

# Veiligheid Nederland in kaart

VNKK2



## Overstromingsrisico Dijkkring 35 Donge

Oktober 2014

---

## Veiligheid Nederland in Kaart 2

Overstromingsrisico dijkkringgebied 35, Donge

<b>Documenttitel</b>	Veiligheid Nederland in Kaart 2 Overstromingsrisico dijkkringgebied 35, Donge
<b>Document</b>	HB 2585118
<b>Status</b>	Definitief
<b>Datum</b>	Oktober 2014
<b>Auteur</b>	Bram de Groot (RPS)
<b>Opdrachtnemer</b>	Rijkswaterstaat WVL
<b>Uitgevoerd door</b>	Consortium Albicom (combinatie van Alkyon, Lievense, RPS, IV-Infra)
<b>Opdrachtgevers</b>	Ministerie van Infrastructuur en Milieu, Unie van Waterschappen en Interprovinciaal Overleg



---

## Voorwoord

Het project Veiligheid Nederland in Kaart (VNK2) analyseert voor 58 dijkkringgebieden het overstromingsrisico, uitgedrukt in economische schade en aantallen slachtoffers. In dit rapport worden de resultaten gepresenteerd van de uitgevoerde risicoanalyse voor de categorie a-keringen van dijkkringgebied 35, Donge. Het detailniveau van de analyses is afgestemd op de primaire doelstelling van VNK2: het verschaffen van een beeld van het overstromingsrisico.

Hoewel dit rapport een beeld geeft van de veiligheid van dijkkringgebied 35, dient het niet te worden verward met een toetsrapport in het kader van de Waterwet. De in VNK2 berekende overstromingskansen laten zich niet zonder meer vergelijken met de wettelijk vastgelegde overschrijdingskansen van de waterstanden die de primaire keringen veilig moeten kunnen keren.

Bij het tot stand komen van de resultaten spelen de provincies en de beheerders een belangrijke rol. De provincie Noord-Brabant heeft de overstromingsberekeningen uitgevoerd, die ten grondslag liggen aan de berekende gevolgen van de overstromingsscenario's. De beheerder heeft een essentiële bijdrage geleverd door gegevens ter beschikking te stellen en de plausibiliteit van de opgestelde (alternatieve) schematisaties te bespreken. De uitgevoerde analyses zijn zowel intern als extern getoetst. Ten slotte heeft het Expertise Netwerk Waterveiligheid (ENW) de kwaliteit van de analyses en rapportages steekproefsgewijs gecontroleerd.

Met de inzichten van VNK2 kunnen gericht maatregelen worden getroffen om Nederland kostenefficiënt te beschermen tegen overstromingen. Op basis van de resultaten kunnen voorstellen voor maatregelen in de meerlaagsveiligheid onderling worden afgewogen, kunnen versterkingsmaatregelen uit het hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBP) worden geprioriteerd, aanvullende gegevens gericht worden ingewonnen en middelen en menskracht tijdens hoogwatersituaties optimaler worden ingezet. Tenslotte vormen de resultaten van VNK2 input voor het Deltaprogramma en de nieuwe normering.

VNK2 is een initiatief van het Ministerie van Infrastructuur en Milieu, de Unie van Waterschappen en het Interprovinciaal Overleg, uitgevoerd door Rijkswaterstaat WVL in nauwe samenwerking met waterkeringbeheerders, provincies, kennisinstututen en ingenieursbureaus.

Graag wil ik alle betrokkenen bedanken voor de constructieve bijdrage en de plezierige samenwerking.

Niels Roode  
Projectmanager VNK2, Rijkswaterstaat WVL



---

# Inhoudsopgave

<b>Managementsamenvatting</b>	<b>1</b>
<b>Technische samenvatting</b>	<b>7</b>
<b>1 Inleiding</b>	<b>12</b>
1.1 Aanleiding project Veiligheid van Nederland in Kaart	12
1.2 Projectopdracht Veiligheid van Nederland in Kaart	12
1.3 Overschrijdingskansen en overstromingskansen	13
1.4 Rekenmethode VNK2	13
1.5 Leeswijzer	16
<b>2 Gebiedsbeschrijving en schematisatie</b>	<b>19</b>
2.1 Beschrijving dijkkringgebied 35, Donge	19
2.1.1 Gebiedsbeschrijving	19
2.1.2 Beheerder	20
2.1.3 De primaire waterkering van dijkkringgebied 35	20
2.1.4 Bodemopbouw dijkkringgebied 35 [ref 13]	20
2.2 Ontstaansgeschiedenis	22
2.3 Recente geschiedenis: bedreigingen en versterkingen	23
2.3.1 Overstromingsrampen	23
2.3.2 Dijkversterkingen	24
2.4 Vakindeling categorie a-kering	26
2.4.1 Vakindeling dijken	26
2.4.2 Overzicht vakindeling	26
2.5 Kunstwerken	27
<b>3 Overstromingskans</b>	<b>29</b>
3.1 Aanpak en uitgangspunten	29
3.2 Beschouwde faalmechanismen	29
3.2.1 Faalmechanismen dijken	29
3.2.2 Faalmechanismen kunstwerken	30
3.3 Niet beschouwde faalmechanismen	31
3.4 Berekende overstromingskansen	32
3.4.1 Overstromingskans en faalkansen per faalmechanisme	32
3.4.2 Faalkansen dijken	33
3.4.3 Faalkansen kunstwerken	35
3.5 Dominante vakken en faalmechanismen	36
3.6 Vergelijking met toetsing	36
<b>4 De gevolgen van overstromingen per doorbraaklocatie</b>	<b>37</b>
4.1 Aanpak en uitgangspunten	37
4.1.1 Algemeen	37
4.1.2 Ringdelen	38
4.1.3 Hoogteligging en verhoogde lijnelementen	38

---

4.1.4	Evacuatie	40
4.2	Resultaten overstromingsberekeningen per ringdeel	41
4.2.1	Ringdeel 1: Doorbraaklocaties Wilhelminakanaal	42
4.2.2	Ringdeel 2: Doorbraaklocatie Donge	42
4.2.3	Ringdeel 3: Doorbraaklocatie Dombosch	43
4.2.4	Ringdeel 4: Doorbraaklocatie Keizersveer	43
4.2.5	Ringdeel 5: Doorbraaklocaties Overdiepsche Polder	44
4.2.6	Ringdeel 6: Doorbraaklocatie Capelsche uiterwaard	44
4.2.7	Maximaal scenario,	45
4.3	Overzicht resultaten overstromingsberekeningen	45
<b>5</b>	<b>Overstromingsscenario's en scenariokansen</b>	<b>49</b>
5.1	Definitie overstromingsscenario's	49
5.1.1	Aanpak	49
5.1.2	Geen ontlasten na een doorbraak	49
5.2	Scenariokansen	49
5.3	De gevolgen van overstromingen voor een selectie van scenario's	50
5.3.1	De meest waarschijnlijke enkelvoudige doorbraak	50
5.3.2	De meest waarschijnlijke meervoudige doorbraak	50
<b>6</b>	<b>Overstromingsrisico</b>	<b>53</b>
6.1	Koppeling scenariokansen en gevolgen	53
6.2	Overstromingsrisico	54
6.2.1	Economisch risico	54
6.2.2	Slachtofferrisico	55
<b>7</b>	<b>Gevoeligheidsanalyses</b>	<b>59</b>
7.1	Gevoeligheidsanalyse I: Reductie overstromingsrisico dijkkring 35	59
7.1.1	Ia: Afnemende meeropbrengst tot overstromingskans 1/2.000 per jaar	59
7.1.2	Ib: Faalkansreductie tot economisch optimale overstromingskans per traject	61
7.1.3	Ic: Gerichte reductie overstromingsrisico dijkkring 35	63
7.1.4	Samenvatting risicoreductie	65
7.2	Gevoeligheidsanalyse II: Invloed falen Bovenlandsesluis	70
7.3	Gevoeligheidsanalyse III: Cascadewerking dijkkring 36	70
7.4	Gevoeligheidsanalyse IV: Evacuatie in het overgangsgebied van rivier- naar zeegedomineerd hoogwater	73
7.5	Samenvatting gevoeligheidsanalyse	75
<b>8</b>	<b>Conclusies en aanbevelingen</b>	<b>77</b>
8.1	Conclusies	77
8.1.1	De kans op een overstroming in dijkkringgebied 35	77
8.1.2	De gevolgen van overstromingen in dijkkringgebied 35	77
8.1.3	Het overstromingsrisico in dijkkringgebied 35	77
8.2	Aanbevelingen	79

---

## Managementsamenvatting

### Wat is VNK2?

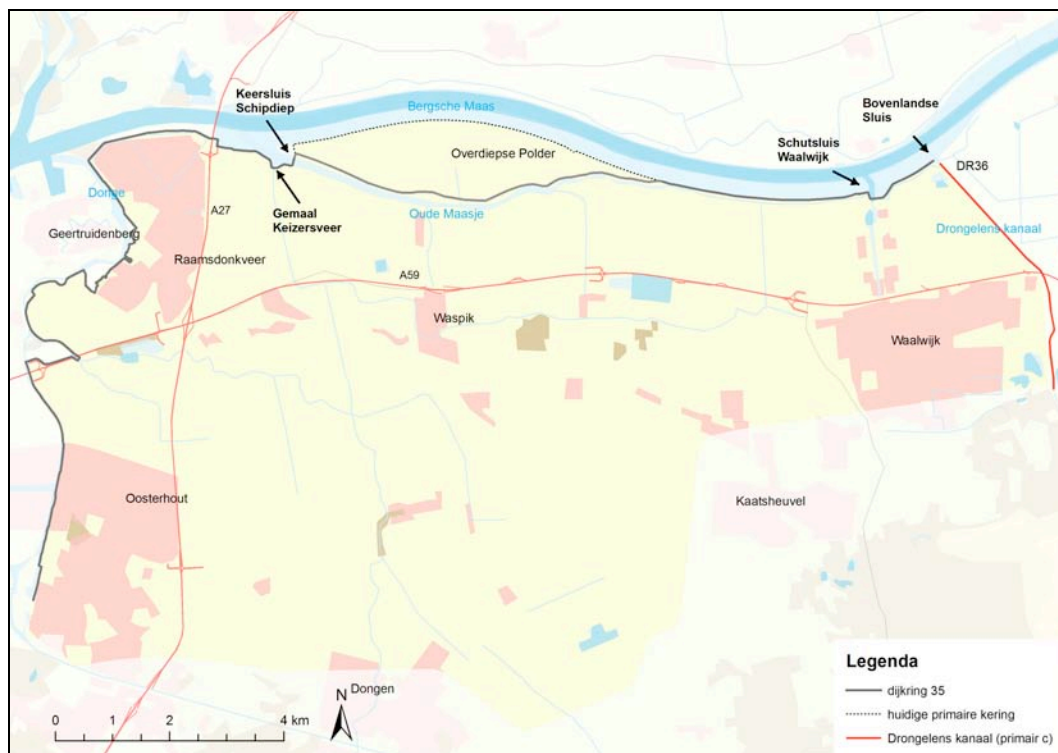
Veiligheid Nederland in Kaart 2 (VNK2) is het project dat overstromingsrisico's in Nederland in kaart brengt. De rekenmethode van VNK2 maakt het mogelijk overstromingskansen te berekenen. Door het combineren van doorbraakkansen, overstromingswijzen en gegevens omtrent bewoning en bedrijvigheid (de gevolgen), kan een beeld worden gegeven van het overstromingsrisico. Met een goed beeld van het overstromingsrisico en de effectiviteit van maatregelen kunnen beter onderbouwde keuzes worden gemaakt ten aanzien van investeringen in waterveiligheid.

Voor u ligt de rapportage van de analyse van dijkkringgebied 35, Donge.

### Dijkkring 35

Dijkkring 35 Donge ligt in de Provincie Noord-Brabant en omsluit een gebied van circa 10.000 hectare. Het gebied beslaat de gemeenten Oosterhout, Geertruidenberg, Waalwijk, Loop op Zand en Dongen. In deze gemeenten tezamen wonen circa 170.000 mensen, waarvan circa 120.000 in het dijkkringgebied wonen. Het dijkkringgebied grenst in het westen aan het buitenpand van het Wilhelminakanaal en de Donge, in het noorden aan de Bergsche Maas en in het oosten aan het Drongelens kanaal. De zuidelijke begrenzing wordt gevormd door hoge zandgronden.

De primaire categorie a-waterkering heeft een totale lengte van 28,5 km. De waterkering langs het Drongelens kanaal is ongeveer 4,8 km lang (tot aan de hoge grond) en betreft een primaire categorie c-kering. Dit houdt in dat deze niet direct buitenwater kerend is. Wel is deze kering van belang voor systeemwerking, wanneer een overstroming zou plaatsvinden in de bovenstroomse dijkkring 36. Binnen VNK2 wordt alleen de categorie a-kering beschouwd.



Figuur 1: De ligging van dijkkring 35



---

## Resultaten

VNK2 geeft een beeld van de overstromingskansen, gevolgen en risico's voor een dijkkringgebied. De veiligheidsbenadering in VNK2 is daarmee anders dan die in de toetsing in het kader van de Waterwet. De in VNK2 berekende overstromingskansen laten zich niet zonder meer vergelijken met de wettelijk vastgelegde overschrijdingskansen van de waterstanden die de primaire keringen veilig moeten kunnen keren (zie paragraaf 1.3). VNK2 geeft een schatting van de overstromingskans van het dijkkringgebied. Een ander verschil met de toetsing is dat in VNK2 ook de economische schade en slachtoffers door overstroming en de bijbehorende risico's in beeld worden gebracht. De weergegeven resultaten zijn berekend zonder meenemen van de invloed van de duur van de belasting bij het faalmechanisme *opbarsten en piping*. Deze invloed wordt beschouwd in kustgebieden waar hoogwaters relatief kort duren en deze de kans op opbarsten en piping verkleint. In het rivierengebied duren hoogwaters langer en is de belasting bij *opbarsten en piping* als stationair (onafhankelijk van de tijd) beschouwd.

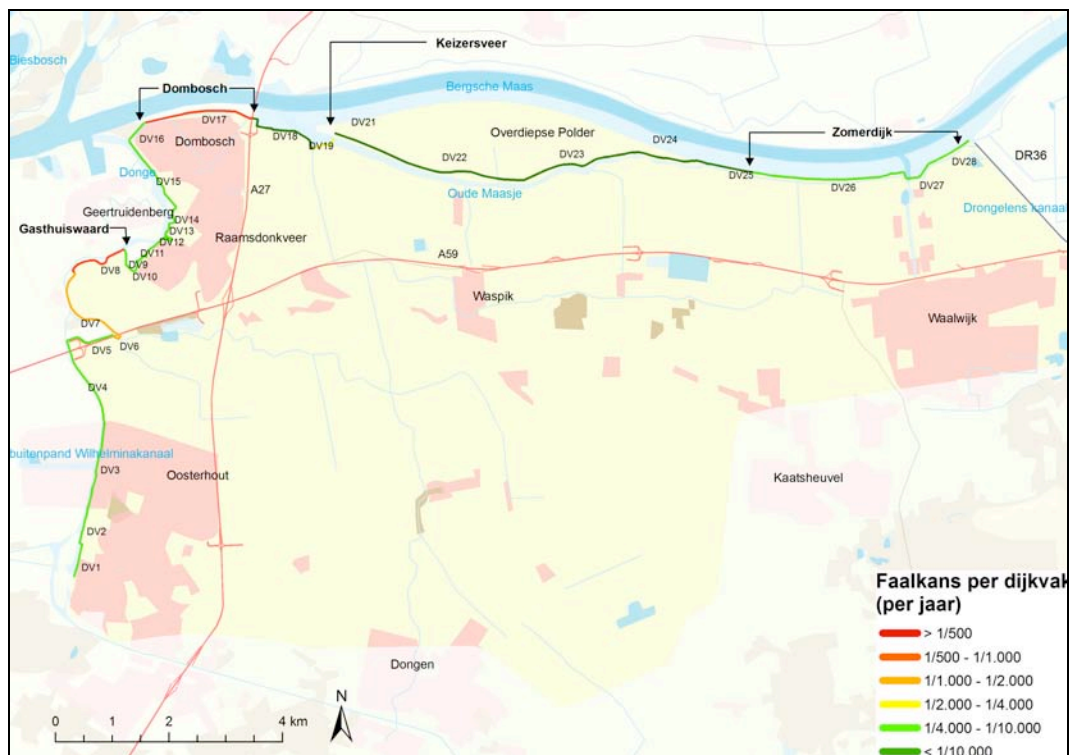
### Overstromingskans

De berekende overstromingskans van dijkkringgebied 35 is circa 1/160 per jaar. Dit is de kans dat zich ergens in het dijkkringgebied een overstroming voordoet als gevolg van een dijkdoorbraak. Bij de berekening van deze kans is geen rekening gehouden met de inzet van noodmaatregelen. Enkele plekken zijn beeldbepalend voor de berekende faalkans:

- De kering langs de Donge vanaf de snelweg A59 tot aan de weg Gasthuiswaard. Hier is een grote faalkans voor *opbarsten en piping* berekend. Hier is het kwelslootpeil relatief laag en de kwelweglengte kort. In het zuidelijk gedeelte (dijkvak DV7, zie Figuur 2) kan het kwelslootpeil worden opgezet en is de faalkans kleiner dan in het noordelijk deel van de Donge (DV8), hoewel nog steeds relatief groot.
- De kering langs de Bergsche Maas ter hoogte van industrieterrein Dombosch, Keizersveer en oosten van schutsluis Waalwijk. Hier is een grote faalkans voor *opbarsten en piping* berekend. Hier is eveneens het kwelslootpeil relatief laag en de kwelweglengte kort.

In de toetsing zijn de genoemde trajecten goedgekeurd. In de toetsing zijn berekeningen uitgevoerd met een grove korreldiameter voor het faalmechanisme *opbarsten en piping*. Waarschijnlijk is de grove korreldiameter gebaseerd op monsters die genomen zijn uit een dieper gelegen zandlaag. De pipinggevoelige laag wordt echter gevormd door de zandlaag met een fijnere korreldiameter die vlak onder de deklaag ligt. In VNK is deze fijnere zandlaag gehanteerd in de berekeningen. Dit geeft een verschil met de toetsingsresultaten.

In grote delen van de dijkkring is de faalkans echter relatief klein. In Figuur 2 zijn de faalkansen per dijkvak weergegeven en zijn bovengenoemde beeldbepalende plekken aangegeven. De grootste bijdrage aan de overstromingskans wordt geleverd door het faalmechanisme *opbarsten en piping* (dijken).

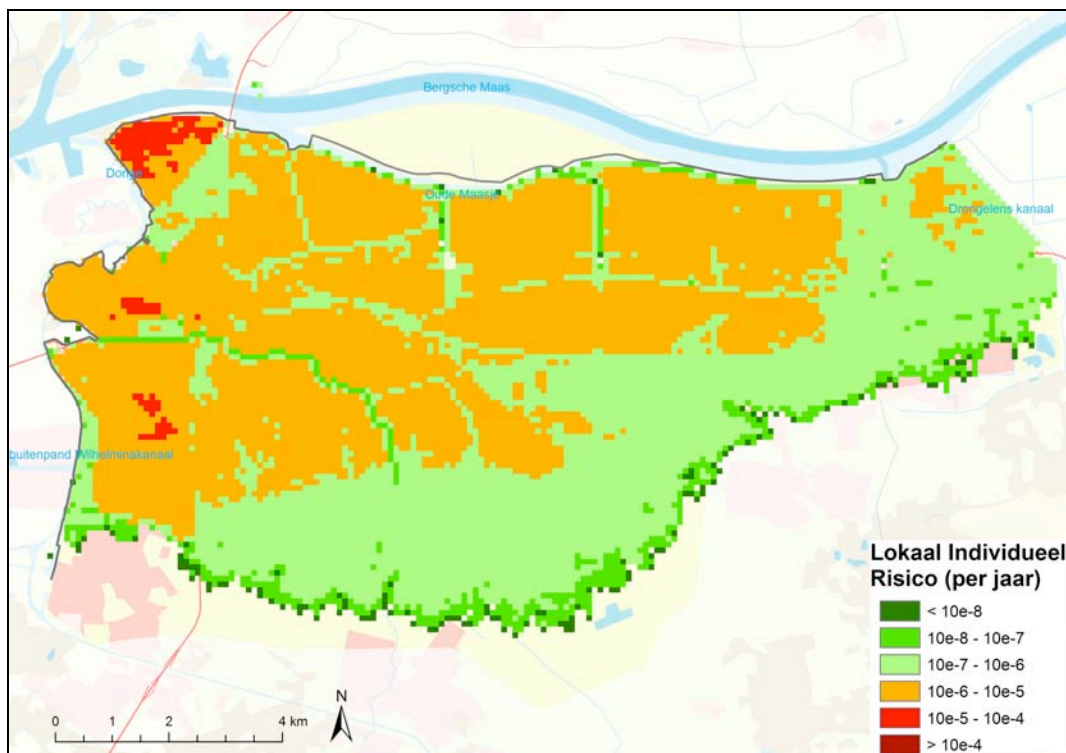


Figuur 2: Faalkans per dijkvak

### Overstromingsrisico

De grootste economische schade bij de beschouwde overstromingsscenario's bedraagt circa 3 miljard euro, het grootste aantal slachtoffers circa 310 slachtoffers. De gemiddelde economische schade per overstroming is ongeveer 390 miljoen euro en het gemiddeld aantal slachtoffers is circa 8.

De verwachtingswaarden van de economische schade en het aantal slachtoffers bedragen respectievelijk 2,4 miljoen euro en 0,1 slachtoffer per jaar. In Figuur 3 is het lokaal individueel risico (LIR) weergegeven. Uit de figuur blijkt dat het LIR in grote delen van het dijkkringgebied kleiner is dan  $10^{-5}$  per jaar. Ter plaatse van industrieterrein Dombosch is het LIR groter dan  $10^{-5}$ . Dit wordt veroorzaakt door de grote berekende faalkans en doordat het een relatief klein gebied betreft dat is omringd is door een hoger gelegen weglichaam (de weg Maasdijk). Het gebied zal daardoor naar verwachting relatief snel vollopen bij een overstroming. Opgemerkt wordt dat het een industriegebied betreft waar vrijwel geen bewoning is. Op enkele plekken in het buitengebied, ten noorden van Oosterhout, is het LIR eveneens groter dan  $10^{-5}$ . Dit wordt veroorzaakt door lokale laagten in het landschap waardoor de waterdiepte bij een overstroming op die plekken groter is. In overige delen van het gebied is het LIR  $10^{-5}$  en  $10^{-6}$  per jaar en het hoger gelegen zuiden ligt de waarde tussen  $10^{-6}$  en  $10^{-7}$  per jaar of kleiner.



Figuur 3: Lokaal individueel risico dijkkring 35

#### Dijkverbetering

##### Verbetering gericht op risicoreductie (LIR kleiner dan $10^{-5}$ per jaar)

In een gevoeligheidsanalyse is bekeken hoe het overstromingsrisico gericht kan worden verkleind. Een verkleining van de overstromingskans per individueel dijkvak hoeft namelijk niet te resulteren in een evenredige verkleining van het risico omdat, zoals in de inleiding is toegelicht, vakken met grote faalkansen niet per definitie gekoppeld zijn aan grote gevolgen. Door faalkansreductie in vier dijkvakken kan het overstromingsrisico effectief worden gereduceerd waarbij het LIR overal kleiner wordt dan  $10^{-5}$  per jaar. Dit betreffen dijken ter plaatse van de A59 (DV6), de Donge bij Gasthuiswaard (DV8), industrieterrein Dombosch (DV17) en de Zomerdijk ten oosten van de sluis (DV27). De locatieaanduidingen zijn aangegeven in Figuur 3. Door naast bovengenoemde drie dijkvakken ook de dijkvakken langs de Donge (DV7), Maasweg bij Keizersveer (DV20) en de Zomerdijk ten westen van de sluis (DV26) te verbeteren worden het risico verder verkleind en worden lokaal hoge waarden voor het economisch risico verkleind.

##### Verbetering tot economisch optimale overstromingskans (Deelprogramma Veiligheid)

In 2013 is opnieuw de economisch optimale overstromingskans bepaald binnen het Deelprogramma Veiligheid (DPV) van het Deltaprogramma [ref 18]. Door faalkansreductie in vier dijkvakken kan de economisch optimale overstromingskans per traject volgens de technisch-inhoudelijke uitwerking van het DPV [ref 11] worden behaald. Met de hierboven genoemde dijkvakken ten behoeve van de risicoreductie wordt de faalkans kleiner dan de economisch optimale overstromingskans per DPV-traject. Dit betreffen dijkvakken langs de Donge (DV8), bij industrieterrein Dombosch (DV17), Maasweg bij Keizersveer (DV20) en de Zomerdijk ten oosten van de sluis bij Waalwijk (DV27).

#### Overige analyses

##### Falen van de Bovenlandse sluis

Op basis van de basisschematisatie is een kleine faalkans berekend voor de Bovenlandsesluis. Dit kunstwerk is een gecombineerd kunstwerk dat bestaat uit een

---

sluis (categorie a) en een sifon (categorie c). De sifon vormt de verbinding tussen de Zomerdijk en de c-kering langs het Drongelens Kanaal. De sluis is officieel onderdeel van de primaire waterkering (categorie a) van dijkkring 36. Bij falen van de waterkerende functie van dit kunstwerk en de primaire kering kan overstroming van het land achter de Zomerdijk plaatsvinden. Op basis van een indicatieve benadering is bepaald dat het falen van de Bovenlandse sluis inclusief een bres in de primaire kering een grote invloed heeft op het berekende risico van dijkkring 35. Het risico voor de gehele dijkkring wordt hierdoor een factor 5 groter.

#### Cascadewerking

Dijkkring 35 wordt gescheiden van de oostelijk gelegen dijkkring 36 door het Drongelens kanaal. Dit kanaal is aan weerszijden voorzien van regionale keringen. Op basis van een indicatieve benadering is bekeken of een overstroming in dijkkring 36 invloed heeft op het berekende risico in dijkkring 35. Op basis van de analyse kan worden geconcludeerd dat extra risico door systeemwerking van dijkkring 36 naar dijkkring 35 niet verwaarloosbaar is. Gezien de maaiveldhoogten en waterdieptes bij een overstroming is cascadewerking via de dijken langs het Drongelens kanaal in theorie mogelijk in beide richtingen, van dijkkring 36 naar dijkkring 35 en vice versa.

#### Evacuatie in het overgangsgebied van rivier- naar zeegedomineerd hoogwater

Dijkkring 35 ligt in het overgangsgebied van riviergedomineerd naar zeegedomineerd hoogwater. Afhankelijk van het type hoogwater zijn er verschillende typen evacuaties, namelijk georganiseerde of ongeorganiseerde evacuaties die plaatsvinden bij verwachte of onverwachte overstromingen. Dit is bepaald in evacuatie-deelscenario's. In de basissituatie is differentiatie aangebracht in de (conditionele) kans op een bepaald evacuatie-deelscenario. De verwachtingswaarde voor de evacuatie varieert dan tussen 40% en 76% afhankelijk van de overgang van bovenrivierengebied naar benedenrivierengebied.

In een gevoeligheidsanalyse is bekeken wat de invloed van is van het differentiëren van de conditionele kansen van de evacuatie-deelscenario's langs de dijkkring. Er is een berekening gemaakt waarbij de zowel de evacuatiefracties als de conditionele kansen zijn overgenomen van het bovenrivierengebied.

Indien de conditionele kansen uit het bovenrivierengebied op deze dijkkring worden toegepast wordt de verwachtingswaarde van het aantal slachtoffers 0,05 slachtoffers per jaar: 50% van het oorspronkelijke risico (0,1 slachtoffers per jaar). Het LIR wordt in het gehele dijkkringgebied kleiner dan  $10^{-5}$  en grotendeels zelfs kleiner dan  $10^{-6}$ .

Het hanteren van andere conditionele kansen heeft een geringe invloed op de schadegetallen. Door het verplaatsen van voertuigen en goederen is het economisch risico met de conditionele kansen van het bovenrivierengebied kleiner, maar dit effect is verwaarloosbaar klein.

---

## Aanbevelingen

De uitgevoerde analyses van VNK2 leveren inzicht in het huidige risico en effectieve manieren om het risico te reduceren. Op basis van de resultaten van huidige analyse wordt het volgende aanbevolen:

- Wanneer een significante reductie van de overstromingskans (kleiner dan 1/2.000 per jaar) wenselijk wordt geacht, wordt aanbevolen om de faalkansen van dijkvakken langs de Donge (DV6, DV7 en DV8), bij industrieterrein Dombosch (DV17), Maasweg bij Keizersveer (DV20) en de Zomerdijk ten oosten van de sluis (DV27) te reduceren. Aanbevolen wordt om deze vakken op basis van aanvullende gegevens nader te beschouwen en indien nodig maatregelen te treffen.
- Wanneer een reductie van de overstromingskans tot kleiner dan de economisch optimale overstromingskans per traject wenselijk wordt geacht, wordt aanbevolen om de faalkansen van dijkvakken langs de Donge (DV8), bij industrieterrein Dombosch (DV17), Maasweg bij Keizersveer (DV20) en de Zomerdijk ten oosten van de sluis bij Waalwijk (DV27) te reduceren. Aanbevolen wordt om deze vakken op basis van aanvullende gegevens nader te beschouwen en indien nodig maatregelen te treffen.
- Wanneer een significante reductie van het overstromingsrisico wenselijk wordt geacht, wordt aanbevolen de faalkansen van dijkvakken langs de A59 (DV6), de Donge bij Gasthuiswaard (DV8), industrieterrein Dombosch (DV17) en de Zomerdijk ten oosten van de sluis (DV27) te reduceren. Aanbevolen wordt om deze vakken op basis van aanvullende gegevens nader te beschouwen en indien nodig maatregelen te treffen.  
Door naast bovengenoemde dijkvakken ook de faalkansen van dijkvakken langs de Donge (DV7), Keizersveer (DV20) en ten westen van de schutsluis Waalwijk (DV26) te reduceren worden lokale hoge waarden voor het economisch risico in woonkernen verder verlaagd.
- Bij de berekende faalkansen voor de faalmechanismen *opbarsten en piping* heeft onzekerheid in de korreldiameter grote invloed. In dijkvak 7 is gebleken dat het hanteren van matig fijn zand in plaats van matig grof zand (huidige berekening) grofweg een factor 2 grotere faalkans oplevert. Het wordt aanbevolen om deze invloed nader te onderzoeken door middel van extra grondonderzoek waarbij specifiek wordt geconcentreerd op pipinggevoelige grondlagen.
- Het kwelslootpeil heeft een grote invloed op de faalkans bij het faalmechanisme *opbarsten en piping*. Gebleken is dat niet overal goed bekend is in hoeverre het kwelslootpeil in de praktijk daadwerkelijk kan worden opgezet. In dijkvak 7 is gebleken dat het hanteren van het polderpeil in plaats van het opgezette peil (huidige berekening) een faalkans oplevert die meer dan een factor 10 groter is. Aanbevolen wordt om te onderzoeken tot welke peilen het water in de kwel sloten tijdens hoogwatersituaties kan worden opgezet. Ook wordt aanbevolen dit te verwerken in een hoogwaterbestrijdingsplan of soortgelijk protocol.

---

## Technische samenvatting

Dit rapport beschrijft de resultaten van de risicoanalyse die is verricht voor dijkkringgebied 35 Donge in het kader van het project Veiligheid Nederland in Kaart (VNK2). In deze technische samenvatting worden de berekeningsresultaten besproken en wordt op hoofdlijnen beschreven op welke uitgangspunten en aannamen deze resultaten berusten. De analyse door VNK2 omvat de volgende stappen:

### De schematisatie van de dijkkring

De primaire waterkering van de dijkkring bestaat uit een aaneengesloten stelsel van dijken, duinen en kunstwerken. Een overzicht van de vakindeling voor de primaire kering is gegeven in Tabel 1.

Dijken	Totale lengte	28,5 km
	Aantal dijkvakken	27
	Gemiddelde lengte dijkvak	1050 m
Kunstwerken	Totaal aantal kunstwerken	11
	Aantal beschouwde kunstwerken	2

Tabel 1: De vakindeling van dijkkring 35.

Dijkkring 35 grenst in het westen aan het buitenpand van het Wilhelminakanaal en de Donge, in het noorden aan de Bergsche Maas en in het oosten aan het Drongelens kanaal. De zuidelijke begrenzing wordt gevormd door hoge zandgronden. Het uitgangspunt in de basisberekening is de nieuwe situatie na uitvoering van de dijkversterking Amer-Donge en de rivierverruiming Overdiepse Polder.

Het gehele dijkkringgebied wordt door een categorie a-kering van het buitenwater gescheiden. Volgens de Waterwet is de veiligheidsnorm voor de categorie a-kering 1/2.000 per jaar voor de kans op overschrijding van de waterstand die veilig gekeerd moet kunnen worden.

### De berekening van faalkansen

Elk dijkvak en kunstwerk in het dijkkringgebied is beschouwd. Voor niet alle vakken en kunstwerken zijn faalkansen berekend. Indien op voorhand kon worden aangegeven dat de kans van optreden van een faalmechanisme op een bepaalde locatie verwaarloosbaar zou zijn, dan is voor het bewuste vak en faalmechanisme geen faalkans berekend. Een overzicht van het aantal beschouwde faalmechanismen per dijkvak en kunstwerk is opgenomen in Tabel 2.

Type waterkering	Faalmechanisme	Aantal vakken/kunstwerken
Dijken	Overloop en golfoverslag	27
	Opbarsten en piping	7
	Macrostabieliteit binnenwaarts	3
	Beschadiging bekleding en erosie dijklichaam	22
Kunstwerken	Overslag/overloop	0
	Betrouwbaarheid sluiting	1
	Onder- en achterloopsheid	0
	Sterkte en stabiliteit	1

Tabel 2: Beschouwde faalmechanismen en het aantal beschouwde vakken / kunstwerken.

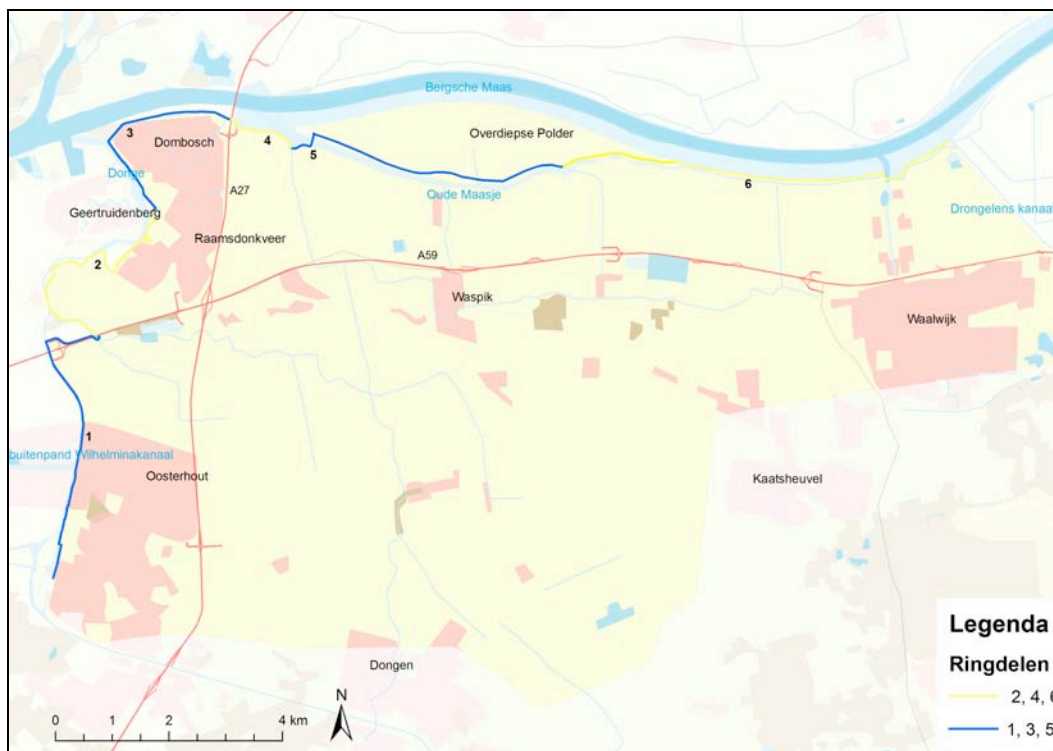
De berekende overstromingskans voor dijkkringgebied 35 is circa 1/160 per jaar. In grote delen van de dijkkring is de faalkans relatief klein. Bovendien is geen rekening gehouden met noodmaatregelen. In Tabel 3 zijn de faalkansen per faalmechanisme op het niveau van de gehele dijkkring gegeven. De overstromingskans van dijkkring 35 wordt vooral bepaald door het faalmechanisme *opbarsten en piping* bij dijken.

Type waterkering	Faalmechanisme	Faalkans (per jaar)
Dijk	Overloop en golfoverslag	1/1.900
	Opbarsten en piping	1/180
	Macrostabiliteit binnenwaarts	1/8.500
	Beschadiging bekleding en erosie dijklichaam	1/200.000
Kunstwerk	Overslag/overloop	-
	Betrouwbaarheid sluiting	< 1/1.000.000
	Onder- en achterloopsheid	-
	Sterkte en stabiliteit	< 1/1.000.000
Overstromingskans		1/160

Tabel 3: Berekende faalkansen per faalmechanisme

### De berekening van scenariokansen

Bij het berekenen van de scenariokansen is uitgegaan van 6 ringdelen (6 mogelijke doorbraaklocaties). Een ringdeel is een deel van de dijkkring waarbinnen de locatie van de bres geen significante invloed heeft op het overstromingspatroon en de optredende schade. Tevens is aangenomen dat de hydraulische belasting (waterstanden, golven) niet afneemt tijdens een doorbraak. In Figuur 4 is een overzicht opgenomen van de ligging van de verschillende ringdelen.



Figuur 4: Ringdelen dijkkring 35

Naast de scenario's met enkelvoudige doorbraken zijn ook alle scenario's met meervoudige doorbraken meegenomen (falen van twee of meer ringdelen). In totaal zijn er 63 scenario's beschouwd. De cumulatieve bijdrage van deze scenario's bedraagt 100% van de totale ringkans. De zes scenario's met een enkelvoudige doorbraak dragen voor circa 90% bij aan de totale ringkans.

### De berekening van de gevolgen

Per breslocatie zijn overstromingsberekeningen uitgevoerd voor verschillende belastingcondities: toetspeil (tp), toetspeil minus één decimeringhoogte (tp-1d) en toetspeil plus één en twee keer de decimeringshoogte (tp+1d en tp+2d). In de overstromingsberekeningen is uitgegaan van de standzekerheid van de regionale keringen en lijnvormige elementen (zoals hoger gelegen wegen en spoorlijnen). Er is gerekend met een stormduur van 29 uur. Deze stormduur ligt ook ten grondslag aan de simulaties waarmee TMR2006 is berekend. De gevolgen zijn berekend met HIS-SSM. Ten aanzien van de bevolkingsgegevens en schadegegevens is uitgegaan van de situatie in het jaar 2000, respectievelijk het jaar 2006. Bij de berekening van het aantal slachtoffers is langs de Amertak en de Donge uitgegaan van een totale evacuatiefractie van 40% en langs de Bergsche Maas een totale evacuatiefractie van 76%. In een gevoeligheidsberekening is het effect bekeken van een hogere evacuatiefractie.

Voor de meervoudige doorbraken zijn de overstromingskenmerken (waterdiepte, stroomsnelheid, stijgsnelheid) berekend op basis van de overstromingsberekeningen voor de enkelvoudige doorbraken.

