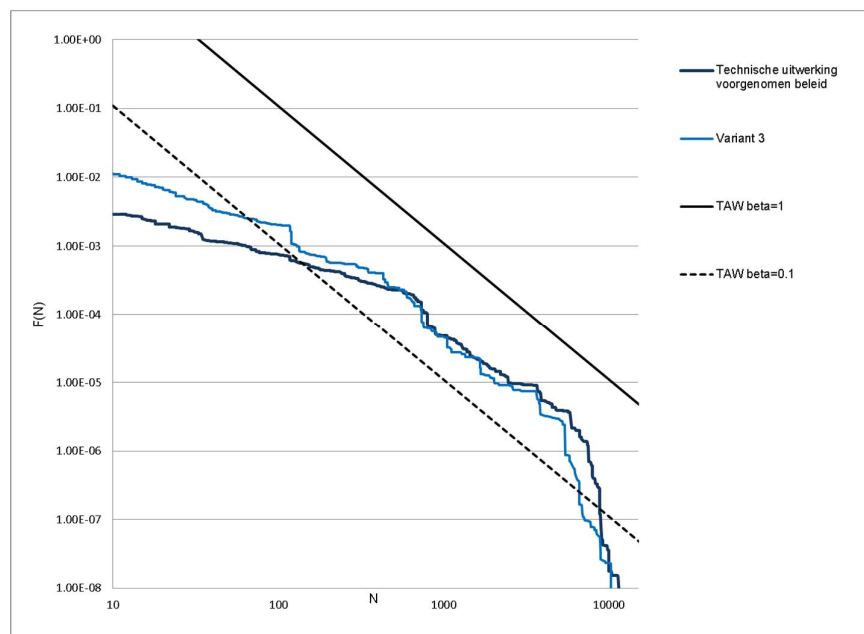


De resulterende FN-curve voor deze 'combinatie van 1 en 2'(variant 2b) staat eveneens in Figuur 7.7. Deze valt, zoals te verwachten, geheel onder de beide andere.

### 'Systeem'

Tenslotte is verkend of bewuste ontlasting van waterdruk op plaatsen waar dat 'het minste kwaad' kan, kan leiden tot veel kleinere kansen op doorbraak waar dat wel grote gevolgen – in termen van grote aantallen slachtoffers – heeft. Daartoe zijn overlaten – met een aarden plug die heel snel wegspoelt bij overloop tot op de harde drempel – in het Sobek-model gezet. Dat leidt tot ontlasting en een kleinere kans op bezwijken van de overige dijken.

De FN-curve van deze variant 3 is weergegeven in Figuur 7.8, weer in vergelijking met de technische uitwerking 1.0 van DP-V.

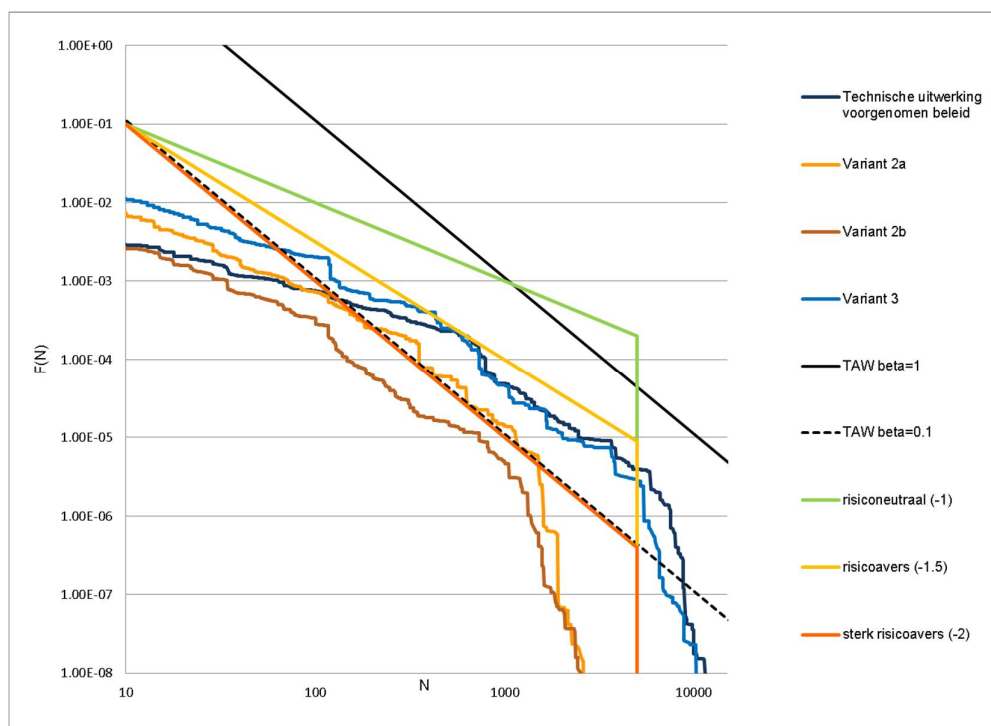


Figuur 7.8 FN-curves voor het rivierengebied van variant 3 ('systeem', met overlaten en compartimenten) met ter vergelijking de FN-curve van het DP-V normvoorstel.

We zien dat de vorm van de curve rechter is, dus gelijkmatiger. Daar staat tegenover dat kleine aantallen slachtoffers wel frequenter te verwachten zijn, en dat de staart van de curve weliswaar iets lager ligt (zoals beoogd), maar niet korter is. Dat komt doordat in dit alternatief vooral de *kans* op grote aantallen slachtoffers wordt beïnvloed (via systeemwerking), maar het gevolg op juist de risicovolle plekken niet wordt verkleind: er is immers nog steeds kans op onverwachte, plotselinge dijkbreuken doordat de meeste dijken van het conventionele type zijn. En daar kunnen dan grote aantallen slachtoffers bij vallen.

### Interpretatie vanuit groepsrisico

De FN-curves van deze alternatieven voor het rivierengebied kunnen nu op verschillende wijzen worden geïnterpreteerd. Zo kunnen we de curves vergelijken met een normcurve, zoals voorgesteld in paragraaf 3.3. In Figuur 7.9 zijn de FN-curves van alle varianten weergegeven en zijn de oriëntatielijnen er overheen getekend.



Figuur 7.9 FN-curves voor het rivierengebied van alle varianten ten opzichte van de in hoofdstuk 3 voorgestelde oriëntatielijnen.

Allereerst valt dan nogmaals op dat in de technische uitwerking 1.0 van DP-V de grote aantallen slachtoffers in aantal niet zijn gereduceerd. De FN-curve heeft nogal een bolle rug ten opzichte van de schuine oriëntatielijnen. Ook zijn de kansen op gebeurtenissen met nauwelijks slachtoffers klein, hetgeen vanuit een oogpunt van slachtofferrisicoreductie niet erg doelmatig is.

Met 'systeem' (variant 3) wordt de vorm van de FN-curve wat gelijkmatiger (rechter), maar de maximale aantallen slachtoffers blijven groot (staart steekt buiten alle oriëntatielijnen) omdat doorbraken op risicovolle plekken niet worden voorkomen; en de kans op minder dan 1000 slachtoffers is groter dan in het DP-V normvoorstel. De curve ligt als geheel ruim onder de minst strenge oriëntatielijijn (groen), en ongeveer op de middelste (oranje).

De curve voor 'risicovolle plekken praktisch doorbraakvrij' (variant 2a) is eveneens gelijkmatiger (rechter) dan die van het DP-V voorstel. Dat is vanuit slachtofferrisico dus doelmatiger. Maar met deze variant is ook de staart zodanig verkort, dat deze ruim onder de oranje oriëntatielijijn valt. Het middengebied (met slachtofferaantallen tussen 100 en 2000) ligt nog wel op en plaatselijk iets hoger dan de strengste oriëntatielijijn (rood).

Alleen de combinatie van 1 en 2 (variant 2b) komt helemaal onder de rode – strengste – oriëntatielijijn. Daarbij kunnen wel vraagtekens worden geplaatst bij de doelmatigheid van de strenge beschermingsnormen in het traject van kleine aantallen (< 20) slachtoffers. Deze komen misschien voort uit de MKBA, maar het is niet ondenkbaar dat het op LIR gebaseerde normen zijn voor relatief 'lege gebieden'.

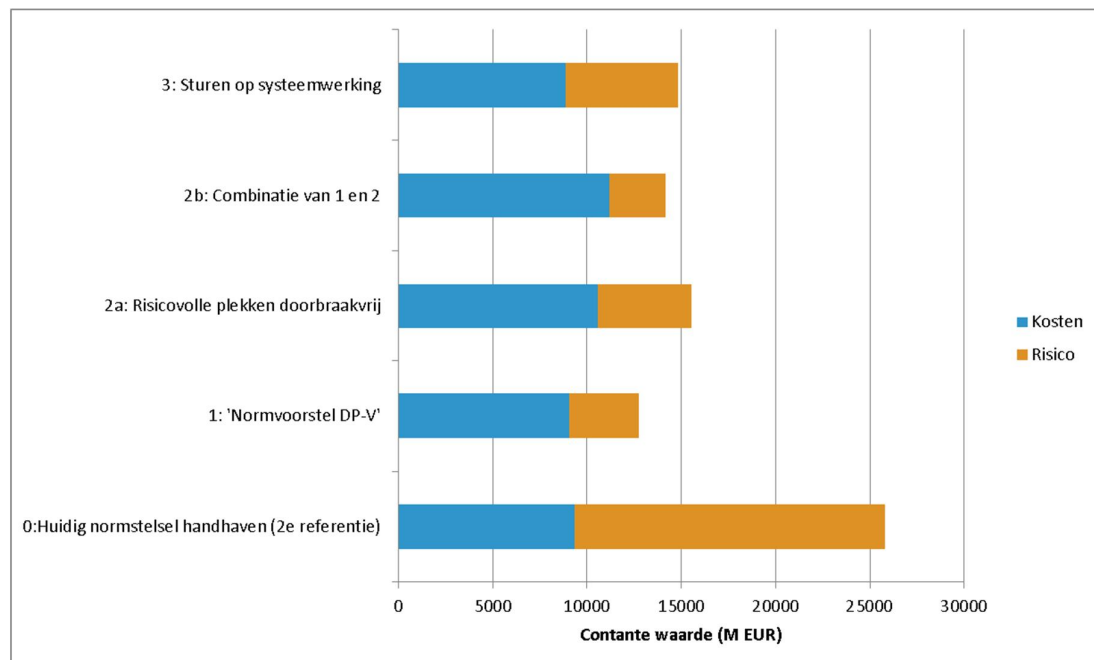
### 7.3.3 Groepsrisico in relatie tot maatschappelijke kosten

Hiervoor hebben we een eerste indruk gekregen van hoeveel reductie van het groepsrisico nog kan worden bereikt met 'praktisch doorbraakvrije' dijken. In de analyses hiervoor is bijna 600 km waterkering 'doorbraakvrij' aangenomen. Dat vraagt natuurlijk een forse investering. Om daar enig gevoel voor te krijgen zijn daarom wat kostenschattingen gedaan, met gebruikmaking van het instrumentarium dat ook voor DP-V wordt gebruikt (KOSWAT met interpolatie tussen kentallen voor versterking met een decimeringshoogte per traject).

Ook is het economisch (rest)risico voor heel Nederland berekend, op basis van dezelfde kentallen als voor DP-V worden gebruikt (schades, slachtoffers en aantal getroffen per traject behorend bij een breslocatie). Daarbij zijn de slachtoffers gemonetariseerd en is ook per getroffene een bedrag opgenomen, conform de aanpak in WV 21 (Kind, 2011) en die in het onderzoek voor DP-V.

De kosten voor conventionele dijkverzwaringen zijn begroot met het standaardinstrumentarium daarvoor. Voor de 565 km 'doorbraakvrij' te maken dijken is een opslag gedaan van 3 M€/km; dit is het gemiddelde van wat in paragraaf 6.4 werd gevonden. Tevens dient men te bedenken dat met het standaardinstrumentarium al is gerekend met zeer zware dijken, namelijk voor normen van 1: 100.000 en 1:30.000, die hetzij veel grond vergen en oppervlak beslaan, hetzij met behulp van constructies aan zulke strenge eisen moeten voldoen. Het gaat dus al om relatief dure dijken.

Voor de bijna 30 overlaten met aarden plug in variant 3 'Systeem' is 30 M€ per stuk gerekend.



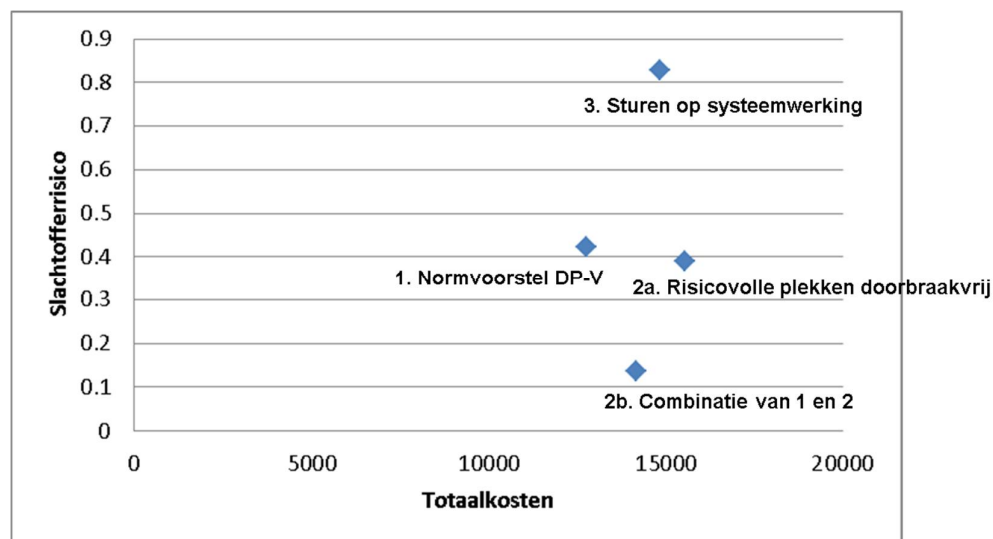
Figuur 7.10 Overzicht van totale maatschappelijke kosten van de met het GroepsrisicoTool onderzochte varianten, bepaald voor het gehele land, en opgebouwd uit investerings- en onderhoudskosten (zonder 'besteltijd', dus nu te implementeren) en het resterend risico. Alles in M€ contante waarde.

Met deze kostenschattingen zien we allereerst dat het continueren van het huidig normstelsel net zoveel kost als het – voor het grootste deel – op MKBA gebaseerde ‘normvoorstel DP-V’, maar dat het totaal economisch risico daarbij veel groter blijft. De totale maatschappelijke kosten van continueren huidig beleid zijn dus veel hoger dan van nieuw beleid; maar dat wisten we al. Ten tweede blijkt het DP-V normvoorstel economisch veruit het gunstigst. Dat is niet verwonderlijk, want dat is voor een belangrijk deel gebaseerd op de MKBA WV21 (Kind, 2011). En de economische doelmatigheid van dat deel van het normvoorstel staat dus buiten kijf.

Sturen op systeemwerking (variant 3) is echter interessant, doordat deze op totaalkosten niet heel veel slechter scoort terwijl wel op veel plaatsen ‘normverlaging’ is aangenomen. Dat verklaart ook de ongeveer 200 M€ lagere kosten om deze variant te realiseren. Het economisch risico is vanzelfsprekend significant groter dan van het DP-V normvoorstel, maar het is veel lager dan dat van de referentie: het continueren van het huidig beleid.

Variante 2a (Risicovolle plekken ‘doorbraakvrij’) is circa 1,5 miljard euro duurder door de grote lengte aan ‘doorbraakvrije dijken. Deze variant reduceert het economisch risico iets minder dan het DP-V voorstel. In variante 2b, waarin de strengste van beide wordt aangehouden voor de norm, maar ook 565 km aan doorbraakvrij dijk wordt gerealiseerd, is het restrisico kleiner dan in het economisch doelmatiger DP-V voorstel. De kosten zijn ruim 11 G€, zo’n 2 miljard euro meer dan die van het DP-V voorstel. Daartegenover staat het nog verder gereduceerde groepsrisico. Dit is dus ook een interessante variant: duurder in aanleg, maar met meer risicoreductie.

Of de extra reductie van het groepsrisico en totaal economisch risico zo’n extra investering waard is, is voer voor discussie. Een discussie die overigens op basis van het voorliggende materiaal lastig is, omdat ook in de MKBA al gerekend is met gemonetariseerde slachtoffers. Dat betekent in dit geval een dubbelrekening van slachtoffergerelateerde baten, namelijk in de maatschappelijke totaalkosten (via het restrisico) en in een eventuele indicator voor groepsrisico). Desalniettemin zetten we – puur ter illustratie – een indicator voor groepsrisico (EANC) in *alleen het rivierengebied* uit tegen de totale maatschappelijke kosten van de verschillende varianten voor *heel Nederland* (Figuur 7.11).



Figuur 7.11 Slachtofferisico (EANC) in het rivierengebied uitgezet tegen totale maatschappelijke kosten in M€ contante waarde (voor heel Nederland).

## 8 Referenties

Ale, B.J.M., 2003. *Risico's en veiligheid: een historische schets*. TU Delft.

Deltaprogramma Veiligheid, 2013. *Op weg naar nieuwe normen: een technisch inhoudelijke uitwerking*. Hoofdrapport (concept van 6 september 2013) en addendum over analyse van consequenties (concept van 30 september 2013). Werkdocument Deelprogramma Veiligheid.

Baan, P.J. & F. Klijn, 2004. Flood risk perception and implications for flood risk management in the Netherlands. *International Journal of River Basin Management* 2/2: 113-122.

Beckers, J. & K.M. de Bruijn, 2011. *Analyse van slachtofferrisico's Waterveiligheid 21<sup>e</sup> eeuw*. Deltares-rapport 1204144-005, Delft.

De Bruijn K.M., 2007. *Risky places in the Netherlands: a first approximation for floods*. WL | Delft Hydraulics report Q3668, Delft.

De Bruijn, K.M. & F. Klijn, 2009. Risky places in the Netherlands: a first approximation for floods. *Journal of Flood Risk Management* 2 (2009) 58–67

De Bruijn, K.M. & F. Klijn, 2011. *Deltadijken: locaties waar deze het meest effectief slachtofferrisico's reduceren*. Deltares-rapport 1202628-000, Delft. 38 pp.

De Bruijn, K.M. & K. Slager, 2013. *Mortality functions in the flood impact module. Sensitivity analysis and discussion*. Deltares-rapport 1207814-005, Delft

De Bruijn, K.M., F. Diermanse & H. van der Most, 2013. *Groepsrisico's door overstromingen in Nederland. Samenvatting methode, resultaten en betekenis voor de normeringsdiscussie van de waterkeringen*. Deltares-rapport 1207830-003, Delft.

De Bruijn, K.M. *et al.* (in voorber.). *Combined probabilistic and physical tool to assess societal flood risks*. Deltares, Delft.

Dorst, K., 2013. *Het gebruik van Geo Clay Liners in dijkversterkingen*. Memo RWS GPO & nHWBP, 9 september 2013

Evans, A.W. & N.Q. Verlander, 1997. What is wrong with criterion FN-lines for judging the tolerability of risk? *Risk Analysis* 17/2: 157- 168.

Hoogvliet, M., *et al.*, 2013 (in voorber.). *Deltadijk westzijde Krimpenerwaard. Verkenning van mogelijkheden, kosten en baten*. Deltares-rapport 1208514, Utrecht.

Jonkman, B., R. Jongejan, B. Maaskant, M. Kok, H. Vrijling, 2008. *Verkenning slachtofferrisico's in het hoogwaterbeschermingsbeleid*. Royal Haskoning, Rotterdam (Rijkswaterstaat Waterdienst, project 9T2050.A0)

Kind, J. 2011. *Maatschappelijke kosten-batenanalyse Waterveiligheid 21<sup>e</sup> eeuw*. Deltares-rapport 1202144-006, Delft.

Kind, J. 2013. *Proeve Plangebied Deltaprogramma Rivieren. Quick scan methode, opgave en strategieën voor waterveiligheid*. Deltares-rapport 1207829, Delft.

Klijn, F., H. van der Klis, J. Stijnen, K.M. de Bruijn & M. Kok. 2004. *Flood risk in dike-ring areas in the Netherlands; line of reasoning and expert judgments*. Delft Hydraulics report Q3503.10, Delft (in Dutch).