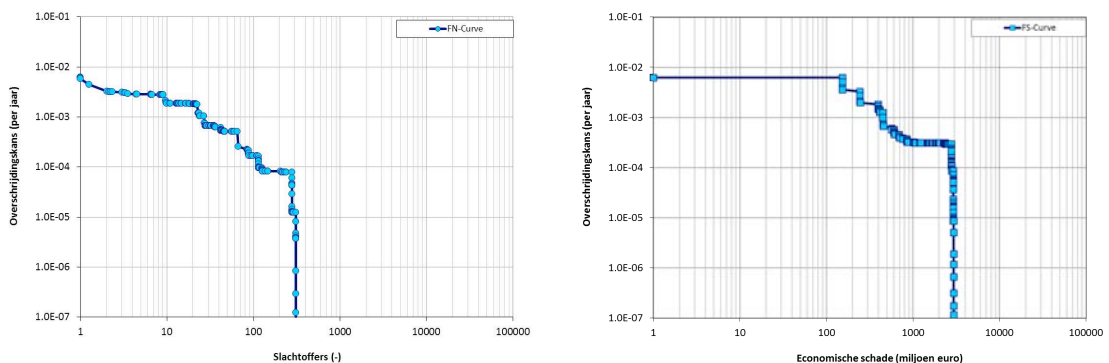
De grootste economische schade bij de beschouwde overstromingsscenario's bedraagt circa 3 miljard euro, het grootste aantal slachtoffers circa 310 slachtoffers. De gemiddelde economische schade per overstroming is ongeveer 390 miljoen euro en het gemiddeld aantal slachtoffers is circa 8.

### Het combineren van de scenariokansen en de gevolgen

Voor de totaal 63 scenario's waarvoor scenariokansen zijn berekend, zijn bijbehorende gevolgberoeveningen geselecteerd. De waarden van de belastingvariabelen in het ontwerppunt zijn gebruikt om de koppeling te maken met de gevolgen van overstromingsscenario's. Het ontwerppunt beschrijft de meest waarschijnlijke waarden van de stochasten waarbij het overstromingsscenario optreedt.

### De berekening van het overstromingsrisico

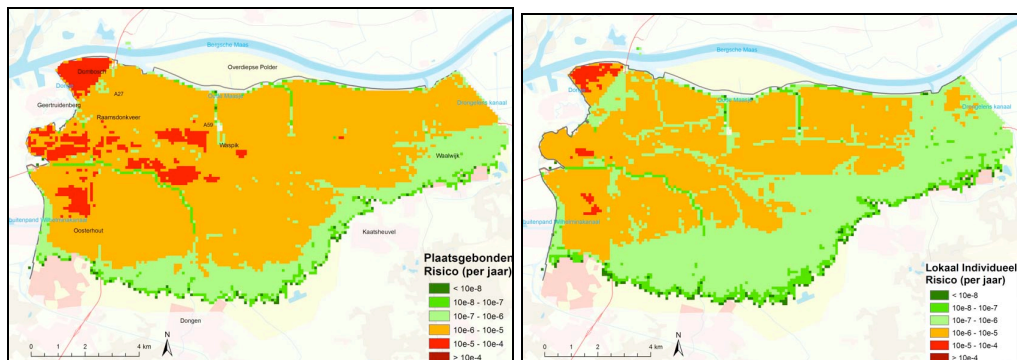
De verwachtingswaarden van de economische schade en het aantal slachtoffers bedragen respectievelijk 2,4 miljoen euro en 0,1 slachtoffer per jaar. De FN- en FS-curven zijn getoond in Figuur 5. Deze curven beschrijven de kansen op overschrijdingen van bepaalde slachtofferaantallen (groepsrisico) of schades.



Figuur 5: FN-curve (links) en FS-curve (rechts).



Het lokaal individueel risico (LIR) en het plaatsgebonden risico (PR = LIR exclusief effect evacuatie) zijn weergegeven in Figuur 6. Het verschil tussen het lokaal individueel risico en het plaatsgebonden risico is gelijk aan de factor  $1/(1 - \text{verwachtingswaarde voor evacuatie})$ . Voor dijkkring 35 bedraagt deze factor 4,24 ( $= 1/(1 - 0,76)$ ).



Figuur 6: Plaatsgebonden risico (links) en lokaal individueel risico (rechts).

Uit Figuur 6 blijkt dat het LIR in grote delen van het dijkkringgebied kleiner is dan  $10^{-5}$  per jaar. Ter plaatse van industrieterrein Dombosch en op enkele plekken in het buitengebied ten noorden van Oosterhout is het LIR groter dan  $10^{-5}$ . In overige delen van het gebied is het LIR  $10^{-5}$  en  $10^{-6}$  per jaar en het hoger gelegen zuiden ligt de waarde tussen  $10^{-6}$  en  $10^{-7}$  per jaar of kleiner.

### Gevoeligheidsanalyses

Om inzicht te krijgen in de gevoeligheid van de berekende overstromingskansen en overstromingsrisico's voor de gehanteerde uitgangspunten zijn gevoeligheidsanalyses op dijkkringniveau uitgevoerd.

De selectie van onderwerpen voor de gevoeligheidsanalyses is het resultaat van overleg tussen de verschillende betrokkenen (projectbureau VNK2, beheerder en provincie). De volgende gevoeligheidsanalyses zijn uitgevoerd:

- Gevoeligheidsanalyse I – Reductie overstromingsrisico dijkkring 35
  - Ia: Afnemende meeropbrengst tot overstromingskans 1/2.000 per jaar
  - Ib: Faalkansreductie tot economisch optimale overstromingskans per traject
  - Ic: Gerichte reductie overstromingsrisico dijkkring 35
- Gevoeligheidsanalyse II – Invloed falen Bovenlandsesluis (cat. c-kering)
- Gevoeligheidsanalyse III – Cascadewerking DR36
- Gevoeligheidsanalyse IV - Evacuatie in het overgangsgedrag van rivier- naar zeedomineerd hoogwater

De belangrijkste conclusies uit de gevoeligheidsanalyses zijn:

- Om de overstromingskans te verkleinen tot de getalswaarde van de huidige norm (1/2.000 per jaar) moet de faalkans van zes dijkvakken worden gereduceerd. Het gaat om de dijkvakken DV6, DV7, DV8, DV17, DV20 en DV27 (6,1 km).
- Om de overstromingskans te verkleinen tot de economisch optimale overstromingskans per DPV-traject moet de faalkans van vier dijkvakken worden gereduceerd. Het gaat om de dijkvakken DV8, DV17, DV20, DV27 (4,2 km).
- Het overstromingsrisico kan effectief worden verkleind door maatregelen in dijkvakken DV6, DV8, DV17 en DV27 (3,5 km). Het lokaal individueel risico wordt hiermee in het gehele dijkkringgebied kleiner dan  $10^{-5}$  per jaar. Het

economisch risico blijft lokaal in woonkernen relatief groot. Door naast bovengenoemde vier dijkvakken ook de dijkvakken DV7, DV20 en DV26 (totaal 8,7 km) te verbeteren worden het risico verder verkleind en worden de lokaal hoge waarden voor het economisch risico verkleind. De overstromingskans wordt hierdoor ook kleiner dan de economisch optimale overstromingskans per DPV-traject.

- De conditionele kansen voor de evacuatie-deelscenario's hebben invloed op met name het slachtoffer risico. Door het hanteren van conditionele kansen voor evacuatie-deelscenario's uit het bovenrivierengebied voor ringdelen RD1 t/m RD3 wordt het percentage van de bevolking dat kan worden geëvacueerd groter waardoor het slachtoffer risico kleiner wordt. Het economisch risico wordt hierdoor niet noemenswaardig kleiner.
- Het falen van de Bovenlandse sluis inclusief een bres in de primaire kering heeft een grote invloed op het berekende risico. Het risico voor de gehele dijkkring wordt hierdoor een factor 5 groter.
- Gezien de maaiveldhoogten en waterdieptes bij een overstroming is een doorbraak in de dijken langs het Drongelens kanaal in theorie mogelijk in beide richtingen, van dijkkring 36 naar dijkkring 35 en vice versa.
- De kans dat 2 tot 3 m water tegen de noordoostelijke kanaaldijk staat, als gevolg van een overstroming in dijkkring 36, is circa 1/140 per jaar.
- Vanaf een conditionele faalkans van 1/10 per jaar (en groter) voor de dijken langs het Drongelens kanaal heeft systeemwerking van dijkkring 36 naar dijkkring 35 significant effect op het berekende risico van dijkkring 35. Extra risico door systeemwerking van dijkkring 36 naar dijkkring 35 is zeker niet verwaarloosbaar.

Tabel 4: Resultaten gevoeligheidsanalyse Ia t/m Ic – faalkans en risicoreductie door verbeterstappen

	Risicogericht 4 stappen	Afnemende meeropbrengst	Economisch optimale overstromingskans DPV	Risicogericht 7 stappen
<b>Verbetering</b>	3,5 km (DV6, DV8, DV17, DV27)	6,1 km (DV6, DV7, DV8, DV17, DV20, DV27)	4,2 km (DV8, DV17, DV20, DV27)	8,7 km (DV6, DV7, DV8, DV17, DV20, DV26, DV27)
<b>Econ. Risico [% van basis]</b>	31%	24%	19%	16%
<b>Slachtoffer risico [% van basis]</b>	34%	28%	29%	20%
<b>Overstromingskans</b>	1/800	<1/2.000	1/1.200	1/2.700

---

# 1 Inleiding

## 1.1 Aanleiding project Veiligheid van Nederland in Kaart

Na de watersnoodramp van 1953 werden door de Deltacommissie de fundamenteën van het huidige hoogwaterbeschermingsbeleid gelegd. Daarbij werd een nieuwe veiligheidsfilosofie geïntroduceerd: de kosten van dijkverzwaring werden voor de eerste maal expliciet afgewogen tegen de verlaging van het overstromingsrisico. Ook de tweede Deltacommissie (Commissie Veerman) heeft geadviseerd om het beschermingsniveau te bepalen op basis van een afweging van de omvang van overstromingsrisico's. Hoewel de beschouwing van de eerste Deltacommissie uitging van overstromingskansen en overstromingsrisico's, konden deze destijds nog niet goed worden berekend. Tegenwoordig kan dat wel.

Door de Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen (TAW), tegenwoordig Expertise Netwerk Waterveiligheid (ENW) genaamd, is in 1992 een ontwikkelingstraject ingezet om het kwantificeren van overstromingskansen en overstromingsrisico's mogelijk te maken, de zogenaamde Marsroute. Op basis van diverse studies, zoals de Casestudies 1998, ONIN en SPRINT zijn de rekentechnieken verder ontwikkeld. Na de PICASO-studie is Veiligheid Nederland in Kaart (VNK1) uitgevoerd en zijn wederom verbeteringen in het instrumentarium doorgevoerd. In 2006 is vervolgens het project VNK2 van start gegaan. VNK2 brengt het overstromingsrisico in Nederland in beeld. De inzichten die zij daarbij opdoet zijn van grote waarde voor de bescherming van Nederland tegen overstromingen.

## 1.2 Projectopdracht Veiligheid van Nederland in Kaart

Het project VNK2 wordt uitgevoerd door RWS Waterdienst in opdracht van het Ministerie van Infrastructuur en Milieu, de Unie van Waterschappen (UvW) en het Interprovinciaal overleg (IPO). Voor de uitvoering van de feitelijke berekeningen is het Projectbureau VNK2 opgericht. Het Projectbureau werkt samen met waterschappen en provincies, en wordt daarbij ondersteund door ingenieursbureaus. De kennisinstellingen van Nederland dragen bij aan de verdere methodiekontwikkeling en de operationalisering van het analyse-instrumentarium. Het ENW controleert steekproefsgewijs de kwaliteit van de analyses en rapportages.

Het project VNK2 berekent de kansen op en de gevolgen van overstromingen en berekent door beide te combineren het overstromingsrisico. Een dijkkring bestaat uit een aaneengesloten keten van waterkeringen (en mogelijk hooggelegen gronden) waarmee het omsloten gebied (het dijkkringgebied) tegen overstromingen wordt beschermd. In totaal zijn in Nederland 57 van dit type dijkkringen. Dijkkring 23 (Biesbosch; wordt grotendeels ontpolderd) en dijkkring 33 (Kreekrakpolder; uitsluitend categorie c-keringen) worden in VNK2 niet beschouwd. Daarnaast zijn er sinds de uitvoering van de Maaswerken 46 Maaskaden. Het project VNK2 voert een analyse uit voor 55 dijkkringgebieden en 3 Maaskaden. Binnen het project VNK2 worden alleen de categorie a-keringen kwantitatief geanalyseerd. De bijdrage aan de overstromingskans en overstromingsrisico's van overige keringen (categorie b-, c- en d-keringen) worden alleen kwalitatief aangegeven.

VNK2 geeft inzicht in de betrouwbaarheid van de waterkeringen, identificeert de zwakke plekken, berekent het overstromingsrisico en geeft mogelijkheden aan om dit risico te verkleinen. VNK2 levert basisinformatie voor politiek-maatschappelijke afwegingen ten aanzien van investeringen in de waterveiligheid van Nederland.

---

### 1.3 Overschrijdingskansen en overstromingskansen

De huidige Nederlandse veiligheidsnormen zijn gedefinieerd als overschrijdingskansen. De waterstanden die horen bij deze overschrijdingskansen worden “toetspeilen” genoemd. Deze waterstanden moeten de waterkeringen veilig kunnen keren, rekening houdend met alle factoren die het waterkerend vermogen beïnvloeden.

De wettelijk vastgelegde overschrijdingskansen zijn niet gelijk aan overstromingskansen. Een overstromingskans is de kans dat zich in een dijkkringgebied daadwerkelijk een overstroming voordoet. Er zijn verschillende redenen waarom de overschrijdingskansen uit de Waterwet niet gelijk zijn aan de overstromingskansen van dijkkringgebieden:

- Een overschrijdingskans uit de Waterwet is een normwaarde. Door de aanwezigheid van reststerkte hoeft een dijk bij een overschrijding van een waterstand die gelijk is aan het toetspeil nog niet direct te bezwijken. Het is echter ook mogelijk dat een dijk bij een waterstand beneden het toetspeil bezwijkt door bijvoorbeeld het faalmechanisme *opbarsten en piping*. De conditie van een waterkering kan afwijken van de norm, zowel in positieve als negatieve zin. Een overstromingskans is de kans dat zich in een dijkkringgebied daadwerkelijk een overstroming voordoet. Een overstromingskans geeft dus een beeld van de conditie van de hele dijkkring.
- Een overschrijdingskans heeft alleen betrekking op de hydraulische belastingen (waterstanden). Om een overstromingskans te kunnen berekenen moeten ook de onzekerheden ten aanzien van de sterkte-eigenschappen van waterkeringen expliciet worden meegenomen.
- Bij de toetsing in het kader van de Waterwet wordt per dijkvak berekend of een waterkering het toetspeil, behorend bij de overschrijdingskansen, veilig kan keren. De overstromingskans heeft betrekking op de hele dijkkring. Bij het bepalen van een overstromingskans moeten de faalkansen van alle dijkvakken worden gecombineerd. Daarbij speelt ook de totale lengte van de kering een rol: hoe langer een kering, hoe groter de kans dat zich ergens een zwakke plek bevindt. Dit fenomeen wordt ook wel het lengte-effect genoemd.

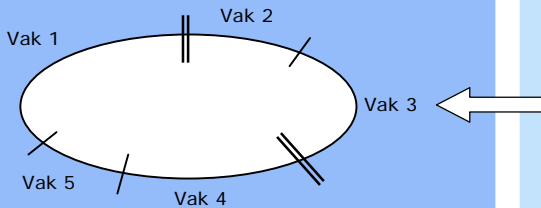
### 1.4 Rekenmethode VNK2

In het project VNK2 worden overstromingsrisico's berekend. Deze risico's worden bepaald door de kansen op de mogelijke overstromingsscenario's te combineren met de bijbehorende gevolgen van overstromingen. Voor een nadere toelichting op de verschillende onderdelen van de risicoberekeningen wordt verwezen naar de handleiding [ref 1] en de achtergrondrapporten [ref 2] en [ref 3]. In Figuur 7 zijn de stappen die achtereenvolgens worden gezet om het overstromingsrisico te berekenen, schematisch weergegeven. In de daarop volgende tekst worden deze verder verduidelijkt.

## Kansenspoor

### Stap 1

Verdeel de dijkkring (cf. Waterwet) in vakken waarin de sterkte-eigenschappen en belastingen homogeen zijn.



### Stap 2

Bereken per vak een faalkans voor de verschillende faalmechanismen

Vak	Faalkans per faalmechanisme		Faalkans per vak
	Overloop	Piping	
1	Kans <sub>Over,1</sub>	Kans <sub>Spip,1</sub>	Kans <sub>1</sub>
2	Kans <sub>Over,2</sub>	Kans <sub>Spip,2</sub>	Kans <sub>2</sub>
3	Kans <sub>Over,3</sub>	Kans <sub>Spip,3</sub>	Kans <sub>3</sub>
4	Kans <sub>Over,4</sub>	Kans <sub>Spip,4</sub>	Kans <sub>4</sub>
5	Kans <sub>Over,5</sub>	Kans <sub>Spip,5</sub>	Kans <sub>5</sub>
Combin	Kans <sub>Over</sub>	Kans <sub>Spip</sub>	Overstr., kans

Uit de combinatie van de kansen per faalmechanisme per vak volgt de kans op een overstroming ergens in de dijkkring. Bij het combineren van de faalkansen wordt rekening gehouden met afhankelijkheden tussen faalmechanismen en vakken.

### Stap 3

Bereken de scenariokansen op basis van de kansen per vak. De scenariokansen zijn nodig om de koppeling tussen kansen en gevolgen te kunnen maken.

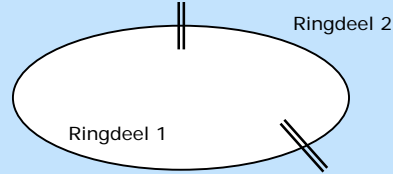
Scenario	Scenariokans
1	Kans <sub>1</sub>
2	Kans <sub>2</sub>
3	Kans <sub>3</sub>
Som	Kans

Omdat de scenarioset alle mogelijke overstromingsverlopen omvat, is de som van de scenariokansen gelijk aan de eerder berekende kans op een overstroming ergens in de dijkkring.

## Gevolgenspoor

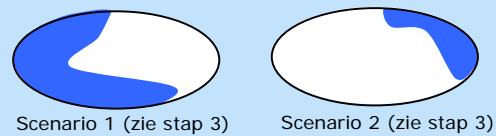
### Stap 1

Verdeel de dijkkring in ringdelen waarvoor de gevolgen ongeacht de breslocatie (vrijwel) gelijk zijn. De grens van een ringdeel valt samen met een vakgrens.



### Stap 2

Bepaal per ringdeel het overstromingspatroon, de waterdiepten en de stroom- en stijgsnelheden in geval van een doorbraak.



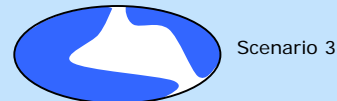
### Stap 3

Definieer scenario's: een scenario wordt gevormd door een unieke combinatie van falende en niet falende ringdelen. De scenarioset bevat alle mogelijke overstromingsscenario's.

Scenario	Ringdeel 1	Ringdeel 2
1	Faalt	Faalt niet
2	Faalt niet	Faalt
3	Faalt	Faalt

### Stap 4

Bepaal het overstromingspatroon, met de waterdiepten en de stroom- en stijgsnelheden, voor meervoudige doorbraken (hier: scenario 3), op basis van de overstromingsberekeningen per ringdeel (zie stap 2).



### Stap 5

Bereken de schade en het slachtofferaantal per scenario. Per scenario zullen de gevolgen anders zijn.

Scenario	Schade	Slachtoffers
1	E1	N1
2	E2	N2
3	E3	N3

## Risicoberekening

Bereken op basis van de scenariokansen en de gevolgen per scenario de verwachtingswaarden van de schade en het aantal slachtoffers.

Scenario	Scenariokans x Schade	Scenariokans x Slachtoffers
1	Kans <sub>1</sub> x E1	Kans <sub>1</sub> x N1
2	Kans <sub>2</sub> x E2	Kans <sub>2</sub> x N2
3	Kans <sub>3</sub> x E3	Kans <sub>3</sub> x N3
Som	Verwachtingswaarde schade	Verwachtingswaarde slachtofferaantal

Een verwachtingswaarde is een gewogen gemiddelde van alle mogelijke uitkomsten, met als gewichten de kansen op die waarden.

Figuur 7: De rekenmethode van VNK2.

---

Een dijkkring kan worden opgevat als een keten: de schakels worden gevormd door alle dijkvakken, duinvakken en kunstwerken die onderdeel uitmaken van de waterkering (Figuur 8). Per vak en kunstwerk wordt gekeken naar de verschillende wijzen waarop deze kan falen, d.w.z. zijn waterkerende functie kan verliezen. Deze verschillende wijzen van falen worden faalmechanismen genoemd. De overstromingskans wordt berekend door het combineren van alle faalkansen per faalmechanisme voor alle dijk-, duinvakken en kunstwerken.



Figuur 8: De dijkkring als een keten met verschillende schakels.

Voor een beschrijving van de verschillende faalmechanismen die in de risicoanalyse zijn meegenomen wordt verwezen naar paragraaf 3.2. In paragraaf 3.3 wordt een toelichting gegeven op de faalmechanismen die niet zijn meegenomen in de analyse.

Bij de berekening van faalkansen en overstromingskansen spelen onzekerheden een centrale rol. Als de belasting op een waterkering groter is dan de sterkte, zal de kering bezwijken. Omdat er onzekerheden bestaan ten aanzien van zowel de belastingen als de sterkte-eigenschappen van waterkeringen, is het onzeker of een waterkering in een gegeven situatie zal bezwijken. Anders gezegd: er is sprake van een kans dat de waterkering in dat geval bezwikt. Onzekerheden ten aanzien van belastingen en sterkte-eigenschappen vormen dus de basis van de overstromingskans. Zouden onzekerheden niet worden beschouwd dan is de kans dat een kering bezwikt altijd nul of één. Op basis van de berekende faalkansen per vak/kunstwerk en per faalmechanisme kan de kans worden berekend dat ergens een vak of kunstwerk faalt en een bres ontstaat.

Een overstroming kan ontstaan door één of meerdere bressen. Om het aantal mogelijke combinaties te beperken wordt een "ringdeel" geïntroduceerd. Een ringdeel is een deel van de dijkkring waarvoor geldt dat de gevolgen vrijwel onafhankelijk zijn van de locatie van de bres binnen dat ringdeel. Alle mogelijke combinaties van falende en niet falende ringdelen (overstromingsscenario's) vormen samen de scenario'set. Voor elk overstromingsscenario wordt de scenariokans berekend. Door sommatie van alle scenariokansen wordt de overstromingskans berekend. Dit is de kans dat zich ergens in de dijkkring één of meerdere doorbraken voordoen.

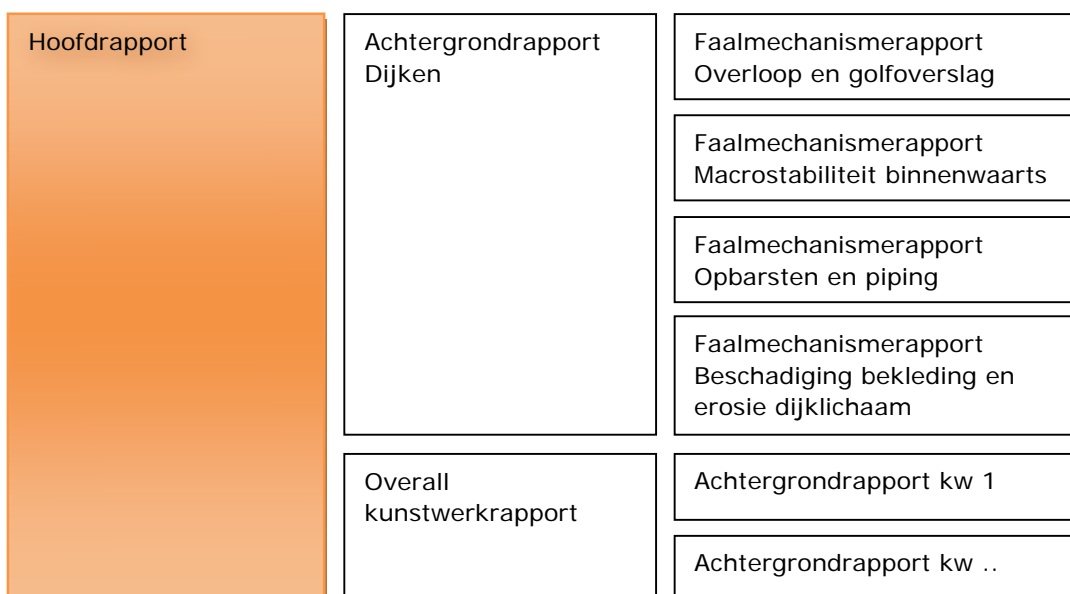
Niet elke doorbraak heeft echter dezelfde gevolgen. Om het overstromingsrisico te bepalen is het nodig om voor alle mogelijke (combinaties van) doorbraken ook de gevolgen te bepalen.

Door provincie Noord-Brabant zijn onder begeleiding van VNK2 voor een aantal breslocaties en voor verschillende belastingsituaties overstromingsberekeningen gemaakt. Per overstromingsberekening zijn de gevolgen berekend in termen van economische schade en aantal te verwachten dodelijke slachtoffers. Daarbij zijn ook de (on-)mogelijkheden voor evacuatie meegenomen. Vervolgens zijn uit het overstromingsverloop van de enkelvoudige doorbraken het overstromingsverloop van eventueel meervoudige doorbraken afgeleid. Ook voor de meervoudige doorbraken zijn de gevolgen berekend.

Door de scenario-kansen aan de bijbehorende gevolgen te koppelen kan het overstromingsrisico worden berekend. Het overstromingsrisico wordt weergegeven door de jaarlijkse verwachtingswaarden van de economische schade en het aantal slachtoffers, het groepsrisico (FN-curve), de overschrijdingskans van de schade (FS-curve), het plaatsgebonden risico (PR) en het lokaal individueel risico (LIR). In hoofdstuk 6 wordt nader op deze weergaven van het risico ingegaan.

## 1.5 Leeswijzer

Het rapport dat u nu aan het lezen bent is het hoofdrapport. Het hoofdrapport is geschreven op basis van twee achtergrondrapporten. De achtergrondrapporten zijn weer geschreven op basis van de achterliggende faalmechanisme - en kunstwerkenrapporten. In onderstaand overzicht is schematisch weergegeven welk rapport u nu in handen heeft en hoe het past in het geheel van rapporten. In dit achtergrondrapport zijn per faalmechanisme in het betreffende hoofdstuk de uitgangspunten en een samenvatting van de resultaten weergegeven. De schematisaties per dijkvak zijn beschreven in de faalmechanismerapporten.



Figuur 9: Schematisch overzicht rapporten.

Hoofdstuk 2 geeft een beschrijving van het dijkkringgebied. Dit hoofdstuk gaat onder andere in op de inrichting en de hoogteligging, het watersysteem en de ligging van de primaire waterkering. Ten slotte wordt de onderverdeling van de dijkvakken besproken en wordt een toelichting gegeven op de selectie van de kunstwerken waarvoor in VNK2 betrouwbaarheidsanalyses zijn uitgevoerd.

Hoofdstuk 3 geeft een toelichting op de berekende faalkansen per vak/kunstwerk en per faalmechanisme, na een korte toelichting op de beschouwde en niet-beschouwde faalmechanismen. De vakken met de grootste faalkansen worden uitgelicht.

Hoofdstuk 4 presenteert de resultaten van de uitgevoerde overstromingsberekeningen en de daaruit afgeleide gevolgen. Het betreft hier steeds enkelvoudige doorbraken. Per doorbraaklocatie zijn overstromingsberekeningen uitgevoerd voor verschillende belastingcondities. Voorafgaand aan de presentatie van de resultaten van de overstromingsberekeningen, wordt kort ingegaan op de gehanteerde aannamen en uitgangspunten.

---

Hoofdstuk 5 beschrijft de resultaten van deze scenariokansberekeningen. Ook wordt een toelichting gegeven op de selectie van de scenario's (enkelvoudige en meervoudige doorbraken) die ten grondslag liggen aan de risicoberekeningen.

Hoofdstuk 6 beschrijft de resultaten van de uitgevoerde risicoberekeningen. Het overstromingsrisico wordt op verschillende wijzen weergegeven. Het economisch risico en het slachtofferrisico worden afzonderlijk behandeld.

Hoofdstuk 7 beschrijft de resultaten van gevoeligheidsanalyses die zijn uitgevoerd. Deze geven inzicht in de invloed van belangrijke uitgangspunten op de grootte van het berekende overstromingsrisico. Ook geven zij aan wat de invloed is van verschillende (typen) interventies.

Hoofdstuk 8 geeft de conclusies weer van de risicoanalyse voor dijkkringgebied 35. Ten slotte worden aanbevelingen gedaan voor het waarborgen en verder verkleinen van het overstromingsrisico.





## 2 Gebiedsbeschrijving en schematisatie

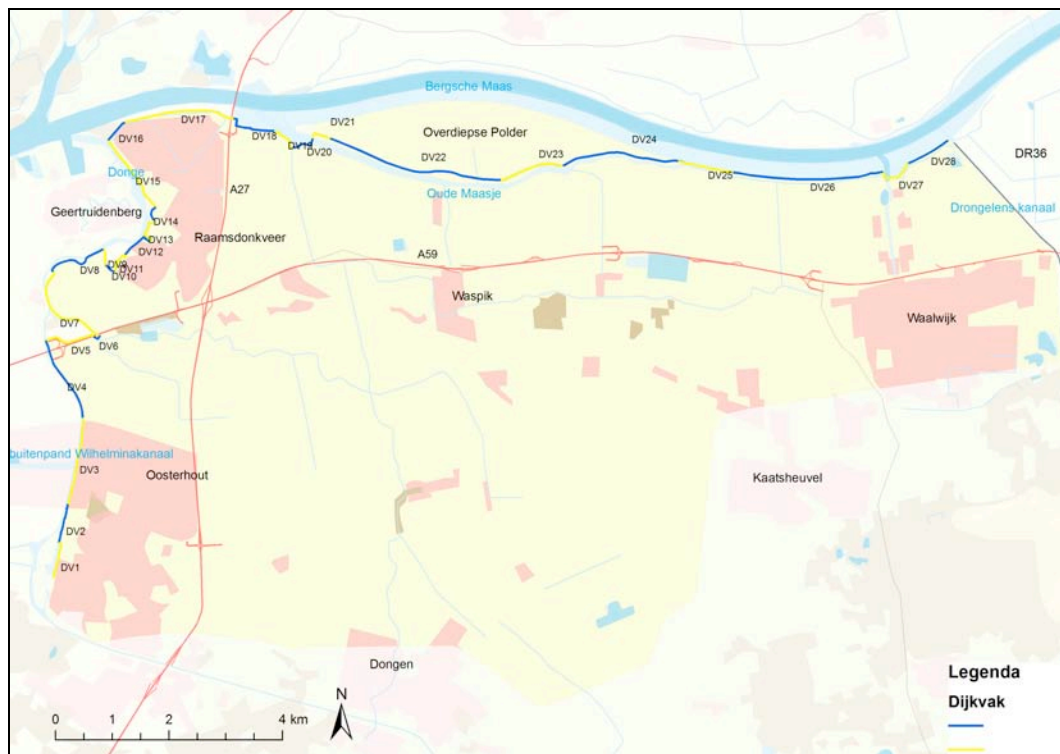
In dit hoofdstuk zijn de ligging en de kenmerken van dijkkringgebied 35 beschreven. Daarnaast is de onderverdeling van de waterkering in vakken ten behoeve van de faalkansberekeningen toegelicht. In het achtergrondrapport [ref 3] wordt nader ingegaan op de vakindeling.

### 2.1 Beschrijving dijkkringgebied 35, Donge

#### 2.1.1 Gebiedsbeschrijving

Dijkkring 35 Donge ligt in de Provincie Noord-Brabant en omsluit een gebied van circa 10.000 hectare. Het gebied beslaat de gemeenten Oosterhout, Geertruidenberg, Waalwijk, Loop op Zand en Dongen. In deze gemeenten tezamen wonen circa 170.000 mensen, waarvan circa 50.000 op hoge grond wonen en niet worden bedreigd door een overstroming. Het dijkkringgebied grenst in het westen aan het buitenpand van het Wilhelminakanaal en de Donge, in het noorden aan de Bergsche Maas en in het oosten aan het Drongelens kanaal. De zuidelijke begrenzing wordt gevormd door hoge zandgronden.

De primaire categorie a-kering heeft een totale lengte van 28,5 km. De waterkering langs het Drongelens kanaal is ongeveer 4,8 km lang (tot aan de hoge grond) en betreft een primaire categorie c-kering. Dit houdt in dat deze niet direct buitenwater kerend is. Wel is deze kering van belang voor systeemwerking, wanneer een overstroming zou plaatsvinden in de bovenstroomse dijkkring 36. Binnen VNK2 wordt alleen de categorie a-kering beschouwd.



Figuur 10: Ligging van dijkkring 35 Donge

---

### 2.1.2 *Beheerder*

Het beheer van deze dijkkring is in handen van waterschap Brabantse Delta (WSBD). WSBD toetst en beoordeelt elke 6 jaar (voorheen 5 jaar) de veiligheid van de primaire keringen. Deze toetsing worden door het ministerie van Infrastructuur en Milieu geaccordeerd.

### 2.1.3 *De primaire waterkering van dijkkringgebied 35*

De primaire waterkering van dijkkring 35 bestaat uit dijken en kunstwerken. Er komen geen duinen voor.

In het westen vormt de kering de bescherming tegen een overstroming vanuit het buitenpand van het Wilhelminakanaal. De kering heeft hier een grasbekleding en bij grote delen van dit traject is een kade met damwand aanwezig.

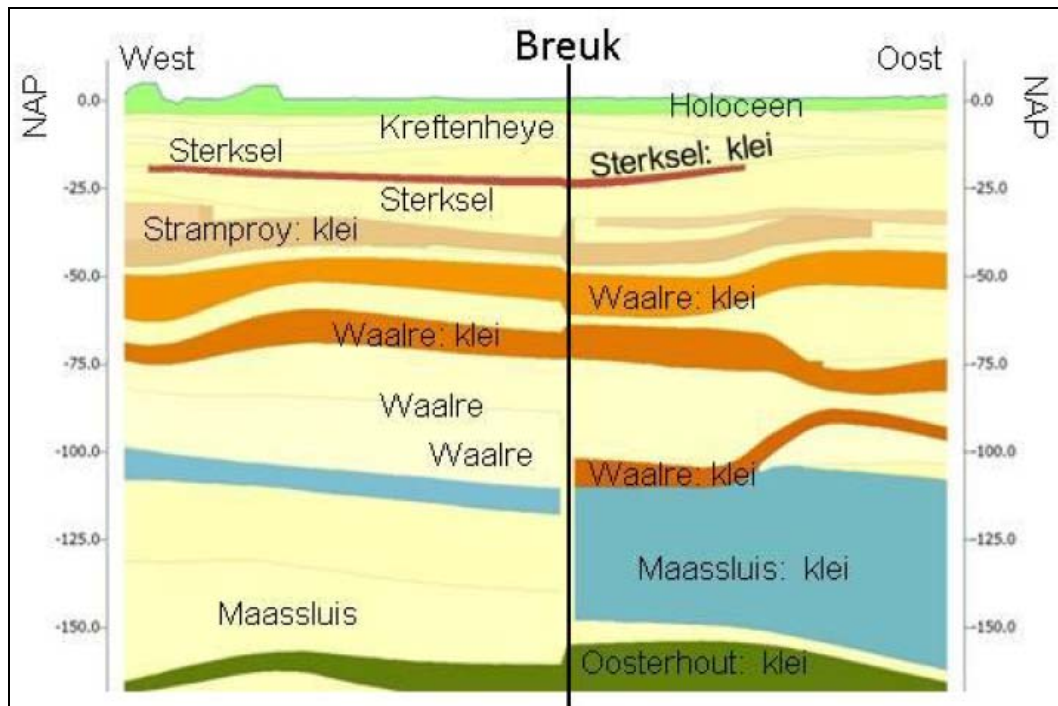
Bij de afrit van de A59 is de kering verholen en vormt de noordkant van de snelweg de waterkering. Bij de Donge gaat de waterkering onder de snelweg en buigt direct weer noordwaarts af. Hier ligt een groene kering die bescherming biedt tegen een overstroming uit de Donge. Bij de weg Gasthuiswaard buigt de kering richting de jachthaven van Raamsdonksveer af. Vanaf hier bestaat de kering afwisselend uit een kade met damwand en een groene kering.

In de noordwestelijke hoek buigt de naar het oosten en biedt deze bescherming tegen een overstroming vanuit de Bergsche Maas. Het betreft hier een groene kering tot aan de snelweg A27. Ten oosten van de snelweg is de kering eerst verholen ter plaatse van het industrieterrein. Daarna volgt een groene kering waar ten tijde van deze voorliggende analyse een versterking in uitvoering is.

Ten oosten van het gemaal Keizersveer gaat de kering over keersluis Schipdiep naar de Overdiepse polder. In deze polder waren ten tijde van deze analyse werkzaamheden in uitvoering. De polder wordt overstroombaar gemaakt door de huidige primaire kering op enkele plekken te verlagen. Langs het Oude Maasje wordt een nieuwe primaire kering aangelegd. In de VNK-analyse wordt de nieuwe kering beschouwd. Vanaf hier betreft het een groene kering tot aan de noordwestelijk hoek van de dijkkring.

### 2.1.4 *Bodemopbouw dijkkringgebied 35 [ref 13]*

In het uiterste westen van de dijkkring loopt in de ondergrond het noord-zuid georiënteerde breuksysteem van de Gilze-Rijen storing. Deze loopt ook door in de westelijk gelegen dijkkringen 34 en 34a. De breuk doorkruist dijkkring 35 in het uiterste noordwesten. Dit heeft zijn weerslag in de geologische opdeling van de dijken langs het Wilhelminakanaal, met Vroeg-Pleistocene formaties op relatief geringe diepte, versus die langs de Bergsche Maas waar diezelfde formaties op relatief grotere diepte voorkomen en dikker ontwikkeld zijn (Figuur 11). Dit is het gevolg van de grotere tektonische bodemdaling in het oosten (Roerdalslenk) dan in het westen (rand van de slenk).



Figuur 11: Geologische opbouw

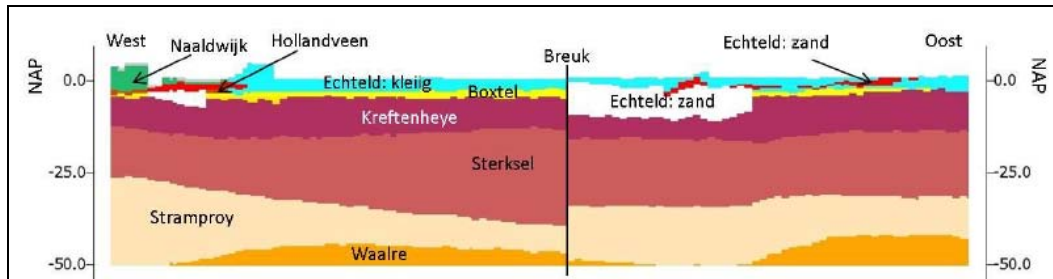
De geologische opeenvolging van de voor de VNK-analyse relevante pakketten begint met kustzee-afzettingen uit het Pliocene en Vroeg Pleistoceen (Formaties Oosterhout en Maassluis). Relatief kleiige laagpakketten binnen deze formaties worden onder de dijken in het westen beneden circa NAP -50 m aangetroffen (rand van de slenk), en in het oosten (Roerdalslenk) beneden NAP -70 tot NAP -80 m (Figuur 11). In het meest zuidelijke deelgebied A (zie bijlage voor ligging deelgebieden) vormen estuariene kleilagen de diepste voor VNK relevante ondoorlatende laag.

In de loop van het Pleistoceen nam de aanvoer van riviersediment toe van Rijn, Maas en kleinere rivieren uit midden België. De door bodemdaling gecreëerde ruimte voor sedimentatie werd niet langer met mariene, maar met estuariene rivierafzettingen opgevuld (Formaties van Waalre en Stramproy, Figuur 11). Deze formaties kennen doorlatende zandige laagpakketten afgewisseld met kleiige laagpakketten. Met de toenemende strengheid van ijstijden en steeds langere periodes van relatief lage zeespiegelstand gingen in het Midden Pleistoceen vlechtende riviersystemen steeds meer domineren wat resulteerde in dikke pakketten grof zand en grind.

In het westen van het dijkkringgebied bereiken deze formaties enige meters dikte, in het oosten lokaal 15 meter dikte. De leemlagen in de Formaties van Stramproy en Sterksel vormen in bijna alle deelgebieden de ondoorlatende laag en daarmee de ondergrens voor de pipinggevoelige zandlaag.

In de jongste ijstijden (vanaf ongeveer 450.000 jaar geleden) hebben de rivieren Rijn en Maas zich oostelijk van het gebied verlegd, waardoor west en midden Brabant veel minder sediment ontvingen. In de voorlaatste ijstijd (150 duizend jaar geleden) was de ijsuitbreiding maximaal waardoor de rivieren naar het zuiden teruggedwongen werden en van oost naar west door het gebied gingen stromen, dwars over de breuken. De afzettingen van de Rijn en Maas uit deze periode staan bekend als de Formatie van Kreftenheye. Ook in de laatste ijstijd stroomden Maas en Rijn in oost-west richting in het noordelijk deel van de dijkkring. Het bovenste deel (ca. 8 meter) van de Formatie van Kreftenheye in het gebied stamt vermoedelijk uit deze laatste ijstijd [ref 12]. De top van de Formatie van Kreftenheye is in dit gebied niet uitgesproken lemig of kleiig ontwikkeld, de Laag van Wijchen (zwarte klei) komt hier

vrijwel niet voor. In deelgebied C vormen de afzettingen van de Formatie van Kreftenheye fenomeen L.



Figuur 12: Geologische doorsnede

Het dal van de Donge heeft in de laatste ijstijd haar huidige ligging ingenomen in het zuiden van het gebied, afwaterend op de Maas aan de noordrand van het gebied. Perioden van afvoer van sneeuwsmeltwater over de bevroren en onbegroeide bodem, werden afgewisseld met perioden waarin windtransport kon domineren. Een relatief dunne deken van (eolisch) dekzand van onregelmatige dikte was het resultaat. Deze afzettingen dagzomen in het zuiden van het gebied (dikte > 2 m, lokaal dikker door duinreliëf) en vormen de top van de Pleistocene afzettingen in het overige deel van het gebied (dikte < 2 m, lokaal dikker door duinreliëf). Deze zandige lagen zijn pipinggevoelig.

Holocene afzettingen van de Rijn-Maas delta (Formatie van Echteld, Figuur 2) en lokale veenvorming (Formatie van Nieuwkoop, Hollandveen Laagpakket, Figuur 2) zijn in het gebied maximaal enkele meters dik. De Holocene formaties zijn heterogeen van samenstelling en zijn in het dijkringgebied kleilig ontwikkeld. Zandige banen komen geïsoleerd voor. Naar het zuiden toe overheerst een venige ondergrond. Pas in de Late Middeleeuwen – met het ontstaan van Hollands Diep en het verlies van polderland door de St. Elisabethsvloed – nam de getijdeninvloed in het gebied toe. Op de overgang van de Holocene pakketten naar de onderliggende Pleistocene pakketten wordt in veel deelgebieden een ondoorlatende laag aangetroffen.

Zoals in paragraaf 2.2 is beschreven is aan het eind van de 19<sup>e</sup> eeuw de Bergsche Maas gegraven. Door de antropogene oorsprong liggen de dijken langs de Bergsche Maas, in tegenstelling tot veel oudere dijken in het westelijke rivierengebied, niet op een natuurlijke oeverwal maar op een veel afwisselender substraat. In het oosten worden zandbanen van oudere takken van de Maas gekruist, in het westen kleilige en venige komafzettingen.

## 2.2 Ontstaansgeschiedenis

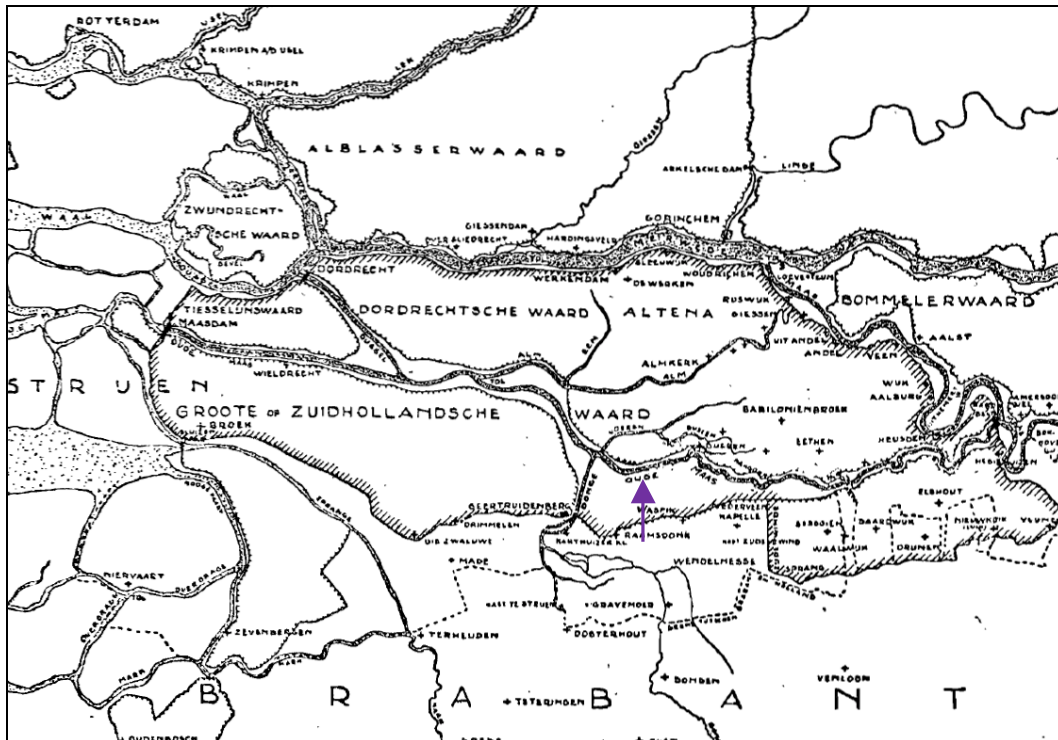
### *Donge*

De beek de Donge, waar deze dijkring haar naam aan ontleent, heette oorspronkelijk 'Aa'. Het dorp Dongen ligt op een hoger gelegen zandrug (donk) en de naam van dit dorp is een verbastering van 'donk aan de Aa'. De Donge betreft een laaglandbeek, die wordt gevoed door grond- en regenwater in de omgeving.

### *Bergsche Maas*

De dijkring beschermt het binnendijkse gebied echter niet tegen overstromingen vanuit de Donge, maar vanuit de rivier de Bergsche Maas die ten noorden van het dijkringgebied stroomt. Dit is een gegraven rivier, die vanaf 1904 de afvoer van de Maas in westelijke richting voortzet vanaf het plaatsje Well. In de Vroege Middeleeuwen waterde de Maas ook naar het westen af. Omdat deze rivierloop steeds verder verzandde verlegde de rivier zich naar het noorden, onder andere via de Alm en later vanaf Giessen naar Woudrichem. De route naar het westen werd zodoende verlaten. Deze situatie bleef vele eeuwen gehandhaafd totdat de toenemende

wateroverlast niet langer houdbaar was. De route naar het noorden zorgde er namelijk voor dat de (huidige) Merwede belast werd met de afvoeren van twee grote rivieren, namelijk de Rijn en de Maas. Bovendien was het waterpeil in de Waal vaak hoger dan in de Maas waardoor het water in de Maas werd opgestuwd. Ook de Biesbosch, met een netwerk van kleine kreek en rivierarmen, die tijdens hoogwater gemakkelijk verstopt konden raken, droeg bij aan deze opstuwing. Om deze reden is in de Maasmondwet besloten tot het verleggen van de Maasmond naar de Amer.



Figuur 13: Polders en rivierlopen rond het jaar 1400, de blauwe pijl geeft globaal het midden van de dijkkring aan: het Oude Maasje ten noorden van Waspik

Aan de Maasmondwet waren reeds diverse ontwerpen van vooraanstaande ingenieurs vooraf gegaan met als doel de Maas en de Waal te scheiden. Halverwege de 19<sup>e</sup> eeuw werd zodoende de verbinding tussen de Maas en de Waal bij Sint-Andries al afgesloten. Ook het graven van de Nieuwe Merwede dwars door de Biesbosch droeg bij aan een betere afvoer. Een dijkdoorbaak met omvangrijke overstromingen in het Land van Heusden en Altena in 1880 zorgde uiteindelijk voor een politieke stroomversnelling waardoor in 1883 de Maasmondwet werd getekend. Tussen 1888 en 1904 is vervolgens de Bergsche Maas gegraven en is de noordelijke route van de Maas afgedamd bij Andel.

Gedeeltelijk is de Bergsche Maas aangelegd in de oude vroegmiddeleeuwse bedding, die tot ongeveer tot de 13<sup>e</sup> eeuw actief was. Het Oude Maasje (deels ten zuiden van de Overdiepse polder) is een zichtbaar overblijfsel van deze route. Voorbij Geertruidenberg sluit de Bergsche Maas aan op de Amer en de Biesbosch, die een natuurlijke oorsprong hebben.

## 2.3 Recente geschiedenis: bedreigingen en versterkingen

### 2.3.1 Overstromingsrampen

Na het graven van de Bergsche Maas en het afdammen van de Maas bij Andel vonden in het begin van de 19<sup>e</sup> eeuw nog steeds talrijke overstromingen plaats, voornamelijk in Oost-Brabant maar ook ter plaatse van dijkkring 35. Tussen 1894 en 1953 kwamen

60 hoogwaters voor, waarvan 31 hoogwaters bij de monding van de Donge een hoogte bereikten van tenminste NAP +2,60m.

Onder leiding van Cornelis Lely is onderzocht hoe de afvoer van de Maas verder geoptimaliseerd kon worden. Dit resulteerde in de 20<sup>e</sup> eeuw in enkele bochtafsnijdingen (normalisatie), de stuw bij Lith en rivierverruiming.

1953

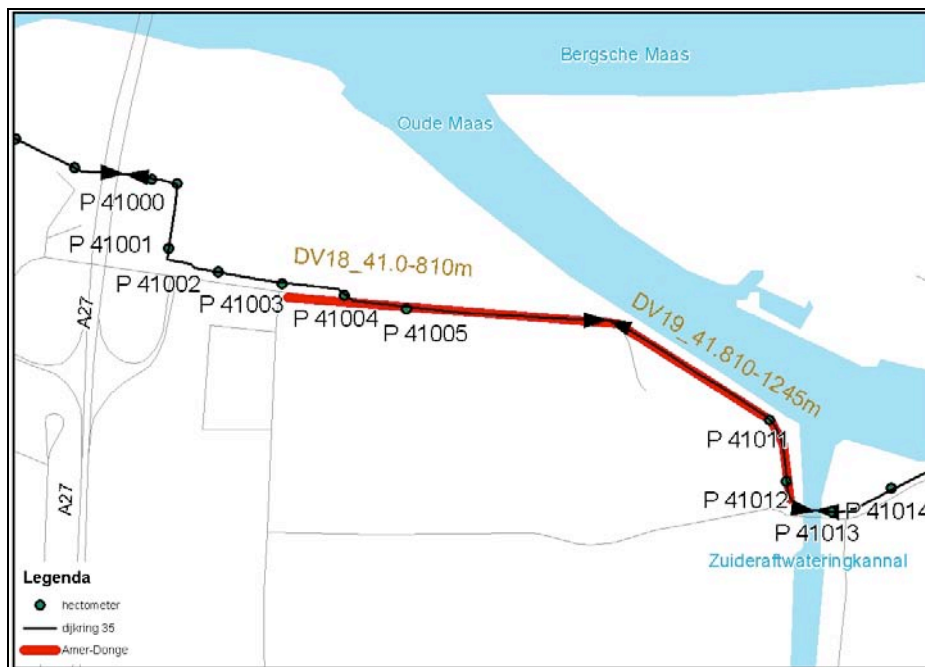
De aanleg van de Bergsche Maas betekende ook dat in 1953 een deel van het dijkkringgebied via deze rivier getroffen kon raken. In de monding van de Donge steeg het water tot een niveau van NAP +3,78m. Vele polders liepen onder water. Verder kwam ongeveer de helft van de woningen in Geertruidenberg en in Raamsdonksveer twee derde van de woningen onder water te staan. Vele gedupeerden vluchtten naar de hoger gelegen markt. Naar verluidt is er één dodelijk slachtoffer gevallen, echter niet door verdrinking maar door een hartaanval tijdens het plaatsen van zandzakken.

### 2.3.2 Dijkversterkingen

#### Amer-Donge

In de Planologisch Kernbeslissing (PKB) Ruimte voor de Rivier is een samenhangend pakket aan maatregelen vastgesteld om in 2015 te voldoen aan het wettelijk vastgestelde beschermingsniveau. Ook dijkversterkingen maken onderdeel uit van dit maatregelenpakket. De dijkversterking Amer-Donge is opgenomen als maatregel in de PKB Ruimte voor de Rivier. Uit een technische analyse is namelijk gebleken dat de dijk tussen industrieterrein Keizersveer en het gelijknamige gemaal (zie Figuur 14) niet voldoende bescherming biedt. In de VNK-analyse wordt de nieuwe versterkte situatie geschematiseerd.

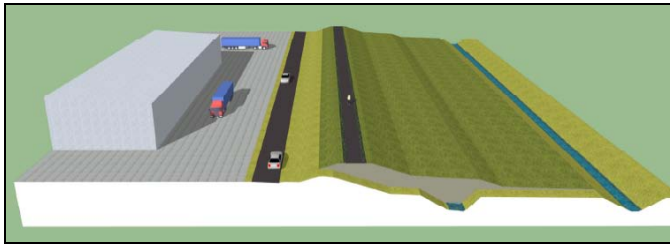
Uit onderzoek blijkt dat rivierverruimende maatregelen hier niet mogelijk zijn. De dijk wordt daarom versterkt. Het betreft een verhoging en verbreding aan de binnendijkse zijde, zie Figuur 15 en Figuur 16. De dijk krijgt een hoogte van NAP +4,50m. Op het huidige laagste punt wordt de kering 0,90 m verhoogd. De nieuwe kruinbreedte wordt 4,50m.



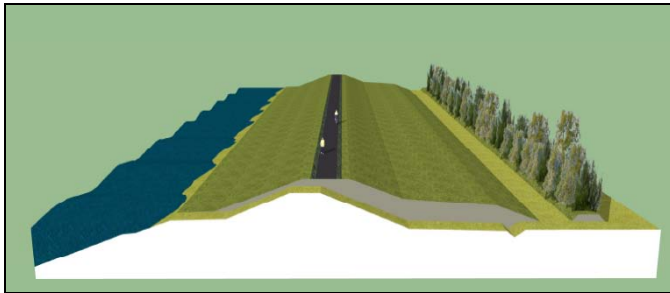
Figuur 14: Tracé dijkversterking Amer-Donge



west:



oost:



*Figuur 15: Nieuw principeontwerp Amer-Donge (technische tekeningen zijn opgenomen in het Faalmechanismerapport Overloop en golfoverslag).*



*Figuur 16: Dijkversterking Amer-Donge in uitvoering (november 2013)*

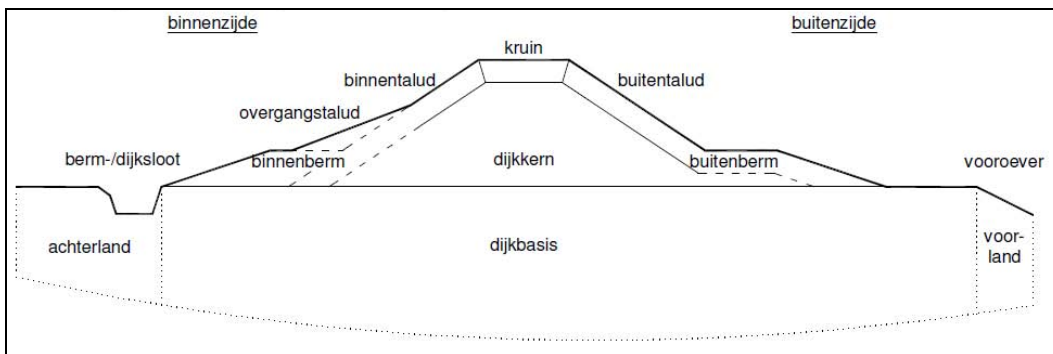
#### *Overdiepse polder*

In de PKB Ruimte voor de Rivier is de Overdiepse Polder aangewezen voor rivierverruiming. De primaire kering wordt verplaatst naar de zuidzijde van deze polder, op de noordelijke oever van het Oude Maasje. De polder wordt geschikt gemaakt voor waterberging bij hoge rivierafvoeren. Dit houdt in dat in de polder alle objecten die de doorstroming kunnen belemmeren worden verwijderd. Voor agrarische bedrijven zijn 9 terpen langs de nieuwe waterkering aangelegd. De huidige primaire waterkering wordt verlaagd tot NAP +2,5 m na aanleg van de nieuwe primaire waterkering en krijgt de functie van tussenkade. Op basis van de huidige hydraulische situatie is de verwachte herhalingstijd voor het overlopen van de kering en het volstromen van het gebied 25 jaar. De kering krijgt een hoogte van NAP +5,0 meter in het oosten tot NAP +4,5 in het westen van de polder, de kruinbreedtes bedragen respectievelijk 5,0 tot 4,5 m. In Figuur 17 is een inrichtingsschets van de polder weergegeven en in Figuur 18 het principeprofiel.





Figuur 17: Inrichtingsschets Overdiepse Polder



Figuur 18: Principeprofiel rivierdijk Overdiepse Polder

## 2.4 Vakindeling categorie a-kering

Ten behoeve van de faalkansberekeningen is de waterkering van dijkkringgebied 35 onderverdeeld in dijk- en duinvakken. Een dijk- of duinvak is een deel van een waterkering waarvoor de sterkte-eigenschappen en belastingen nagenoeg homogeen zijn.

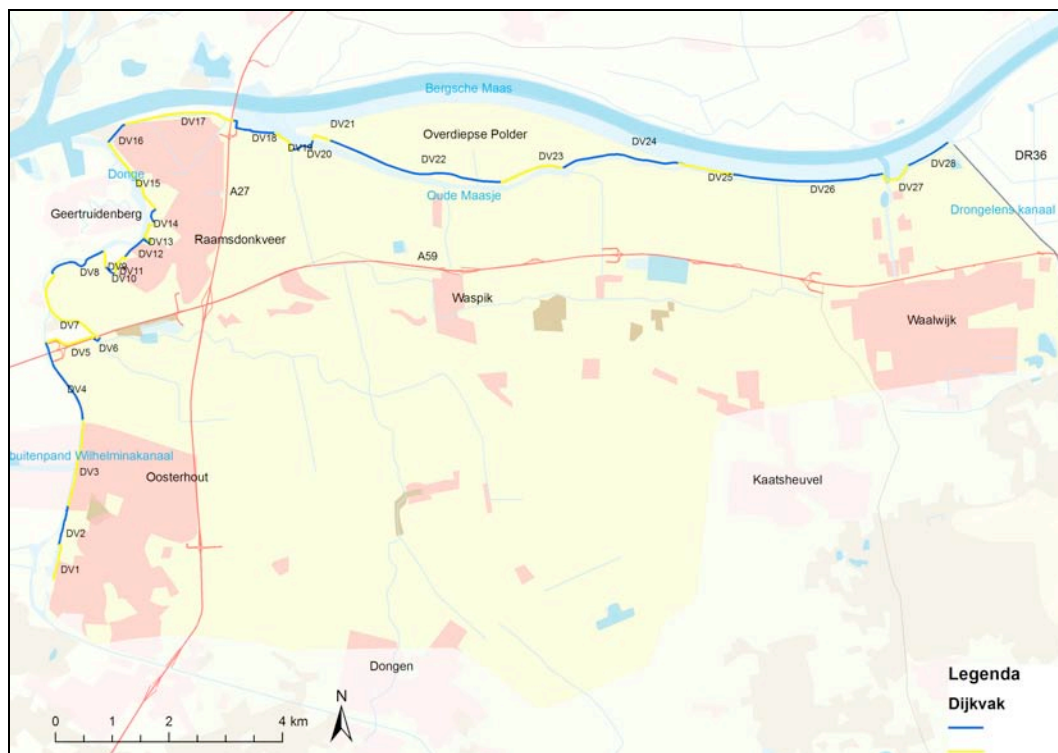
### 2.4.1 Vakindeling dijken

Een grens van een dijkvak kan op verschillende manieren worden gekozen. Daarbij wordt rekening gehouden met:

- Een overgang van de categorie waartoe de waterkering behoort;
- Een verandering van het type waterkering;
- Een verandering van de gevolgen bij een doorbraak;
- Een dusdanige verandering in belasting en/of sterkte-eigenschappen dat niet langer sprake is van een homogene belasting en/of van homogene sterkte-eigenschappen.
- De vakindeling in de toetsing.
- De resultaten in de verschillende toetssporen

### 2.4.2 Overzicht vakindeling

Een overzicht van de onderverdeling van dijkkring 35 in dijkvakken is gegeven in Figuur 19. Een compleet overzicht van de vakgrenzen, locatieaanduidingen en bijbehorende ringdelen is opgenomen in Bijlage C.



Figuur 19: Vakindeling dijkkring 35

## 2.5 Kunstwerken

In totaal bevinden zich 11 kunstwerken in de categorie a-kering van dijkkring 35. Het betreft kunstwerken als: gemalen, coupures, inlaten, sluizen en tunnels. In Tabel 5 is een overzicht gegeven van deze kunstwerken. Daarbij is aangegeven of het kunstwerk binnen VNK is geanalyseerd en wat de reden is geweest om een kunstwerk niet te analyseren. Voor meer details wordt verwezen naar het overall kunstwerkenrapport [ref 2].

VNK nummer	Kunstwerk naam en type	Type	VNK-analyse	Reden niet beschouwd
VNK.35.02.001	Gemaal Westpolder	Gemaal	niet beschouwd	Geen doorbraak mogelijk en beperkte diameter.
VNK.35.02.002	Gemaal Dombosch	Gemaal	niet beschouwd	Geen doorbraak mogelijk en beperkte diameter.
VNK.35.02.003	Gemaal Keizersveer	Gemaal	niet beschouwd	De faalkansen worden verwaarloosbaar klein geacht.
VNK.35.02.004	Gemaal Overdiepse Polder	Gemaal	niet beschouwd	Dit gemaal ligt nu nog in de primaire waterkering categorie A. Met het verleggen van de primaire kering achterlangs de Overdiepse Polder komt dit gemaal in een voorliggende waterkering te liggen. Dit project is al in uitvoering.
VNK.35.03.001	Inlaat Snijders	Inlaatsluis	niet beschouwd	Geen doorbraak mogelijk.
VNK.35.03.002	Inlaag Hoge Polder (Inlaat Oranjepolder)	Inlaatsluis	niet beschouwd	Geen doorbraak mogelijk en beperkte diameter.
VNK.35.04.001	Keersluis Schipdiep	Keersluis	wel beschouwd	
VNK.35.06.001	Schutsluis Waalwijk	Schutsluis	wel beschouwd	
VNK.35.06.002	Schutsluis Marksluis	Schutsluis	niet beschouwd	De sluis ligt niet in dijkkring 35.
VNK.35.07.001	Landbouwtunnel A27 (Raamsdonksveer / Hank)	Tunnel	niet beschouwd	De tunnel ligt op de kruin en kruist niet de waterkering.
VNK.35.08.001	Duiker Hillenput	Uitwateringssluis	niet beschouwd	Deze duiker is reeds afgekoppeld en dichtgezet.
VNK.35.08.002	Overstort Wilheminkanaal Kanaalstraat	Uitwateringssluis	niet beschouwd	Beperkte diameter.
VNK.35.08.003	Duiker Gooikersdam	Uitwateringssluis	niet beschouwd	De faalkansen worden verwaarloosbaar klein geacht.
VNK.35.08.005	Effluentleiding zuivering (RWZI) Dongemond	Uitwateringssluis	niet beschouwd	Geen doorbraak mogelijk.
VNK.35.08.006	RWZI Waalwijk - Bergse Maas	Uitwateringssluis	niet beschouwd	Geen doorbraak mogelijk.

Tabel 5: Overzicht kunstwerken dijkkring 35

---

## 3 Overstromingskans

Dit hoofdstuk beschrijft de wijze waarop de overstromingskans is berekend en toont de resultaten van de uitgevoerde berekeningen.

### 3.1 Aanpak en uitgangspunten

De kansberekeningen zijn uitgevoerd met behulp van het programma PC-Ring [ref 4 - ref 6]. De faalkansen voor het faalmechanisme *macrostabiliteit binnenwaarts* zijn met behulp van aparte procedures buiten PC-Ring berekend. De voor dit faalmechanisme berekende faalkansen zijn vervolgens ingevoerd in PC-Ring voor de faalkansberekening per vak, per ringdeel en de overstromingskans.

De belastingmodellen in PC-Ring zijn gebaseerd op de 'thermometerwaarden' van 2006 (TMR2006). In deze waarden zijn de gegevens en inzichten tot en met 2006 verwerkt.

Ten behoeve van de berekening van de faalkans is eerst per dijkvak vastgesteld welke faalmechanismen op welke locaties relevant zijn. Daarbij is gebruik gemaakt van de resultaten en onderliggende gegevens uit de tweede en derde toetsronde en het oordeel van de beheerder. Per faalmechanisme is per vak een schematisatie van de waterkering opgesteld (bepaling hoogte, intree- en uittreepunt, gemiddelden, spreidingen, enz.).

In VNK2 wordt als richtlijn gehanteerd dat alle geplande verbeteringswerken, waarvan het bestek gereed is, worden meegenomen zoals in het bestek is beschreven. Indien de verbeteringswerken zich nog in een eerder stadium bevinden worden deze in principe niet meegenomen.

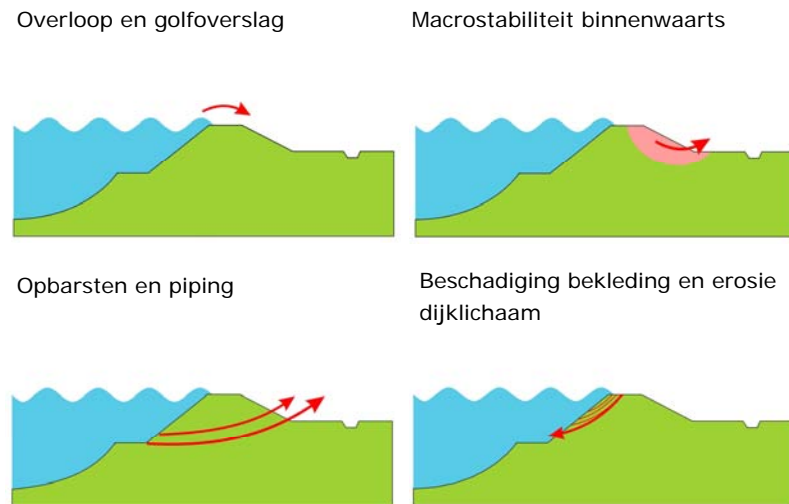
Op vakniveau zijn, indien relevant, verschillende gevoeligheidsanalyses uitgevoerd om een beeld te krijgen van de invloeden van alternatieve schematisaties. Voor een uitgebreide toelichting op de vakindeling, de selectie van faalmechanismen en de opgestelde schematisaties per faalmechanisme en per vak, wordt verwezen naar het achtergrondrapport [ref 3].

### 3.2 Beschouwde faalmechanismen

#### 3.2.1 Faalmechanismen dijken

Bij de bepaling van de faalkans van de dijken zijn de volgende faalmechanismen beschouwd (zie Figuur 20):

- Overloop en golfoverslag;
- Macrostabiliteit binnenwaarts;
- Opbarsten en piping;
- Beschadiging bekleding en erosie dijklichaam.



Figuur 20: Beschouwde faalmechanismen dijken.

#### *Overloop en golfoverslag*

Bij dit faalmechanisme bezwijkt de dijk doordat grote hoeveelheden water over de dijk stromen. Bij afluiddige wind of bij kleine golfhoogten wordt het bezwijken beschreven door het faalmechanisme *overloop*. In andere gevallen door het faalmechanisme *golfoverslag*.

#### *Macrostabilliteit binnenwaarts*

Bij dit faalmechanisme bezwijkt de dijk doordat een deel van de dijk ten gevolge van langdurig hoge waterstanden instabiel wordt en daarna aan de binnenzijde afschuift of opdrijft.

#### *Opbarsten en piping*

Bij dit faalmechanisme bezwijkt de dijk doordat het zand onder de dijk wordt weggespoeld. Door de druk van het water zal eerst, indien aanwezig, de afsluitende laag opbarsten. Vervolgens kunnen zogenaamde 'pijpen' ontstaan waardoor het zand wegspoelt en de dijk bezwijkt.

#### *Beschadiging bekleding en erosie dijklichaam*

Bij dit faalmechanisme bezwijkt de dijk doordat eerst de bekleding wordt beschadigd door de golfaanval, waarna de grootte van de doorsnede van de dijk kern door erosie wordt verminderd en de dijk bezwijkt.

### 3.2.2 *Faalmechanismen kunstwerken*

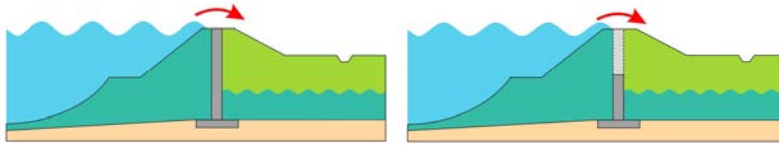
Voor de bepaling van de faalkans van een kunstwerk wordt rekening gehouden met de volgende faalmechanismen (zie Figuur 21):

- Overslag/overloop;
- Betrouwbaarheid sluiting;
- Onder- en achterloopsheid;
- Sterkte en stabiliteit.

---

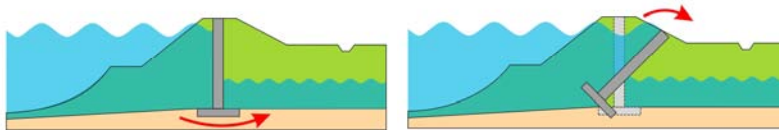
Overslag/overloop

Betrouwbaarheid sluiting



Onder- en achterloopsheid

Sterkte en stabiliteit



Figuur 21: Beschouwde faalmechanismen kunstwerken.

#### *Overslag/overloop*

Bij dit faalmechanisme bezwijkt het kunstwerk doordat grote hoeveelheden water over het gesloten kunstwerk stroomt. De hoeveelheid instromend water tast uiteindelijk de stabiliteit van het object dan wel het achterliggende watersysteem dusdanig aan dat sprake is van bresvorming en daarmee grote gevolgen.

#### *Betrouwbaarheid sluiting*

Bij dit faalmechanisme bezwijkt het kunstwerk doordat grote hoeveelheden water over of door het geopende kunstwerk stroomt. De hoeveelheid instromend water tast uiteindelijk de stabiliteit van het object dan wel het achterliggende watersysteem dusdanig aan dat sprake is van bresvorming en daarmee grote gevolgen.

#### *Onder- en achterloopsheid*

Bij dit faalmechanisme bezwijkt het kunstwerk doordat de grond achter en onder het kunstwerk wegspoelt. Deze vorm van erosie kan uiteindelijk leiden tot instabiliteit en vervolgens het bezwijken van het gehele object. Dit kan uiteindelijk leiden tot bresvorming in de dijk.

#### *Sterkte en stabiliteit*

Bij dit faalmechanisme bezwijkt het kunstwerk als gevolg van te grote horizontale belastingen. Dit kunnen vervalbelastingen zijn op (onderdelen van) het kunstwerk, maar ook aanvaarbelastingen kunnen uiteindelijk leiden tot het bezwijken van het gehele kunstwerk, met bresvorming als gevolg.

### **3.3 Niet beschouwde faalmechanismen**

Niet alle faalmechanismen kunnen met het VNK2-instrumentarium worden doorgerekend. De faalmechanismen afschuiven voorland, afschuiven buitentalud, micro-instabiliteit, zettingsvloeiing en verweking, worden binnen VNK2 niet meegenomen.

Verondersteld wordt dat deze faalmechanismen van ondergeschikt belang zijn ten opzichte van de faalmechanismen die in de risicoanalyse zijn meegenomen.

### 3.4 Berekende overstromingskansen

VNK2 geeft een beeld van de overstromingskansen voor een dijkringgebied. De veiligheidsbenadering in VNK2 is daarmee anders dan die in de toetsing in het kader van de Waterwet. In de toetsing wordt beoordeeld of de primaire waterkeringen voldoen aan de wettelijke normen. Deze normen zijn niet gedefinieerd als overstromingskansen, maar als overschrijdingskansen van waterstanden die de waterkeringen veilig moeten kunnen keren, rekening houdend met alle factoren die het waterkerend vermogen beïnvloeden (zie ook paragraaf 1.3).

#### 3.4.1 Overstromingskans en faalkansen per faalmechanisme

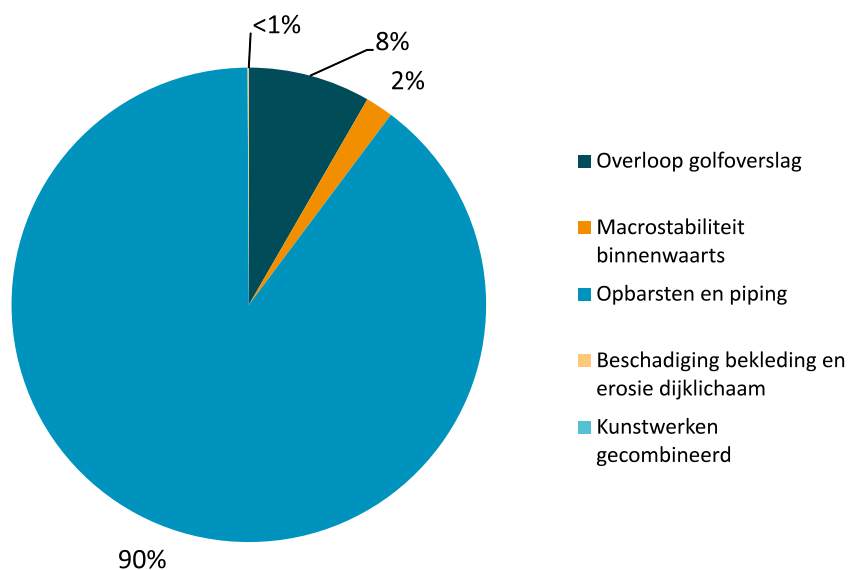
De berekende overstromingskans van dijkringgebied 35 is circa 1/160 per jaar.

Deze overstromingskans heeft betrekking op de kans dat er ergens in het dijkringgebied een overstroming plaatsvindt. In Tabel 6 zijn de faalkansen (kans per jaar) voor de verschillende faalmechanismen weergegeven.

Type waterkering	Faalmechanisme	Faalkans (per jaar)
Dijk	Overloop en golfoverslag	1/1.900
	Opbarsten en piping	1/180
	Macrostabiliteit binnenwaarts	1/8.500
	Beschadiging bekleding en erosie dijklichaam	1/200.000
Kunstwerk	Overloop en golfoverslag	-
	Betrouwbaarheid sluiting	<1/1.000.000
	Onder- en achterloopsheid	-
	Sterkte en stabiliteit	<1/1.000.000
Overstromingskans		1/160

Tabel 6 Berekende faalkansen per faalmechanisme

In Figuur 22 is een overzicht opgenomen van de procentuele bijdragen van verschillende faalmechanismen aan de som van de faalkansen per faalmechanisme.



Figuur 22: Procentuele bijdragen faalmechanismen

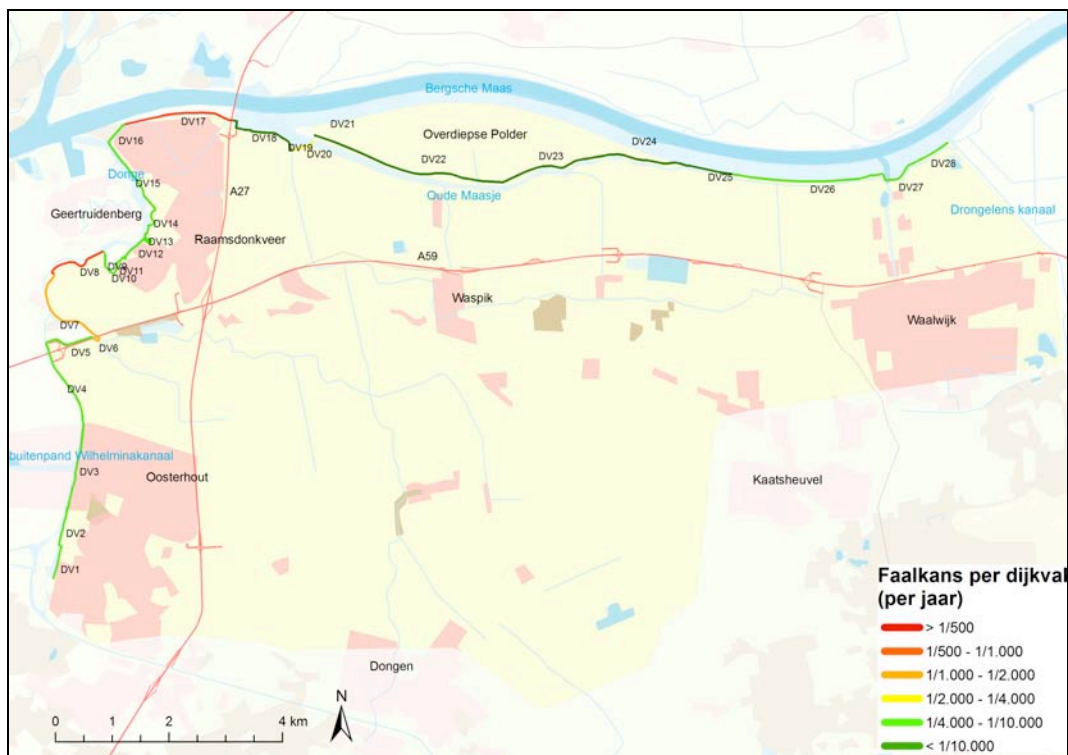
### 3.4.2 Faalkansen dijken

De resultaten van de faalkansberekeningen voor de dijken zijn weergegeven in Tabel 7. Wanneer geen faalkans is vermeld wordt, op basis van de beschikbare gegevens, aangenomen dat de faalkans verwaarloosbaar klein is.

Tabel 7 Berekende faalkansen voor de dijken van dijkkring 35.