Klijn, F. & P. de Grave, 2008. *Grenzen aan de gevolgen van een overstroming? Discussiestuk voor 'Waterveiligheid 21e eeuw'*. Deltares-rapport Q4348.50, Delft.

Knoeff, H. & G.J. Ellen, 2011. *Verkenning deltadijken*. Deltares-rapport 1205259, Delft.

Kolen, B., 2013. *Certainty of uncertainty in evacuation for threat driven response*. Proefschrift RU, Nijmegen.

Kolen, B. & T. Terpstra, 2012. *Evacuatieschattingen Nederland en het effect van investeringen. Globale inventarisatie kosten en baten van rampenbeheersing bij overstromingen*. HKV lijn in water, Lelystad.

Kolen, B., M. Kok, I. Helsloot & B. Maaskant, 2013. *EvacuAid: A Probabilistic Model to Determine the Expected Loss of Life for Different Mass Evacuation Strategies During Flood Threats*. *Risk Analysis* 33: 1312–1333. doi: 10.1111/j.1539-6924.2012.01932.x

Kolen, B., B. Maaskant & T. Terpstra, 2013a. *Evacuatieschattingen Nederland, addendum.*: HKV lijn in water, Lelystad.

Maaskant, B., B. Kolen, R. Jongejan, S.N. Jonkman & M. Kok, 2009. *Evacuatieschattingen Nederland*. HKV lijn in water, Lelystad.

Margolis, H., 1996. *Dealing with Risk. Why the public and the experts disagree on environmental issues*. University of Chicago Press.

PBL, 2013. *Over maatschappelijke ontwrichting, groepsrisico's en MKBA in het waterveiligheidsbeleid*. Concept, september 2013. Planbureau voor de Leefomgeving, Bilthoven.

Programma Nationale Veiligheid, 2008. *Nationale Risicobeoordeling. Leidraad methode 2008*. Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties, Den Haag.

Silva, W. & E. van Velzen (red.). 2008. *De dijk van de toekomst? Quick-scan doorbraakvrije dijken*. Rapport RWS-Waterdienst 2008.052/ Deltares-rapport Q4558.32.

Slovic, P. 1992. Perception of risk: reflections on the psychometric paradigm. In Krimsky, S & D. Golding (eds.), 1992: *Social theories of risk*. Praeger.

Stijnen, J., 2008. *Doorbraakvrije dijken. Memo waterbeveiliging*. HKV memorandum PR 1410.10, Lelystad (bijlage op CD bij rapport Silva & Van Velzen, 2008).

TAW (J.K. Vrijling onder begeleiding van werkgroep 10 'Probabilistische methode'), 1985. *Enkele gedachten aangaande een aanvaardbaar risiconiveau in Nederland*.

Ten Brinke, W. & B. Bannink. 2005. *Risico's in bedijkte termen*. RIVM- MNP, Bilthoven.

USACE, 2010. Levee Safety Program and Tolerable Risk Guidelines - A Discussion Paper. In: *Proceedings of the Workshop 'Exploration of Tolerable Risk Guidelines for the USACE Levee Safety Program'*. 17– 18 March 2010, Washington, DC.

Van de Pas, B., K. Slager, K.M. de Bruijn & F. Klijn, 2012. *Overstromingsrisicozonering. Fase 1 en 2: Het identificeren van overstromingsgevaarzones*. Deltares-rapport 1205160, Delft. 97 pp.

Van der Most, H., P. Baan & F. Klijn, 2006. *Differentiatie in bescherming tegen overstromingen*. WL | Delft Hydraulics report Q4044/Q4143, Delft.

Van der Most, H. & F. Klijn, 2013. *De werking van het waterkeringsstelsel: de dijkkring voorbij? Naar een doelmatiger inrichting op basis van risicobenadering en systeemanalyse*. Deltares-rapport 1206262-015, Delft. 56 pp.

Vlek, C., 2013. How solid is the Dutch (and the British) national risk assessment? Overview and decision-theoretic evaluation. *Risk Analysis* 33/6: 948- 971.

Vrijling, J.K, W. van Hengel & R.J. Houben, 1995. A framework for risk evaluation. *Journal of Hazardous Materials* 43 (1995) 245-261.

Vrouwenvelder, A.C.W.M. & J.K. Vrijling, 1995. Normstelling acceptabel risiconiveau. TNO-rapport 95-CON-R0851, Delft.





## A Bijlage A: Aantal slachtoffers per 'brestraject'

Berekend aantal slachtoffers bij bezwijken op een bepaalde locatie ('brestraject') (respectievelijk zonder en met evacuatie), geordend van veel naar weinig slachtoffers (uitgaande van evacuatie). Rood > 1000, oranje 101- 1000, geel 11- 100.

De Maaskades zijn niet opgenomen, omdat ervan wordt uitgegaan dat evacuatie daar zo effectief zal zijn dat er nauwelijks tot geen slachtoffers te verwachten zijn.

| Ringdeel | Brescode | Bresnaam                            | Getroffenen | Slachtoffers (excl. evacuatie) | Slachtoffers (incl. evacuatie) |
|----------|----------|-------------------------------------|-------------|--------------------------------|--------------------------------|
| 14-1     | 51198    | Capelle-West_Nijverheidstraat       | 127255      | 3628                           | 3084                           |
| 14-1     | 51197    | Rotterdam_Boerengatsluis            | 5545        | 1940                           | 1649                           |
| 14-1     | 51196    | Rotterdam_Parksluizen               | 183007      | 1519                           | 1291                           |
| 17-3     | 51153    | km47                                | 209612      | 1269                           | 1079                           |
| 16-1     | 51043    | Hardinxveld                         | 167866      | 3950                           | 988                            |
| 16-1     | 51048    | Gorinchem                           | 185670      | 3383                           | 846                            |
| 16-1     | 50982    | Schelluinen                         | 182750      | 3040                           | 760                            |
| 16-2     | 50981    | Nieuw Lekkerland                    | 124629      | 724                            | 615                            |
| 30-2     | 50645    | Hansweert                           | 2486        | 831                            | 582                            |
| 22-2     | 51095    | Bres22-05                           | 95167       | 666                            | 566                            |
| 16-2     | 50980    | Kinderdijk                          | 113933      | 655                            | 557                            |
| 43-3     | 50909    | BemmelARK                           | 288434      | 2078                           | 520                            |
| 16-2     | 50979    | Papendrecht                         | 95001       | 611                            | 519                            |
| 18-1     | 51186    | Pernis                              | 4301        | 593                            | 504                            |
| 14-2     | 51193    | Vlaardingen_schutsluis              | 12516       | 576                            | 490                            |
| 8-2      | 50965    | Almere                              | 141087      | 980                            | 441                            |
| 14-5     | 50143    | ScheveningenUitwateringssluis       | 318391      | 505                            | 429                            |
| 16-3     | 51046    | Casa novum                          | 136133      | 1638                           | 410                            |
| 17-3     | 51146    | Beverwaardseweg                     | 58519       | 449                            | 382                            |
| 15-1     | 50134    | Lopik                               | 189344      | 1486                           | 371                            |
| 20-3     | 50727    | Spui 10 KM                          | 67754       | 427                            | 363                            |
| 35-1     | 50813    | Waalwijk                            | 73298       | 404                            | 343                            |
| 20-3     | 50729    | Spui 7 KM                           | 67754       | 398                            | 338                            |
| 44-1     | 50117    | KasteelAmerongen                    | 455028      | 1316                           | 329                            |
| 16-4     | 50983    | Helsdingen                          | 171075      | 1257                           | 314                            |
| 8-1      | 0        | Flevoland 1                         | 142644      | 684                            | 308                            |
| 14-1     | 51195    | Schiedam_sluisBuitenhaven           | 69024       | 348                            | 296                            |
| 36-3     | 50810    | Oijen                               | 245900      | 1181                           | 295                            |
| 35-1     | 50814    | CapelscheUiterwaarden               | 70127       | 342                            | 291                            |
| 8-3      | 50774    | D_Z_Knardijk                        | 97654       | 642                            | 289                            |
| 14-7     | 50131    | KatwijkaanZee                       | 198909      | 340                            | 289                            |
| 43-4     | 0        | Ijzendoorn                          | 15330       | 1144                           | 286                            |
| 8-3      | 50963    | Lelystad                            | 97610       | 622                            | 280                            |
| 44-1     | 50117    | KasteelAmerongen<br>NOORDERDIJK VAN | 580813      | 1112                           | 278                            |
| 13-5     | 231      | DRECHTERLAND (OOST)_0               | 218335      | 789                            | 276                            |
| 15-2     | 50133    | Lekkerkerk                          | 84255       | 318                            | 270                            |

| Ringdeel | Brescode | Bresnaam                     | Getroffenen | Slachtoffers<br>(excl.<br>evacuatie) | Slachtoffers<br>(incl.<br>evacuatie) |
|----------|----------|------------------------------|-------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| 53-2     | 50809    | Olst                         | 114359      | 1067                                 | 267                                  |
| 45-1     | 51012    | Grebbedijk                   | 238712      | 1047                                 | 262                                  |
| 16-3     | 51045    | Ameide                       | 133368      | 1042                                 | 261                                  |
| 16-4     | 51047    | Everdingen                   | 164779      | 1014                                 | 254                                  |
| 43-5     | 50901    | SluisTielARK                 | 131955      | 1006                                 | 252                                  |
| 48-2     | 50873    | Spijk                        | 120973      | 975                                  | 244                                  |
| 16-4     | 50978    | Vianen                       | 117137      | 951                                  | 238                                  |
| 43-3     | 50892    | AngerenARKleegloop           | 263141      | 938                                  | 235                                  |
| 43-3     | 50906    | OosterhoutARKleegloop        | 232113      | 878                                  | 220                                  |
| 14-1     | 51194    | Vlaardingen_Wilhelminahaven  | 65360       | 251                                  | 213                                  |
| 43-3     | 50890    | MalburgenARK                 | 233109      | 836                                  | 209                                  |
| 44-1     | 50129    | Westvandelrenesluis          | 481873      | 836                                  | 209                                  |
| 15-2     | 50132    | Krimpen                      | 77283       | 240                                  | 204                                  |
| 20-3     | 50734    | Nieuwe Waterweg 20 KM        | 69099       | 239                                  | 203                                  |
| 43-3     | 50888    | EldenARK                     | 202156      | 771                                  | 193                                  |
| 36-3     | 50831    | Dieden                       | 198723      | 770                                  | 193                                  |
| 32-2     | 50565    | 18_Terneuzen Veerhaven       | 15605       | 296                                  | 192                                  |
| 36-2     | 50823    | Keent                        | 207861      | 753                                  | 188                                  |
| 14-5     | 50142    | ScheveningenBoulevard        | 144178      | 191                                  | 162                                  |
| 20-3     | 50732    | Nieuwe Waterweg 24 KM        | 44288       | 186                                  | 158                                  |
| 53-2     | 50827    | Ijcentrale<br>WESTERDIJK VAN | 97191       | 620                                  | 155                                  |
| 13-6     | 85       | DRECHTERLAND_2.5             | 117397      | 441                                  | 154                                  |
| 29-4     | 50667    | Vlissingen                   | 46393       | 212                                  | 148                                  |
| 48-2     | 50868    | Loo                          | 100552      | 593                                  | 148                                  |
| 48-2     | 50869    | Kandiagemaal                 | 100552      | 592                                  | 148                                  |
| 14-8     | 50140    | Noordwijk                    | 78786       | 164                                  | 139                                  |
| 22-2     | 51092    | Bres22-02                    | 63760       | 161                                  | 137                                  |
| 22-2     | 51093    | Bres22-03                    | 60182       | 158                                  | 134                                  |
| 22-2     | 51094    | Bres22-04                    | 59584       | 158                                  | 134                                  |
| 29-4     | 50668    | Ritthem                      | 25719       | 190                                  | 133                                  |
| 24-3     | 51022    | Werkendam                    | 35107       | 531                                  | 133                                  |
| 41-1     | 50924    | Weurt                        | 117580      | 519                                  | 130                                  |
| 44-1     | 50148    | TussenWijkbijDuurstedeA27    | 351480      | 508                                  | 127                                  |
| 38-1     | 50930    | Hurwenen                     | 42878       | 504                                  | 126                                  |
| 43-2     | 50886    | KesterenARK                  | 118318      | 504                                  | 126                                  |
| 10-3     | 51126    | Ijssel 981                   | 31301       | 278                                  | 125                                  |
| 12-1     | 12009    | Wieringermeerdijk_11505      | 12478       | 137                                  | 116                                  |
| 41-2     | 50923    | Druten                       | 102673      | 460                                  | 115                                  |
| 38-1     | 50929    | Brakel                       | 42550       | 445                                  | 111                                  |
| 31-2     | 50702    | Waardepolder west            | 1217        | 158                                  | 111                                  |
| 7-2      | 50789    | dijkvak_6                    | 43382       | 244                                  | 110                                  |
| 43-2     | 50884    | EckEnWielARK                 | 107617      | 435                                  | 109                                  |
| 41-2     | 50922    | Dreumel                      | 95148       | 424                                  | 106                                  |
| 17-2     | 50986    | Maashaven                    | 89056       | 122                                  | 104                                  |
| 35-1     | 50806    | Keizersveer                  | 26922       | 120                                  | 102                                  |
| 48-2     | 50871    | Herwen                       | 97908       | 404                                  | 101                                  |
| 10-3     | 51127    | Ijssel 985                   | 31015       | 222                                  | 100                                  |

| Ringdeel | Brescode | Bresnaam                                   | Getroffenen | Slachtoffers<br>(excl.<br>evacuatie) | Slachtoffers<br>(incl.<br>evacuatie) |
|----------|----------|--|-------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| 20-2     | 50735    | Nieuwe Waterweg 6 KM bres20-13a            | 32796       | 117                                  | 99                                   |
| 10-3     | 51128    | Ijssel 993                                 | 30908       | 218                                  | 98                                   |
| 36-3     | 50822    | Lith                                       | 92140       | 386                                  | 97                                   |
| 36-4     | 50822    | Lith                                       | 92140       | 386                                  | 97                                   |
| 31-2     | 50700    | Waardepolder oost                          | 1309        | 137                                  | 96                                   |
| 43-5     | 50896    | Haaften                                    | 66942       | 379                                  | 95                                   |
| 36-4     | 50829    | Gewande                                    | 90369       | 371                                  | 93                                   |
| 35-2     | 51183    | Wilhelminakanaal                           | 16209       | 109                                  | 93                                   |
| 48-2     | 50872    | Gravenswaardsedam                          | 4225        | 336                                  | 84                                   |
| 53-3     | 50811    | Berkum                                     | 71950       | 331                                  | 83                                   |
| 13-4     | 228      | HELDERSE ZEEWERING_4                       | 24026       | 97                                   | 82                                   |
| 22-2     | 51091    | Bres22-01                                  | 59310       | 96                                   | 82                                   |
| 48-2     | 50866    | Giesbeek                                   | 84198       | 326                                  | 82                                   |
| 17-2     | 51166    | Vossendijk                                 | 24456       | 92                                   | 78                                   |
| 7-2      | 50791    | GemaalBumaLemmer                           | 39277       | 172                                  | 77                                   |
| 20-4     | 50724    | Haringvliet_32 KM                          | 25964       | 88                                   | 75                                   |
| 10-1     | 51135    | West Genemuiden                            | 1379        | 162                                  | 73                                   |
| 53-1     | 50832    | Deventer                                   | 9076        | 291                                  | 73                                   |
| 10-3     | 51129    | Ijssel 995                                 | 26257       | 160                                  | 72                                   |
| 36-4     | 50936    | Maaspoot                                   | 65918       | 264                                  | 66                                   |
| 47-1     | 50879    | Havenweg                                   | 35172       | 264                                  | 66                                   |
| 24-3     | 51021    | Woudrichem                                 | 35107       | 262                                  | 66                                   |
| 22-2     | 51101    | Bres22-11                                  | 20417       | 77                                   | 65                                   |
| 47-1     | 50877    | Broekdijk<br>OOSTERDIJK VAN                | 29636       | 259                                  | 65                                   |
| 13-5     | 34       | DRECHTERLAND_0.5                           | 91245       | 182                                  | 64                                   |
| 43-1     | 50881    | Culemborg                                  | 51158       | 249                                  | 62                                   |
| 20-3     | 50731    | Nieuwe Waterweg 26 KM                      | 48732       | 67                                   | 57                                   |
| 43-1     | 50882    | Ravenswaaij                                | 61706       | 227                                  | 57                                   |
| 20-3     | 50730    | Spui 13 KM                                 | 51136       | 66                                   | 56                                   |
| 36-5     | 50828    | Heusden                                    | 54834       | 217                                  | 54                                   |
| 38-2     | 50928    | Hoenzadriel                                | 40425       | 215                                  | 54                                   |
| 35-2     | 50820    | Donge                                      | 6145        | 63                                   | 54                                   |
| 27-2     | 50632    | Schakerloopolder                           | 7459        | 76                                   | 53                                   |
| 41-4     | 50919    | Heumen                                     | 54501       | 212                                  | 53                                   |
| 17-3     | 51154    | km49_4<br>Kapelle vanuit kanaal door Zuid- | 38637       | 62                                   | 53                                   |
| 30-1     | 50643    | Beveland                                   | 29676       | 75                                   | 53                                   |
| 10-3     | 51130    | ijsselmuiden spoorlijn                     | 23791       | 111                                  | 50                                   |
| 35-1     | 50815    | OverdiepschePolder                         | 15623       | 58                                   | 49                                   |
| 47-1     | 50878    | Schaapdijk                                 | 28286       | 195                                  | 49                                   |
| 20-4     | 50726    | Spui 4.5 KM                                | 20727       | 56                                   | 48                                   |
| 6-7      | 50785    | Dijkringtraject 8 Holwierde                | 51295       | 78                                   | 47                                   |
| 11-2     | 50801    | Zalk                                       | 28017       | 98                                   | 44                                   |
| 27-2     | 50633    | Scherpenissepolder                         | 2660        | 59                                   | 41                                   |
| 31-2     | 50703    | Kruiningen polder                          | 3927        | 58                                   | 41                                   |
| 11-1     | 50825    | Kampen_300                                 | 26503       | 89                                   | 40                                   |
| 16-1     | 51042    | Linge_sluis                                | 42628       | 160                                  | 40                                   |