Ringdeel	Dijkvak	Faalkans (per jaar) per faalmechanisme				
		Overloop en golfoverslag	Macrostabieliteit binnenwaarts	Opbarsten en piping	Beschadiging bekleding en erosie dijklichaam	Gecombineerd
Wilhelmina-kanaal (RD01)	DV1_35.0-415m	1/50.000			< 1/1.000.000	1/50.000
	DV2_35.415-1115m	1/8.500				1/8.500
	DV3_35.1115-2680m	1/19.000			< 1/1.000.000	1/19.000
	DV4_35.2680-4225m	1/10.000			< 1/1.000.000	1/10.000
	DV5_36.0-875m	1/24.000			< 1/1.000.000	1/24.000
	DV6_36.875-1080m	1/17.000		1/1.500		1/1.400
Donge (RD02)	DV7_37.0-1773m	1/4.500		1/2.000	< 1/1.000.000	1/1.400
	DV8_37.1773-2887m	1/3.000		1/860	1/680.000	1/680
	DV9_37.2887-3152m	1/84.000			< 1/1.000.000	1/84.000
	DV10_37.3152-3380m	1/21.000			< 1/1.000.000	1/21.000
	DV11_38.0-500m	1/67.000				1/67.000
	DV12_38.500-1110m	1/34.000				1/34.000
	DV13_38.1110-1680m	1/11.000				1/11.000
Dombosch (RD03)	DV14_38.1680-1960m	1/13.000			< 1/1.000.000	1/13.000
	DV15_39.0-1450m	1/8800	1/14.500		1/270.000	1/5.500
	DV16_40.0-495m	1/16.000			< 1/1.000.000	1/16.000
Keizersveer (RD04)	DV17_40.495-2300m	1/8.000		1/300	< 1/1.000.000	1/290
	DV18_41.0-810m	1/450.000			< 1/1.000.000	1/450.000
Overdiepse Polder (RD05)	DV19_41.810-1245m	1/390.000			< 1/1.000.000	1/390.000
	DV20_41.1245-1600m	1/48.000	< 1/1.000.000	1/4.200	< 1/1.000.000	1/3.800
	DV21_OvdP.0-400m	< 1/1.000.000			< 1/1.000.000	< 1/1.000.000
	DV22_OvdP.400-3700m	1/270.000		1/130.000	< 1/1.000.000	1/100.000
Capelsche uiterwaard (RD06)	DV23_OvdP.3700-4600m	< 1/1.000.000			< 1/1.000.000	< 1/1.000.000
	DV24_OvdP.4600-7000m	1/230.000			< 1/1.000.000	1/230.000
	DV25_50.0-950m	1/680.000			< 1/1.000.000	1/680.000
	DV26_50.950-3600m	1/8.200			< 1/1.000.000	1/8.200
	DV27_51.0-620m	1/26.000		1/6.000	< 1/1.000.000	1/5.000
	DV28_51.620-1400m	1/230.000	1/20.000		< 1/1.000.000	1/20.000
<b>Overstromingskans</b>		<b>1/1.900</b>	<b>1/8.500</b>	<b>1/180</b>	<b>1/200.000</b>	<b>1/160</b>





Figuur 23: Faalkansen van dijkkring 35

#### Overloop en golfoverslag

Langs het Wilhelminakanaal (buitenpand) varieert de berekende faalkans van circa 1/1.400 (DV6) tot 1/50.000 per jaar (DV1). Er worden zowel overloop- als overslagsituaties berekend, met als maatgevende windrichting voornamelijk NW. Alleen dijkvak DV3 heeft NNO als maatgevende windrichting. Voor dijkvak DV2 is vanwege de langsconstructie en het relatief hoge achterland een overloopberekening gemaakt.

Langs de Donge varieert de berekende faalkans van circa 1/4.500 (DV7) en 1/3.000 (DV8) tot 1/84.000 per jaar (DV9). Dijkvakken DV7 en DV8 leveren hiermee de grootste kansbijdrage voor dit faalmechanisme in dijkkring 35. Er wordt zowel een overloopsituatie (DV7) als een overslagsituatie (DV8) berekend met respectievelijk NW en W als maatgevende windrichting. Voor de graskwaliteit van het binnentalud van de kering is respectievelijk "matig" (DV7) en "slecht" (DV8) gehanteerd. Voor de andere dijkvakken langs de Donge worden zowel overloop- als overslagsituaties berekend met als maatgevende windrichting NW. Uitzondering is dijkvak DV14 met W als maatgevende windrichting. Overal is een goede graskwaliteit van het binnentalud gehanteerd.

Voor het westelijke gedeelte langs de Bergsche Maas varieert de berekende faalkans van circa 1/8.000 (DV17) tot 1/500.000 per jaar (DV18). Voor dijkvak DV16, DV17 en DV20 wordt een overslagsituatie berekend met NW als maatgevende windrichting. Het eventueel aanwezige voorland is niet meegenomen in de schematisatie omdat het geen significante invloed heeft door de beperkte hoogte (ca. NAP +1,0m).

Ter plaatse van dijkvak DV18 en dijkvak DV19 wordt momenteel het dijkversterkingsproject Amer-Donge uitgevoerd. De faalkansen zijn berekend op basis van de nieuwe (versterkte) situatie. Voor deze vakken wordt een overloopsituatie met kleine faalkans berekend (resp. 1/450.000 en 1/390.000 per jaar). De maatgevende windrichting is daarbij OZO (DV18) en Z (DV19).

Binnen het programma 'Ruimte voor de Rivier' is de Overdiepe Polder als overloopgebied tijdens maatgevende omstandigheden opgenomen als maatregel.

---

Hiervoor wordt de huidige primaire kering verplaatst. Bij het bepalen van de faalkansen is het tracé en de ontwerpraaien van de nieuwe primaire kering aan de zuidzijde van de polder beschouwd. De berekende faalkansen variëren van circa 1/270.000 (DV24) tot kleiner dan 1/1.000.000 per jaar. In alle gevallen wordt een overloopsituatie berekend. De maatgevende windrichtingen zijn daarbij Z (DV21), ZZO (DV22) en O (DV23 en DV24).

Voor het oostelijke gedeelte langs de Bergsche Maas varieert de berekende faalkans van circa 1/8.200 (DV26) tot 1/680.000 per jaar (DV25). Voor dijkvak DV25, DV26 en DV27 wordt een overslagsituatie berekend met ONO (DV25) en NO (DV26 en DV27) als maatgevende windrichting. Voor dijkvak DV28 wordt een overloopsituatie berekend met O als maatgevende windrichting. Het aanwezige voorland is daarbij niet meegenomen in de schematisatie. Voor het maatgevende dijkvak (DV26) heeft het ook geen significante invloed vanwege de beperkte hoogte van dit voorland (slechts ca. NAP +0,8m).

#### *Opbarsten en piping*

Voor het faalmechanisme *opbarsten en piping* worden relatief grote faalkansen gevonden. Dit faalmechanisme heeft de grootste bijdrage aan de overstromingskans. De grootste faalkansen zijn berekend voor dijkvakken DV8 (1/860 per jaar) en DV17 (1/300 per jaar). Dit komt omdat het kwelslootpeil relatief laag is. In combinatie met een korte kwelweglengte resulteert dit in een grote faalkans.

In dijkvak DV7 wordt het kwelslootpeil opgezet tijdens maatgevende omstandigheden, dit heeft een gunstig effect op de faalkans. De berekende faalkans is echter nog steeds relatief groot.

Voor dijkvak DV20 is een relatief kleine faalkans berekend, zoals overeenkomt met de toetsing. Hier is niet het waterpeil uit het peilbesluit toegepast, maar een peil uit de profielengenerator dat overeenkomt met gegevens uit de legger. Dit heeft een groot positief effect op de berekende faalkans, die bij hanteren van het polderpeil zeer groot zou zijn.

In de toetsing zijn bij een aantal dijkvakken berekeningen uitgevoerd met een grove korreldiameter D70. Waarschijnlijk is de grove korreldiameter gebaseerd op monsters die genomen zijn uit de diepere zandlaag. De pipinggevoelige laag wordt echter gevormd door de zandlaag die vlak onder de deklaag ligt. Na overleg met de helpdesk en specialisten van Deltares, is gebruik gemaakt van de fijnere D70 uit de DINO-database, wanneer de onderkant van de deklaag volgens de DINO-database in de 1<sup>ste</sup> zandlaag ligt. Dit geeft voor sommige vakken een verschil met de toetsingsresultaten, waarin alle vakken zijn goedgekeurd.

#### *Macrostabieliteit binnenwaarts*

Voor het faalmechanisme *macrostabieliteit binnenwaarts* zijn relatief kleine faalkansen berekend. De grootste berekende faalkans is 1/14.500 per jaar. Dit beeld komt overeen met de resultaten uit de toetsing waarin deze dijkvakken zijn goedgekeurd.

#### *Beschadiging bekleding en erosie dijklichaam*

Voor het faalmechanisme *macrostabieliteit binnenwaarts* zijn verwaarloosbaar kleine faalkansen (<1/100.000 per jaar) berekend.

### 3.4.3 Faalkansen kunstwerken

De resultaten van de faalkansberekeningen voor de kunstwerken zijn weergegeven in Tabel 8. Indien tijdens de screening bepaald is dat de faalkans van een faalmechanisme voor een bepaald kunstwerk verwaarloosbaar is, is voor het bewuste faalmechanisme geen nadere analyse gedaan en geen faalkans berekend.

	Kunstwerk	Faalkans (per jaar) per faalmechanisme				
		Overslag/ overloop	Betrouwbaarheid sluiting	Onder- en achterloopsheid	Sterkte en stabiliteit	<b>Gecombineerd</b>
Keersluis Schipdiep	VNK.35.04.001	-	<1/1.000.000	-	-	<1/1.000.000
Schutsluis Waalwijk	VNK.35.06.001	-	-	-	<1/1.000.000	<1/1.000.000

Tabel 8: Berekende faalkansen voor de kunstwerken van dijkkring 35. Wanneer geen faalkans is gepresenteerd dan wordt de faalkans voor het betreffende faalmechanisme verwaarloosbaar klein geacht.

### 3.5 Dominante vakken en faalmechanismen

In Tabel 9 is de top tien van vakken en kunstwerken weergegeven die de grootste bijdrage leveren aan de overstromingskans.

Volg-nummer	Vak of kunstwerk	Faalkans dominant mechanisme [per jaar]	Dominant mechanisme
1	DV17_40.495-2300m	1/300	Opbarsten en piping
2	DV8_37.1773-2887m	1/680	Opbarsten en piping
3	DV6_36.875-1080m	1/1.400	Opbarsten en piping
4	DV7_37.0-1773m	1/1.400	Opbarsten en piping
5	DV20_41.1245-1600m	1/3.800	Opbarsten en piping
6	DV27_51.0-620m	1/5.000	Opbarsten en piping
7	DV15_39.0-1450m	1/5.500	Overloop en golfoverslag
8	DV26_50.950-3600m	1/8.200	Overloop en golfoverslag
9	DV2_35.415-1115m	1/8.500	Overloop en golfoverslag
10	DV4_35.2680-4225m	1/10.000	Overloop en golfoverslag

Tabel 9: Overzicht van de vakken met de grootste berekende faalkansen in dijkkring 35.

Bij de meeste vakken in de top 10 zijn opbarsten en piping en overloop en golfoverslag de dominanten faalmechanismen.

### 3.6 Vergelijking met toetsing

In Bijlage D zijn de in VNK2 berekende faalkansen samen met de resultaten uit de derde toetsronde [ref 14] gepresenteerd. Hierbij kan het volgende worden opgemerkt:

- In de toetsing zijn bij een aantal dijkvakken berekeningen uitgevoerd met een grove korreldiameter D70. Waarschijnlijk is de grove korreldiameter gebaseerd op monsters die genomen zijn uit de diepere zandlaag. De pipinggevoelige laag wordt echter gevormd door de zandlaag die vlak onder de deklaag ligt. Na overleg met de helpdesk en specialisten van Deltares, is gebruik gemaakt van de fijnere D70 uit de DINO-database, wanneer de onderkant van de deklaag volgens de DINO-database in de 1<sup>ste</sup> zandlaag ligt. Dit geeft een verschil met de toetsingsresultaten, waarin alle vakken zijn goedgekeurd.
- Bij enkele vakken zijn andere kwelslootpeilen gehanteerd dan in de toetsing. Dit is in paragraaf 3.4.2 nader toegelicht.

---

## 4 De gevolgen van overstromingen per doorbraaklocatie

Dit hoofdstuk geeft een overzicht van de gevolgen van een overstroming per ringdeel. Hoofdstuk 4.1 beschrijft de aanpak en uitgangspunten die bij de overstromingssimulaties en de berekeningen van de schade en de aantallen slachtoffers zijn gehanteerd. Paragraaf 4.2 geeft per ringdeel een overzicht van de overstromingspatronen met de maximale waterdiepten die optreden en de daarbij behorende gevolgen bij verschillende buitenwaterstanden (de zogenaamde basismatrix) en het maximaal scenario. Paragraaf 4.3 geeft een totaaloverzicht van de gevolgen als beschreven in paragraaf 4.2 in een samenvattende tabel en grafieken.

### 4.1 Aanpak en uitgangspunten

#### 4.1.1 Algemeen

De gevolgen van een overstroming worden bepaald door de mate waarin een dijkkringgebied overstroomt en de kwetsbaarheid van de getroffen objecten en personen. In VNK2 wordt de wijze waarop het dijkkringgebied overstroomt, berekend door middel van overstromingssimulaties. Deze simulaties zijn voor dijkkring 35 uitgevoerd met FLS (versie 2.55). Met behulp van de overstromingskenmerken (waterdiepte, stroomsnelheid en stijgsnelheid) uit de overstromingssimulaties worden de schade en slachtofferaantallen berekend met behulp van HIS-SSM v2.5 [ref 10].

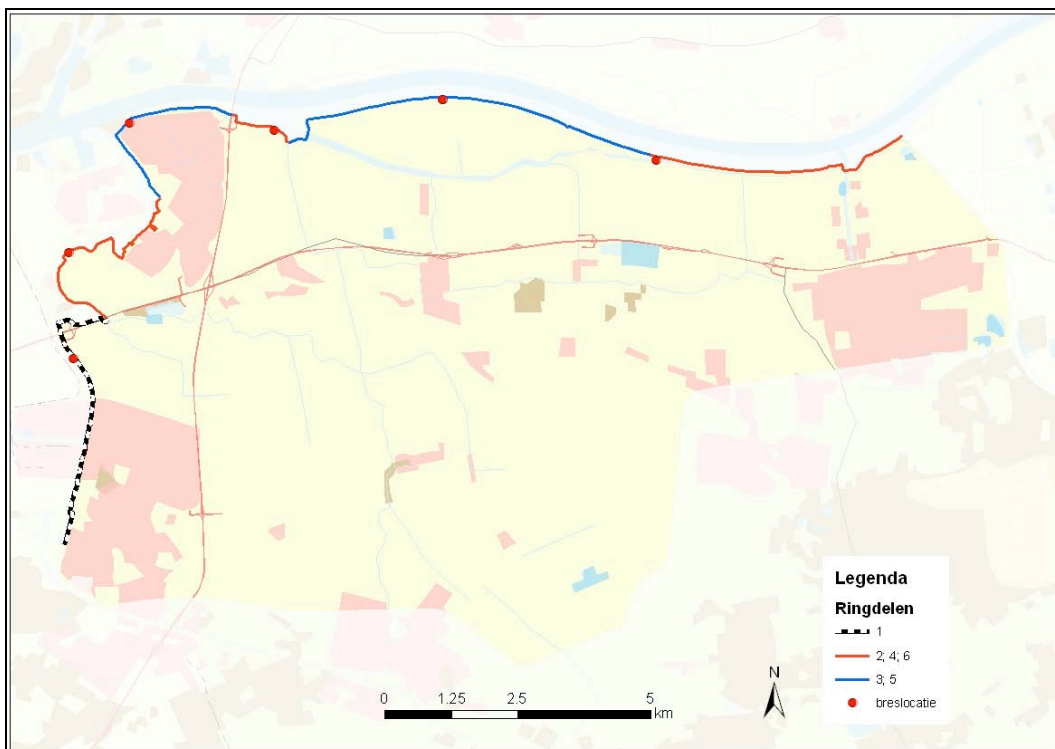
Omdat het overstromingspatroon en de gevolgen van een overstroming niet alleen afhankelijk zijn van de doorbraaklocatie maar ook van de belastingcondities waarbij de doorbraak plaatsvindt, beschouwt VNK2 meerdere mogelijke belastingcombinaties per ringdeel. In theorie zouden oneindig veel combinaties moeten worden beschouwd, maar in de praktijk is dat onmogelijk. Daarom worden per ringdeel alleen overstromingsberekeningen gemaakt voor belastingcombinaties bij toetspeil (tp), toetspeil minus één decimeringhoogte (tp-1d), toetspeil plus één decimeringhoogte (tp+1d) en toetspeil plus twee decimeringhoogten (tp+2d). Voor dijkkring 35 hebben deze belastingcombinaties een kans van voorkomen van 1/200 per jaar (tp -1d) en 1/2.000 per jaar (tp). De belastingcombinaties van tp-1d en tp+2d zijn niet beschouwd omdat de verwachting was dat deze niet nodig zijn voor dijkkring 35.

Ten aanzien van de schadegegevens gaat VNK2 uit van de situatie in 2006. De slachtofferberekeningen zijn gebaseerd op bevolkingsgegevens uit het jaar 2000 zoals opgenomen in de HISSM versie 2.5. Uit vergelijking met bevolkingsgegevens van het CBS uit het jaar 2010 blijkt dat er een bevolkingsafname in deze dijkkring is van 7% ( $\pm$  6,5 duizend inwoners). Deze bevolkingsgroei heeft naar verwachting een beperkt effect op het berekende aantal slachtoffers.

#### 4.1.2 Ringdelen

Een ringdeel omvat een gedeelte van de dijkkring waarvoor geldt dat het overstromd gebied en de schade en aantal slachtoffers vrijwel onafhankelijk zijn van de exacte doorbraaklocatie binnen dat ringdeel. De ringdelen vormen de basis voor de beschrijving van de overstromingsscenario's. Voor dijkkring 35 zijn 6 ringdelen gedefinieerd, zoals weergegeven in Figuur 24.

Er ligt een ringdeel langs het Wilhelminakanaal buitenpand (ringdeel 1, doorbraaklocatie Wilhelminakanaal). Er ligt een ringdeel langs de Donge (ringdeel 2, doorbraaklocatie Donge). Vier ringdelen liggen langs de Bergsche Maas, met doorbraaklocatie Dombosch (ringdeel 3), Keizersveer (ringdeel 4), Overdiepsche polder (ringdeel 5) en de Capelsche uiterwaard (ringdeel 6). De exacte locatie van de ringdeelgrenzen en een overzicht van de vakken die in het ringdeel zijn gelegen wordt gegeven in bijlage C.

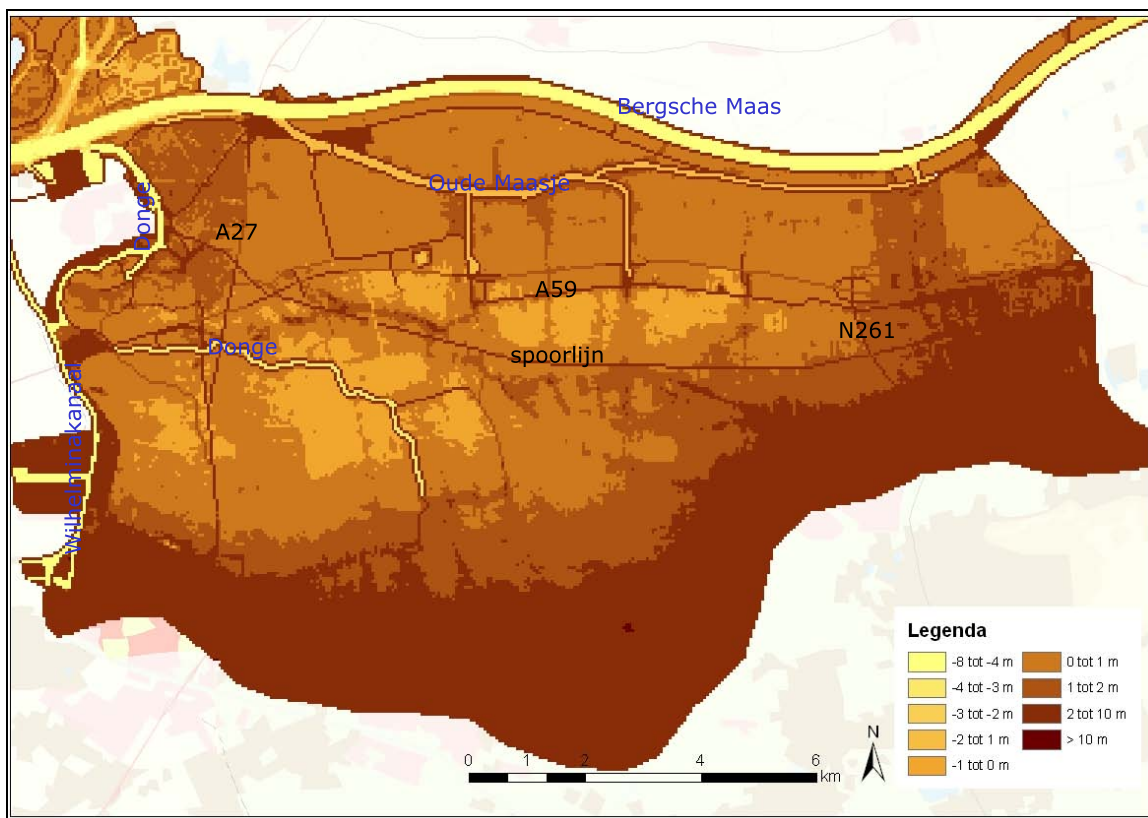


Figuur 24: Ringdelen met bijbehorende breslocaties voor dijkkring 35, Donge

#### 4.1.3 Hoogteligging en verhoogde lijnelementen

Aan de westzijde wordt de dijkkring begrensd door de Donge en aan de noordzijde door de Bergsche Maas. Figuur 25 geeft de hoogteligging van het maaiveld van dijkkringgebied 35 en omgeving. De bodemligging geeft aan dat de dijkkring in het zuiden relatief hoog gelegen is, en naar het noorden en westen afloopt. Het beekdal van de Donge en het Oude Maasje zijn als verlaging in het hoogtemodel zichtbaar.

Bij de overstromingsberekeningen is ervan uitgegaan dat regionale keringen standzeker zijn. Er zijn een aantal hoger in het landschap gelegen wegen (de A27, A59, N261, spoorlijn Boxtel – Breda) die het overstromingspatroon kunnen beïnvloeden. In de overstromingsberekeningen is ervan uitgegaan dat ook deze lijnelementen standzeker zijn.



Figuur 25: Bodemhoogte zoals gebruikt in FLS-model van dijkkringgebied 35, Dunge.

In het noordoosten van industrieterrein Dombosch ligt onder de A27 een onderdoorgang, zie Figuur 26. Gezien de relatief grote faalkansen die zijn gevonden in ringdeel 3 is het van belang om te weten of deze onderdoorgang invloed heeft op het overstromingsverloop en de gevolgen. Het betreft een brede onderdoorgang maar deze ligt relatief hoog (boven toetspeil van NAP +3,14 m). Vanuit industrieterrein Dombosch gezien ligt de onderdoorgang bovendien achter de Maasdijk, een hoog gelegen weg, die eveneens boven toetspeil ligt. Bij een doorbraak in de kering langs het industrieterrein (ringdeel 3) zal deze onderdoorgang in de beschouwde scenario's geen invloed hebben op het overstromingsverloop, gegeven de standzekerheid van het weglichaam Maasdijk. Overige kruisingen (zie Figuur 26) van wegen met de Maasdijk zijn gelijkvloers en hier zijn zodoende geen onderdoorgangen aanwezig.





Figuur 26: Ligging onderdoorgang A27, blauw gebied ligt beneden toetspeil (NAP +3,14m)

#### 4.1.4 Evacuatie

Voor het bepalen van het aantal slachtoffers als gevolg van een overstroming zijn de mogelijkheden voor (preventieve) evacuatie van belang<sup>1</sup>. In de praktijk wordt de effectiviteit van preventieve evacuaties echter beperkt door de geringe voorspelbaarheid van overstromingen, de capaciteit van de aanwezige infrastructuur en de condities waaronder een evacuatie moet worden uitgevoerd, zoals sociale onrust [ref 7].

In VNK2 wordt rekening gehouden met preventieve evacuatie door het aantal slachtoffers te berekenen voor vier evacuatie-deelscenario's [ref 8]. In Tabel 10 is een overzicht gegeven van de evacuatie-deelscenario's met de bijbehorende ingeschatte kansen van voorkomen voor dijkkringgebied 35. De evacuatiefracties drukken het deel van de bevolking uit dat preventief geëvacueerd kan worden. De conditionele kans is de kans dat bij een overstroming dat deel van de bevolking daadwerkelijk geëvacueerd wordt. Op basis van de evacuatiefracties en de conditionele kansen kan de verwachtingswaarde van de evacuatie worden berekend. Omdat dijkkring 35 op de overgang ligt van riviergedomineerde naar zeegedomineerde hoogwaters is onderscheid gemaakt in de conditionele kansen langs de dijkkring. Aan ringdelen RD1 t/m RD3 zijn de conditionele kansen uit het benedenrivierengebied toegekend en aan de ringdelen RD4 t/m RD6 de conditionele kansen uit het bovenrivierengebied. Omdat de dijkkring nabij hooggelegen zandgronden ligt en evacuatie reëel wordt geacht zijn de evacuatiefracties uit het bovenrivierengebied overgenomen. Dit is weergegeven in de tabellen Tabel 10 en Tabel 11.

<sup>1</sup> Nadat een bres is opgetreden kunnen mensen ook nog vluchten of worden geëvacueerd. Dit gedrag is echter onderdeel van de functies waarmee slachtofferkansen worden bepaald. Er wordt daarom in deze paragraaf alleen gesproken over preventieve evacuatie.

Uit Tabel 10 en Tabel 11 kan voor dijkringgebied 35 worden afgeleid dat de verwachtingswaarde voor evacuatie 0,40 tot 0,76 per overstroming is. Dat betekent dat bij een overstroming gemiddeld 40% tot 76% van de bevolking preventief is geëvacueerd.

Evacuatie-deelscenario		Evacuatiefractie (-)	Conditionele kans (-)
Overstroming kort van tevoren verwacht of onverwacht	1. Geen evacuatie	0,00	0,40
	2. Ongeorganiseerde evacuatie	0,59	0,44
Overstroming ruim van tevoren verwacht	3. Ongeorganiseerde evacuatie	0,85	0,12
	4. Georganiseerde evacuatie	0,90	0,04

Tabel 10: Evacuatiefracties en conditionele kansen ([ref 8], benedenrivierengebied) voor vier verschillende evacuatie-deelscenario's in ringdelen RD1 t/m RD3.

Evacuatie-deelscenario		Evacuatiefractie (-)	Conditionele kans (-)
Overstroming kort van tevoren verwacht of onverwacht	1. Geen evacuatie	0,00	0,10
	2. Ongeorganiseerde evacuatie	0,59	0,08
Overstroming ruim van tevoren verwacht	3. Ongeorganiseerde evacuatie	0,85	0,42
	4. Georganiseerde evacuatie	0,90	0,40

Tabel 11: Evacuatiefracties en conditionele kansen ([ref 8], bovenrivierengebied) voor vier verschillende evacuatie-deelscenario's in ringdelen RD4 t/m RD6.

De evacuatie-deelscenario's hebben effect op het aantal te verwachten slachtoffers bij een overstroming, maar (in beperkte mate) ook op de berekende schade. Voertuigen en goederen worden immers naar veilig gebied verplaatst.

#### 4.2 Resultaten overstromingsberekeningen per ringdeel

De volgende subparagrafen beschrijven per ringdeel de overstromingsverlopen en de gevolgen van de overstromingen. Per ringdeel is één doorbraaklocatie bepaald waarvoor de verschillende overstromingsberekeningen zijn uitgevoerd. Per ringdeel zijn figuren weergegeven van de maximale waterdiepten die optreden. Deze figuren geven naast een indicatie van de waterdiepten ook inzicht in het overstroomd oppervlak. De verwachte schade is steeds afgerond op vijf miljoen euro en het verwachte aantal slachtoffers op vijf personen. Voor elke overstromingsberekening wordt een range in slachtofferaantallen genoemd. Dit is het effect van de doorgerekende evacuatie-deelscenario's. Het minimum van de range is het verwachte slachtofferaantal bij een optimaal georganiseerde evacuatie (evacuatie-deelscenario 4). Het maximum van de range is het verwachte slachtofferaantal wanneer geen evacuatie plaatsvindt (evacuatie-deelscenario 1).

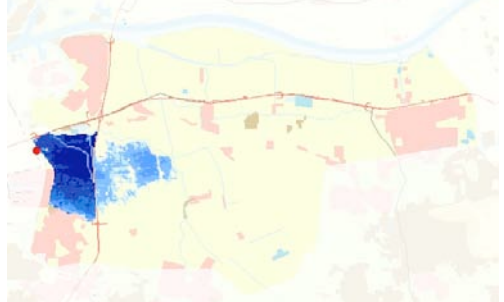
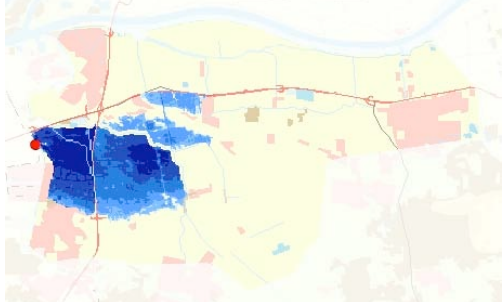
Er wordt opgemerkt dat de gevolgen bij een overstromingsscenario groter kunnen zijn dan de in dit hoofdstuk beschreven gevolgen. Er kunnen zich immers ook meervoudige doorbraken voordoen, waarbij bressen ontstaan op meerdere locaties (bijvoorbeeld ringdeel 1 en ringdeel 4). De kenmerken van een overstromingsscenario met meervoudige doorbraken worden afgeleid uit die van de enkelvoudige doorbraken.



#### 4.2.1 Ringdeel 1: Doorbraaklocaties Wilhelminakanaal

Bij een doorbraak in ringdeel 1 (Figuur 27), overstroomt een deel van het stedelijk gebied van Oosterhout. In het noorden wordt het overstroomd gebied begrensd door de regionale kering langs de Donge, in het zuiden door de hoge grond. De A27 beperkt het overstroomd gebied in het oosten, maar overstroomt wel op een gegeven moment. In de situatie tp+1d is het overstroomd gebied ten oosten van de A27 toegenomen. Dit heeft echter maar een beperkt effect op de schade, aangezien het vooral landelijk gebied betreft.

De waterdiepte in de situatie tp is tot maximaal 2.5 m diep ten westen van de A27. Ten oosten van de A27 is deze ca 0,75 m diep. In de situatie tp+1d is de waterdiepte ten westen en ten oosten van de A27 tot 2,5 m diep.


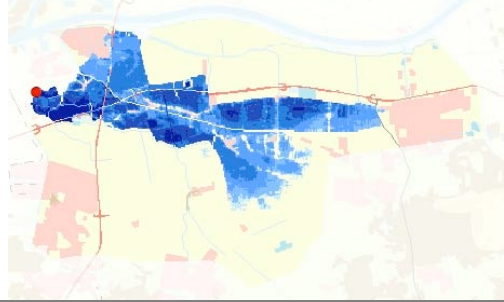
	tp	tp+1d
<b>Waterdiepte (m)</b>		
<b>Schade [Mln €]</b>	460	510
<b>Slachtoffers</b>	5 - 65	5 - 70

Figuur 27: Maximale waterdiepte en verwachte schade en slachtofferaantallen bij een doorbraak langs het Wilhelminakanaal voor twee buitenwaterstanden.

#### 4.2.2 Ringdeel 2: Doorbraaklocatie Donge

Bij een doorbraak bij ringdeel 2 (Figuur 28) ligt het overstroomd gebied ten westen en ten noorden van de Donge. Het overstroomd gebied wordt beïnvloed door de hooggelegen lijnelementen van de snelweg A27, A59 en de keringen langs de Donge. In de situatie tp+1d is het overstroomd gebied toegenomen en zijn de waterdiepten ook dieper dan in de tp situatie. In de tp situatie is de waterdiepte tot net iets dieper dan 2 m, in de tp+1d situatie is de waterdiepte tot 2,5 m diep.



In de tp+1d situatie zijn de gevolgen een factor 2 groter dan in de tp situatie.

	tp	tp+1d
<b>Waterdiepte (m)</b>		
<b>Schade [Mln €]</b>	245	505
<b>Slachtoffers</b>	0 - 20	5 - 45

Figuur 28: Maximale waterdiepte en verwachte schade en slachtofferaantallen bij een doorbraak bij Donge voor twee buitenwaterstanden.

#### 4.2.3 Ringdeel 3: Doorbraaklocatie Dombosch

Bij een doorbraak vanuit ringdeel 3 (Figuur 29) blijft het overstromd gebied in de situatie tp en tp+1d beperkt tot het bedrijven terrein van Dombosch. In het westen en noorden wordt het overstromd gebied begrensd door de primaire kering van de Donge en de Bergsche Maas. In het zuidoosten begrenst de Maasdijk het overstromd gebied. In de situatie tp+1d is de waterdiepte wel dieper dan in de tp situatie. In de tp+1d situatie zijn de waterdiepten tot 2,5 m. Aangezien Dombosch vooral een bedrijventerrein betreft worden er relatief weinig slachtoffers verwacht.

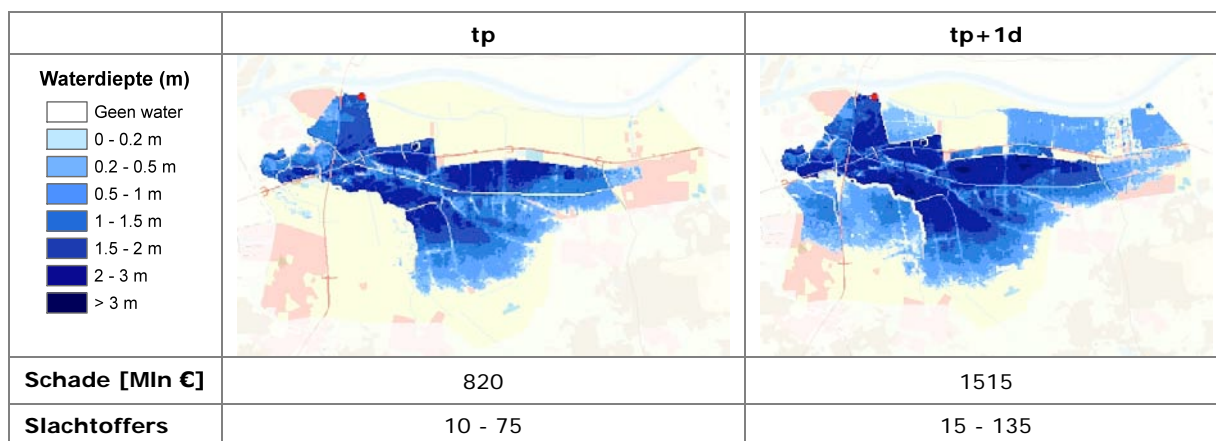
	tp	tp+1d
<b>Waterdiepte (m)</b>		
<b>Schade [Mln €]</b>	155	180
<b>Slachtoffers</b>	0 - 5	0 - 5

Figuur 29: Maximale waterdiepte en verwachte schade en slachtofferaantallen bij een doorbraak bij Dombosch voor twee buitenwaterstanden.

#### 4.2.4 Ringdeel 4: Doorbraaklocatie Keizersveer

Ook bij een doorbraak vanuit ringdeel 4 (Figuur 30) wordt het overstromd gebied beïnvloed door de hoge lijnelementen in dijkringgebied 35. In de situatie tp overstromen de keringen langs de Donge in het zuiden en de wegen in het noorden niet. In de tp+1d situatie overstromen deze wel. De waterdiepten in het gebied dat in beide situaties overstromd zijn bij een buitenwatersituatie van tp+1d ook dieper. In de situatie tp+1d zijn deze meer dan 3 m. In de tp situatie is dit tot 2,5 m diep. De stedelijke gebieden van Raamsdonkveer, Raamsdonk, Waspik, Waspik-Zuid, Capelle, Nieuwe Vaart en Waalwijk overstromen.

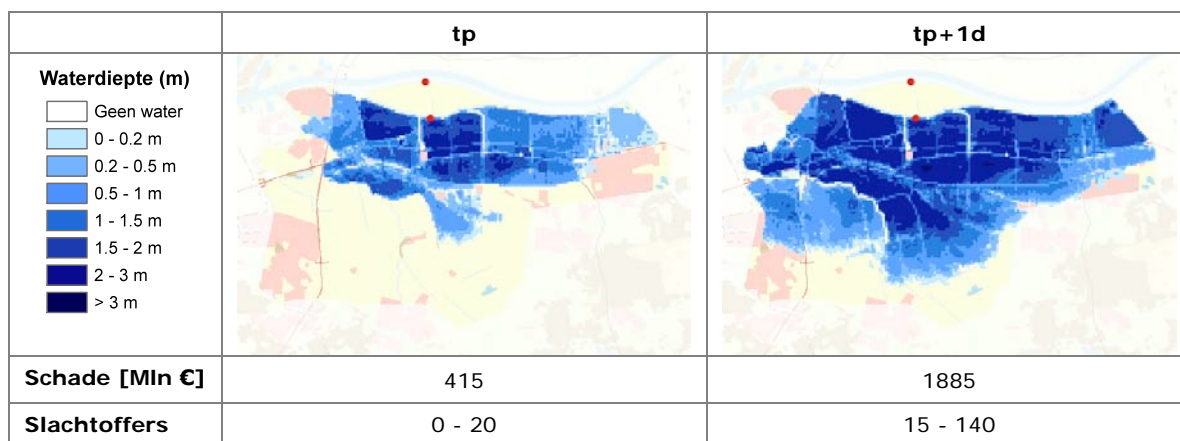
In de tp+1d situatie is de schade een factor 2 groter dan in de tp situatie. Voor de slachtoffers is deze factor 1,5.



Figuur 30: Maximale waterdiepte en verwachte schade en slachtofferaantallen bij een doorbraak bij Keizersveer voor twee buitenwaterstanden.

#### 4.2.5 Ringdeel 5: Doorbraaklocaties Overdiepsche Polder

Bij een doorbraak vanuit ringdeel 5 (Figuur 31) overstroomt nagenoeg het hele noordelijke gedeelte van dijkkringgebied 35. In de tp +1d situatie overstroomden grote delen van Waalwijk, Raamsdonkveer en Oosterhout. In de tp+1d situatie is de schade en slachtoffers bijna een factor 5 groter dan in de tp situatie. Dit wordt verklaard door het meer overstroomd van stedelijk gebied in de tp+1d situatie in vergelijking met de tp situatie. De waterdiepten in het overstroomd gebied zijn in de tp situatie iets dieper dan 2 m. In de tp+1d situatie zijn deze ruim boven de 2,5 m.

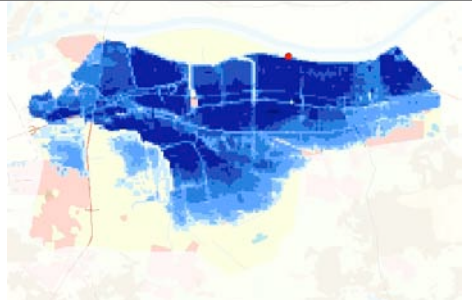



Figuur 31: Maximale waterdiepte en verwachte schade en slachtofferaantallen bij een doorbraak bij Overdiepsche polder voor twee buitenwaterstanden.

#### 4.2.6 Ringdeel 6: Doorbraaklocatie Capelsche uiterwaard

Bij een doorbraak vanuit ringdeel 6 (Figuur 32) is het overstroomd oppervlak het grootst in vergelijking met de andere ringdelen. Ook zijn de gevolgen in schade en slachtoffers groter dan bij de overige ringdelen.

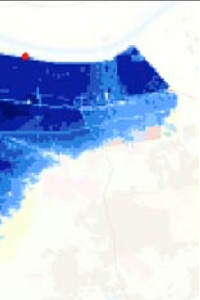
Reden voor de grotere gevolgen ten opzichte van de andere ringdelen is dat vanuit ringdeel 6 veel stedelijk gebied overstroomt. Alleen het zuiden van Waalwijk, Oosterhout en enkele hooggelegen kernen van stedelijk gebied blijven droog. De waterdiepten in het overstroomd gebied zijn in de tp situatie tot 2,5 m. In de tp+1d situatie zijn deze tot boven de 3 m. In de tp+1d situatie is de schade bijna 2x groter dan in de tp situatie. Voor de slachtoffers is de factor bijna 3.

	tp	tp+1d
<b>Waterdiepte (m)</b> Geen water 0 - 0.2 m 0.2 - 0.5 m 0.5 - 1 m 1 - 1.5 m 1.5 - 2 m 2 - 3 m > 3 m		
<b>Schade [Mln €]</b>	1695	2810
<b>Slachtoffers</b>	10 - 115	30 - 280

Figuur 32: Maximale waterdiepte en verwachte schade en slachtofferaantallen bij een doorbraak bij Capelle voor twee buitenwaterstanden.

#### 4.2.7 Maximaal scenario,

Figuur 33 geeft de maximale waterdiepten voor het maximaal scenario, waarbij tegelijkertijd een doorbraak ontstaat bij alle 6 doorbraaklocaties. Het maximaal scenario is samengesteld op basis van de maximale waterdiepten van de 6 basisberekeningen bij een belastingssituatie van tp+1d. Voor het maximaal scenario bedraagt de economische schade bijna 3 miljard Euro en 280 slachtoffers.

	Maximaal Scenario
<b>Waterdiepte (m)</b> Geen water 0 - 0.2 m 0.2 - 0.5 m 0.5 - 1 m 1 - 1.5 m 1.5 - 2 m 2 - 3 m > 3 m	
<b>Schade [Mln €]</b>	2990
<b>Slachtoffers</b>	30 - 280

Figuur 33: Maximale waterdiepte en verwachte schade en slachtofferaantallen bij het maximale scenario

### 4.3 Overzicht resultaten overstromingsberekeningen

De resultaten van de overstromingsberekeningen voor dijkkringgebied 35 zijn per doorbraaklocatie samengevat in Tabel 12 en Figuur 34.

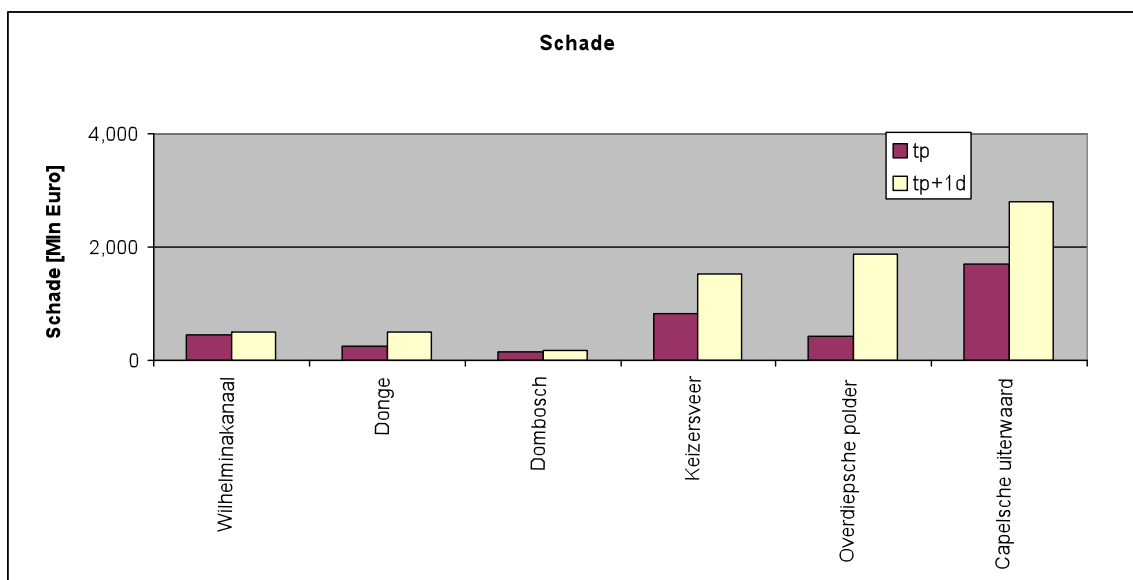
Uit de resultaten van de overstromingsberekeningen kunnen de volgende conclusies worden getrokken.

- De schade en het aantal slachtoffers bij een overstroming vanuit de Bergsche Maas zijn groter dan bij een overstroming vanuit het Wilhelminakanaal of de Donge;
- De hooggelegen lijnelementen van regionale keringen en spoor- en rijkswegen beïnvloeden het overstromingspatroon

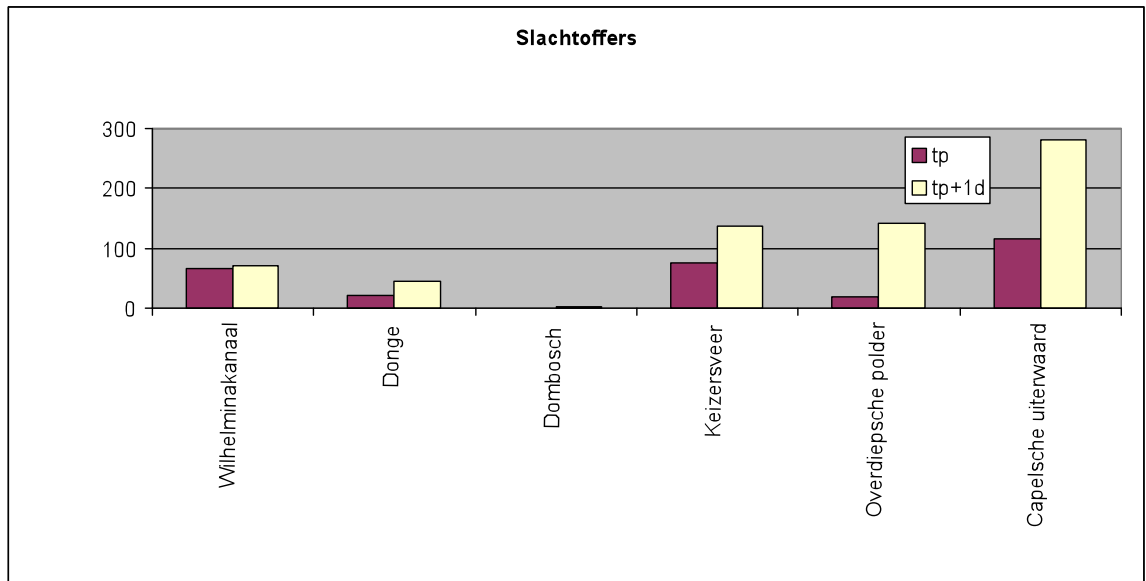
Ringdeel	Breslocatie	Buitenwaterstand	
		tp	tp+1d
1	<b>Wilhelminakanaal</b> schade (miljoen €) aantal slachtoffers	460 5 - 65	510 5 - 70
2	<b>Donge</b> schade (miljoen €) aantal slachtoffers	245 0 - 20	505 5 - 45
3	<b>Dombosch</b> schade (miljoen €) aantal slachtoffers	155 0 - 5	180 0 - 5
4	<b>Keizersveer</b> schade (miljoen €) aantal slachtoffers	820 10 - 75	1515 15 - 135
5	<b>Overdiepsche polder</b> schade (miljoen €) aantal slachtoffers	415 0 - 20	1885 15 - 140
6	<b>Capelsche uiterwaard</b> schade (miljoen €) aantal slachtoffers	1695 10 - 115	2810 30 - 280
Max	<b>RD01 t/m RD06</b> schade (miljoen €) aantal slachtoffers		2990 30 - 280

Tabel 12: Overzicht resultaten overstromingsberekeningen.

#### A: Schade



## B: Slachtoffers



Figuur 34: Gevolgen in schade (miljoen Euro) en slachtoffers (-) voor evacuatiestrategie 1 bij verschillende doorbraaklocaties.



---

## 5 Overstromingsscenario's en scenariokansen

Dit hoofdstuk beschrijft de definitie van overstromingsscenario's en de berekende scenariokansen. Een scenariokans is de kans dat een bepaald overstromingsverloop optreedt. De overstromingsscenario's worden gebruikt bij de koppeling van de berekende faalkansen (hoofdstuk 3) met de gevolgen van een overstroming (hoofdstuk 4), voor het berekenen van de overstromingsrisico's (hoofdstuk 6).

### 5.1 Definitie overstromingsscenario's

#### 5.1.1 Aanpak

Elk overstromingsscenario wordt gevormd door een unieke combinatie van falende en niet-falende ringdelen. In werkelijkheid is het aantal mogelijke scenario's nagenoeg oneindig. In VNK2 wordt een scenarioset samengesteld die representatief is voor alle mogelijke scenario's.

De definitie van overstromingsscenario's berust op de volgende aspecten:

- De onderverdeling van de dijkkring in ringdelen (zie hoofdstuk 4).
- De vraag of, en in welke mate, sprake is van een daling van de buitenwaterstand na het ontstaan van een bres ergens in de dijkkring (ontlasten).
- De afhankelijkheid tussen de betrouwbaarheden van de verschillende ringdelen: bij grotere afhankelijkheden (en afwezigheid van ontlasten) neemt de kans op een meervoudige doorbraak toe.

#### 5.1.2 Geen ontlasten na een doorbraak

Soms kan een bres in het ene ringdeel leiden tot een verlaging van de hydraulische belastingen op een ander ringdeel. In dat geval is er sprake van ontlasten. Dergelijke relaties tussen het faalgedrag van ringdelen zijn van invloed op het overstromingsrisico. Meervoudige doorbraken zullen immers leiden tot andere overstromingspatronen en andere gevolgen dan enkelvoudige doorbraken. In VNK2 worden drie basisgevallen onderscheiden:

1. Geen ontlasten bij doorbraak.
2. Ontlasten bij doorbraak waarbij het zwakste vak als eerste faalt.
3. Ontlasten bij doorbraak waarbij het eerst belaste vak als eerste faalt.

Bij de definitie van scenario's is voor alle ringdelen uitgegaan van "geen ontlasting". Dit betekent dat de hydraulische belasting niet verandert als een ringdeel faalt. Hier is voor gekozen omdat zeegedomineerde overstromingsscenario's een aanzienlijke kansbijdrage hebben. Voor oostelijk gelegen ringdelen 4 t/m 6 is dit enigszins conservatief.

Door het hanteren van het uitgangspunt "geen ontlasten" en het feit dat er 6 ringdelen zijn gedefinieerd, zijn er voor deze dijkkring 63 ( $2^6-1$ ) mogelijke scenario's met één of meerdere doorbraken.

### 5.2 Scenariokansen

De scenariokansen zijn met PC-Ring berekend volgens de standaardwerkwijze binnen VNK2. In verband met de benodigde rekentijd zijn in eerste instantie alleen de enkelvoudige doorbraken voor de verschillende ringdelen geselecteerd (6 scenario's). De cumulatieve bijdrage van deze scenario's aan de ringkansen bleek al circa 90% te



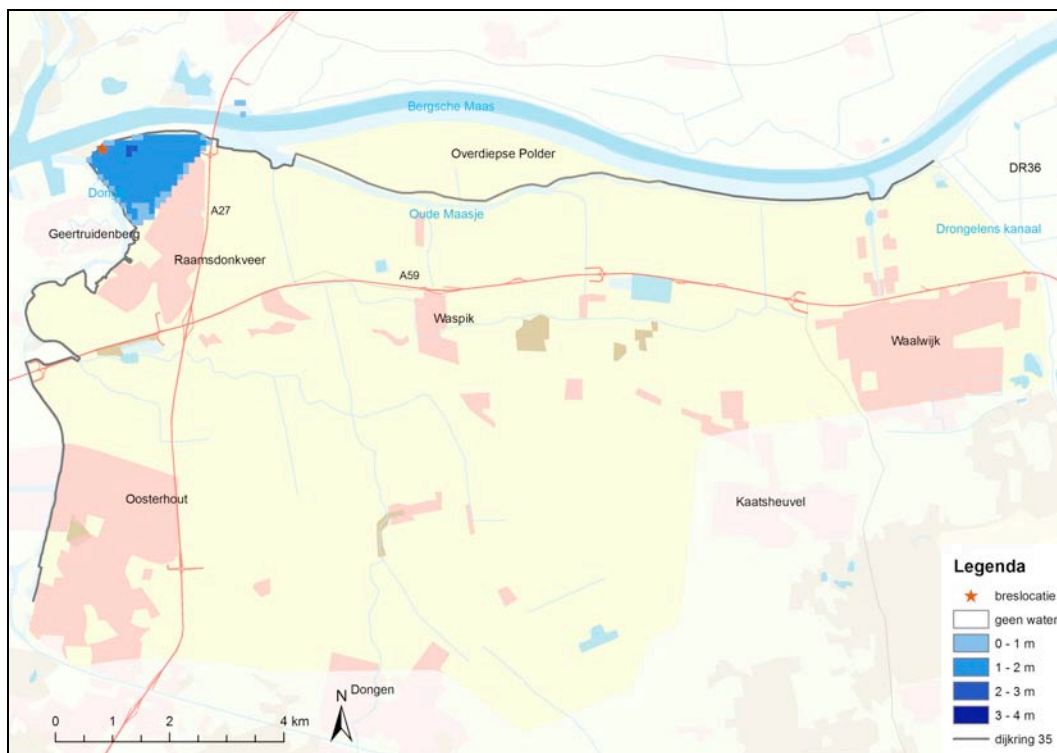
bedragen. Vervolgens zijn scenariokansen berekend voor alle meervoudige doorbraken (totaal 63 scenario's). De kansen per scenario zijn in Bijlage E weergegeven.

### 5.3 De gevolgen van overstromingen voor een selectie van scenario's

In de volgende paragrafen zijn de overstromingspatronen weergegeven voor de meest waarschijnlijke enkelvoudige en tweevoudige doorbraak.

#### 5.3.1 De meest waarschijnlijke enkelvoudige doorbraak

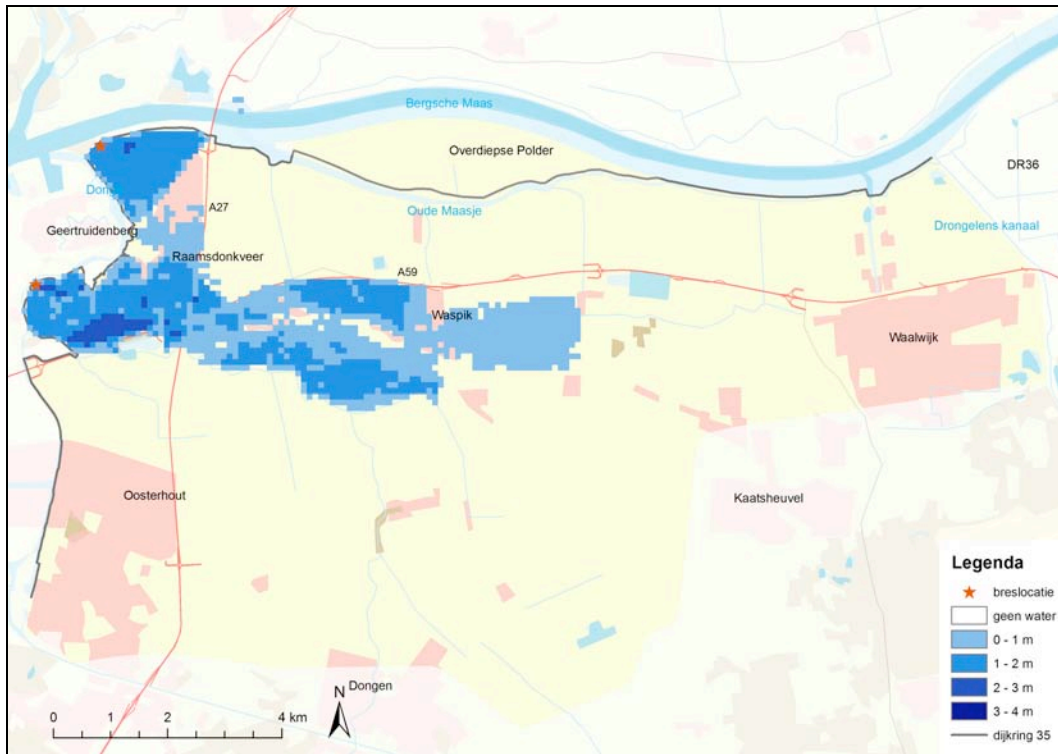
De meest waarschijnlijke enkelvoudige doorbraak treedt op in ringdeel RD03. De gekozen breslocatie ligt in het noordwesten van het industrieterrein Dombosch. Bij een overstroming komt het industrieterrein tot aan de weg Maasdijk onder water te staan (zie Figuur 35). Deze weg vormt een verhoogd lijnelement in het landschap en houdt het water tegen.



Figuur 35: Maximale waterdiepte bij de meest waarschijnlijke enkelvoudige doorbraak.

#### 5.3.2 De meest waarschijnlijke meervoudige doorbraak

De meest waarschijnlijke meervoudige doorbraak vindt plaats in ringdelen RD02 en RD03. De gekozen breslocaties liggen ten westen van de weg Gasthuiswaard en in het noordwesten van industrieterrein Dombosch. Bij een doorbraak overstroomt het industrieterrein Dombosch, zie vorige alinea. Daarnaast overstroomt het gebied ten noorden van de beek de Donge. Daardoor komt een deel van de woonkern van Raamsdonksveer onder water te staan (Figuur 36).



Figuur 36: Maximale waterdiepte bij de meest waarschijnlijke tweevoudige doorbraak



---

## 6 Overstromingsrisico

Het overstromingsrisico is bepaald door de berekende kansen op de verschillende overstromingsscenario's te koppelen aan de gevolgen van deze scenario's. Het risico wordt uitgedrukt in het economisch risico en het slachtofferisico.

### 6.1 Koppeling scenariokansen en gevolgen

Het overstromingsrisico is de combinatie van kansen en gevolgen van overstromingen. Het slachtofferisico wordt ondermeer weergegeven als groepsrisico en als lokaal individueel risico. Om het economisch risico en het slachtofferisico te berekenen zijn de volgende stappen doorlopen:

- Stap 1: Samenstellen meervoudige doorbraken;
- Stap 2: Koppelen van faalkansen aan gevolgen;
- Stap 3: Berekenen van overstromingsrisico.

#### *Stap 1: Samenstellen meervoudige doorbraken*

Voor dijkkring 35 zijn zowel enkelvoudige als tweevoudige doorbraken geselecteerd. Er zijn, met uitzondering van het maximaal scenario, geen aparte overstromingsberekeningen uitgevoerd voor meervoudige doorbraken. Voor de tweevoudige doorbraken zijn de overstromingspatronen bepaald op basis van de overstromingsberekeningen voor de enkelvoudige doorbraken. De gevolgen zijn bepaald met behulp van HISSSM, zie hoofdstuk 4.

#### *Stap 2: Koppelen van scenariokansen aan gevolgen*

De waarden van de belastingvariabelen in het ontwerppunt zijn gebruikt om per scenario een overstromingsberekening te selecteren. Het ontwerppunt beschrijft de meest waarschijnlijke waarden van de belastingvariabelen (cq. stochasten) waarbij het overstromingsscenario optreedt. Voor elk ontwerppunt is de gevolgberekening geselecteerd die hoort bij het eerstvolgende, ongunstiger gelegen peil (overstromingsberekeningen zijn gemaakt bij het toetspeil (tp), tp-1d, tp+1d en tp+2d)<sup>2</sup>. Deze aanpak is niet per definitie conservatief.

Benadrukt wordt dat het onterecht is te veronderstellen dat een grotere nauwkeurigheid zou kunnen worden verkregen door voor elk scenario uit te gaan van een overstromingsberekening die exact hoort bij de waterstand waarbij het optreden van het scenario het meest waarschijnlijk is. Hetzelfde overstromingsscenario kan immers ook optreden bij gunstigere of ongunstigere (maar beide wel minder waarschijnlijke) omstandigheden.

In Bijlage F is de koppeling van scenariokansen en gevolgberekeningen per scenario weergegeven. Het maximale scenario wordt in de risicoberekening gekoppeld aan de restterm (het verschil tussen de som van 50 scenario's en de ringkans).

#### *Stap 3: Berekenen van overstromingsrisico*

De berekening van het overstromingsrisico omvat de sommatie van de scenariokansen maal de bijbehorende gevolgen.

---

<sup>2</sup> Met het oog op de gevoeligheidsanalyse zijn nooit de gevolgberekeningen geselecteerd die horen bij tp-1d. Wanneer op basis van de waarden in het ontwerppunt de gevolgberekening bij tp-1d geselecteerd zou moeten worden is de gevolgberekening behorende bij tp geselecteerd. Hiermee wordt voorkomen dat tijdens gevoeligheidsberekeningen in voorkomende gevallen wordt gekoppeld met andere overstromingsberekeningen.

## 6.2 Overstromingsrisico

### 6.2.1 Economisch risico

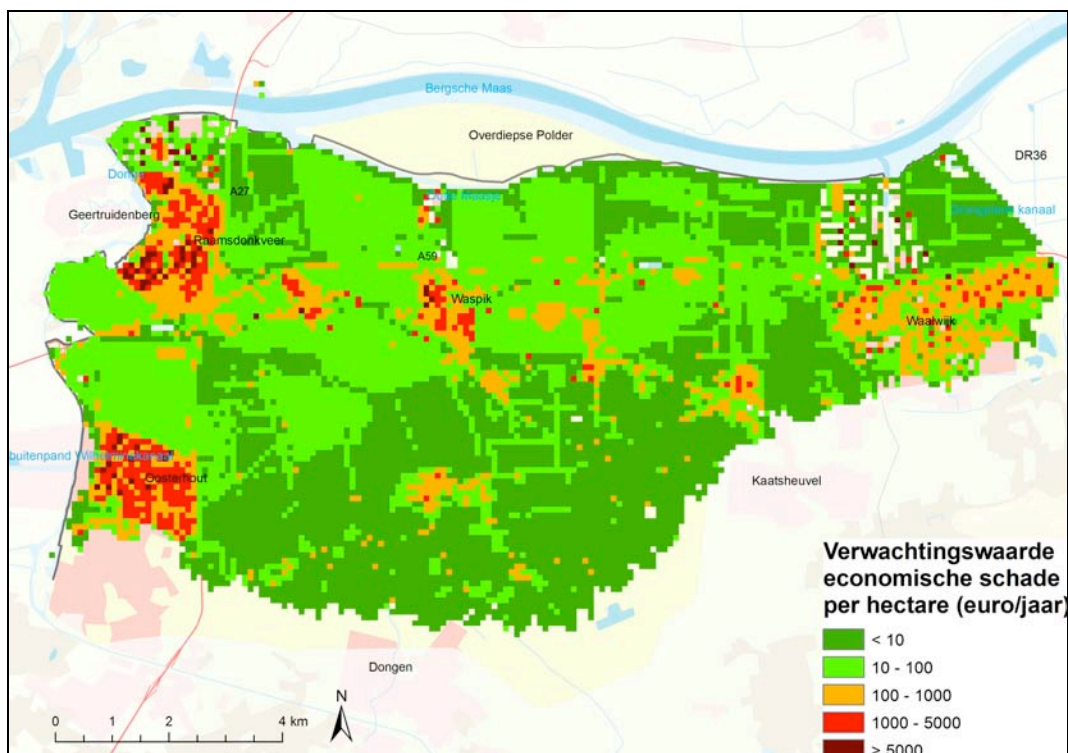
De verwachtingswaarde van de economische schade bedraagt circa 2,4 miljoen euro per jaar. Als er een overstroming optreedt, is de minimale schade 154 miljoen euro. Gemiddeld is de schade bij een overstroming 391 miljoen euro. De schade is maximaal circa 3 miljard euro.

In de berekende economische schade per scenario is het effect van verplaatsing van economische activiteit steeds verdisconteerd. Bedrijfsuitval in het getroffen gebied zal leiden tot verhoogde bedrijvigheid buiten dit gebied. De schade in het getroffen gebied is dus groter dan genoemde schadebedragen.

#### *Ruimtelijke verdeling verwachtingswaarde economische schade*

In Figuur 37 is de verdeling van de verwachtingswaarde van de schade over het dijkkringgebied weergegeven. Uit de figuur blijkt dat de schade in het landelijk gebied grotendeels kleiner dan 100 euro per hectare per jaar is en op sommige plaatsen zelfs kleiner dan 10 euro per hectare per jaar.

De grootste schade wordt voornamelijk berekend in de woonkernen in het dijkkringgebied (Geertruidenberg, Oosterhout en Waspik). Daar is de berekende economische schade grotendeels tussen 1.000 en 5.000 euro per hectare per jaar en op enkele lokale plekken tot 10.000 euro per hectare per jaar.

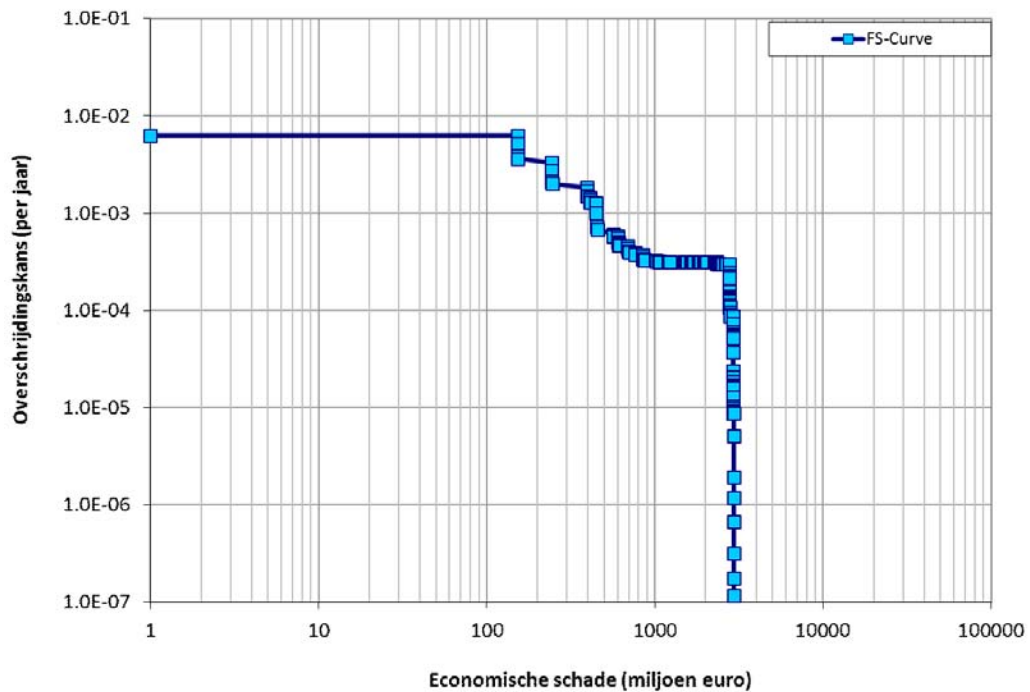


Figuur 37: Ruimtelijke verdeling verwachtingswaarde van de economische schade per hectare per jaar.

#### *FS-curve*

In Figuur 38 zijn de kansen op overschrijding van bepaalde schadebedragen getoond. De kans op tenminste 150 miljoen euro schade is circa 1/160 per jaar, de kans op ten minste 0,5 miljard euro schade is circa 1/1.500 per jaar en de kans op ten minste 1 miljard euro schade is circa 1/3.000 per jaar. Opgemerkt wordt dat de kans op circa 2,7 miljard euro ook ongeveer 1/3.000 per jaar is. De maximale schade die in de FS-

curve is getoond bedraagt circa 3 miljard euro. De kans dat er grotere schade optreedt is verwaarloosbaar klein.



Figuur 38: Overschrijdingskansen van de economische schade (FS-curve)

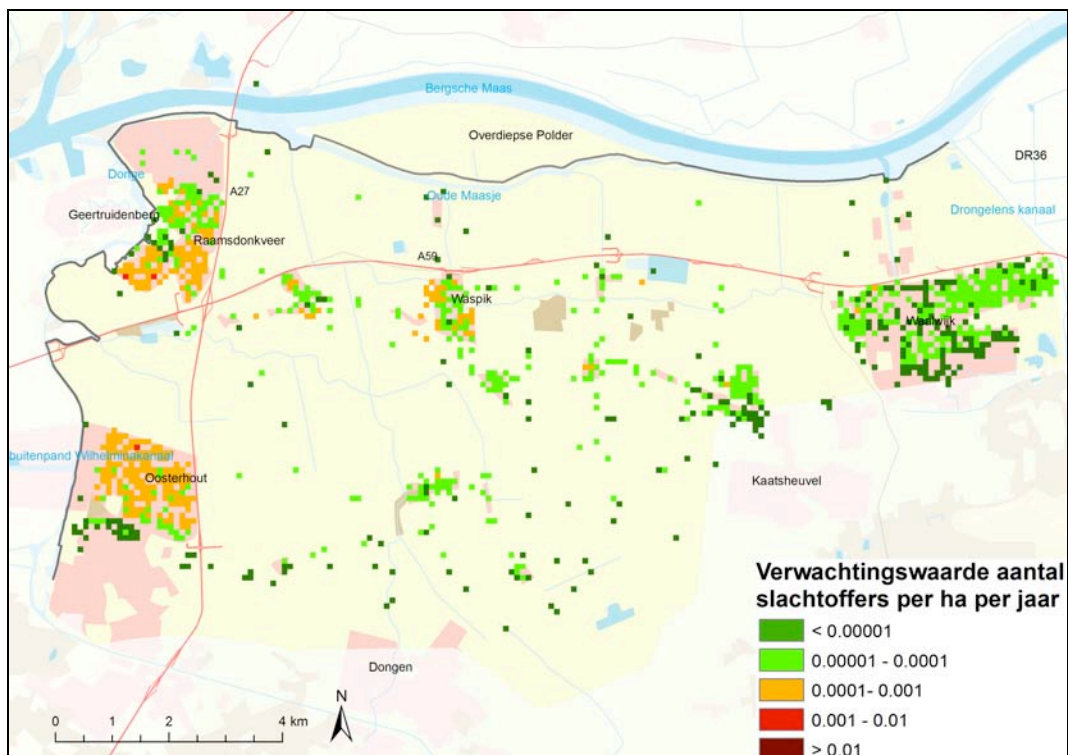
### 6.2.2 Slachtofferisico

De verwachtingswaarde van het aantal slachtoffers is 0,1 per jaar. Als er een overstroming optreedt vallen er tot maximaal 310 slachtoffers, met een gemiddelde van 8 slachtoffers bij een overstroming.

#### *Ruimtelijke verdeling verwachtingswaarde aantal slachtoffers*

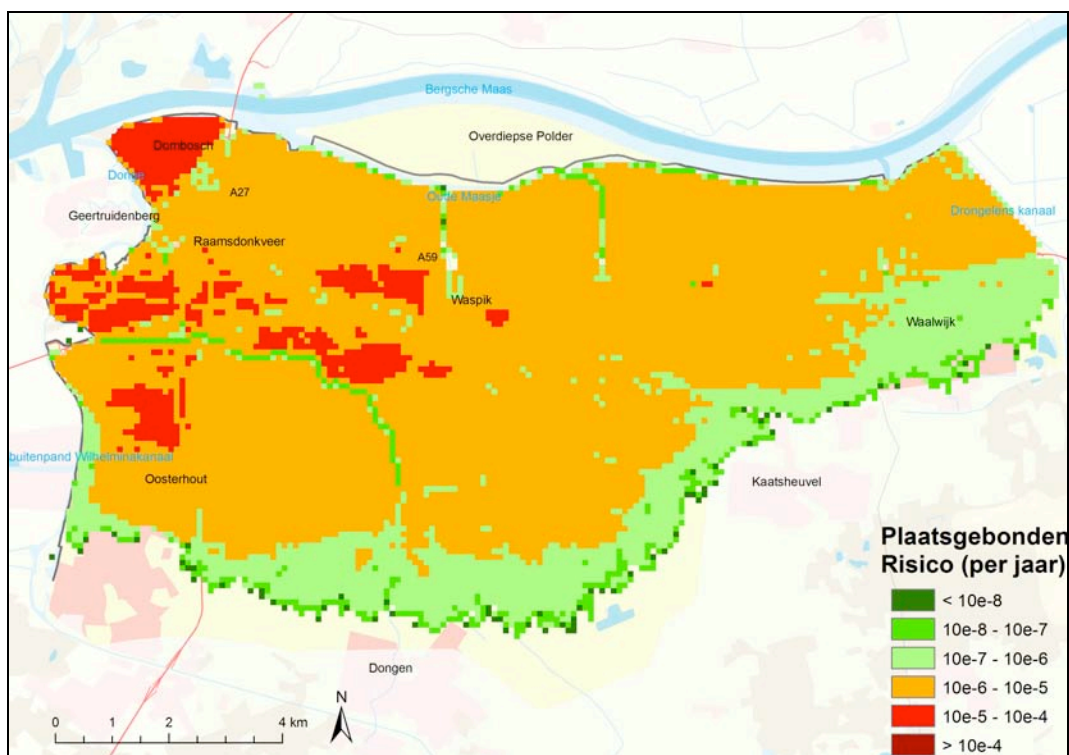
In Figuur 39 is de ruimtelijke verdeling van de verwachtingswaarde van het aantal slachtoffers over het dijkringgebied gegeven. In de woonkernen ligt de verwachtingswaarde grotendeels tussen 0,0001 en 0,001 slachtoffers per hectare per jaar. In het buitengebied worden grotendeels waarden tussen 0,00001 en 0,0001 slachtoffers per hectare per jaar of kleiner gevonden.





Figuur 39: Ruimtelijke verdeling verwachtingswaarde van het aantal slachtoffers per hectare per jaar.

Het plaatsgebonden risico is de kans dat een persoon die zich gedurende een jaar continu op dezelfde plek bevindt, ook op die locatie slachtoffer wordt van een overstroming. Het effect van evacuatie wordt bij de berekening van het plaatsgebonden risico niet meegenomen. Het plaatsgebonden risico voor dijkkring 35 is in Figuur 40 getoond.



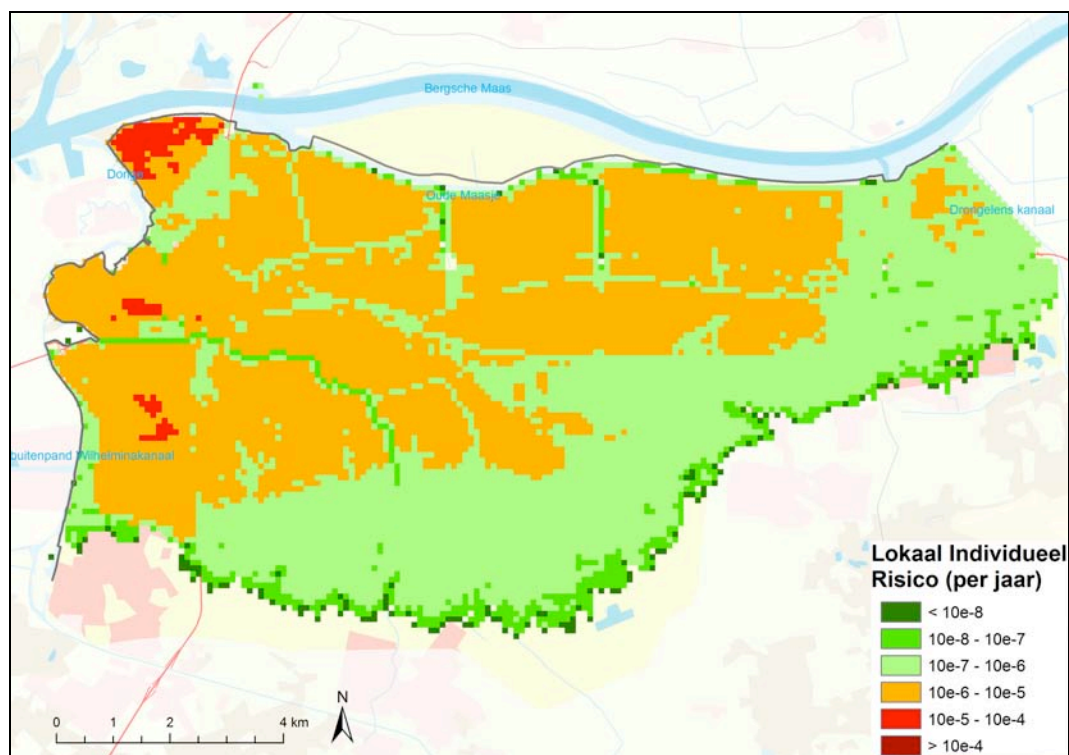
Figuur 40: Plaatsgebonden risico (PR).

Uit de figuur blijkt dat het plaatsgebonden risico in het grootste deel van het gebied kleiner is dan  $10^{-5}$  per jaar. Ter plaatse van het industrieterrein Dombosch bij Raamsdonksveer wordt een PR berekend tussen  $10^{-4}$  en  $10^{-5}$  per jaar. Hier is de kans op een dijkdoorbraak als gevolg van *opbarsten en piping* relatief groot en wordt de waterdiepte bij een doorbraak (snel) groot door de beperkte omvang van het overstroomde gebied. Bij de hoge PR-waarden ten zuiden van Raamsdonksveer langs de Donge speelt het overstromen vanuit verschillende ringdelen een rol: het zuidwestelijk deel door ringdeel Wilhelminakanaal; het overige deel door alle resterende ringdelen gezamenlijk (waarbij de bijdrage vanuit ringdeel Keizersveer vanwege de zeer kleine faalkans gering is).

#### Lokaal individueel risico

In tegenstelling tot het plaatsgebonden risico wordt bij het lokaal individueel risico het effect van evacuatie wel meegenomen. De verwachtingswaarde voor evacuatie bedraagt 0,4 en 0,76 per overstroming voor respectievelijk ringdelen RD1 t/m RD3 en ringdelen RD4 t/m RD6 (zie hoofdstuk 4). Dit betekent dat verwacht wordt dat bij een overstroming een groot deel van de bevolking van dijkkring 35 kan worden geëvacueerd. Figuur 41 toont het lokaal individueel risico voor dijkkring 35. Het verschil tussen het lokaal individueel risico en het plaatsgebonden risico is gelijk aan de factor  $1/(1-\text{verwachtingswaarde voor evacuatie})$ . Voor dijkkring 35 ligt deze factor tussen 1,66 en 4,24, afhankelijk van de overgang van bovenrivierengebied naar benedenrivierengebied.

Uit Figuur 41 blijkt dat het LIR in grote delen van het dijkkringgebied kleiner is dan  $10^{-5}$  per jaar. Ter plaatse van industrieterrein Dombosch en op enkele plekken in het buitengebied ten noorden van Oosterhout is het LIR groter dan  $10^{-5}$ . In overige delen van het gebied is het LIR  $10^{-5}$  en  $10^{-6}$  per jaar en het hoger gelegen zuiden ligt de waarde tussen  $10^{-6}$  en  $10^{-7}$  per jaar of kleiner.