| Ringdeel | Brescode | Bresnaam   | Getroffenen | Slachtoffers<br>(excl.<br>evacuatie) | Slachtoffers<br>(incl.<br>evacuatie) |
|----------|----------|--|-------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| 35-2     | 50818    | Dombosch   | 511         | 47                                   | 40                                   |
| 31-1     | 50687    | Yerseke  | 587         | 56                                   | 39                                   |
| 13-8     | 59       | UITDAMMERDIJK_3.5                                      | 60668       | 109                                  | 38                                   |
| 21-1     | 50743    | Oude Maas 12 KM bres21-05                              | 15710       | 44                                   | 37                                   |
| 10-2     | 51137    | ZW Vecht 265   | 22790       | 82                                   | 37                                   |
| 32-2     | 50568    | 20_Othene  | 3092        | 56                                   | 36                                   |
| 10-2     | 51136    | ZW Vecht 12  | 22525       | 78                                   | 35                                   |
| 13-8     | 55       | UITDAMMERDIJK_1.5                                      | 58471       | 100                                  | 35                                   |
| 13-7     | 317      | ZEEVANGSZEEDIJK_3.5                                    | 52237       | 99                                   | 35                                   |
| 31-1     | 50686    | Polder breedte watering                                | 5493        | 49                                   | 34                                   |
| 13-8     | 121      | WATERLANDSE ZEEDIJK_5                                  | 54931       | 97                                   | 34                                   |
| 42-1     | 50914    | Kekerdome  | 13560       | 134                                  | 34                                   |
| 13-8     | 117      | WATERLANDSE ZEEDIJK_3                                  | 52691       | 93                                   | 33                                   |
| 21-1     | 50744    | Dordtse Kil 6 KM bres21-06                             | 8975        | 38                                   | 32                                   |
| 41-3     | 50918    | Appeltern  | 31297       | 129                                  | 32                                   |
| 26-2     | 50605    | Ten westen van Zierikzee                               | 8499        | 46                                   | 32                                   |
| 22-2     | 51102    | Bres22-12  | 20097       | 37                                   | 31                                   |
| 26-2     | 50604    | Prommelsluis   | 8499        | 44                                   | 31                                   |
| 13-4     | 223      | HELDERSE ZEEWERING_1.5<br>De breedte watering bewesten | 22723       | 36                                   | 31                                   |
| 31-1     | 50684    | Yerseke polder   | 5455        | 42                                   | 29                                   |
| 13-5     | 5        | WATERKERING ENKHUIZEN_0.5                              | 57441       | 82                                   | 29                                   |
| 42-1     | 50916    | Tiengeboden  | 13389       | 112                                  | 28                                   |
| 24-1     | 51019    | Genderen<br>ZUIDERDIJK VAN                             | 28316       | 111                                  | 28                                   |
| 13-6     | 410      | DRECHTERLAND_18.5                                      | 86507       | 79                                   | 28                                   |
| 50-1     | 50856    | Vierakker  | 29664       | 108                                  | 27                                   |
| 48-3     | 0        | Bres48-3   | 51966       | 104                                  | 26                                   |
| 13-5     | 296      | WATERKERING MEDEMBLIK_0                                | 66062       | 74                                   | 26                                   |
| 36-5     | 50830    | Doeveren   | 40477       | 100                                  | 25                                   |
| 17-1     | 51158    | km61_7   | 17166       | 28                                   | 24                                   |
| 30-3     | 50648    | Polder Hoedekenskerke                                  | 2859        | 34                                   | 24                                   |
| 17-1     | 51150    | km15_4   | 13447       | 27                                   | 23                                   |
| 36-1     | 50824    | Katwijk  | 60160       | 85                                   | 21                                   |
| 9-1      | 51122    | Hessenpoort  | 24317       | 47                                   | 21                                   |
| 14-2     | 51191    | Gemaal_Westland  | 11122       | 25                                   | 21                                   |
| 9-1      | 50833    | Dalfsen  | 22939       | 44                                   | 20                                   |
| 13-4     | 357      | BALGZANDDIJK_3   | 10205       | 23                                   | 20                                   |
| 26-2     | 50603    | Prunje   | 7559        | 27                                   | 19                                   |
| 26-3     | 50609    | Polder Vierbannen van Duiveland                        | 3734        | 26                                   | 18                                   |
| 26-3     | 50611    | Bruinisse Polder                                       | 3534        | 26                                   | 18                                   |
| 43-1     | 50883    | SluisRijswijkARK                                       | 53915       | 72                                   | 18                                   |
| 22-2     | 51103    | Bres22-13  | 17532       | 21                                   | 18                                   |
| 30-3     | 50649    | Baarland polder  | 3103        | 25                                   | 18                                   |
| 36-5     | 50834    | Bokhoven   | 16429       | 70                                   | 18                                   |
| 21-1     | 50745    | Dordtse Kil 4.5 KM bres21-07                           | 4094        | 20                                   | 17                                   |
| 26-3     | 50610    | Oosterland Polder                                      | 2817        | 23                                   | 16                                   |
| 26-3     | 50612    | Bruinisse  | 3534        | 23                                   | 16                                   |

| Ringdeel | Brescode | Bresnaam  | Getroffenen | Slachtoffers<br>(excl.<br>evacuatie) | Slachtoffers<br>(incl.<br>evacuatie) |
|----------|----------|---|-------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| 27-2     | 50630    | Poortvliet- en Mallandpolder                      | 6443        | 23                                   | 16                                   |
| 30-3     | 50647    | Heer-Janzen polder                                | 14791       | 23                                   | 16                                   |
| 31-2     | 50697    | Reigersbergsche polder                            | 2980        | 23                                   | 16                                   |
| 27-2     | 50628    | Oudelandpolder                                    | 3142        | 22                                   | 15                                   |
| 34-1     | 50817    | MoerdijkOost                                      | 3393        | 18                                   | 15                                   |
| 47-1     | 50880    | RijnkadeArnhem                                    | 26044       | 60                                   | 15                                   |
| 31-1     | 50688    | Yerseke-haven                                     | 5419        | 21                                   | 15                                   |
| 9-2      | 51124    | Veldinger binnenland                              | 18860       | 31                                   | 14                                   |
| 11-1     | 50800    | Zandjes   | 18201       | 29                                   | 13                                   |
| 32-2     | 50566    | 19_Terneuzen                                      | 14812       | 20                                   | 13                                   |
| 32-3     | 50579    | 29_Walsoorden                                     | 3985        | 19                                   | 12                                   |
| 6-8      | 50778    | Dijkkringtraject 12 West van Nieuwe<br>Statenzijk | 8637        | 20                                   | 12                                   |
| 52-3     | 50844    | Cortenoever                                       | 24371       | 48                                   | 12                                   |
| 26-2     | 50602    | Tussen Koudekensche Inlaag en<br>Schelphoek       | 4383        | 16                                   | 11                                   |
| 6-3      | 50945    | TsjerkHiddessluis                                 | 21210       | 18                                   | 11                                   |
| 19-1     | 51187    | Rozenburg   | 14027       | 12                                   | 10                                   |
| 6-8      | 50777    | Dijkkringtraject 11 Carel<br>Coenraadpolder       | 7611        | 17                                   | 10                                   |
| 9-2      | 51123    | Hasselt zuid                                      | 15152       | 22                                   | 10                                   |
| 13-8     | 43       | KATWOUDERZEEDIJK_1                                | 18078       | 28                                   | 10                                   |
| 27-1     | 50626    | Oude polder van St Philipsland<br>ZUIDERDIJK VAN  | 1691        | 14                                   | 10                                   |
| 13-6     | 386      | DRECHTERLAND_6.5                                  | 35372       | 26                                   | 9                                    |
| 13-8     | 188      | ZUIDPOLDERZEEDIJK_1.5                             | 17219       | 26                                   | 9                                    |
| 27-2     | 50624    | Noordpolder                                       | 294         | 13                                   | 9                                    |
| 32-1     | 50594    | 7_Breskens  | 3749        | 14                                   | 9                                    |
| 6-3      | 51117    | Sexbierum   | 17357       | 15                                   | 9                                    |
| 6-3      | 50958    | Boonweg   | 8437        | 15                                   | 9                                    |
| 52-2     | 50842    | tSchol  | 21069       | 36                                   | 9                                    |
| 52-1     | 50839    | DeNijensteek                                      | 11341       | 35                                   | 9                                    |
| 14-2     | 51192    | Maassluis_schutsluis                              | 2870        | 10                                   | 9                                    |
| 17-1     | 51157    | km6   | 1430        | 10                                   | 9                                    |
| 21-1     | 50739    | Spui 14.5 KM bres21-01                            | 2409        | 10                                   | 9                                    |
| 27-2     | 50627    | Oudeland polder                                   | 3335        | 12                                   | 8                                    |
| 32-1     | 50555    | 8_Elisabethpolder                                 | 4025        | 12                                   | 8                                    |
| 52-2     | 50841    | GemaalTerwolde                                    | 10224       | 31                                   | 8                                    |
| 13-7     | 430      | SCHARDAM EN KEUKENDIJK                            | 15040       | 22                                   | 8                                    |
| 26-3     | 50607    | Zuider-Nieuwlandpolder                            | 2955        | 11                                   | 8                                    |
| 30-3     | 50652    | Ellewoutsdijk polder Oost                         | 2364        | 11                                   | 8                                    |
| 41-3     | 50917    | Alphen  | 7761        | 30                                   | 8                                    |
| 34-9999  | 51188    | Geertruidenberg                                   | 7187        | 29                                   | 7                                    |
| 7-1      | 50793    | InlaatduikerRamspol                               | 4943        | 16                                   | 7                                    |
| 9-2      | 50799    | Zwartsluis  | 13370       | 16                                   | 7                                    |
| 32-3     | 50575    | 26_Ossensisse                                     | 3731        | 10                                   | 7                                    |
| 32-3     | 50585    | 33_Paal   | 173         | 10                                   | 7                                    |
| 25-1     | 51171    | Noordzee_7 KM_2                                   | 4939        | 9                                    | 6                                    |
| 27-1     | 50619    | Henriettepolder                                   | 1715        | 9                                    | 6                                    |