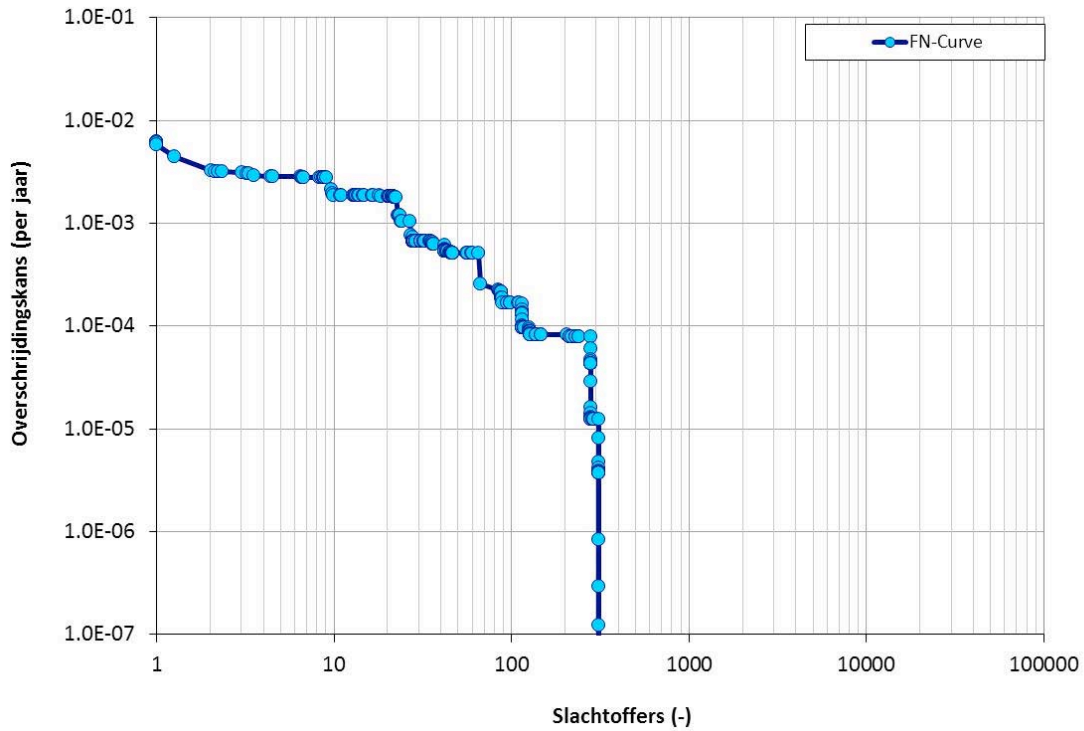


Figuur 41: Lokaal individueel risico (LIR)



### Groepsrisico (FN-curve)

Het groepsrisico geeft de kans op een overstroming met N of meer slachtoffers en wordt vaak weergegeven in een zogenaamde FN-curve. In Figuur 42 is de FN-curve van dijkkring 35 weergegeven. In de berekening van het groepsrisico is het effect van evacuatie meegenomen (alle vier de evacuatiestrategieën met bijbehorende conditionele kans). De figuur toont dat de kans op een overstroming met meer dan 10 slachtoffers circa 1/1.300 per jaar is en de kans op meer dan 50 slachtoffers circa 1/7.000 per jaar. Het maximaal aantal slachtoffers dat in de FN-curve getoond is bedraagt circa 300. De kans op meer slachtoffers is verwaarloosbaar klein.



Figuur 42: Overschrijdingskansen van het aantal slachtoffers (FN-curve)

---

## 7 Gevoeligheidsanalyses

Om inzicht te krijgen in de gevoeligheid van de berekende overstromingskansen en overstromingsrisico's voor de gehanteerde uitgangspunten zijn gevoeligheidsanalyses uitgevoerd. De gevoeligheidsanalyses geven inzicht in het effect van versterkingen of aanpassingen in het beheer.

In het achtergrondrapport [ref 3] zijn ook op dijkvakniveau enkele gevoeligheidsanalyses uitgevoerd. Deze zijn verricht om goede vakschematisaties op te kunnen stellen en te tonen hoe alternatieve schematisatiekeuzen doorwerken in de resultaten op vakniveau.

De selectie van onderwerpen voor de gevoeligheidsanalyses is het resultaat van overleg tussen de verschillende betrokkenen (projectbureau VNK, beheerder en provincie). De volgende gevoeligheidsanalyses zijn uitgevoerd:

- Gevoeligheidsanalyse I – Reductie overstromingsrisico dijkkring 35
  - Ia: Afnemende meeropbrengst tot overstromingskans 1/2.000 per jaar
  - Ib: Faalkansreductie tot economisch optimale overstromingskans per traject
  - Ic: Gerichte reductie overstromingsrisico dijkkring 35
- Gevoeligheidsanalyse II – Invloed falen Bovenlandsesluis (cat. c-kering)
- Gevoeligheidsanalyse III - Evacuatie in het overgangsgebied van rivier- naar zeedomineerd hoogwater

Deze analyses zijn in de volgende paragrafen beschreven.

### 7.1 Gevoeligheidsanalyse I: Reductie overstromingsrisico dijkkring 35

#### 7.1.1 Ia: Afnemende meeropbrengst tot overstromingskans 1/2.000 per jaar

Met het treffen van specifieke maatregelen bij maatgevende vakken kan de overstromingskans van het dijkkringgebied worden gereduceerd. Bij deze analyse zijn de vakken gerangschikt van een grote naar een kleine kansbijdrage. De 10 vakken met de grootste kansbijdrage zijn weergegeven in Tabel 13. Het betreffen voornamelijk dijkvakken met een relatief grote kans op opbarsten en piping.

Tabel 13: Overzicht vakken met een grote bijdrage aan de overstromingskans.

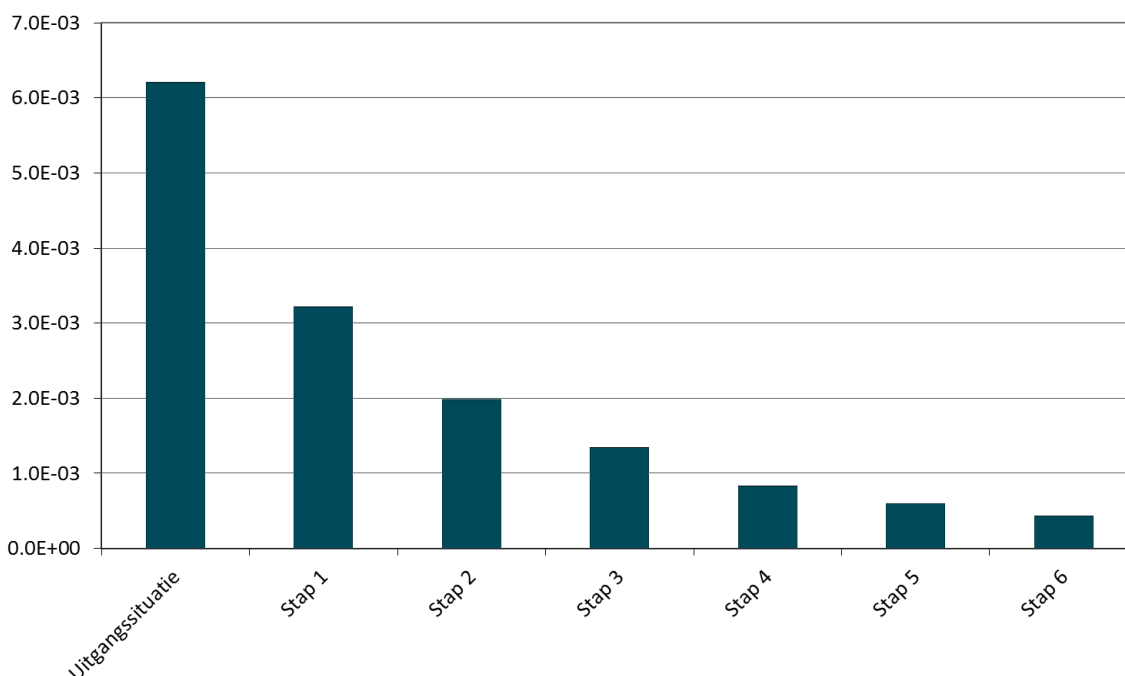
Dijkvak/kunstwerk	Maatgevend faalmechanisme	Overstromingskans [per jaar]
DV17_40.495-2300m	Opbarsten en piping	1/293
DV8_37.1773-2887m	Opbarsten en piping	1/675
DV6_36.875-1080m	Opbarsten en piping	1/1.399
DV7_37.0-1773m	Opbarsten en piping	1/1.431
DV20_41.1245-1600m	Opbarsten en piping	1/3.844
DV27_51.0-620m	Opbarsten en piping	1/5.030
DV15_39.0-1450m	Overloop en golfoverslag	1/5.454
DV26_50.950-3600m	Overloop en golfoverslag	1/8.191
DV2_35.415-1115m	Overloop en golfoverslag	1/8.474
DV4_35.2680-4225m	Overloop en golfoverslag	1/10.362

Vervolgens is steeds het vak met de grootste kansbijdrage uitgezet en is de overstromingskans van de hele dijkkring bepaald. De resultaten van het stapsgewijs weglaten van dijkvakken met een grote kansbijdrage is weergegeven in Tabel 14 en Figuur 43. De grootste verbetering in de overstromingskans vindt plaats in de eerste

paar verbeterstappen. In totaal zijn er 6 verbeterstappen nodig om tot een overstromingskans te komen die getalsmatig kleiner is dan de normfrequentie van 1/2.000 per jaar.

Tabel 14: Invloed weglaten vakken met een grote bijdrage aan de overstromingskans.

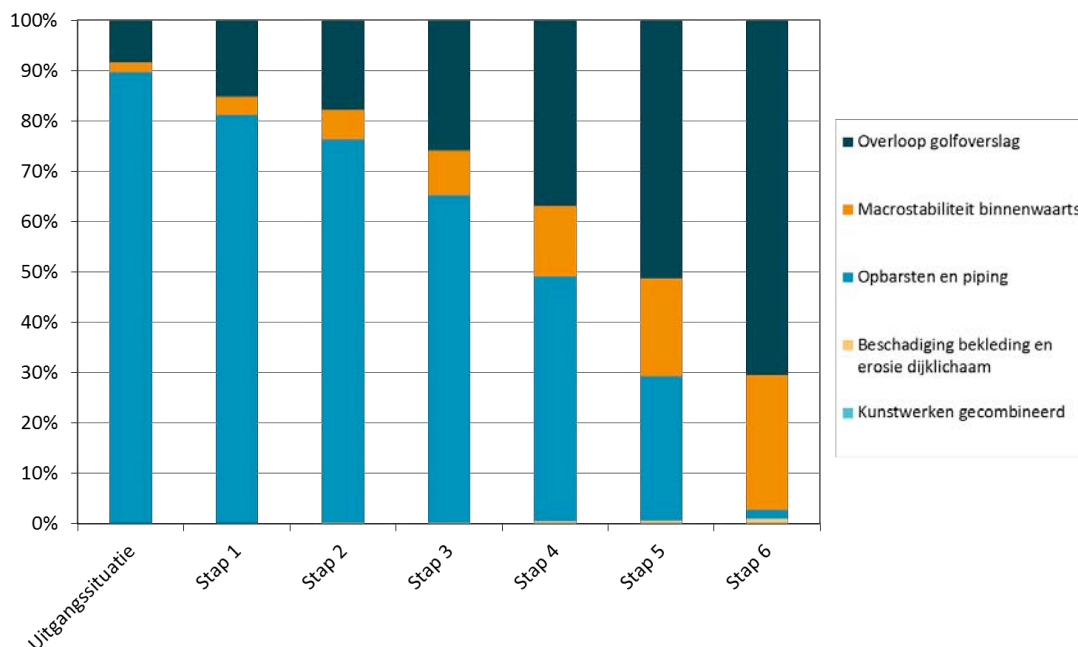
Stap	Dijkvak	Faalmechanismen	Overstromingskans na weglaten vak [per jaar]
Basis	-	-	1/162
Stap 1	DV17_40.495-2300m	Dijken Overloop/golfoverslag Dijken Opbarsten en piping Dijken Beschadiging bekleding en erosie dijklichaam	1/303
Stap 2	DV8_37.1773-2887m	Dijken Overloop/golfoverslag Dijken Opbarsten en piping Dijken Beschadiging bekleding en erosie dijklichaam	1/491
Stap 3	DV6_36.875-1080m	Dijken Overloop/golfoverslag Dijken Opbarsten en piping	1/731
Stap 4	DV7_37.0-1773m	Dijken Overloop/golfoverslag Dijken Opbarsten en piping Dijken Beschadiging bekleding en erosie dijklichaam	1/1.258
Stap 5	DV20_41.1245-1600m	Dijken Overloop/golfoverslag Dijken Macro-instabiliteit binnenwaarts Dijken Opbarsten en piping Dijken Beschadiging bekleding en erosie dijklichaam	1/1.796
Stap 6	DV27_51.0-620m	Dijken Overloop/golfoverslag Dijken Opbarsten en piping Dijken Beschadiging bekleding en erosie dijklichaam	1/2.518



Figuur 43: Invloed weglaten vakken met relatief grote bijdragen aan de overstromingskans.

In Figuur 44 is per faalmechanisme weergegeven wat het aandeel is van het faalmechanisme ten opzichte van de overstromingskans op ringniveau. In de figuur is duidelijk te zien dat de overstromingskans van de uitgangssituatie voor het grootste

deel (circa 90%) wordt bepaald door de bijdrage van het faalmechanisme *Opbarsten en piping*. Na 6 stappen is de bijdrage van dit faalmechanisme in relatieve zin sterk afgenomen. De bijdrage van het faalmechanisme *overloop/golfoverslag* is dan het grootst (circa 70%). Tot en met stap 5 is de bijdrage van de kunstwerken relatief groot.



Figuur 44: Aandeel per faalmechanisme van de overstromingskans op ringniveau.

De overstromingskans kan in 6 verbeterstappen worden gebracht tot een kans kleiner dan 1/2.000 per jaar. De verbeterstappen zorgen ervoor dat het economisch risico wordt teruggebracht tot 0,57 miljoen euro per jaar: 24% van het oorspronkelijke risico (2,4 miljoen euro per jaar). Het slachtofferrisico wordt teruggebracht tot 0,03 slachtoffers per jaar: 28% van het oorspronkelijke slachtofferrisico (0,1 slachtoffers per jaar).

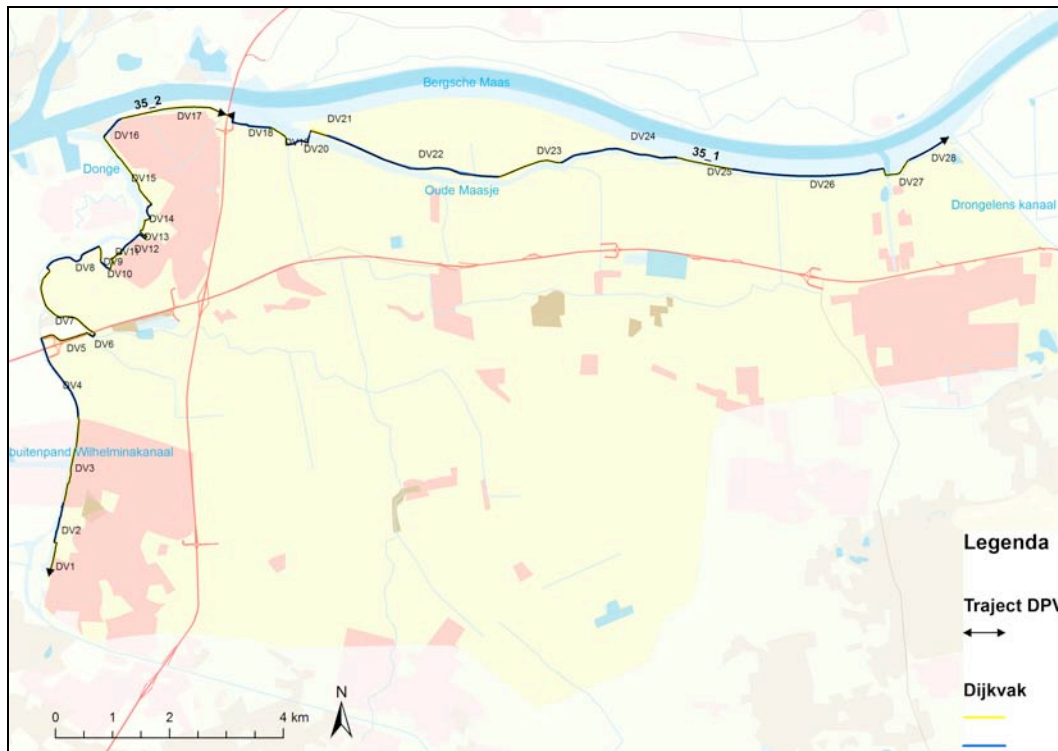
#### 7.1.2 Ib: Faalkansreductie tot economisch optimale overstromingskans per traject

Ter onderbouwing van waterveiligheidsnormen is binnen WV21 in 2011 een maatschappelijke kosten-batenanalyse (MKBA) uitgevoerd. Deze studie is gericht op de kosten en baten van maatregelen die tot doel hebben de kans op een grootschalige overstroming te reduceren. Voor de primaire keringen is het economisch optimale beschermingsniveau berekend en zijn de kosten bepaald om dit niveau te realiseren. Hierbij is uitgegaan van het reduceren van de overstromingskans door middel van een preventieve maatregel (dijkversterking). Gevolgenbeperking is niet in de MKBA meegenomen.

In 2013 is door het Delta Deelprogramma Veiligheid (DPV) een technisch-inhoudelijke uitwerking van de normen gegeven [ref 11]. Daarin is wederom gekeken naar economisch optimale beschermingsniveaus, ditmaal voor een meer verfijnde trajectindeling. Daarbij is uitgegaan van reeds uitgevoerde maatregelen voor Ruimte voor de Rivier en HWBP2-maatregelen en met inbegrip van tijdsafhankelijkheid piping (indien van toepassing). In deze technisch-inhoudelijke uitwerking is dijkkring 35 in twee trajecten (35\_1 en 35\_2) ingedeeld, weergegeven in Tabel 15 en Figuur 45.

Tabel 15: Trajectindeling DPV en economisch optimale overstromingskans.

DPV-traject	Dijkvakken/kunstwerk	Economisch optimale overstromingskans [per jaar]
35_1	DV18 – DV28 VNK.35.04.001 VNK.35.06.001	1/10.000
35_2	DV1 – DV17	1/1.000



Figuur 45: Trajectindeling DPV

Per DPV-traject is bepaald welke maatregelen nodig zijn om tot de economisch optimale overstromingskans te komen. Daartoe is eerst de overstromingskans per traject bepaald (de vakken die niet tot het traject behoren zijn uitgezet). Afhankelijk van de berekende overstromingskans van het traject is vervolgens steeds het vak met de grootste kansbijdrage uitgezet en is de overstromingskans bepaald. De resultaten van het stapsgewijs weglaten van faalkansen met een grote kansbijdrage is weergegeven in Tabel 16.

Tabel 16: Invloed weglaten dijkvak met een grote bijdrage aan de overstromingskans per DPV-traject.

DPV-traject	Stap	Dijkvak	Faalmechanismen	Overstromingskans na weglaten vak [per jaar]
35_1	Basis	-	-	1/4.940
	Stap 1	DV27	Dijken Overloop/golfoverslag Dijken Opbarsten en piping Dijken Beschadiging bekleding en erosie dijklichaam	1/8.342
	Stap 2	DV20	Dijken Overloop/golfoverslag Dijken Macro-instabiliteit binnenwaarts Dijken Opbarsten en piping Dijken Beschadiging bekleding en erosie dijklichaam	1/15.891
35_2	Basis	-	-	1/363
	Stap 1	DV17	Dijken Overloop/golfoverslag Dijken Opbarsten en piping Dijken Beschadiging bekleding en erosie dijklichaam	1/710
	Stap 2	DV8	Dijken Overloop/golfoverslag Dijken Opbarsten en piping Dijken Beschadiging bekleding en erosie dijklichaam	1/1.281

Voor beide trajecten zijn twee verbeterstappen nodig om tot een overstromingskans kleiner dan de economisch optimale overstromingskans van het betreffende DPV-traject te komen. In vergelijking met gevoeligheidsanalyse Ia is verbetering van dijkvakken DV6, DV7 en DV15 niet noodzakelijk. De economisch optimale overstromingskans voor traject 35\_2 is namelijk 1/1.000 per jaar en wordt al in 2 stappen bereikt. De economisch optimale overstromingskans van traject 35\_1 is met 1/10.000 per jaar kleiner dan de normfrequentie. Ten opzichte van gevoeligheidsanalyse Ia zijn geen extra maatregelen nodig om dit niveau te bereiken.

De totale overstromingskans voor dijkkringgebied 35 bedraagt 1/1.240 per jaar wanneer de verbeterstappen voor beide DPV-trajecten worden meegenomen.

De verbeterstappen zorgen ervoor dat het slachtofferrisico wordt teruggebracht tot 0,03 slachtoffers per jaar: 29% van het oorspronkelijke risico (0,1 slachtoffers per jaar). Het economisch risico wordt teruggebracht tot 0,5 miljoen euro per jaar: 19% van het oorspronkelijke risico (2,4 miljoen euro per jaar).

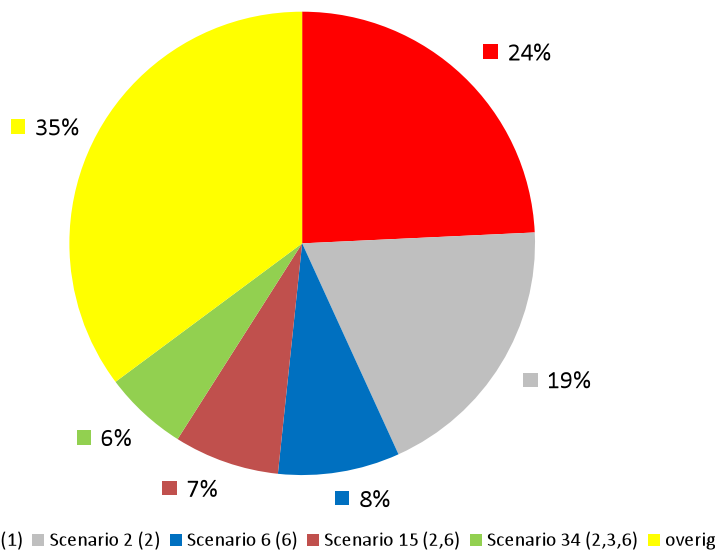
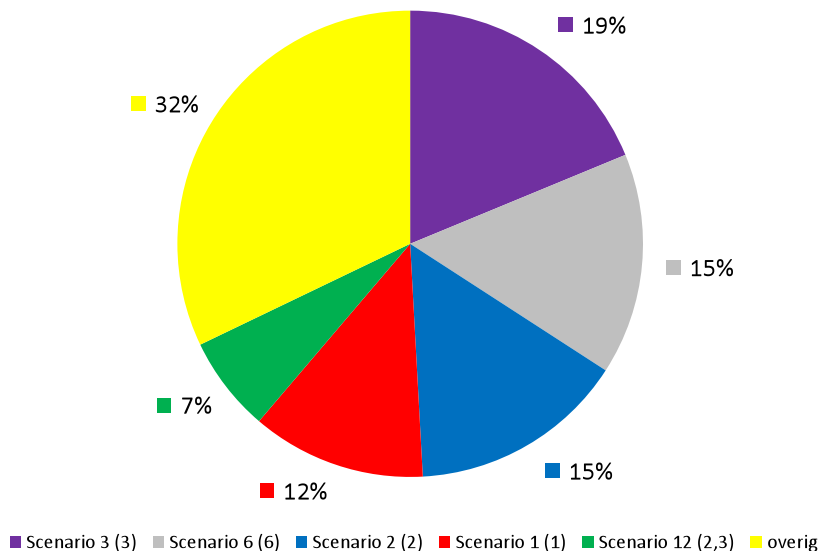
### 7.1.3 Ic: Gerichte reductie overstromingsrisico dijkkring 35

Bij gevoeligheidsanalyse Ia en Ib is gekeken naar risicoreductie op basis van het prioriteren en uitschakelen van faalkansen. Een verkleining van de overstromingskans hoeft echter niet te resulteren in een evenredige verkleining van het risico omdat, zoals in de inleiding is toegelicht, vakken met grote faalkansen niet per definitie gekoppeld zijn aan grote gevolgen. In deze gevoeligheidsanalyse is gekeken hoe zo effectief mogelijk het risico kan worden gereduceerd door de bijdrage aan het overstromingsrisico per overstromingsscenario te beschouwen.

In Figuur 46 is per scenario de bijdrage aan het risico weergegeven. Hieruit blijkt dat ringdelen 1, 2, 3 en 6 de grootste bijdrage aan zowel het economisch risico als het

slachtofferrisico hebben. Deze ringdelen bevatten totaal 21 dijkvakken en 1 kunstwerk:

- vakken DV1 t/m DV6 (ringdeel 1);
- vakken DV6 t/m DV14 (ringdeel 2);
- vakken DV15 t/m DV17 (ringdeel 3);
- vakken DV25 t/m DV28 en kunstwerk VNK.35.06.001 (ringdeel 6);



Figuur 46: Bijdrage scenario's (falende ringdelen tussen haken) aan economisch risico (boven) en slachtofferrisico (onder) dijkkring 35.

De gezamenlijke bijdrage van de enkelvoudige doorbraken aan het economisch risico en slachtofferrisico is respectievelijk 61% en 52%. Door per ringdeel het vak met de grootste kansbijdrage uit te zetten, wordt de overstromingskans voor dijkkring 35 teruggebracht tot 1/808 per jaar. In Tabel 17 zijn de betreffende vakken weergegeven.

Tabel 17 Vakken met grootste kansbijdrage per ringdeel.

Ringdeel	Vak met grootste kansbijdrage	Faalkans vak [per jaar]
RD01	DV6	1/1.399
RD02	DV8	1/675
RD03	DV17	1/293
RD06	DV27	1/5.030

Hoewel de overstromingskans voor dijkkring 35 nog steeds relatief groot is, is door het uitzetten van deze vier vakken wordt het economisch risico en slachtofferrisico sterk teruggebracht. Na de vier risicogerichte verbeterstappen bedraagt de verwachtingswaarde van de economische schade 0,74 miljoen euro per jaar: 31% van het oorspronkelijke risico (2,4 miljoen euro per jaar). Het slachtofferrisico wordt teruggebracht tot 0,04 slachtoffers per jaar: 34% van het oorspronkelijke slachtofferrisico (0,1 slachtoffers per jaar). Het LIR wordt in het gehele dijkkringgebied kleiner dan  $10^{-5}$  per jaar (zie volgende paragraaf).

#### 7.1.4 Samenvatting risicoreductie

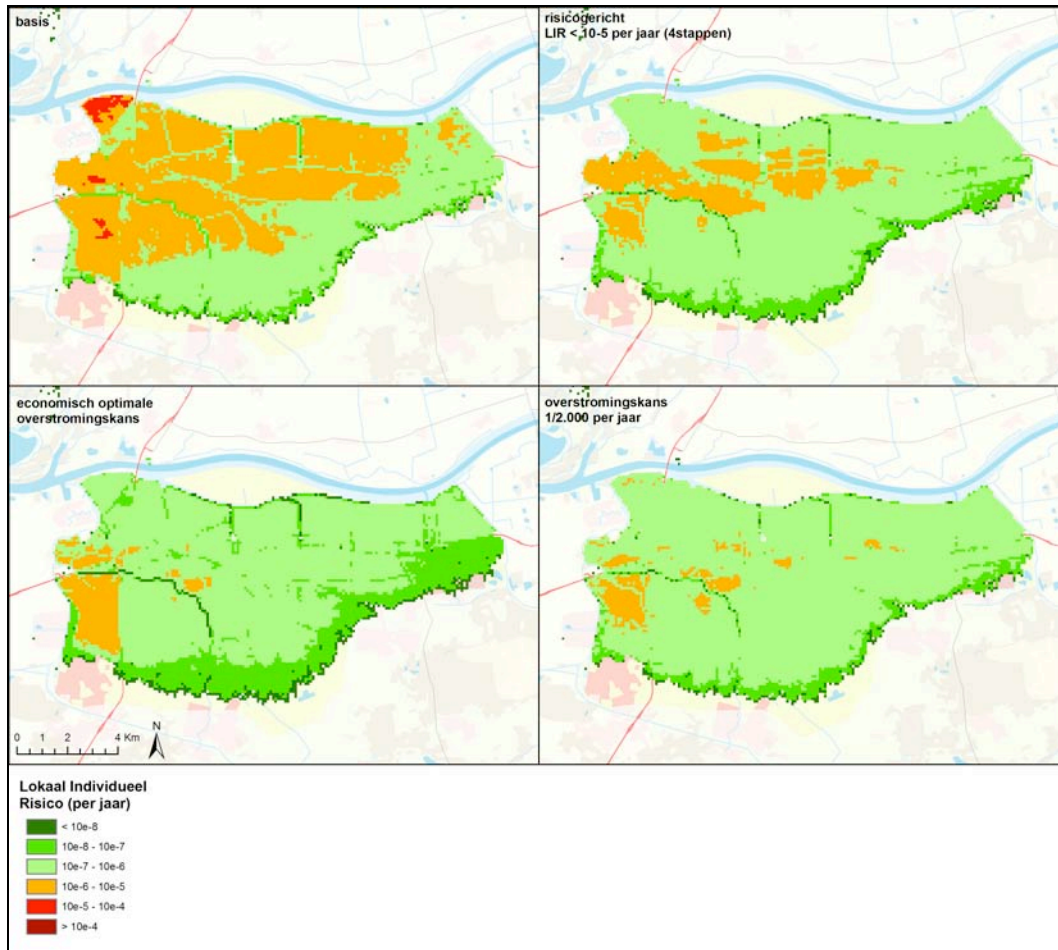
In deze paragraaf is een samenvatting gegeven van de reductie van het risico. Hierbij worden zowel de ruimtelijke verdelingen van het lokaal individueel risico en de economische schade getoond als de FN- en FS-curves.

##### *Reductie slachtofferrisico*

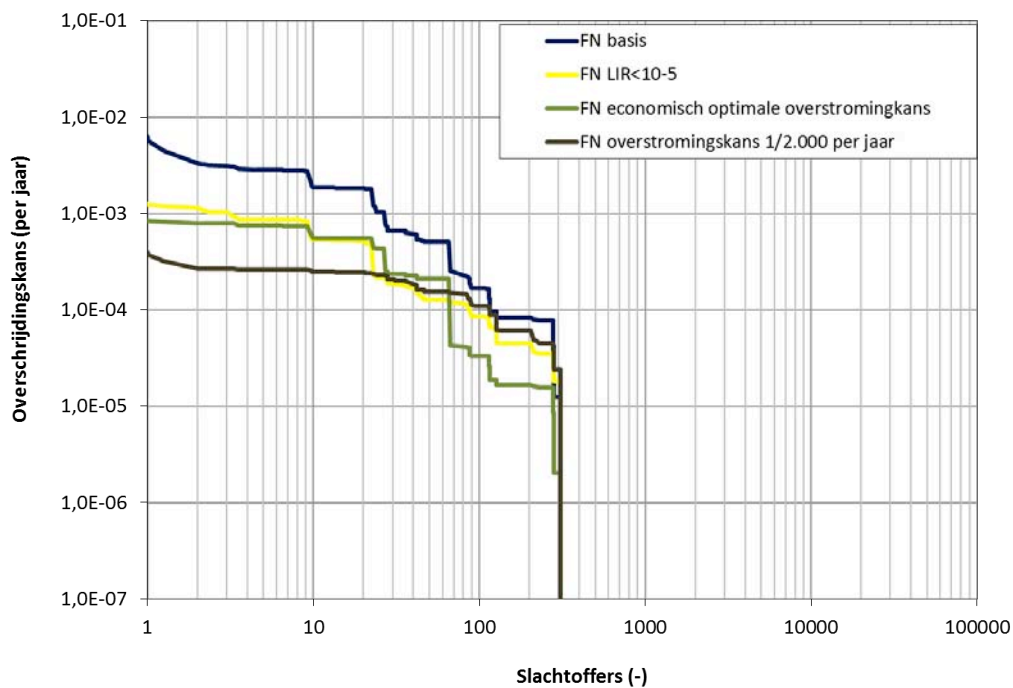
In Figuur 47 is per gevoeligheidsanalyse het LIR weergegeven in een volgorde waarbij het LIR steeds kleiner wordt door de verbeterstappen die beschreven zijn in de vorige paragrafen. Hieruit blijkt dat na 4 risicogerichte verbeterstappen in het gehele dijkkringgebied het LIR afneemt tot kleiner dan  $10^{-5}$  per jaar. In enkele delen van het gebied is het LIR tussen de  $10^{-6}$  en  $10^{-5}$  per jaar. In de overige verbeterstappen neemt het LIR nog verder af.

In Figuur 48 zijn de FN-curves weergegeven van de verschillende verbeterstappen. Er treden met name verschillen op in de kansen tot 100 slachtoffers.





Figuur 47: Samenvatting reductie van het lokaal individueel risico



Figuur 48: FN-curves risicoreductie

---

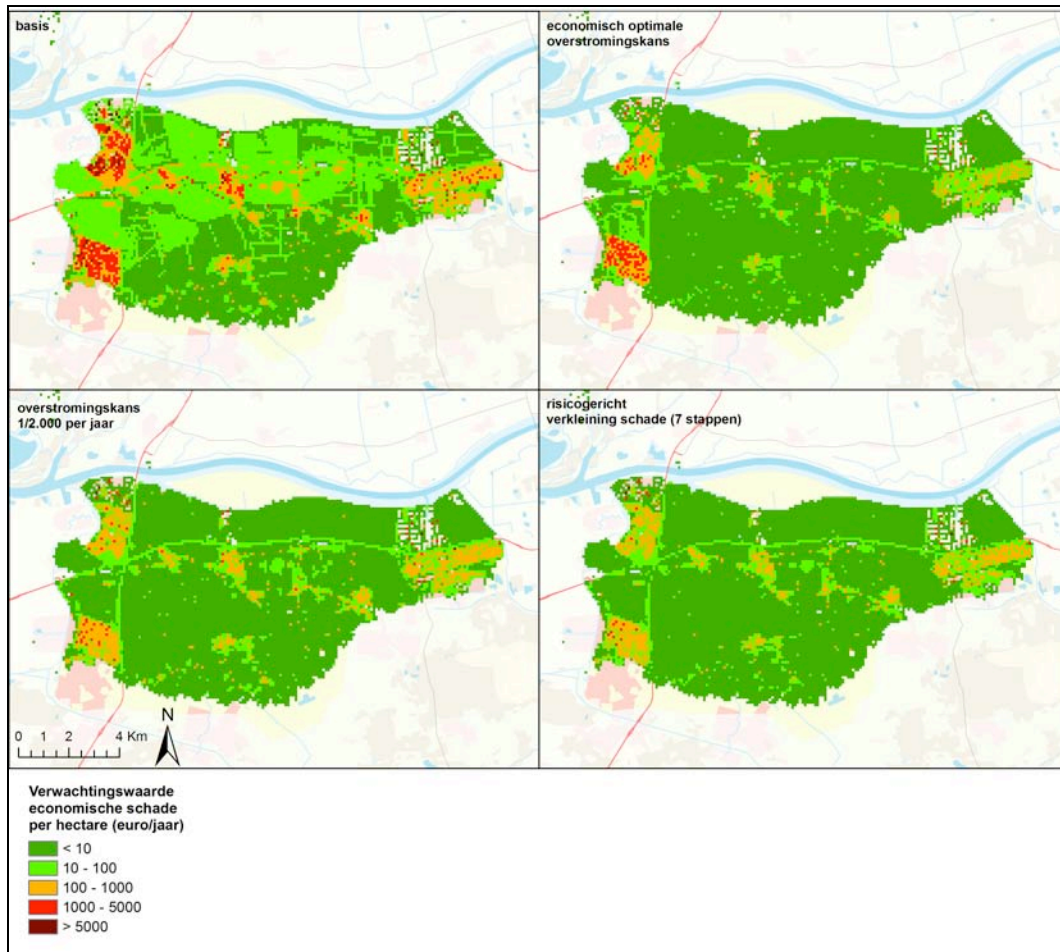
#### *Reductie economische schade*

In Figuur 49 is per gevoeligheidsanalyse de ruimtelijke verdeling van de economische schade weergegeven in een volgorde waarbij de schade in het gebied steeds kleiner wordt door de verbeterstappen die beschreven zijn in de vorige paragrafen.

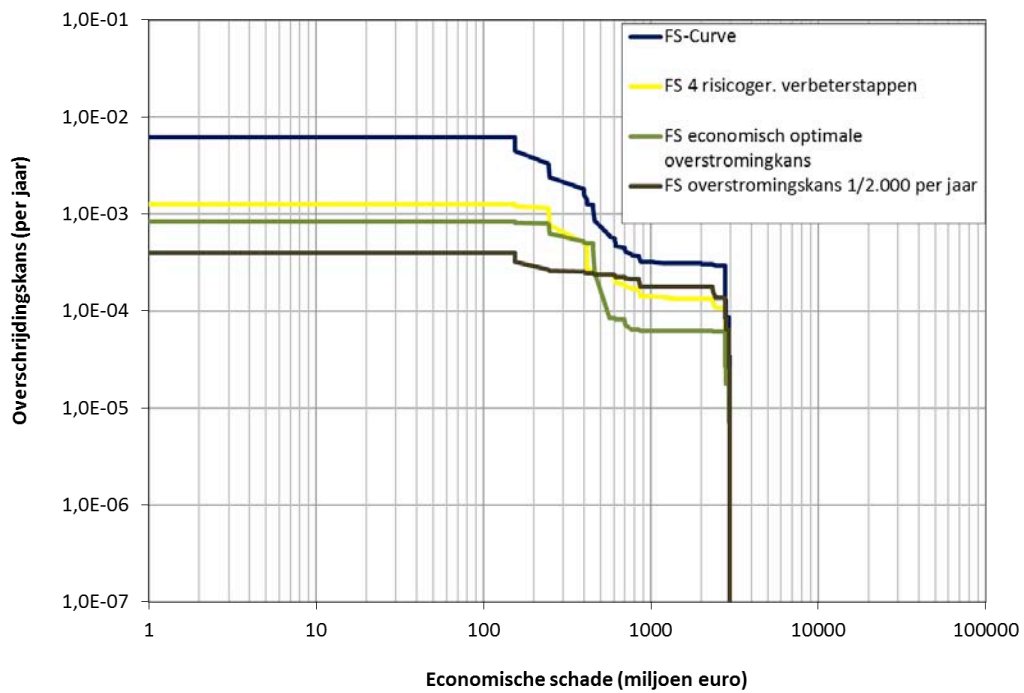
In het merendeel van het dijkkringgebied is de schadeverwachting na de eerste stap (verbeteringen tot de economisch optimale overstromingskans) gereduceerd tot minder dan 10 euro per hectare per jaar. In de stad- en dorpskernen is het risico grotendeels gereduceerd, maar in Raamsdonkveer en Waspik is de schadeverwachting lokaal nog steeds groter dan 1000 euro per hectare per jaar. Aangezien de economisch optimale overstromingskans voor het betreffende DPV-traject (35\_2) met 1/1.000 per jaar relatief groot is, is het verklaarbaar dat schade na de verbeteringsmaatregelen op sommige plaatsen nog significant is.

Door het uitvoeren van 4 risicogerichte verbeterstappen (DV6, DV8, DV17 en DV27, zie paragraaf 7.1.3) kan het overstromingsrisico aanzienlijk worden verkleind. De schade blijkt in de woonkernen echter lokaal nog relatief groot te zijn. Wanneer naast de vier bovengenoemde dijkvakken ook dijkvakken DV7, DV20 en DV26 worden verbeterd dan wordt de kansbijdrage van ringdelen met grote schadegetallen (RD04, RD05, RD06) gereduceerd. De lokaal hogere waarden in de woonkernen zijn dan vrijwel overal afgenomen tot kleiner dan €1000 per hectare per jaar. Omdat de gevolgen vanuit de noordelijke ringdelen RD04, RD05 en RD06 ook strekken tot het westelijk gedeelte van het dijkkringgebied zijn ook hier de schadegetallen kleiner geworden. Het economisch risico wordt met deze verbeteringen (7 dijkvakken) gereduceerd tot 0,38 miljoen euro per jaar: 15% van het oorspronkelijke risico (2,4 miljoen euro per jaar).

In Figuur 48 zijn de FS-curves weergegeven van de verschillende verbeterstappen. Hieruit is af te leiden dat de grootste verschillen in kansen op schades tot circa 500 miljoen euro voorkomen, maar dat ook de kansen op grotere schades afnemen.



Figuur 49: Samenvatting reductie van de economische schade



Figuur 50: FS-curves risicoreductie

In Tabel 18 en Figuur 51 zijn de resultaten van gevoeligheidsanalyse Ia t/m Ic samengevat waarbij de faalkans en het risico worden verkleind door verbeterstappen in dijkvakken.