| Ringdeel | Brescode | Bresnaam                       | Getroffenen | Slachtoffers<br>(excl.<br>evacuatie) | Slachtoffers<br>(incl.<br>evacuatie) |
|----------|----------|--------------------------------|-------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| 30-3     | 50654    | Borssele polder                | 1364        | 9                                    | 6                                    |
| 6-3      | 51113    | Dijksterburen                  | 10135       | 10                                   | 6                                    |
| 10-1     | 51133    | VEGS                           | 4970        | 13                                   | 6                                    |
| 10-3     | 50826    | IJsselmuiden                   | 6679        | 13                                   | 6                                    |
| 20-4     | 50723    | Haringvliet_29 KM              | 8330        | 7                                    | 6                                    |
| 22-1     | 51100    | Bres22-10                      | 253         | 7                                    | 6                                    |
| 27-2     | 50634    | Stavenissepolder               | 1339        | 8                                    | 6                                    |
| 32-3     | 50578    | 28_2_Perkpolder oost           | 3609        | 8                                    | 5                                    |
| 6-8      | 50776    | Dijkringtraject 10 Woldendorp  | 5538        | 8                                    | 5                                    |
| 10-1     | 51131    | GDGS                           | 4286        | 11                                   | 5                                    |
| 44-2     | 50128    | Ipenslotersluis                | 6559        | 11                                   | 5                                    |
| 13-8     | 114      | WATERLANDSE ZEEDIJK_1.5        | 10792       | 14                                   | 5                                    |
| 27-2     | 50635    | Strijpolder                    | 1387        | 7                                    | 5                                    |
| 27-2     | 50623    | Margarethapolder               | 1339        | 7                                    | 5                                    |
| 28-1     | 50680    | Oud-Noord-Beveland polder Oost | 1904        | 7                                    | 5                                    |
| 28-1     | 50678    | Oud-Noord-Beveland polder West | 1904        | 7                                    | 5                                    |
| 29-2     | 50663    | Westkapelle                    | 4670        | 7                                    | 5                                    |
| 30-1     | 50642    | Wemeldinge                     | 2738        | 7                                    | 5                                    |
| 6-7      | 50786    | Dijkringtraject 9 Borgsweer    | 5102        | 8                                    | 5                                    |
| 36-1     | 50835    | Beugen                         | 19343       | 19                                   | 5                                    |
| 17-2     | 51163    | Stadionweg                     | 1833        | 5                                    | 4                                    |
| 21-1     | 50742    | Oude Maas 10 KM bres21-04      | 1198        | 5                                    | 4                                    |
| 21-1     | 50759    | Spui 10 KM bres21-19           | 8243        | 5                                    | 4                                    |
| 6-4      | 50949    | WierumModdergat                | 8024        | 7                                    | 4                                    |
| 6-5      | 50775    | Dijkringtraject 1 Lauwersmeer  | 2877        | 7                                    | 4                                    |
| 30-3     | 50653    | Ellewoutsdijk polder West      | 2900        | 6                                    | 4                                    |
| 31-1     | 50689    | Molenpolder                    | 97          | 6                                    | 4                                    |
| 31-2     | 50701    | Westveerpolder                 | 446         | 6                                    | 4                                    |
| 32-3     | 50577    | 28_1_Perkpolder west           | 237         | 6                                    | 4                                    |
| 32-3     | 50583    | 31B_Kruispolder                | 1704        | 6                                    | 4                                    |
| 13-8     | 68       | UITDAMMERDIJK_8                | 9967        | 11                                   | 4                                    |
| 6-4      | 51120    | Tempeltje                      | 8141        | 6                                    | 4                                    |
| 34-1     | 50816    | LageZwaluwe                    | 1287        | 14                                   | 4                                    |
| 34-2     | 50819    | MoerdijkWest                   | 1587        | 14                                   | 4                                    |
| 25-1     | 51170    | Noordzee_6 KM_1                | 3967        | 5                                    | 4                                    |
| 29-4     | 50669    | Rammekens                      | 4648        | 5                                    | 4                                    |
| 52-2     | 51109    | Hoven_zuid                     | 2474        | 14                                   | 4                                    |
| 20-4     | 51050    | Haringvliet_26 KM bres20-01    | 7878        | 4                                    | 3                                    |
| 21-1     | 50741    | Oude Maas 7 KM bres21-03       | 2196        | 4                                    | 3                                    |
| 21-2     | 50749    | Hollands Diep 12 KM bres21-11  | 1521        | 4                                    | 3                                    |
| 5-2      | 50106    | IJSDIJK_1.5                    | 5452        | 13                                   | 3                                    |
| 49-1     | 50861    | zuiveringOlburgseweg           | 3867        | 13                                   | 3                                    |
| 10-2     | 51016    | Genemuiden                     | 5202        | 7                                    | 3                                    |
| 10-2     | 51134    | Voorsterhaven                  | 3937        | 7                                    | 3                                    |
| 26-2     | 50601    | Polder Burgh- en Westland      | 2441        | 4                                    | 3                                    |
| 28-1     | 50679    | Colijnsplaat                   | 1904        | 4                                    | 3                                    |
| 29-3     | 50665    | Zoutelande                     | 2524        | 4                                    | 3                                    |
| 34-1     | 50808    | DrimmelenOost                  | 1015        | 11                                   | 3                                    |

| Ringdeel | Brescode | Bresnaam   | Getroffenen | Slachtoffers<br>(excl.<br>evacuatie) | Slachtoffers<br>(incl.<br>evacuatie) |
|----------|----------|--|-------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| 34-1     | 50812    | Wilhelminakanaal   | 904         | 11                                   | 3                                    |
| 34-2     | 50807    | Klundert   | 3598        | 11                                   | 3                                    |
| 32-1     | 50557    | 11_Hoofdplaat  | 712         | 4                                    | 3                                    |
| 32-3     | 50569    | 21_Margarethapolder  | 754         | 4                                    | 3                                    |
| 32-3     | 50576    | 27_Molenpolder   | 3534        | 4                                    | 3                                    |
| 32-3     | 50581    | 30_Kloosterzande   | 3468        | 4                                    | 3                                    |
| 17-1     | 51152    | km3_2  | 550         | 3                                    | 3                                    |
| 5-2      | 50011    | RIJKSZEEWERING BOLWERK_0.5   | 5326        | 10                                   | 3                                    |
| 34-1     | 50805    | DrimmelenWest  | 523         | 9                                    | 2                                    |
| 34-2     | 50821    | Willemstad   | 819         | 9                                    | 2                                    |
| 52-2     | 51110    | Hoven_noord  | 2307        | 9                                    | 2                                    |
| 26-1     | 50600    | Westenschouwe  | 1351        | 3                                    | 2                                    |
| 31-1     | 50693    | Oostpolder   | 3432        | 3                                    | 2                                    |
| 6-6      | 50781    | Dijkringtraject 4 Warffum  | 4540        | 3                                    | 2                                    |
| 6-6      | 50782    | Dijkringtraject 5 Lauwerpolder                                       | 3708        | 3                                    | 2                                    |
| 6-6      | 50779    | Dijkringtraject 2 Kloosterburen                                      | 5880        | 3                                    | 2                                    |
| 32-2     | 50564    | 17_Terneuzen sluizen   | 301         | 3                                    | 2                                    |
| 6-4      | 50962    | Holwerd  | 3921        | 3                                    | 2                                    |
| 14-3     | 50122    | HoekvanHolland   | 4319        | 2                                    | 2                                    |
| 21-2     | 50756    | Haringvliet 41.5 KM bres21-16  | 1179        | 2                                    | 2                                    |
| 5-2      | 50027    | ZEEDIJK VAN OUDESCHILD_0.5   | 4163        | 6                                    | 2                                    |
| 27-1     | 50614    | Anna Jacobapolder noord  | 448         | 2                                    | 1                                    |
| 27-1     | 50615    | Anna Jacobapolder west   | 448         | 2                                    | 1                                    |
| 27-2     | 50616    | Anna Vosdijkpolder   | 448         | 2                                    | 1                                    |
| 30-1     | 50638    | Wilhelminapolder   | 574         | 2                                    | 1                                    |
| 31-2     | 50699    | Emanuelpolder  | 4740        | 2                                    | 1                                    |
| 31-2     | 50704    | ten zuiden van A58   | 11          | 2                                    | 1                                    |
| 2-2      | 51088    | Hollum   | 725         | 5                                    | 1                                    |
| 3-2      | 51089    | Terschelling   | 852         | 5                                    | 1                                    |
| 6-1      | 50955    | Stavoren   | 2397        | 2                                    | 1                                    |
| 6-6      | 50784    | Dijkringtraject 7 Oudeschip  | 2120        | 2                                    | 1                                    |
| 13-999   | 13011    | Marken Zuid  | 1664        | 3                                    | 1                                    |
| 13-999   | 13030    | Marken Noordoost   | 1664        | 3                                    | 1                                    |
| 45-2     | 51107    | Slaagse dijk   | 3193        | 2                                    | 1                                    |
| 51-1     | 50848    | Mettray  | 4666        | 4                                    | 1                                    |
| 13-2     | 159      | HONDSBOSSCHE ZEEWERING_3   | 314         | 1                                    | 1                                    |
| 17-1     | 51156    | km54_45  | 2471        | 1                                    | 1                                    |
| 21-2     | 50748    | Hollands Diep 12.5 KM bres21-10<br>Wieringerzeewering Oosterland tot | 1423        | 1                                    | 1                                    |
| 12-1     | 12004    | Den Oever_2.25   | 1779        | 2                                    | 1                                    |
| 25-2     | 51176    | Haringvliet_13 KM_7  | 197         | 1                                    | 1                                    |
| 25-2     | 51178    | Haringvliet_18 KM_9  | 609         | 1                                    | 1                                    |
| 25-2     | 51179    | Haringvliet_19 KM_10   | 400         | 1                                    | 1                                    |
| 26-2     | 50606    | Schouwse inlagen en Karrevelden                                      | 3753        | 1                                    | 1                                    |
| 27-2     | 50636    | Suzannapolder  | 2607        | 1                                    | 1                                    |
| 28-1     | 50674    | Mariapolder  | 1411        | 1                                    | 1                                    |
| 30-1     | 50641    | Wilhelminapolder2  | 531         | 1                                    | 1                                    |
| 30-3     | 50651    | Everingepolder   | 955         | 1                                    | 1                                    |

| Ringdeel | Brescode | Bresnaam                                     | Getroffenen | Slachtoffers<br>(excl.<br>evacuatie) | Slachtoffers<br>(incl.<br>evacuatie) |
|----------|----------|--|-------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| 30-3     | 50656    | Van Cittershaven                             | 2691        | 1                                    | 1                                    |
| 31-1     | 50691    | Nieuwlande polder                            | 889         | 1                                    | 1                                    |
| 32-1     | 50556    | 10_Slijkplaat                                | 758         | 1                                    | 1                                    |
| 32-1     | 50591    | 5_sGravenpolder                              | 1177        | 1                                    | 1                                    |
| 32-1     | 50593    | 6B_Oud Breskenspolder                        | 213         | 1                                    | 1                                    |
| 32-3     | 50570    | 22_Griete                                    | 139         | 1                                    | 1                                    |
| 6-6      | 50783    | Dijkringtraject 6 Westelijk van<br>Eemshaven | 2355        | 1                                    | 1                                    |
| 5-2      | 50112    | ZEEDIJK PRINS<br>HENDRIKPOLDER_2             | 327         | 2                                    | 1                                    |
| 51-1     | 50846    | Gorssel-noord                                | 3125        | 2                                    | 1                                    |
| 13-8     | 96       | DURGERDAMMERDIJK_0.5                         | 1478        | 1                                    | 0                                    |
| 5-2      | 50007    | OOSTDIJK_2.5                                 | 2993        | 1                                    | 0                                    |
| 5-2      | 50023    | INLAAGDIJK VAN 1938_0                        | 974         | 1                                    | 0                                    |
| 5-2      | 50033    | ZEEDIJK VAN HET NOORDEN_1.5                  | 186         | 1                                    | 0                                    |
| 5-2      | 50047    | DUINEN TEXEL_2                               | 4210        | 1                                    | 0                                    |
| 1-2      | 51087    | Schiermonnikoog                              | 593         | 0                                    | 0                                    |
| 2-2      | 51190    | Nes  | 895         | 0                                    | 0                                    |
| 4-2      | 51090    | Vlieland                                     | 400         | 0                                    | 0                                    |
| 5-2      | 50018    | ZEEDIJK VAN DE EENDRACHT_3                   | 9           | 0                                    | 0                                    |
| 5-2      | 50042    | EIJERLANDSE ZEEDIJK_1                        | 934         | 0                                    | 0                                    |
| 6-1      | 51116    | Riensluis                                    | 3297        | 0                                    | 0                                    |
| 6-1      | 50959    | PrinsesMargrietsluis                         | 532         | 0                                    | 0                                    |
| 6-2      | 51115    | Molkwerum                                    | 138         | 0                                    | 0                                    |
| 6-2      | 50944    | Hindelopen                                   | 326         | 0                                    | 0                                    |
| 6-2      | 51144    | WorkumerNieuwland                            | 186         | 0                                    | 0                                    |
| 6-2      | 51119    | Workum                                       | 268         | 0                                    | 0                                    |
| 6-2      | 50956    | GaastPiaam                                   | 342         | 0                                    | 0                                    |
| 6-2      | 51118    | Makkum                                       | 2116        | 0                                    | 0                                    |
| 6-2      | 51111    | Cornwerd                                     | 354         | 0                                    | 0                                    |
| 6-6      | 50780    | Dijkringtraject 3 Homanpolder                | 457         | 0                                    | 0                                    |
| 10-1     | 51132    | GOGS   | 263         | 0                                    | 0                                    |
| 12-1     | 12002    | Wieringerzeewering tot<br>Oosterland_7.75    | 725         | 0                                    | 0                                    |
| 12-1     | 12011    | Op amstelmeer boezem<br>HONDSBOSSCHE         | 0           | 0                                    | 0                                    |
| 13-2     | 154      | ZEEWERING_0.5                                | 314         | 0                                    | 0                                    |
| 13-4     | 367      | BALGZANDDIJK_8                               | 494         | 0                                    | 0                                    |
| 13-8     | 10       | NIEUWENDAM_0                                 | 753         | 0                                    | 0                                    |
| 13-999   | 13018    | Marken Noordwest                             | 1360        | 0                                    | 0                                    |
| 17-1     | 51149    | km14_1                                       | 67          | 0                                    | 0                                    |
| 17-1     | 51160    | Portlandse_zeedijk                           | 11          | 0                                    | 0                                    |
| 17-1     | 51162    | Slobberoord                                  | 0           | 0                                    | 0                                    |
| 17-2     | 51151    | km17_6                                       | 0           | 0                                    | 0                                    |
| 20-3     | 50733    | Nieuwe Waterweg 23 KM                        | 113         | 0                                    | 0                                    |
| 20-3     | 50728    | Spui 6.5 KM                                  | 112         | 0                                    | 0                                    |
| 20-4     | 50725    | Beninger Slikken                             | 1632        | 0                                    | 0                                    |
| 21-1     | 50740    | Oude Maas 5 KM bres21-02                     | 536         | 0                                    | 0                                    |
| 21-2     | 50747    | Hollands Diep 15 KM bres21-09                | 460         | 0                                    | 0                                    |



| Ringdeel | Brescode | Bresnaam                       | Getroffenen | Slachtoffers<br>(excl.<br>evacuatie) | Slachtoffers<br>(incl.<br>evacuatie) |
|----------|----------|--------------------------------|-------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| 21-2     | 50750    | Hollands Diep 7 KM bres21-12   | 426         | 0                                    | 0                                    |
| 21-2     | 50751    | Hollands Diep 10 KM bres21-12a | 410         | 0                                    | 0                                    |
| 21-2     | 50752    | Hollands Diep 3.5 KM bres21-13 | 425         | 0                                    | 0                                    |
| 21-2     | 50753    | Hollands Diep 1.5 KM bres21-14 | 410         | 0                                    | 0                                    |
| 21-2     | 50754    | Hollands Diep 0 KM bres21-14a  | 410         | 0                                    | 0                                    |
| 21-2     | 50755    | Haringvliet 47.5 KM bres21-15  | 410         | 0                                    | 0                                    |
| 21-2     | 50757    | Spui 1.5 KM bres21-17          | 601         | 0                                    | 0                                    |
| 21-2     | 50758    | Spui 5 KM bres21-18            | 423         | 0                                    | 0                                    |
| 22-1     | 51096    | Bres22-06                      | 107         | 0                                    | 0                                    |
| 22-1     | 51097    | Bres22-07                      | 223         | 0                                    | 0                                    |
| 22-1     | 51098    | Bres22-08                      | 159         | 0                                    | 0                                    |
| 22-1     | 51099    | Bres22-09                      | 28          | 0                                    | 0                                    |
| 24-2     | 51020    | Pauluszand                     | 107         | 0                                    | 0                                    |
| 25-1     | 51173    | Noordzee 15 KM_4               | 60          | 0                                    | 0                                    |
| 25-2     | 51174    | Haringvliet_4 KM_5             | 10          | 0                                    | 0                                    |
| 25-2     | 51175    | Haringvliet_10 KM_6            | 10          | 0                                    | 0                                    |
| 25-2     | 51177    | Haringvliet_14 KM_8            | 59          | 0                                    | 0                                    |
| 25-2     | 51180    | Haringvliet_21 KM_11           | 47          | 0                                    | 0                                    |
| 25-2     | 51181    | Haringvliet_23 KM_12           | 793         | 0                                    | 0                                    |
| 25-2     | 51182    | Haringvliet_24 KM_13           | 793         | 0                                    | 0                                    |
| 26-3     | 50608    | Gouweveerpolder                | 18          | 0                                    | 0                                    |
| 27-1     | 50613    | Abraham-Wisse polder           | 0           | 0                                    | 0                                    |
| 27-1     | 50629    | Philipsdam-Henrietteoord       | 39          | 0                                    | 0                                    |
| 27-1     | 50631    | Prins Hendrik polder           | 41          | 0                                    | 0                                    |
| 27-2     | 50618    | Geertruijpolder 2              | 600         | 0                                    | 0                                    |
| 27-2     | 50620    | Hollare polder                 | 29          | 0                                    | 0                                    |
| 27-2     | 50621    | Joanna-Maria polder            | 1002        | 0                                    | 0                                    |
| 27-2     | 50622    | Krabbekreekdam                 | 0           | 0                                    | 0                                    |
| 27-2     | 50625    | Oud Kempenshofstede polder     | 67          | 0                                    | 0                                    |
| 27-2     | 50637    | Van Haften polder              | 29          | 0                                    | 0                                    |
| 28-1     | 50673    | Anna-Frisopolder               | 7           | 0                                    | 0                                    |
| 28-1     | 50672    | Jacoba polder                  | 102         | 0                                    | 0                                    |
| 28-1     | 50683    | Jonkvrouw-Anne polder          | 526         | 0                                    | 0                                    |
| 28-1     | 50681    | Leendert-Abraham polder        | 29          | 0                                    | 0                                    |
| 28-1     | 50677    | Nieuw-Noord-Beveland           | 57          | 0                                    | 0                                    |
| 28-1     | 50675    | Thoorpolder                    | 0           | 0                                    | 0                                    |
| 28-1     | 50676    | Vliete polder                  | 203         | 0                                    | 0                                    |
| 29-1     | 50662    | Domburg_zuid                   | 1704        | 0                                    | 0                                    |
| 29-2     | 50664    | Boudewijnskerke                | 616         | 0                                    | 0                                    |
| 30-1     | 50639    | Oost-Bevelandpolder            | 0           | 0                                    | 0                                    |
| 30-1     | 50640    | Het Sas                        | 27          | 0                                    | 0                                    |
| 30-3     | 50646    | Willem-Anna polder             | 182         | 0                                    | 0                                    |
| 30-3     | 50655    | Elektriciteitscentrale         | 0           | 0                                    | 0                                    |
| 31-1     | 50650    | Eerste Bathpolder              | 7           | 0                                    | 0                                    |
| 31-1     | 50685    | Kaarspolder                    | 16          | 0                                    | 0                                    |
| 31-1     | 50690    | St Pieterspolder               | 11          | 0                                    | 0                                    |
| 31-1     | 50692    | Karel polder                   | 93          | 0                                    | 0                                    |
| 31-1     | 50694    | Stroodorpepolder               | 45          | 0                                    | 0                                    |

| Ringdeel | Brescode | Bresnaam                    | Getroffenen | Slachtoffers<br>(excl.<br>evacuatie) | Slachtoffers<br>(incl.<br>evacuatie) |
|----------|----------|-----------------------------|-------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| 31-1     | 50695    | Tweede Bathpolder           | 14          | 0                                    | 0                                    |
| 31-2     | 50698    | Zimmermanpolder             | 379         | 0                                    | 0                                    |
| 32-1     | 50596    | 1_Kievittepolder            | 8           | 0                                    | 0                                    |
| 32-1     | 50559    | 12B_Valuepark               | 51          | 0                                    | 0                                    |
| 32-1     | 50560    | 13_Paulinapolder            | 152         | 0                                    | 0                                    |
| 32-1     | 50561    | 14_Valuepark                | 0           | 0                                    | 0                                    |
| 32-1     | 50562    | 15_Braakman                 | 57          | 0                                    | 0                                    |
| 32-1     | 50567    | 2_Cadzand                   | 35          | 0                                    | 0                                    |
| 32-1     | 50590    | 4_Nieuwvliet                | 29          | 0                                    | 0                                    |
| 32-1     | 50595    | 9_Nummer een                | 0           | 0                                    | 0                                    |
| 32-2     | 50563    | 16_Dow                      | 2           | 0                                    | 0                                    |
| 32-3     | 50571    | 23_Eendragtspolder          | 75          | 0                                    | 0                                    |
| 32-3     | 50572    | 24_Hellegat                 | 15          | 0                                    | 0                                    |
| 32-3     | 50574    | 25B_Ser Arendspolder        | 162         | 0                                    | 0                                    |
| 32-3     | 50584    | 32_Kleine Molenpolder       | 99          | 0                                    | 0                                    |
| 32-3     | 50586    | 34_Alsteinpolder            | 121         | 0                                    | 0                                    |
| 32-3     | 50587    | 35_Saeftinghe               | 82          | 0                                    | 0                                    |
| 44-2     | 50119    | Bloemendalerpolder          | 1419        | 0                                    | 0                                    |
| 44-2     | 50136    | Naarden Vesting             | 1445        | 0                                    | 0                                    |
| 44-2     | 50139    | Noordpolder beoosten Muiden | 1429        | 0                                    | 0                                    |
| 45-2     | 51104    | Arkenheemse zeedijk         | 1382        | 0                                    | 0                                    |
| 45-2     | 51105    | Eemdijk                     | 1556        | 0                                    | 0                                    |
| 45-2     | 51106    | Oostdijk                    | 2792        | 0                                    | 0                                    |
| 45-2     | 51108    | Westdijk                    | 1918        | 0                                    | 0                                    |