Tabel 18: Resultaten gevoeligheidsanalyse Ia t/m Ic – faalkans en risicoreductie door verbeterstappen

	Risicogericht 4 stappen	Afnemende meeropbrengst	Economisch optimale overstromingskans DPV	Risicogericht 7 stappen
<b>Verbetering</b>	3,5 km (DV6, DV8, DV17, DV27)	6,1 km (DV6, DV7, DV8, DV17, DV20, DV27)	4,2 km (DV8, DV17, DV20, DV27)	8,7 km (DV6, DV7, DV8, DV17, DV20, DV26, DV27)
<b>Econ. Risico [% van basis]</b>	31%	24%	19%	16%
<b>Slachtofferrisico [% van basis]</b>	34%	28%	29%	20%
<b>Overstromingskans</b>	1/800	< 1/2.000	1/1.200	1/2.700



Figuur 51: Verbeterde dijkvakken in gevoeligheidsanalyse

---

## 7.2 Gevoeligheidsanalyse II: Invloed falen Bovenlandsesluis

Op basis van de basisschematisatie is een kleine faalkans berekend voor de Bovenlandsesluis. Deze sluis vormt feitelijk de verbinding tussen vak DV28 (ringdeel 6) en de c-kering langs het Drongelens Kanaal. Bij falen van de waterkerende functie van deze sluis en de primaire kering kan overstroming van het land achter de Zomerdijk plaatsvinden.

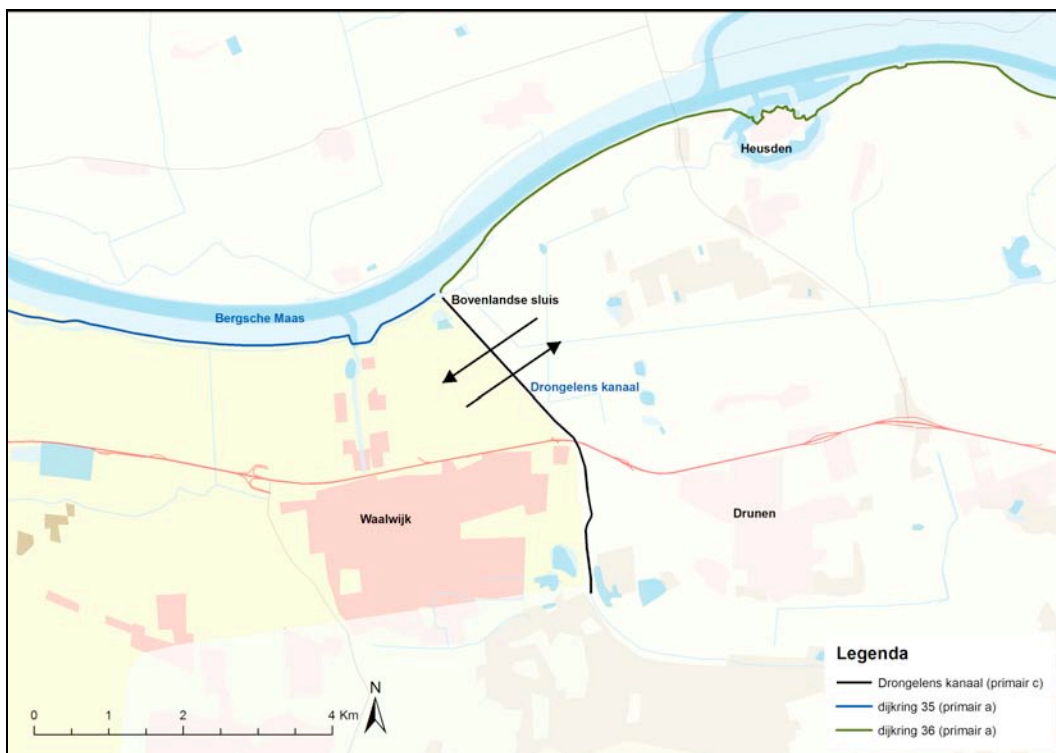
Volgens het waterschap is de faalkans van de Bovenlandse sluis mogelijk groter dan is berekend. Er is echter geen informatie om dit te staven. In een gevoeligheidsanalyse is in beeld gebracht welk effect het falen van de Bovenlandsesluis zal hebben op schade en slachtoffers. Omdat de berekende faalkans voor vak DV28 relatief klein is (circa 1/20.000 per jaar), is een grotere faalkans gesimuleerd voor dit dijkvak via het faalmechanisme 'Overloop/golfoverslag' in het dijkenstroom. Hiertoe is de kruin van de dijk 2 meter verlaagd ten opzichte van de oorspronkelijke schematisatie. Daarmee is de berekende faalkans voor vak DV28 is circa 1/300 per jaar. Deze grotere faalkans heeft invloed op de berekende scenariokansen: voor de scenario's waarbij ringdeel 6 faalt wordt een grotere kans gevonden. Voor het berekenen van het overstromingsrisico zijn de scenariokansen aan dezelfde gevolgberoekeningen als in de basissituatie gekoppeld. Omdat deze gevolgen bij hogere waterstanden in het ontwerp punt horen wordt hierdoor een overschatting gemaakt.

De verwachtingswaarde van de economische schade is ongeveer een factor 5 groter dan in de basissituatie en bedraagt circa 11,2 miljoen euro per jaar. Ook de verwachtingswaarde van het aantal slachtoffers is ongeveer een factor 4 groter: 0,4 slachtoffers per jaar. Het falen van de Bovenlandsesluis heeft een significante invloed op het overstromingsrisico van dijkkring 35.

## 7.3 Gevoeligheidsanalyse III: Cascadewerking dijkkring 36

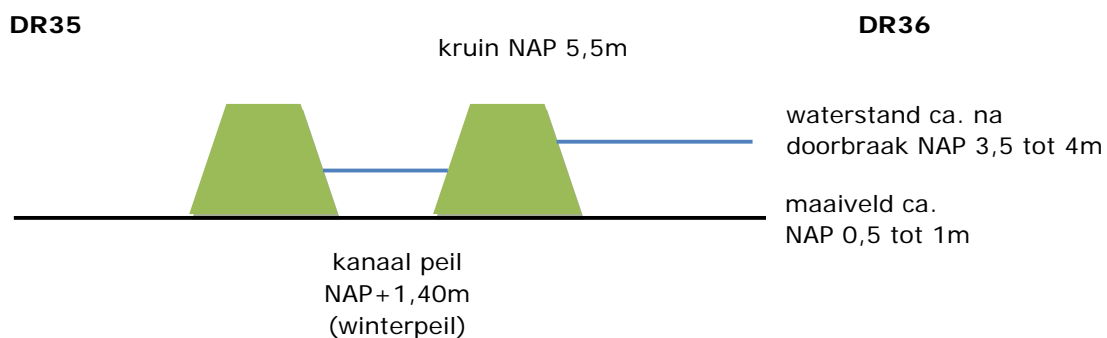
De westelijke grens van het dijkkringgebied wordt gevormd door het afwateringskanaal 's Hertogenbosch-Drongelen (ook wel het Drongelens kanaal genoemd). De waterkering langs het Drongelens kanaal is ongeveer 4,7 km lang (tot aan de hoge grond) en betreft een primaire categorie c-kering. Dit houdt in dat deze niet direct buitenwater kerend is. Binnen VNK2 worden alleen de categorie a-keringen beschouwd. De (dubbele) kering is echter wel van belang voor systeemwerking wanneer een overstroming zou plaatsvinden in de bovenstroomse dijkkring 36 (Figuur 52).





Figuur 52: Ligging dijkringen en systeemwerking via een bres in het Drongelens kanaal

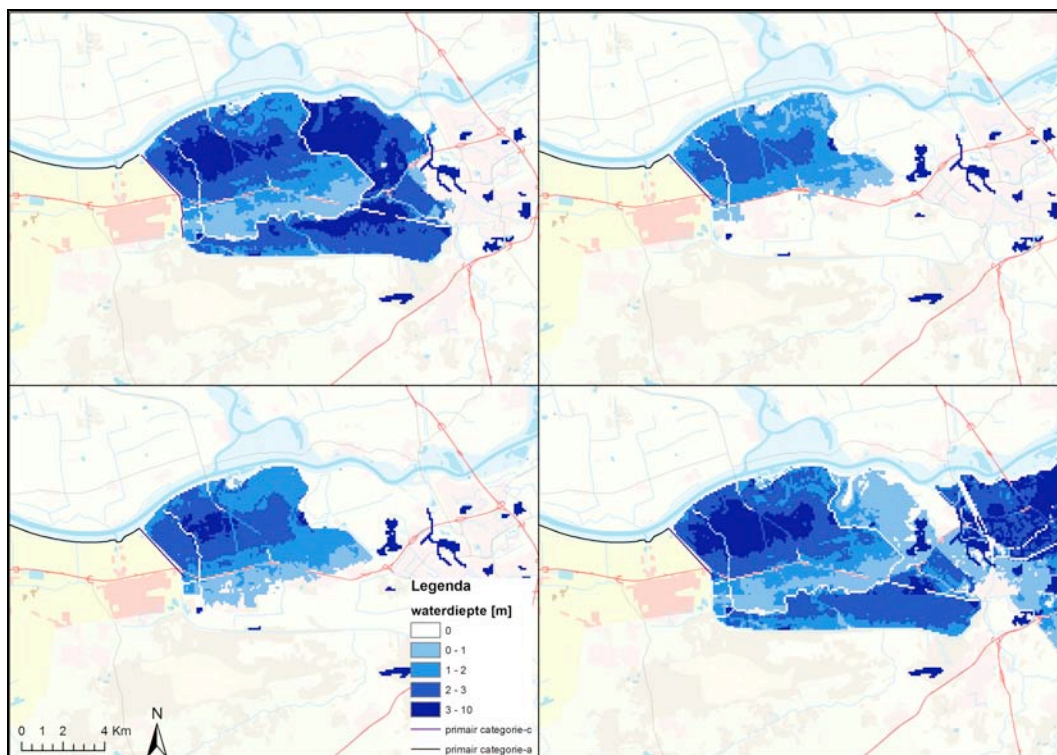
In deze gevoeligheidsanalyse is een inschatting gedaan van het overstromingsrisico bij een doorbraak vanuit het Drongelens kanaal naar dijkkring 35 bepaald als gevolg van een initiële overstroming in dijkkring 36. In Figuur 53 is dit schematisch weergegeven.



Figuur 53: Schematische doorsnede situatie Drongelens kanaal

Voor de verschillende breslocaties van dijkkring 36 zijn overstromingsberekeningen gemaakt. Bij 4 van de 12 scenario's bereikt het water het Drongelens kanaal (zie Figuur 54). Sommatie van de kansen van deze vier scenario's geeft een kans van 1/140 per jaar. Dit is de kans dat water de dijk langs het Drongelens kanaal bereikt als gevolg van een doorbraak in dijkkring 36.

De categorie C-kering langs het Drongelens kanaal wordt binnen VNK2 niet beschouwd. Er zijn geen gegevens beschikbaar om de faalkans van de dijk voor de verschillende faalmechanismen te bepalen. In deze gevoeligheidsanalyse is daarom bij verschillende conditionele faalkansen van het Drongelens kanaal (gegeven een overstroming in dijkkring 36) het risico bepaald.



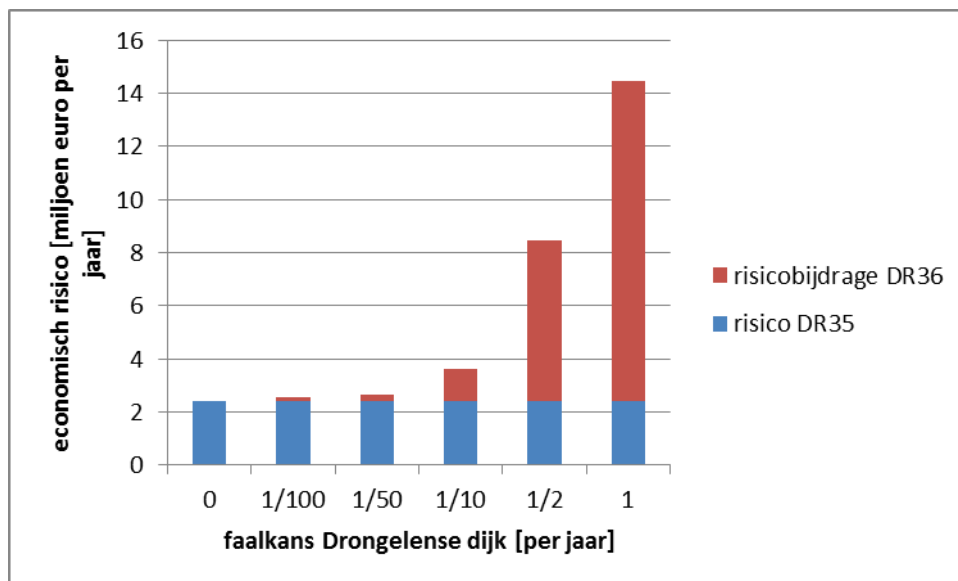
Figuur 54: Waterdieptes bij de overstromingsscenario's in DR36 waarbij water tegen de kanaaldijk staat

De scenariokansen (1/140 x conditionele faalkans Drongelens kanaal) zijn gekoppeld aan een doorbraak in ringdeel RD6 van dijkkring 35 (paragraaf 4.2.6). De bijdrage van een overstroming vanuit dijkkring 36 via het Drongelens kanaal aan het economisch risico bij verschillende faalkansen van het Drongelens kanaal is weergegeven in Figuur 55. De bijdrage aan het slachtoffer risico bij verschillende faalkansen van het Drongelens kanaal is weergegeven in Figuur 56.

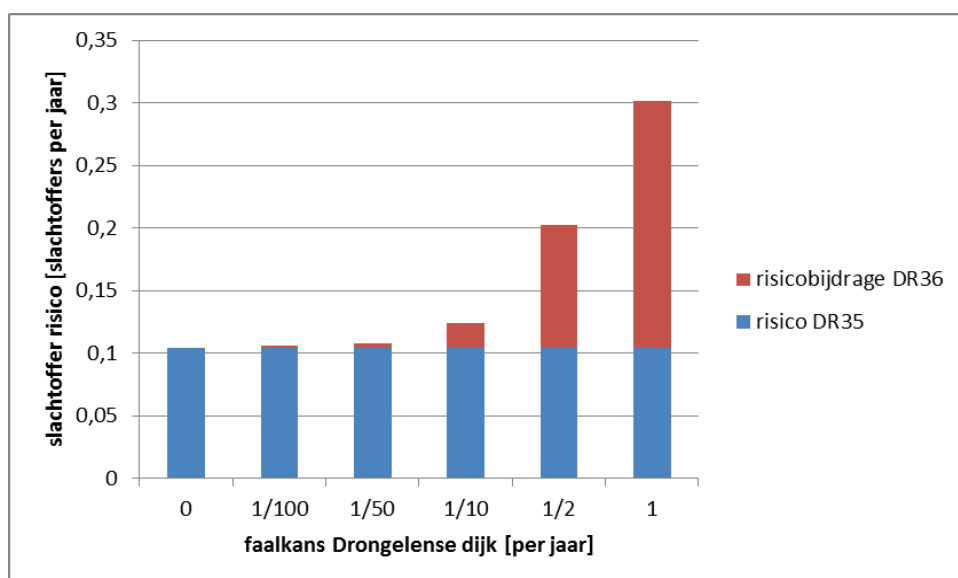
### Conclusie gevoeligheidsanalyse

Op basis van de gevoeligheidsanalyse kan het volgende worden geconcludeerd:

- Gezien de maaiveldhoogten en waterdieptes bij een overstroming is een doorbraak in de dijken langs het Drongelens kanaal in theorie mogelijk in beide richtingen, van dijkkring 36 naar dijkkring 35 en vice versa.
- De kans dat 2 tot 3 m water tegen de noordoostelijke kanaaldijk staat, als gevolg van een overstroming in dijkkring 36, is circa 1/140 per jaar.
- Vanaf een conditionele faalkans van 1/10 per jaar (en groter) voor de dijken langs het Drongelens kanaal heeft systeemwerking van dijkkring 36 naar dijkkring 35 significant effect op het berekende risico van dijkkring 35.
- Hoofdconclusie: Extra risico door systeemwerking van dijkkring 36 naar dijkkring 35 is zeker niet verwaarloosbaar.



Figuur 55: Bijdrage economisch risico bij verschillende conditionele faalkansen van het Drongelens kanaal



Figuur 56: Bijdrage slachtofferrisico bij verschillende conditionele faalkansen van het Drongelens kanaal

#### 7.4 Gevoelheidsanalyse IV: Evacuatie in het overgangsgebied van rivier- naar zeegedomineerd hoogwater

Dijkkring 35 ligt in het overgangsgebied van riviergedomineerd naar zeegedomineerd hoogwater. In onderstaande tabel zijn de kansbijdragen van rivier- en zeegedomineerde hoogwatersituaties weergegeven. Hierin is te zien dat ringdelen RD1 t/m RD3 zowel zee- als riviergedomineerd zijn en RD5 t/m RD6 vrijwel volledig riviergedomineerd. Bij ringdeel RD4 ligt de overgang.

ringdeel	% zeegedomineerd	% riviergedomineerd
RD1 t/m RD3	45	55
RD4 en RD5	10	90
RD6	5	95

Tabel 19: Kansbijdragen zee- en riviergedomineerde overstrooming (bron: Hydra-B)

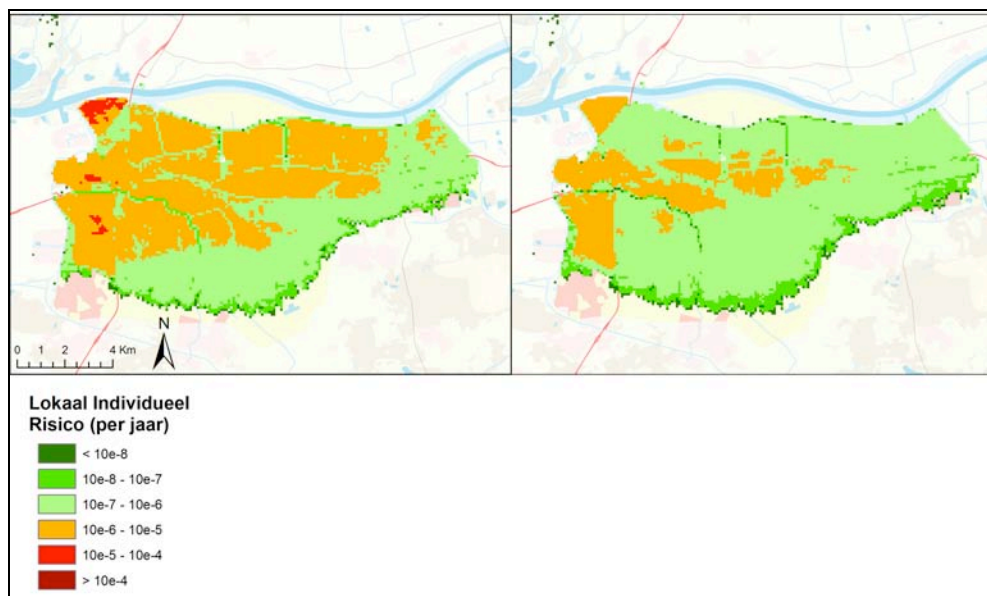


In de basissituatie (zie hoofdstuk 6) is gerekend met evacuatiefracties en conditionele kansen die zijn weergegeven in Tabel 10 in paragraaf 4.1.4. De verwachtingswaarde voor de evacuatie varieert dan tussen 0,4 en 0,76, afhankelijk van de overgang van bovenrivierengebied naar benedenrivierengebied.

In een gevoeligheidsanalyse is bekeken wat de invloed van is van het differentiëren van de conditionele kansen van de evacuatie-deelscenario's langs de dijkkring. Er is een berekening gemaakt waarbij de zowel de evacuatiefracties als de conditionele kansen zijn overgenomen van het bovenrivierengebied. De waarden zijn weergegeven in Tabel 20. In het bovenrivierengebied wordt de kans op een georganiseerde overstrooming relatief groot geacht (0,6).

Evacuatie-deelscenario		Evacuatiefractie (-)	Conditionele kans (-)
Overstroming kort van tevoren verwacht of onverwacht	1. Geen evacuatie	0,00	0,10
	2. Ongeorganiseerde evacuatie	0,59	0,04
Overstroming ruim van tevoren verwacht	3. Ongeorganiseerde evacuatie	0,85	0,26
	4. Georganiseerde evacuatie	0,90	0,6

Tabel 20: Evacuatiefracties (bovenrivierengebied) en conditionele kansen (bovenrivierengebied) voor vier verschillende evacuatie-deelscenario's in ringdelen RD1 t/m RD6.



Figuur 57: Lokaal individueel risico (LIR); basisberekening (links) en bij conditionele kansen bovenrivierengebied (rechts).

Indien de conditionele kansen uit het bovenrivierengebied op deze dijkkring worden toegepast wordt de verwachtingswaarde van het aantal slachtoffers 0,05 slachtoffers per jaar: 50% van het oorspronkelijke risico (0,1 slachtoffers per jaar). In Figuur 57 is het lokaal individueel risico (LIR) voor dijkkring 35 bij gebruik van de gewijzigde conditionele kansen weergegeven (rechts). Ook is ter vergelijking de basisberekening weergegeven (links). Hieruit blijkt dat het LIR in het gehele dijkkring gebied kleiner wordt dan  $10^{-5}$  en grotendeels kleiner is dan  $10^{-6}$ .

---

Het hanteren van andere conditionele kansen heeft een geringe invloed op de schadegetallen. Door het verplaatsen van voertuigen en goederen is het economisch risico met de conditionele kansen van het bovenrivierengebied kleiner, maar dit effect is verwaarloosbaar klein en wordt verder niet beschouwd.

## 7.5 Samenvatting gevoeligheidsanalyse

De belangrijkste conclusies uit de gevoeligheidsanalyses zijn:

- Om de overstromingskans te verkleinen tot de getalswaarde van de huidige norm (1/2.000 per jaar) moet de faalkans van zes dijkvakken worden gereduceerd. Het gaat om de dijkvakken DV6, DV7, DV8, DV17, DV20 en DV27 (6,1 km).
- Om de overstromingskans te verkleinen tot de economisch optimale overstromingskans per DPV-traject moet de faalkans van vier dijkvakken worden gereduceerd. Het gaat om de dijkvakken DV8, DV17, DV20, DV27 (4,2 km).
- Het overstromingsrisico kan effectief worden verkleind door maatregelen in dijkvakken DV6, DV8, DV17 en DV27 (3,5 km). Het lokaal individueel risico wordt hiermee in het gehele dijkkringgebied kleiner dan  $10^{-5}$  per jaar. Het economisch risico blijft lokaal in woonkernen relatief groot. Door naast bovengenoemde vier dijkvakken ook de dijkvakken DV7, DV20 en DV26 (totaal 8,7 km) te verbeteren worden het risico verder verkleind en worden de lokaal hoge waarden voor het economisch risico verkleind. De overstromingskans wordt hierdoor ook kleiner dan de economisch optimale overstromingskans per DPV-traject.
- De conditionele kansen voor de evacuatie-deelscenario's hebben invloed op met name het slachtofferisico. Door het hanteren van conditionele kansen voor evacuatie-deelscenario's uit het bovenrivierengebied voor ringdelen RD1 t/m RD3 wordt het percentage van de bevolking dat kan worden geëvacueerd groter waardoor het slachtofferisico kleiner wordt. Het economisch risico wordt hierdoor niet noemenswaardig kleiner.
- Het falen van de Bovenlandse sluis inclusief een bres in de primaire kering heeft een grote invloed op het berekende risico. Het risico voor de gehele dijkkring wordt hierdoor een factor 5 groter.



---

## 8 Conclusies en aanbevelingen

Dit hoofdstuk beschrijft de conclusies en aanbevelingen die volgen uit het onderzoek naar het overstromingsrisico van dijkkringgebied 35, Donge. De conclusies en aanbevelingen betreffen zowel de beschikbaarheid van gegevens, de faalkansen, de gevolgen, als het overstromingsrisico.

### 8.1 Conclusies

#### 8.1.1 De kans op een overstroming in dijkkringgebied 35

- De berekende overstromingskans van dijkkringgebied 35 is circa 1/160 per jaar. In de kansberekeningen is geen rekening gehouden met de effectiviteit van noodmaatregelen. In grote delen van de dijkkring is de faalkans relatief klein.
- Het faalmechanisme met de grootste faalkansbijdrage is *opbarsten en piping* bij dijken. De faalkansen van de kunstwerken worden verwaarloosbaar klein geacht.
- De grootste faalkansen zijn berekend voor de kering langs de Donge vanaf de snelweg A59 tot aan de weg Gasthuiswaard (DV6 t/m DV8) en voor de kering langs de Bergsche Maas ter hoogte van industrieterrein Dombosch (DV17).
- Om de overstromingskans te verkleinen tot de getalswaarde van de huidige norm (1/2.000 per jaar) moet de faalkans van zes dijkvakken worden gereduceerd. Het gaat om de dijkvakken DV6, DV7, DV8, DV17, DV20 en DV27 (6,1 km).
- Om de overstromingskans te verkleinen tot de economisch optimale overstromingskans per DPV-traject moet de faalkans van vier dijkvakken worden gereduceerd. Het gaat om de dijkvakken DV8, DV17, DV20, DV27 (4,2 km).

#### 8.1.2 De gevolgen van overstromingen in dijkkringgebied 35

- Als er een overstroming optreedt vallen er tot maximaal 310 slachtoffers, met een gemiddelde van 8 slachtoffers bij een overstroming. De maximale schade bedraagt 3 miljard euro.
- Verhoogde lijnelementen in het landschap hebben invloed op de gebieden die bij dijkdoorbraken worden getroffen. Overstromingen in dijkkringgebied 35 worden beïnvloed door de hooggelegen lijnelementen van de snelwegen A27 en A59, de spoorlijn en de keringen langs de Donge
- Doorbraken in de primaire waterkering langs de Bergsche Maas oosten van de snelweg A27 hebben de grootste gevolgen. Bij een doorbraak in deze ringdelen overstroomt een groot deel van het dijkkringgebied. Een doorbraak in ringdeel 6 (Capelsche Uiterwaard) geeft de grootste gevolgen. Reden voor de grotere gevolgen ten opzichte van de andere ringdelen is dat vanuit ringdeel 6 veel stedelijk gebied overstroomt en de waterdiepten relatief groot zijn. Alleen het zuiden van Waalwijk, Oosterhout en enkele hooggelegen kernen van stedelijk gebied blijven droog.

#### 8.1.3 Het overstromingsrisico in dijkkringgebied 35

- Door de kansen op de verschillende overstromingsscenario's te combineren met de gevolgen van een daarbij optredende overstroming, is het overstromingsrisico in

beeld gebracht. Daarbij is zowel gekeken naar het economisch risico als het slachtoffer risico, zie Tabel 21.

Economisch risico	Verwachtingswaarde economische schade (M€ per jaar)	2,4
	Minimale economische schade bij een overstroming (M€)	154
	Gemiddelde <sup>3</sup> economische schade per overstroming (M€)	392
	Maximaal <sup>4</sup> economische schade bij een overstroming (M€)	3.000
Slachtoffer-risico	Verwachtingswaarde aantal slachtoffers (per jaar)	0,1
	Minimaal aantal slachtoffers bij een overstroming	0
	Gemiddeld <sup>3</sup> aantal slachtoffers per overstroming	8
	Maximaal <sup>4</sup> aantal slachtoffers bij een overstroming	310
	Overlijdenskans van een individu per locatie, exclusief het effect van preventieve evacuatie (per jaar) (plaatsgebonden risico)	Grotendeels kleiner dan $10^{-5}$ Lokaal tussen $10^{-4}$ en $10^{-5}$
	Overlijdenskans van een individu per locatie, inclusief het effect van preventieve evacuatie (per jaar) (lokaal individueel risico)	Grotendeels kleiner dan $10^{-5}$ Lokaal tussen $10^{-4}$ en $10^{-5}$

Tabel 21: Resultaten risicoberekeningen voor dijkringgebied 35.

- Het plaatsgebonden risico is in het grootste deel van het dijkringgebied kleiner dan 1/100.000 ( $10^{-5}$ ) per jaar. Ter plaatse van industrieterrein Dombosch wordt een plaatsgebonden risico berekend tussen 1/10.000 en 1/100.000 per jaar. Hier is de kans op een dijkdoorbraak als gevolg van *opbarsten en piping* relatief groot en wordt de waterdiepte bij een doorbraak (snel) groot door de beperkte omvang van het overstroomde gebied. Bij de hoge LIR-waarden ten zuiden van Raamsdonksveer langs de Donge speelt het overstromen vanuit verschillende ringdelen een rol.
- Bij een overstroming wordt naar verwachting gemiddeld genomen 40% tot 76% van de bevolking geëvacueerd, afhankelijk van de overgang van riviergedomineerd (ringdelen RD4 t/m RD6) naar zeegedomineerd (RD1 t/m RD3) hoogwater. Het lokaal individueel risico is daardoor een factor 1,5 tot 4 kleiner dan het plaatsgebonden risico.
- De ringdelen RD1, RD2, RD3 en RD6 leveren een grote bijdrage (50-60%) aan het overstromingsrisico. Een viertal verbeteringen in deze ringdelen, in de dijkvakken DV6, DV8, DV17 en DV27 (3,5 km), zou het economisch risico reduceren tot 0,74 miljoen euro per jaar (31% van het oorspronkelijke risico) en het slachtoffer risico tot 0,035 per jaar (34% van het oorspronkelijke risico). Het lokaal individueel risico zou hiermee in vrijwel het gehele dijkringgebied worden teruggebracht tot een waarde kleiner dan 1/1.000.000 ( $10^{-6}$ ) per jaar en op een aantal plekken tot een waarde tussen  $10^{-6}$  en  $10^{-5}$  per jaar. Wanneer naast de vier bovengenoemde dijkvakken ook dijkvakken DV7, DV20 en DV26 (totaal 8,7 km) dan wordt ook lokale hoge waarden in economische schade verlaagd.

<sup>3</sup> De gemiddelde economische schade of het gemiddeld aantal slachtoffers is de verwachtingswaarde gedeeld door de overstromingskans.

<sup>4</sup> Met maximaal wordt hier bedoeld de gevolgen die behoren bij het beschouwde overstromingsscenario met de grootste gevolgen. Overstromingsscenario's die niet zijn beschouwd in de risicoanalyse kunnen mogelijk grotere gevolgen hebben.

---

## 8.2 Aanbevelingen

De uitgevoerde analyses van VNK2 leveren inzicht in het huidige risico en effectieve manieren om het risico te reduceren. Op basis van de resultaten van huidige analyse wordt het volgende aanbevolen:

- Wanneer een significante reductie van de overstromingskans (kleiner dan 1/2.000 per jaar) wenselijk wordt geacht, wordt aanbevolen om de faalkansen van dijkvakken langs de Donge (DV6, DV7 en DV8), bij industrieterrein Dombosch (DV17), Maasweg bij Keizersveer (DV20) en de Zomerdijk ten oosten van de sluis (DV27) te reduceren. Aanbevolen wordt om deze vakken op basis van aanvullende gegevens nader te beschouwen en indien nodig maatregelen te treffen.
- Wanneer een reductie van de overstromingskans tot kleiner dan de economisch optimale overstromingskans per traject wenselijk wordt geacht, wordt aanbevolen om de faalkansen van dijkvakken langs de Donge (DV8), bij industrieterrein Dombosch (DV17), Maasweg bij Keizersveer (DV20) en de Zomerdijk ten oosten van de sluis bij Waalwijk (DV27) te reduceren. Aanbevolen wordt om deze vakken op basis van aanvullende gegevens nader te beschouwen en indien nodig maatregelen te treffen.
- Wanneer een significante reductie van het overstromingsrisico wenselijk wordt geacht, wordt aanbevolen de faalkansen van dijkvakken langs de A59 (DV6), de Donge bij Gasthuiswaard (DV8), industrieterrein Dombosch (DV17) en de Zomerdijk ten oosten van de sluis (DV27) te reduceren. Aanbevolen wordt om deze vakken op basis van aanvullende gegevens nader te beschouwen en indien nodig maatregelen te treffen.  
Door naast bovengenoemde dijkvakken ook de faalkansen van dijkvakken langs de Donge (DV7), Keizersveer (DV20) en ten westen van de schutsluis Waalwijk (DV26) te reduceren worden lokale hoge waarden voor economische schade in woonkernen verder verlaagd.
- Bij de berekende faalkansen voor de faalmechanismen *opbarsten en piping* heeft onzekerheid in de korreldiameter grote invloed. Het wordt aanbevolen om deze invloed nader te onderzoeken door middel van extra grondonderzoek waarbij specifiek wordt geconcentreerd op pipinggevoelige grondlagen.



---

## Bijlage A

## Literatuur

- ref 1. Rijkswaterstaat-Waterdienst, 2010, Van Ruwe Data tot Overstromingsrisico. HB-nummer: RWS-858538, 25 november 2010.
- ref 2. Rijkswaterstaat-Waterdienst, 2013, Overall Kunstwerkenrapport, dijkkring 35 Donge.
- ref 3. Rijkswaterstaat-Waterdienst, 2013, Dijkkring 35 Donge Achtergrondrapport.
- ref 4. Steenbergen, H.M.G.M., Vrouwenvelder, A.C.W.M., Koster, T., 2008, Theoriehandleiding PC-Ring versie 5.0. Deel A: Mechanismebeschrijvingen, 29-02-2008, TNO.
- ref 5. Steenbergen, H.M.G.M., Vrouwenvelder, A.C.W.M., 2003, Theoriehandleiding PC-Ring, Versie 4.0, Deel B: Statistische modellen, april 2003, TNO.
- ref 6. Steenbergen, H.M.G.M., Vrouwenvelder, A.C.W.M., 2003, Theoriehandleiding PC-Ring, Versie 4.0, Deel C: Rekentechnieken, april 2003, TNO.
- ref 7. Maaskant, B. et al. 2009, Evacuatieschattingen Nederland. PR1718.10. HKV LIJN IN WATER, juli 2009.
- ref 8. VNK2, 2009, Conditionele kansen en evacuatiefracties binnen VNK2 Memorandum, oktober 2009.
- ref 9. ENW, 2010, Piping. Realiteit of rekenfout?, januari 2010.
- ref 10. Kok, M., et al., 2004, Standaardmethode2004 Schade en Slachtoffers als gevolg van overstromingen, DWW-2005-005, HKV LIJN IN WATER, november 2004.
- ref 11. Deelprogramma Veiligheid, 2013. Op weg naar nieuwe normen: een technisch-inhoudelijke uitwerking. Werkdocument Deelprogramma Veiligheid, concept van 6 september 2013 (vs2).
- ref 12. Busschers, F.S., C. Kasse, R.T. van Balen, J. Vandenberghe, K.M. Cohen, H.J.T. Weerts, J. Wallinga, C. Johns, P. Cleveringa, F.P.M. Bunnik, 2007. Late Pleistocene evolution of the Rhine-Meuse system in the southern North Sea basin: imprints of climate change, sea-level oscillation and glacio-isostasy. *Quaternary Science Reviews* 26, 3216–3248.
- ref 13. Kruiver, P. , 2013. Geologische beschrijving dijkkring 35. Deltares.
- ref 14. Waterschap Brabantse Delta, 2011. Toetsing op veiligheid 2006 – 2011. Primaire waterkeringen dijkkring 35 Waterschap Brabantse Delta. Versie definitief 02, januari 2011.
- ref 15.





---

## Bijlage B

## Begrippenlijst

### Afschuiving

Een verplaatsing van (een deel van) een grondlichaam. De term afschuiving wordt gebruikt bij het faalmechanisme *macrostabiliteit binnenwaarts*.

### Beheerder

De overheid waarbij de (primaire) waterkering in beheer is.

### Beheersgebied

Het in de legger gespecificeerd areaal dat als waterkering wordt aangemerkt en door de waterkeringbeheerder wordt beheerd.

### Bekleding

De afdekking van de kern van een dijk ter bescherming tegen golfaanvallen en langsstromend water. De taludbekleding bestaat uit een erosiebestendige toplaag, inclusief de onderliggende vlijlaag, filterlaag, kleilaag en/of geotextiel.

### Belasting

De op een constructie (een waterkering) uitgeoefende in- en uitwendige krachten.

### Benedenrivierengebied

Het door Rijn en Maas gevoede rivierengebied ten westen van de lijn Schoonhoven – Werkendam – Dongemond, inclusief Hollands Diep en Haringvliet, zonder de Hollandsche IJssel.

### Berm

Een extra verbreding aan de binnendijkse of buitendijkse zijde van de dijk om het dijklichaam extra steun te bieden, zandmeevoerende wellen te voorkomen en/of de golfoploop te reduceren.

### Binnentalud

Het hellend vlak van het dijklichaam aan de binnenzijde van de dijk.

### BKL

Basis kustlijn. Bij het vigerende kustbeleid worden suppleties uitgevoerd indien de kustlijn zich landwaarts van de BKL bevindt.

### Bovenrivierengebied

Het door Rijn en Maas gevoede rivierengebied ten oosten van de lijn Schoonhoven - Werkendam - Dongemond. De waterstanden worden daar niet beïnvloed door het getij van de Noordzee.

### Bres

Een doorgaand gat in de waterkering, dat is ontstaan door overbelasting.

### Buitentalud

Hellend vlak van het dijklichaam aan de kerende zijde.

### Buitenwater

Oppervlaktewater waarvan de waterstand direct onder invloed staat van de waterstand op zee, de grote rivieren, het IJsselmeer of het Markermeer.

---

**Decimeringhoogte**

De peilvariatie die behoort bij een vergroting of verkleining van de overschrijdingsfrequentie met een factor 10.

**Dijkkring**

Stelsel van waterkeringen en/of hoge gronden, dat een dijkkringgebied omsluit en beveiligt tegen overstromingen.

**Dijkkringgebied**

Een gebied dat door een stelsel van waterkeringen en/of hoge gronden beveiligt wordt tegen overstromingen vanuit zee, het IJsselmeer, Markermeer en/of de grote rivieren.

**Dijkkringsegment**

Een deel van de dijkkring, dat beheerd wordt door één beheerder en dat bestaat uit één type waterkering.

**Dijkvak**

Een deel van een waterkering waarvoor de sterkte-eigenschappen en belastingen homogeen zijn.

**Duin**

Zandlichaam (al dan niet verdedigd) bestemd tot het keren van water.

**Duinafslag**

Faalmechanisme voor duinen dat betrekking heeft op de erosie van een duin onder stormcondities.

**Faalmechanisme**

De wijze waarop een waterkering faalt. Voor dijken en kunstwerken worden elk vier faalmechanismen beschouwd. Voor duinen wordt duinafslag beschouwd.

**Falen**

Het niet meer vervullen van de primaire functie (water keren) en/of het niet meer voldoen aan vastgestelde criteria.

**Gemiddelde waarde van een stochast**

De verwachtingswaarde ( $\mu$ ) van een stochast.

**Gevolgenmatrix**

De gevolgenmatrix is een dataset per dijkkringgebied, met voor elk ringdeel een breslocatie en per breslocatie een aantal overstromingsberekeningen en daarbij behorende gevolgen (resultaten van HIS-SSM berekeningen).

**Golfoploop**

De hoogte boven de stilwaterstand tot waar een tegen het talud oplopende golf reikt (de 2% golfoploop wordt door 2% van de golven overschreden).

**Golfoverslag**

De hoeveelheid water die door golven per strekkende meter gemiddeld per tijdseenheid over de waterkering slaat.

---

**Grensprofiel**

Het duinprofiel dat na afslag bij ontwerpomstandigheden nog minimaal aanwezig moet zijn.

**Grenstoestand**

De toestand waarin de sterkte van een constructie of een onderdeel daarvan nog juist evenwicht maakt met de daarop werkende belastingen.

**Groepsrisico**

Het groepsrisico beschrijft de kansen op overschrijding van bepaalde slachtofferaantallen.

**JARKUS**

Het landelijk bestand met diepte- en hoogtemetingen van de Nederlandse zandige kust per jaar.

**Kansdichtheidfunctie**

Een functie die aan elke mogelijke waarde van een stochast een kansdichtheid toekent.

**Karakteristieke waarde**

Een op basis van een statistische analyse bepaalde waarde met een kleine onder- of overschrijdingskans. In de praktijk wordt voor materiaal-eigenschappen vaak uitgegaan van een waarde met een onderschrijdingskans van 5%.