Figure 8.1

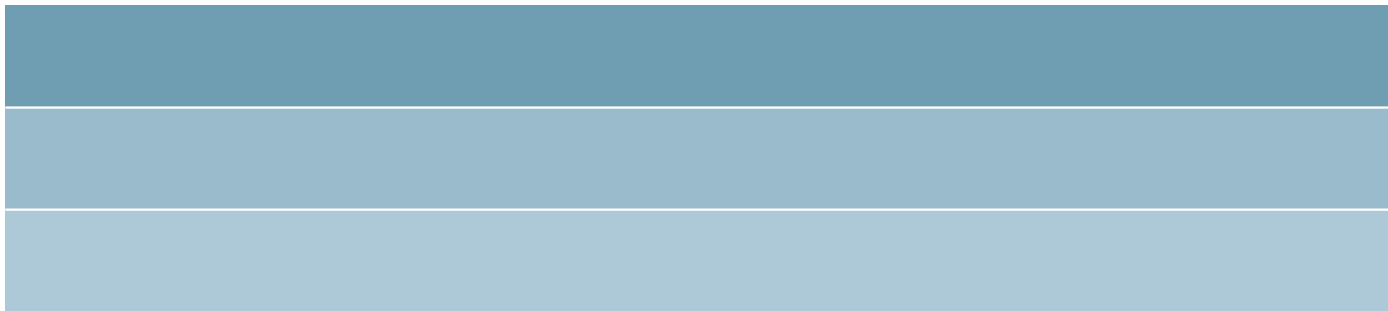
## **B Bijlage B: Gebruikte beschermingsnormen in de varianten**

Vetgedrukte cijfers geven aan dat de dijk 'doorbraakvrij' is verondersteld, waarbij de faalmechanismen piping en macro-instabiliteit zijn uitgeschakeld en het slachtofferaantal is gereduceerd met 80%.

Dat is voor varianten 2a en 2b voor dezelfde trajecten, namelijk waar veel slachtoffers worden verwacht; en voor variant 3 juist daar waar de gevolgen relatief gering zijn (trajecten met 'overlaten') om de waterstanden zo te beperken dat de overige dijken niet snel zullen falen.

| Normtraject | Naam   | Aantal slachtoffers | 1: Normvoorstel DPP-V | 2a: Risicovolle plekken doorbraakvrij | 2b: Combinatie van 1 en 2 | 3: Systeem |
|-------------|--|---------------------|-----------------------|---------------------------------------|---------------------------|------------|
| 14_1        | Zuid-Holland-Nieuwe Maas                                       | 3084                | 40000                 | 100000                                | 100000                    | 30000      |
| 14_2        | Zuid-Holland-Nieuwe Waterweg                                   | 490                 | 10000                 | 10000                                 | 10000                     | 30000      |
| 15_1        | Lopiker- en Krimpenerwaard - Lek Oost                          | 419                 | 20000                 | 10000                                 | 20000                     | 10000      |
| 15_2        | Lopiker- en Krimpenerwaard - Lek West                          | 270                 | 4000                  | 10000                                 | 10000                     | 10000      |
| 16_1        | Ablasserwaard en de Vijfheerenlanden (Gorinchem - Sliedrecht)  | 988                 | 40000                 | 30000                                 | 40000                     | 3000       |
| 16_2        | Ablasserwaard en de Vijfheerenlanden (Sliedrecht - Streefkerk) | 615                 | 4000                  | 30000                                 | 30000                     | 3000       |
| 16_3        | Ablasserwaard en de Vijfheerenlanden (Streefkerk - Ameide)     | 410                 | 20000                 | 10000                                 | 20000                     | 3000       |
| 16_4        | Ablasserwaard en de Vijfheerenlanden (Ameide - Everdingen)     | 314                 | 80000                 | 10000                                 | 80000                     | 3000       |
| 17_1        | IJsselmonde - Oude Maas / Noord                                | 24                  | 1250                  | 1000                                  | 1250                      | 1000       |
| 17_2        | IJsselmonde - Oude Maas / Nieuwe Maas                          | 104                 | 2000                  | 10000                                 | 10000                     | 1000       |
| 17_3        | IJsselmonde - Nieuwe Maas / Noord                              | 1079                | 80000                 | 100000                                | 100000                    | 30000      |
| 18_1        | Pernis   | 504                 | 80000                 | 30000                                 | 80000                     | 30000      |
| 19_1        | Rozenburg  | 10                  | 4000                  | 1000                                  | 4000                      | 3000       |
| 20_2        | Voorne-Putten (noordzijde west)                                | 99                  | 4000                  | 3000                                  | 4000                      | 3000       |
| 20_3        | Voorne-Putten (noordzijde oost)                                | 363                 | 10000                 | 10000                                 | 10000                     | 30000      |
| 20_4        | Voorne-Putten (Haringvliet)                                    | 75                  | 2000                  | 3000                                  | 3000                      | 1000       |
| 21_1        | Hoekse Waard (noord, Dordtse Kil)                              | 37                  | 1250                  | 1000                                  | 1250                      | 300        |
| 21_2        | Hoekse Waard (zuid)  | 3                   | 1250                  | 300                                   | 1250                      | 300        |
| 22_1        | Eiland van Dordrecht (Oude Maas - Dordtse Kil)                 | 6                   | 500                   | 300                                   | 500                       | 3000       |
| 22_2        | Eiland van Dordrecht (Hollands Diep)                           | 566                 | 4000                  | 30000                                 | 30000                     | 10000      |
| 24_1        | Land van Altena (Bergsche Maas)                                | 28                  | 10000                 | 1000                                  | 10000                     | 1000       |
| 24_2        | Land van Altena (Steurgat)                                     | 0                   | 500                   | 300                                   | 500                       | 1000       |
| 24_3        | Land van Altena (Boven Merwede)                                | 133                 | 4000                  | 10000                                 | 10000                     | 1000       |
| 25_2        | Goeree-Overflakke-Haringvliet                                  | 1                   | 500                   | 300                                   | 500                       | 300        |
| 34_1        | West-Brabant (oost)  | 4                   | 1250                  | 300                                   | 1250                      | 1000       |
| 34_2        | West-Brabant (west)  | 4                   | 1250                  | 300                                   | 1250                      | 1000       |
| 34-a_1      |  | 7                   | 2000                  | 300                                   | 2000                      | 1000       |
| 35_1        | Donge (Donge)  | 343                 | 20000                 | 10000                                 | 20000                     | 3000       |
| 35_2        | Donge (Bergsche Maas)  | 40                  | 1250                  | 1000                                  | 1250                      | 1000       |
| 36_4        | Land van Heusden/de Maaskant                                   | 93                  | 20000                 | 3000                                  | 20000                     | 3000       |
| 36_5        | Land van Heusden/de Maaskant (west)                            | 54                  | 4000                  | 3000                                  | 4000                      | 3000       |
| 37_1        | Nederhemert  | 0                   | 2000                  | 300                                   | 2000                      | 300        |
| 38_1        | Bommelerwaard-Waal   | 126                 | 10000                 | 10000                                 | 10000                     | 1000       |
| 38_2        | Bommelerwaard-Maas   | 54                  | 4000                  | 3000                                  | 4000                      | 1000       |
| 39_1        | Alem   | 3                   | 2000                  | 300                                   | 2000                      | 300        |
| 40_1        | Heerewaarden-Waal  | 4                   | 40000                 | 300                                   | 40000                     | 3000       |
| 40_2        | Heerewaarden-Maas  | 1                   | 500                   | 300                                   | 500                       | 300        |
| 41_1        | Land van Maas en Waal (Waal Oost)                              | 130                 | 10000                 | 10000                                 | 10000                     | 1000       |
| 41_2        | Land van Maas en Waal (Waal West)                              | 115                 | 10000                 | 10000                                 | 10000                     | 1000       |
| 42_1        | Ooij en Millingen  | 34                  | 2000                  | 1000                                  | 2000                      | 300        |
| 43_1        | Betuwe, Tieler- en Culemborgerwaard (Everdingen - Pr           | 62                  | 10000                 | 3000                                  | 10000                     | 3000       |
| 43_2        | Betuwe, Tieler- en Culemborgerwaard ( Pr                       | 126                 | 20000                 | 10000                                 | 20000                     | 3000       |
| 43_3a       | Betuwe, Tieler- en Culemborgerwaard (Opheusden -               | 520                 | 10000                 | 30000                                 | 30000                     | 3000       |
| 43_4a       | Betuwe, Tieler- en Culemborgerwaard (Amhem -                   | 220                 | 10000                 | 10000                                 | 10000                     | 3000       |
| 43_5        | Betuwe, Tieler- en Culemborgerwaard (Doomenburg -              | 252                 | 10000                 | 10000                                 | 10000                     | 3000       |
| 44_1        | Kromme Rijn-Rijn   | 278                 | 40000                 | 10000                                 | 40000                     | 10000      |
| 45_1        | Gelderse Vallei-Rijn   | 262                 | 80000                 | 10000                                 | 80000                     | 10000      |
| 47_1        | Amhemse- en Velpsebroek  | 66                  | 4000                  | 3000                                  | 4000                      | 1000       |
| 48_1        | Rijn en IJssel (Rijn / Pannerdensch Kanaal)                    | 244                 | 4000                  | 10000                                 | 10000                     | 300        |
| 48_2        | Rijn en IJssel (IJssel)  | 82                  | 10000                 | 3000                                  | 10000                     | 3000       |
| 49_2        | IJsselland   | 3                   | 500                   | 300                                   | 500                       | 1000       |
| 50_1        | Zulphen  | 27                  | 10000                 | 1000                                  | 10000                     | 3000       |
| 51_1        | Gorssel  | 1                   | 500                   | 300                                   | 500                       | 1000       |
| 52_1        | Oost Veluwe_1  | 9                   | 4000                  | 300                                   | 4000                      | 300        |
| 52_2        | Oost Veluwe_2  | 9                   | 2000                  | 300                                   | 2000                      | 300        |
| 52_3        | Oost Veluwe_3  | 12                  | 2000                  | 1000                                  | 2000                      | 300        |
| 53_1        | Salland (Schipbeek - IJssel) Zuid                              | 73                  | 1250                  | 3000                                  | 3000                      | 1000       |
| 53_2        | Salland (IJssel) Midden  | 267                 | 10000                 | 10000                                 | 10000                     | 3000       |





**Deltares**