**Kruin**

De strook tussen buitenkruinlijn en binnenkruinlijn.

**Kruinhoogte**

De hoogte van de buitenkruinlijn.

**Kwel**

Het uit treden van grondwater onder invloed van een grotere stijghoogte aan de buitenzijde van het beschouwde gebied.

**Kwelsloot**

Een sloot aan de binnenzijde van de dijk die tot doel heeft kwelwater op te vangen en af te voeren.

**Kwelweg**

Mogelijk pad dat het kwelwater in de grond aflegt, van het intrepunt naar het uitreepunt.

**Lengte-effect**

Het verschijnsel dat de faalkans van een waterkering toeneemt met de lengte. Dit is het gevolg van het feit dat de kans dat zich ergens een zwakke plek bevindt groter wordt als er een grotere lengte wordt beschouwd.

**Lokaal individueel risico (LIR)**

De kans dat een persoon, die zich continu op een bepaalde plaats in het dijkkringgebied bevindt, overlijdt ten gevolge van een overstroming. In de berekening van het lokaal individueel risico worden de mogelijkheden voor preventieve evacuatie meegenomen.

---

**Macrostabilliteit**

De naam van een faalmechanisme waarbij de zich een glijvlak in het talud en de ondergrond vormt.

**Marsroute**

Voorloper van het onderzoeksprogramma "Overstromingsrisico's: een studie naar kansen en gevolgen"

**MKL**

Momentane ligging van de kustlijn. De actuele positie van de kustlijn.

**Modelfactor**

Een factor die onzekerheden in de modellering tot uitdrukking brengt.

**NAP**

Normaal Amsterdams Peil.

**Ontwerppunt**

Het ontwerppunt is de meest waarschijnlijke combinatie van de waarden van stochasten waarvoor geldt dat de grenstoestandfunctie (sterkte - belasting) gelijk aan 0 is.

**Opbarsten**

Het bezwijken van de grond onder invloed van wateroverdrukken door het ontbreken van verticaal evenwicht in de grond. De term opbarsten wordt gebruikt bij het faalmechanisme *opbarsten en piping*.

**Opdrijven**

Het bezwijken van de grond onder invloed van wateroverdrukken door het ontbreken van verticaal evenwicht in de grond. De term opdrijven wordt gebruikt bij het faalmechanisme *macrostabilliteit binnenwaarts*.

**Overloop**

Het verschijnsel waarbij water over de kruin van een dijk stroomt omdat de buitenwaterstand hoger is dan de kruin van de dijk.

**Overschrijdingsfrequentie**

Het gemiddeld aantal keren dat een waarde wordt bereikt of overschreden in een bepaalde periode.

**Overschrijdingskans**

De kans dat het toetspeil wordt bereikt of overschreden.

**Overstromingskans**

De kans dat een gebied overstroomt doordat de waterkering rondom dat gebied (de dijkring) op één of meer plaatsen faalt.

**Overstromingsrisico**

De combinatie van kansen en gevolgen van overstromingen. De gevolgen worden uitgedrukt in schade of slachtoffers. Het slachtofferrisico wordt ondermeer weergegeven als groepsrisico en als lokaal individueel risico.

**Overstromingsberekening**

Een berekening van het overstromingspatroon voor één of meerdere doorbraken in een dijkring.

---

### **Overstromingsscenario**

Een unieke combinatie van falende en niet-falende ringdelen die leidt tot de overstroming van (een deel van) een dijkkringgebied.

### **PC-Ring**

Een probabilistisch model dat waarmee faalkansen berekend kunnen worden voor verschillende faalmechanismen voor dijken, duinen en kunstwerken. Daarnaast kunnen met PC-Ring faalkansen per vak en faalmechanisme worden gecombineerd tot faalkansen op ringniveau. Ook kunnen met PC-Ring scenariokansen worden berekend.

### **PC-ViNK**

Een applicatie die het mogelijk maakt om een segment binnen een dijkkring in vakken op te knippen en waarmee de data voor het VNK-instrumentarium beheerd kan worden. PC-ViNK draait op een centrale server zodat het gehele werkproces in VNK2 traceerbaar is.

### **Plaatsgebonden risico (PR)**

De kans dat een persoon, die zich continu op een bepaalde plaats in het dijkkringgebied bevindt, overlijdt ten gevolge van een overstroming. In de berekening van het plaatsgebonden risico worden de mogelijkheden voor preventieve evacuatie niet meegenomen.

### **Piping**

Het verschijnsel waarbij er als gevolg van erosie door grondwaterstroming kanalen ontstaan in een grondlichaam.

### **Primaire waterkering**

Een waterkering die ofwel behoort tot het stelsel waterkeringen dat een dijkkringgebied - al dan niet met hoge gronden - omsluit, ofwel vóór een dijkkringgebied is gelegen. Primaire waterkeringen kunnen worden verdeeld in de volgende categorieën:

- a: Een waterkering die direct buitenwater keert
- b: Een voorliggende of verbindende kering
- c: Een waterkering die indirect buitenwater keert
- d: Een waterkering die in het buitenland is gelegen

### **Reststerkte**

Reststerkte is een verzamelbegrip voor de resterende sterkte van de dijk nadat een initiërend faalmechanisme is opgetreden. In VNK2 wordt er bij het faalmechanisme *beschadiging bekleding en erosie dijklichaam* met verschillende reststerktemodellen gerekend. Hiermee wordt de kans op het ontstaan van een bres berekend nadat de bekleding is beschadigd. Bij het faalmechanisme *macrostabiliteit binnenwaarts* kan ook de sterkte van de dijk nadat de eerste afschuiving heeft plaatsgevonden worden meegenomen in de faalkansberekening.

### **Ringdeel**

Een deel van de dijkkring waarbinnen de locatie van de bres geen significante invloed heeft op het overstromingspatroon en de optredende schade.

### **RisicoTool**

Applicatie waarmee het overstromingsrisico van het dijkkringgebied berekend kan worden, op basis van beschikbare scenariokansen en de gevolgenmatrix.

---

**Scenariokans**

De kans op een overstromingsscenario.

**Strijklengte**

De lengte van het voor de waterkering gelegen wateroppervlak waarover de wind waait.

**Stabiliteitsfactor**

De factor waarin het verschil tussen sterkte en belasting wordt uitgedrukt voor het faalmechanisme *macrostabiliteit binnenwaarts*.

**Standaardafwijking**

Een maat voor de spreiding rond het gemiddelde.

**Stochastische variabele**

Een onzekere grootheid. De kansen op de verschillende waarden van een stochast worden beschreven door een kansdichtheidfunctie.

**Systeemwerking**

Dit zijn effecten waar een doorbraak in de ene dijkkring leidt tot het ontlasten of juist overstromen (cascade-effect) van een andere dijkkring. Systeemwerking betreft dus de interactie tussen twee of meer dijkringen. Systeemwerking wordt niet meegenomen in VNK2.

**Teen**

De onderrand van het dijklichaam aan de buitendijkse zijde van de dijk (de overgang van dijk naar voorland).

**Variatiecoëfficiënt (V)**

De verhouding tussen de standaardafwijking ( $\sigma$ ) en het gemiddelde ( $\mu$ ):  
 $V = \sigma/\mu$ .

**Veiligheidsnorm**

Eis waaraan een primaire waterkering moet voldoen, aangegeven als de gemiddelde overschrijdingskans - per jaar - van de hoogste hoogwaterstand waarop de tot directe kering van het buitenwater bestemde primaire waterkering moet zijn berekend, mede gelet op overige het waterkerend vermogen bepalende factoren.

**Verhang**

De verhouding tussen het verschil in stijghoogte tussen twee punten en de afstand tussen die punten; wordt ook wel gradiënt genoemd.

**Verval**

Het verschil in stijghoogte tussen twee punten, bijvoorbeeld de twee zijden van een waterkering.

**Verwachtingswaarde van een stochast**

De gemiddelde waarde van een stochast; het eerste moment van de kansdichtheidfunctie.

**Voorland**

Het gebied aansluitend aan de buitenzijde van de waterkering. Dit gebied wordt ook wel vooroever genoemd. Ook een diepe steile stroomgeul bij een schaaldijk valt onder de definitie van voorland. Het voorland kan zowel onder als boven water liggen.

---

**Werklijn**

De relatie tussen de rivierafvoer en de statistisch bepaalde overschrijdingsfrequentie van de rivierafvoer, zoals deze door de Minister van Verkeer en Waterstaat wordt gehanteerd voor het bepalen van de ontwerpafvoer voor de versterking van dijken.

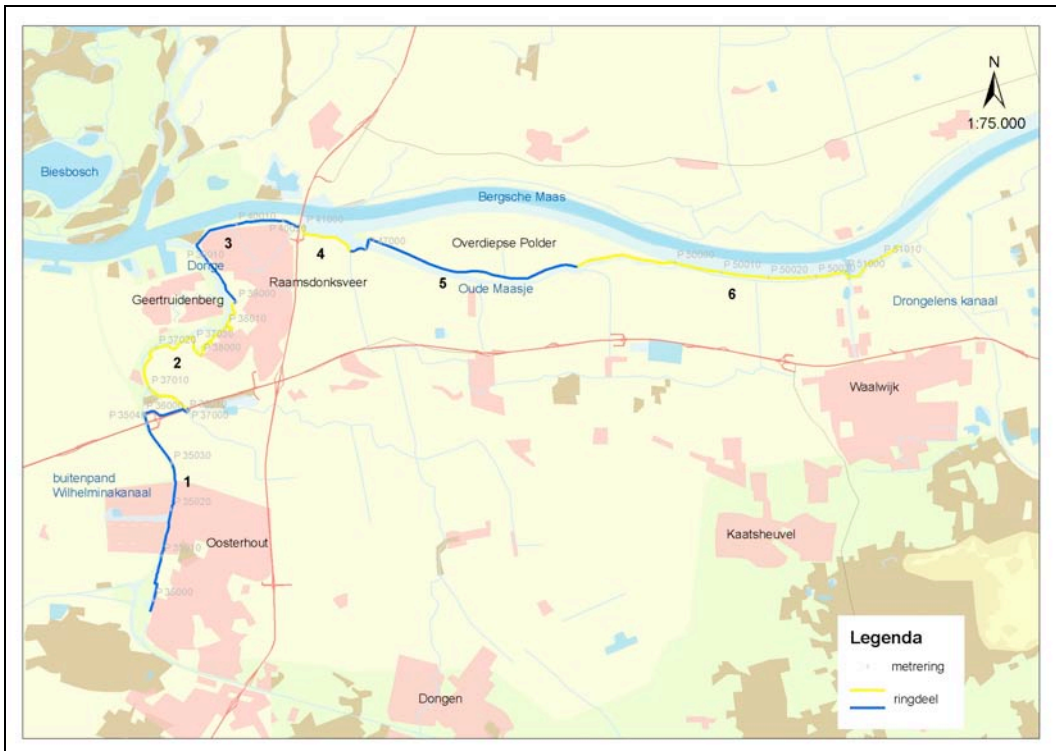
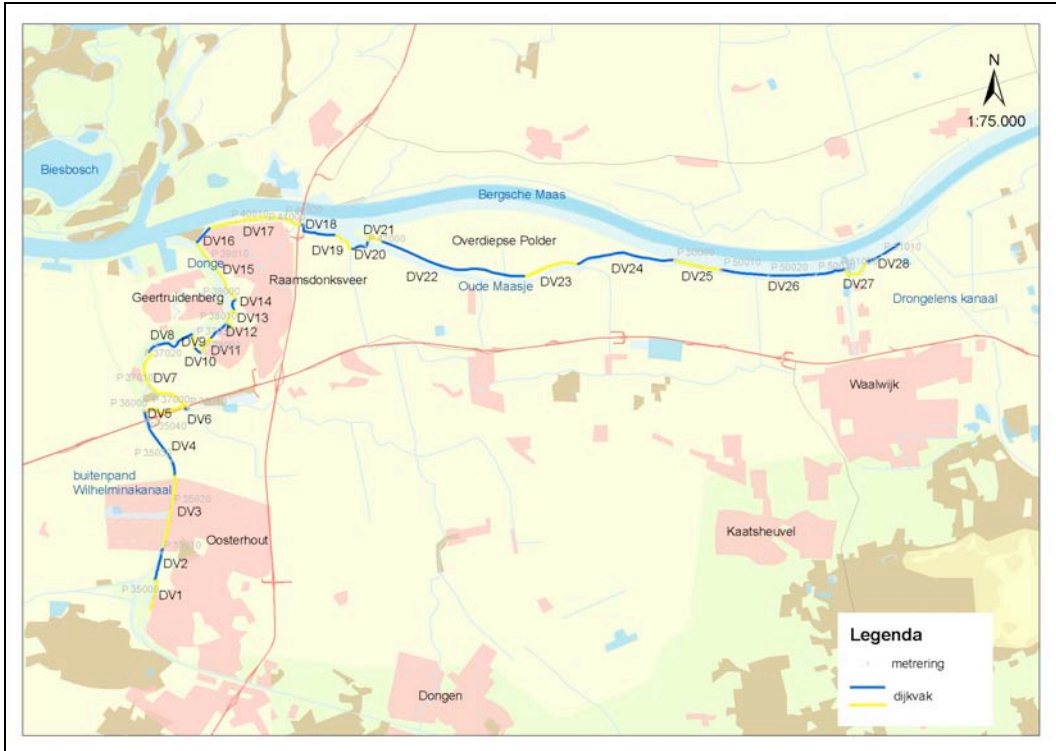
**Zandmeevoerende wel**

Een wel die zand meevoert uit de ondergrond.



## Bijlage C Vakindeling en locatie-aanduiding dijkkring 35

<b>vak-naam</b>	<b>reden volgende vakgrens</b>
DV1_35.0-415m	keringlijn loopt hier weer langs het water (damwand) / (geen voorland meer)
DV2_35.415-1115m	damwand wordt groene dijk
DV3_35.1115-2680m	bodemdeelgebied
DV4_35.2680-4225m	oriëntatie / voorland / vakgrens toetsing / kering over bedrijventerrein en langs snelweg
DV5_36.0-875m	snelweg wordt groene kering
DV6_36.875-1080m	keringlijn over snelweg / vakgrens toetsing / ringdeel
DV7_37.0-1773m	polderpeil / oriëntatie dijknormaal / vaklengte
DV8_37.1773-2887m	toetsoordeel / oriëntatie dijknormaal
DV9_37.2887-3152m	polderpeil / haven
DV10_37.3152-3380m	oriëntatie dijknormaal / strijklengte / vakgrens toetsing
DV11_38.0-500m	einde damwand / overgang naar groene kering
DV12_38.500-1110m	einde groene kering / begin damwand
DV13_38.1110-1680m	kering over de weg / oriëntatie dijknormaal / voorland
DV14_38.1680-1960m	ringdeel / vakgrens toetsing / oriëntatie dijknormaal
DV15_39.0-1450m	oriëntatie dijknormaal / strijklengte / vakgrens toetsing
DV16_40.0-495m	oriëntatie dijknormaal / strijklengte
DV17_40.495-2300m	snelweg / ringdeel / vakgrens toetsing (metreringsverschil)
DV18_41.0-810m	einde voorland met industrie
DV19_41.810-1245m	ringdeel / gemaal keizersveer met aanvoerkanaal / polderpeil
DV20_41.1245-1600m	Oude Maasje / sluis Schipdiep
DV21_OvdP.0-400m	oriëntatie dijknormaal (grens oude lijn)
DV22_OvdP.400-3700m	onderbemaling (grens oude lijn)
DV23_OvdP.3700-4600m	einde onderbemaling (grens oude lijn)
DV24_OvdP.4600-7000m	einde overdiepse polder (grens oude lijn)
DV25_50.0-950m	bodemdeelgebied
DV26_50.950-3600m	haven Waalwijk / einde geen oordeel bekleding
DV27_51.0-621m	einde haven
DV28_51.621-1400m	einde primaire kering





## Bijlage D Vergelijking faalkansen VNK2, 3<sup>e</sup> toetsing [ref 14] en dijkversterkingstrajecten

Vaknaam	Faalkans dijkvak (maatgevend faalmechanisme)	Onvoldoende (verlengde) 3 <sup>e</sup> toetsing	Afgekeurd faalmechanisme 3 <sup>e</sup> toetsing
DV1_35.0-415m	1/50.000 (overloop en golfoverslag)		
DV2_35.415-1115m	1/8.500 (overloop en golfoverslag)	onvoldoende (circa 140m)	
DV3_35.1115-2680m	1/19.000 (overloop en golfoverslag)		
DV4_35.2680-4225m	1/10.000 (overloop en golfoverslag)		
DV5_36.0-875m	1/24.000 (overloop en golfoverslag)		
DV6_36.875-1080m	1/1.400 (opbarsten en piping)		
DV7_37.0-1773m	1/1.400 (opbarsten en piping)		
DV8_37.1773-2887m	1/680 (opbarsten en piping)		
DV9_37.2887-3152m	1/84.000 (overloop en golfoverslag)		
DV10_37.3152-3380m	1/21.000 (overloop en golfoverslag)		
DV11_38.0-500m	1/67.000		

DV12_38.500-1110m	(overloop en golfoverslag) 1/34.000 (overloop en golfoverslag)		
DV13_38.1110-1680m	(overloop en golfoverslag) 1/11.000 (overloop en golfoverslag)		
DV14_38.1680-1960m	(overloop en golfoverslag) 1/13.000 (overloop en golfoverslag)		
DV15_39.0-1450m	(overloop en golfoverslag) 1/5.500 (overloop en golfoverslag)	onvoldoende	hoogte (HT)
DV16_40.0-495m	(overloop en golfoverslag) 1/16.000 (overloop en golfoverslag)		
DV17_40.495-2300m	(opbarsten en piping) 1/290 (opbarsten en piping)		
DV18_41.0-810m	(overloop en golfoverslag) 1/450.000 (overloop en golfoverslag)		
DV19_41.810-1245m	(overloop en golfoverslag) 1/390.000 (overloop en golfoverslag)		
DV20_41.1245-1600m	(opbarsten en piping) 1/3.800 (opbarsten en piping)		
DV21_OvdP.0-400m	(overloop en golfoverslag) < 1/1.000.000 (overloop en golfoverslag)		
DV22_OvdP.400-3700m	(opbarsten en piping) 1/100.000 (opbarsten en piping)		
DV23_OvdP.3700-4600m	(overloop en golfoverslag) < 1/1.000.000 (overloop en golfoverslag)		
DV24_OvdP.4600-7000m	(overloop en golfoverslag) 1/230.000 (overloop en golfoverslag)		
DV25_50.0-950m	(overloop en golfoverslag) 1/680.000 (overloop en golfoverslag)		

DV26_50.950-3600m	1/8.200 (overloop en golfoverslag)		
DV27_51.0-621m	1/5.000 (opbarsten en piping)		
DV28_51.621-1400m	1/20.000 (macrostabiliteit binnenwaarts)		
Keersluis Schipdiep (VNK.35.04.001)	<1/1.000.000		
Schutsluis Waalwijk (VNK.35.06.001)	<1/1.000.000	onvoldoende	sterkte constructieonderdelen (STCO), (in VNK zijn de nieuwe deuren doorgerekend)



## Bijlage E                      Scenariokansen

scenario	falend ringdeel	scenariokans	percentage van de ringkans
Scenario 1	1	6,44E-04	10,4%
Scenario 2	2	1,48E-03	23,9%
Scenario 3	3	2,95E-03	47,9%
Scenario 4	4	3,11E-08	0,0%
Scenario 5	5	1,74E-04	2,8%
Scenario 6	6	1,34E-04	2,2%
Scenario 7	1,2	6,88E-05	1,4%
Scenario 8	1,3	8,47E-05	1,1%
Scenario 9	1,4	1,69E-08	0,0%
Scenario 10	1,5	5,74E-06	0,1%
Scenario 11	1,6	1,09E-05	0,2%
Scenario 12	2,3	4,02E-04	6,5%
Scenario 13	2,4	3,15E-08	0,0%
Scenario 14	2,5	3,02E-05	0,7%
Scenario 15	2,6	4,53E-05	0,6%
Scenario 16	3,4	1,80E-08	0,0%
Scenario 17	3,5	3,50E-05	0,5%
Scenario 18	3,6	3,13E-05	0,6%
Scenario 19	4,5	5,54E-09	0,0%
Scenario 20	4,6	3,86E-07	0,0%
Scenario 21	5,6	4,10E-06	0,1%
Scenario 22	1,2,3	4,11E-05	0,7%
Scenario 23	1,2,4	1,41E-08	0,0%
Scenario 24	1,2,5	4,87E-06	0,1%
Scenario 25	1,2,6	8,29E-06	0,1%
Scenario 26	1,3,4	1,01E-08	0,0%
Scenario 27	1,3,5	5,01E-06	0,1%
Scenario 28	1,3,6	7,20E-06	0,1%
Scenario 29	1,4,5	3,59E-09	0,0%
Scenario 30	1,4,6	1,29E-07	0,0%
Scenario 31	1,5,6	8,09E-07	0,0%
Scenario 32	2,3,4	2,68E-08	0,0%
Scenario 33	2,3,5	1,74E-05	0,3%
Scenario 34	2,3,6	3,59E-05	0,5%
Scenario 35	2,4,5	7,41E-09	0,0%
Scenario 36	2,4,6	6,62E-07	0,0%
Scenario 37	2,5,6	4,03E-06	0,1%
Scenario 38	3,4,5	5,57E-09	0,0%
Scenario 39	3,4,6	1,67E-07	0,0%



<b>scenario</b>	<b>falend ringdeel</b>	<b>scenariokans</b>	<b>percentage van de ringkans</b>
Scenario 40	3,5,6	3,56E-06	0,1%
Scenario 41	4,5,6	5,23E-08	0,0%
Scenario 42	1,2,3,4	1,45E-08	0,0%
Scenario 43	1,2,3,5	4,26E-06	0,1%
Scenario 44	1,2,3,6	1,01E-05	0,2%
Scenario 45	1,2,4,5	6,38E-09	0,0%
Scenario 46	1,2,4,6	2,18E-07	0,0%
Scenario 47	1,2,5,6	1,46E-06	0,0%
Scenario 48	1,3,4,5	4,18E-09	0,0%
Scenario 49	1,3,4,6	7,71E-08	0,0%
Scenario 50	1,3,5,6	1,36E-06	0,0%
Scenario 51	1,4,5,6	3,10E-08	0,0%
Scenario 52	2,3,4,5	8,00E-09	0,0%
Scenario 53	2,3,4,6	6,07E-07	0,0%
Scenario 54	2,3,5,6	5,09E-06	0,1%
Scenario 55	2,4,5,6	1,03E-07	0,0%
Scenario 56	3,4,5,6	2,98E-08	0,0%
Scenario 57	1,2,3,4,5	6,09E-09	0,0%
Scenario 58	1,2,3,4,6	4,27E-07	0,0%
Scenario 59	1,2,3,5,6	2,11E-06	0,0%
Scenario 60	1,2,4,5,6	6,02E-08	0,0%
Scenario 61	1,3,4,5,6	2,87E-08	0,0%
Scenario 62	2,3,4,5,6	2,14E-07	0,0%
Scenario 63	1,2,3,4,5,6	2,03E-07	0,0%
Maximaal		0,00E-00	0,0%

## Bijlage F Overstromingsscenario's en koppelingen gevolgenberekening

### Enkelvoudige doorbraken

Ringdeel	Waterstand Maasmond [m+NAP]	Debiet Lith [m3/s]	Scenariokans	Status	OM/SSM berekeningen
Scenario: Scenario 1					
01_Wilhelminakanaal	2.65	2311.59	6.44E-04	Blue	01_Wilhelminakanaal_tp
Scenario: Scenario 2					
02_Donge	2.73	2657.33	1.47E-03	Blue	02_Donge_tp
Scenario: Scenario 3					
03_Dombosch	2.61	2097.47	2.95E-03	Blue	03_Dombosch_tp
Scenario: Scenario 4					
04_Keizersveer	2.62	5355.02	3.11E-08	Yellow	04_Keizersveer_tpp1d
Scenario: Scenario 5					
05_Overdiepsche_polder	2.55	2503.83	1.74E-04	Yellow	05_Overdiepsche_polder_tp
Scenario: Scenario 6					
06_Capelsche_uiteraard	2.45	4003.13	1.34E-04	Yellow	06_Capelsche_uiteraard_tpp1d

### Meervoudige doorbraken

Ringdeel	Waterstand Maasmond [m+NAP]	Debiet Lith [m3/s]	Scenariokans	Status	OM/SSM berekeningen
Scenario: Scenario 10					
01_Wilhelminakanaal	2.62	2831.55	5.74E-06	Yellow	01_Wilhelminakanaal_tp
05_Overdiepsche_polder	2.62	2831.55	5.74E-06	Yellow	05_Overdiepsche_polder_tp
Scenario: Scenario 11					
01_Wilhelminakanaal	2.53	4185.02	1.09E-05	Blue	01_Wilhelminakanaal_tp
06_Capelsche_uiteraard	2.53	4185.02	1.09E-05	Yellow	06_Capelsche_uiteraard_tpp1d
Scenario: Scenario 12					
02_Donge	2.71	2635.64	4.02E-04	Blue	02_Donge_tp
03_Dombosch	2.71	2635.64	4.02E-04	Blue	03_Dombosch_tp
Scenario: Scenario 13					
02_Donge	2.75	5571.55	3.15E-08	Blue	02_Donge_tp
04_Keizersveer	2.75	5571.55	3.15E-08	Yellow	04_Keizersveer_tpp1d
Scenario: Scenario 14					
02_Donge	2.69	3144.76	3.02E-05	Blue	02_Donge_tp
05_Overdiepsche_polder	2.69	3144.76	3.02E-05	Yellow	05_Overdiepsche_polder_tp
Scenario: Scenario 15					
02_Donge	2.59	4231.56	4.53E-05	Blue	02_Donge_tp
06_Capelsche_uiteraard	2.59	4231.56	4.53E-05	Yellow	06_Capelsche_uiteraard_tpp1d
Scenario: Scenario 16					
03_Dombosch	2.79	6138.82	1.80E-08	Blue	03_Dombosch_tp
04_Keizersveer	2.79	6138.82	1.80E-08	Yellow	04_Keizersveer_tpp1d
Scenario: Scenario 17					
03_Dombosch	2.61	2718.22	3.50E-05	Blue	03_Dombosch_tp

Ringdeel	Waterstand Maasmond [m+NAP]	Debiet Lith [m3/s]	Scenariokans	Status	OM/SSM berekeningen
05_Overdiepsche_polder	2.61	2718.22	3.50E-05	Yellow	05_Overdiepsche_polder_tp
Scenario: Scenario 18					
03_Dombosch	2.49	4113.94	3.13E-05	Blue	03_Dombosch_tp
06_Capelsche_uiterwaard	2.49	4113.94	3.13E-05	Yellow	06_Capelsche_uiterwaard_tpp1d
Scenario: Scenario 19					
04_Keizersveer	2.70	6659.76	5.54E-09	Yellow	04_Keizersveer_tpp1d
05_Overdiepsche_polder	2.70	6659.76	5.54E-09	Yellow	05_Overdiepsche_polder_tpp1d
Scenario: Scenario 20					
04_Keizersveer	2.50	5644.03	3.86E-07	Yellow	04_Keizersveer_tpp1d
06_Capelsche_uiterwaard	2.50	5644.03	3.86E-07	Yellow	06_Capelsche_uiterwaard_tpp1d
Scenario: Scenario 21					
05_Overdiepsche_polder	2.46	4324.75	4.10E-06	Yellow	05_Overdiepsche_polder_tpp1d
06_Capelsche_uiterwaard	2.46	4324.75	4.10E-06	Yellow	06_Capelsche_uiterwaard_tpp1d
Scenario: Scenario 22					
01_Wilhelminakanaal	2.73	2894.50	4.11E-05	Blue	01_Wilhelminakanaal_tp
02_Donge	2.73	2894.50	4.11E-05	Blue	02_Donge_tp
03_Dombosch	2.73	2894.50	4.11E-05	Blue	03_Dombosch_tp
Scenario: Scenario 23					
01_Wilhelminakanaal	2.85	6357.29	1.41E-08	Blue	01_Wilhelminakanaal_tp
02_Donge	2.85	6357.29	1.41E-08	Blue	02_Donge_tp
04_Keizersveer	2.85	6357.29	1.41E-08	Yellow	04_Keizersveer_tpp1d
Scenario: Scenario 24					
01_Wilhelminakanaal	2.71	3251.87	4.87E-06	Blue	01_Wilhelminakanaal_tp
02_Donge	2.71	3251.87	4.87E-06	Blue	02_Donge_tp
05_Overdiepsche_polder	2.71	3251.87	4.87E-06	Yellow	05_Overdiepsche_polder_tp
Scenario: Scenario 25					
01_Wilhelminakanaal	2.64	4184.05	8.29E-06	Blue	01_Wilhelminakanaal_tp
02_Donge	2.64	4184.05	8.29E-06	Blue	02_Donge_tp
06_Capelsche_uiterwaard	2.64	4184.05	8.29E-06	Yellow	06_Capelsche_uiterwaard_tpp1d
Scenario: Scenario 26					
01_Wilhelminakanaal	2.87	6664.02	1.01E-08	Blue	01_Wilhelminakanaal_tp
03_Dombosch	2.87	6664.02	1.01E-08	Blue	03_Dombosch_tp
04_Keizersveer	2.87	6664.02	1.01E-08	Yellow	04_Keizersveer_tpp1d
Scenario: Scenario 27					
01_Wilhelminakanaal	2.66	2970.42	5.01E-06	Blue	01_Wilhelminakanaal_tp
03_Dombosch	2.66	2970.42	5.01E-06	Blue	03_Dombosch_tp
05_Overdiepsche_polder	2.66	2970.42	5.01E-06	Yellow	05_Overdiepsche_polder_tp
Scenario: Scenario 28					
01_Wilhelminakanaal	2.57	3999.45	7.20E-06	Blue	01_Wilhelminakanaal_tp
03_Dombosch	2.57	3999.45	7.20E-06	Blue	03_Dombosch_tp
06_Capelsche_uiterwaard	2.57	3999.45	7.20E-06	Yellow	06_Capelsche_uiterwaard_tpp1d
Scenario: Scenario 29					
01_Wilhelminakanaal	2.80	7135.84	3.59E-09	Blue	01_Wilhelminakanaal_tp
04_Keizersveer	2.80	7135.84	3.59E-09	Yellow	04_Keizersveer_tpp1d
05_Overdiepsche_polder	2.80	7135.84	3.59E-09	Yellow	05_Overdiepsche_polder_tpp1d
Scenario: Scenario 30					
01_Wilhelminakanaal	2.55	6290.20	1.29E-07	Blue	01_Wilhelminakanaal_tp
04_Keizersveer	2.55	6290.20	1.29E-07	Yellow	04_Keizersveer_tpp1d
06_Capelsche_uiterwaard	2.55	6290.20	1.29E-07	Yellow	06_Capelsche_uiterwaard_tpp1d

Ringdeel	Waterstand Maasmond [m+NAP]	Debiet Lith [m3/s]	Scenariokans	Status	OM/SSM berekeningen
Scenario: Scenario 31					
01_Wilhelminakanaal	2.54	4214.50	8.09E-07	Blue	01_Wilhelminakanaal_tp
05_Overdiepsche_polder	2.54	4214.50	8.09E-07	Yellow	05_Overdiepsche_polder_tpp1d
06_Capelsche_uiterwaard	2.54	4214.50	8.09E-07	Yellow	06_Capelsche_uiterwaard_tpp1d
Scenario: Scenario 32					
02_Donge	2.83	6093.99	2.68E-08	Blue	02_Donge_tp
03_Dombosch	2.83	6093.99	2.68E-08	Blue	03_Dombosch_tp
04_Keizersveer	2.83	6093.99	2.68E-08	Yellow	04_Keizersveer_tpp1d
Scenario: Scenario 33					
02_Donge	2.68	3066.23	1.74E-05	Blue	02_Donge_tp
03_Dombosch	2.68	3066.23	1.74E-05	Blue	03_Dombosch_tp
05_Overdiepsche_polder	2.68	3066.23	1.74E-05	Yellow	05_Overdiepsche_polder_tp
Scenario: Scenario 34					
02_Donge	2.61	3877.79	3.59E-05	Blue	02_Donge_tp
03_Dombosch	2.61	3877.79	3.59E-05	Blue	03_Dombosch_tp
06_Capelsche_uiterwaard	2.61	3877.79	3.59E-05	Yellow	06_Capelsche_uiterwaard_tpp1d
Scenario: Scenario 35					
02_Donge	2.78	6638.76	7.41E-09	Blue	02_Donge_tp
04_Keizersveer	2.78	6638.76	7.41E-09	Yellow	04_Keizersveer_tpp1d
05_Overdiepsche_polder	2.78	6638.76	7.41E-09	Yellow	05_Overdiepsche_polder_tpp1d
Scenario: Scenario 36					
02_Donge	2.61	5792.19	6.62E-07	Blue	02_Donge_tp
04_Keizersveer	2.61	5792.19	6.62E-07	Yellow	04_Keizersveer_tpp1d
06_Capelsche_uiterwaard	2.61	5792.19	6.62E-07	Yellow	06_Capelsche_uiterwaard_tpp1d
Scenario: Scenario 37					
02_Donge	2.58	4334.55	4.03E-06	Blue	02_Donge_tp
05_Overdiepsche_polder	2.58	4334.55	4.03E-06	Yellow	05_Overdiepsche_polder_tpp1d
06_Capelsche_uiterwaard	2.58	4334.55	4.03E-06	Yellow	06_Capelsche_uiterwaard_tpp1d
Scenario: Scenario 38					
03_Dombosch	2.81	6919.74	5.57E-09	Blue	03_Dombosch_tp
04_Keizersveer	2.81	6919.74	5.57E-09	Yellow	04_Keizersveer_tpp1d
05_Overdiepsche_polder	2.81	6919.74	5.57E-09	Yellow	05_Overdiepsche_polder_tpp1d
Scenario: Scenario 39					
03_Dombosch	2.53	6292.39	1.67E-07	Blue	03_Dombosch_tp
04_Keizersveer	2.53	6292.39	1.67E-07	Yellow	04_Keizersveer_tpp1d
06_Capelsche_uiterwaard	2.53	6292.39	1.67E-07	Yellow	06_Capelsche_uiterwaard_tpp1d
Scenario: Scenario 40					
03_Dombosch	2.52	4117.31	3.56E-06	Blue	03_Dombosch_tp
05_Overdiepsche_polder	2.52	4117.31	3.56E-06	Yellow	05_Overdiepsche_polder_tpp1d
06_Capelsche_uiterwaard	2.52	4117.31	3.56E-06	Yellow	06_Capelsche_uiterwaard_tpp1d
Scenario: Scenario 41					
04_Keizersveer	2.48	6549.83	5.23E-08	Yellow	04_Keizersveer_tpp1d
05_Overdiepsche_polder	2.48	6549.83	5.23E-08	Yellow	05_Overdiepsche_polder_tpp1d
06_Capelsche_uiterwaard	2.48	6549.83	5.23E-08	Yellow	06_Capelsche_uiterwaard_tpp1d
Scenario: Scenario 42					
01_Wilhelminakanaal	2.88	6558.45	1.45E-08	Blue	01_Wilhelminakanaal_tp
02_Donge	2.88	6558.45	1.45E-08	Blue	02_Donge_tp
03_Dombosch	2.88	6558.45	1.45E-08	Blue	03_Dombosch_tp
04_Keizersveer	2.88	6558.45	1.45E-08	Yellow	04_Keizersveer_tpp1d

Ringdeel	Waterstand Maasmond [m+NAP]	Debiet Lith [m3/s]	Scenariokans	Status	OM/SSM berekeningen
Scenario: Scenario 43					
01_Wilhelminakanaal	2.70	3173.26	4.26E-06	Blue	01_Wilhelminakanaal_tp
02_Donge	2.70	3173.26	4.26E-06	Blue	02_Donge_tp
03_Dombosch	2.70	3173.26	4.26E-06	Blue	03_Dombosch_tp
05_Overdiepsche_polder	2.70	3173.26	4.26E-06	Yellow	05_Overdiepsche_polder_tp
Scenario: Scenario 44					
01_Wilhelminakanaal	2.66	3746.12	1.01E-05	Blue	01_Wilhelminakanaal_tp
02_Donge	2.66	3746.12	1.01E-05	Blue	02_Donge_tp
03_Dombosch	2.66	3746.12	1.01E-05	Blue	03_Dombosch_tp
06_Capelsche_uiteerwaard	2.66	3746.12	1.01E-05	Yellow	06_Capelsche_uiteerwaard_tp
Scenario: Scenario 45					
01_Wilhelminakanaal	2.85	6987.44	6.38E-09	Blue	01_Wilhelminakanaal_tp
02_Donge	2.85	6987.44	6.38E-09	Blue	02_Donge_tp
04_Keizersveer	2.85	6987.44	6.38E-09	Yellow	04_Keizersveer_tpp1d
05_Overdiepsche_polder	2.85	6987.44	6.38E-09	Yellow	05_Overdiepsche_polder_tpp1d
Scenario: Scenario 46					
01_Wilhelminakanaal	2.67	6150.43	2.18E-07	Blue	01_Wilhelminakanaal_tp
02_Donge	2.67	6150.43	2.18E-07	Blue	02_Donge_tp
04_Keizersveer	2.67	6150.43	2.18E-07	Yellow	04_Keizersveer_tpp1d
06_Capelsche_uiteerwaard	2.67	6150.43	2.18E-07	Yellow	06_Capelsche_uiteerwaard_tpp1d
Scenario: Scenario 47					
01_Wilhelminakanaal	2.63	4081.65	1.46E-06	Blue	01_Wilhelminakanaal_tp
02_Donge	2.63	4081.65	1.46E-06	Blue	02_Donge_tp
05_Overdiepsche_polder	2.63	4081.65	1.46E-06	Yellow	05_Overdiepsche_polder_tpp1d
06_Capelsche_uiteerwaard	2.63	4081.65	1.46E-06	Yellow	06_Capelsche_uiteerwaard_tpp1d
Scenario: Scenario 48					
01_Wilhelminakanaal	2.87	7087.34	4.18E-09	Blue	01_Wilhelminakanaal_tp
03_Dombosch	2.87	7087.34	4.18E-09	Blue	03_Dombosch_tp
04_Keizersveer	2.87	7087.34	4.18E-09	Yellow	04_Keizersveer_tpp1d
05_Overdiepsche_polder	2.87	7087.34	4.18E-09	Yellow	05_Overdiepsche_polder_tpp1d
Scenario: Scenario 49					
01_Wilhelminakanaal	2.57	6535.59	7.71E-08	Blue	01_Wilhelminakanaal_tp
03_Dombosch	2.57	6535.59	7.71E-08	Blue	03_Dombosch_tp
04_Keizersveer	2.57	6535.59	7.71E-08	Yellow	04_Keizersveer_tpp1d
06_Capelsche_uiteerwaard	2.57	6535.59	7.71E-08	Yellow	06_Capelsche_uiteerwaard_tpp1d
Scenario: Scenario 50					
01_Wilhelminakanaal	2.58	3930.55	1.36E-06	Blue	01_Wilhelminakanaal_tp
03_Dombosch	2.58	3930.55	1.36E-06	Blue	03_Dombosch_tp
05_Overdiepsche_polder	2.58	3930.55	1.36E-06	Yellow	05_Overdiepsche_polder_tpp1d
06_Capelsche_uiteerwaard	2.58	3930.55	1.36E-06	Yellow	06_Capelsche_uiteerwaard_tpp1d
Scenario: Scenario 51					
01_Wilhelminakanaal	2.55	6569.85	3.10E-08	Blue	01_Wilhelminakanaal_tp
04_Keizersveer	2.55	6569.85	3.10E-08	Yellow	04_Keizersveer_tpp1d
05_Overdiepsche_polder	2.55	6569.85	3.10E-08	Yellow	05_Overdiepsche_polder_tpp1d
06_Capelsche_uiteerwaard	2.55	6569.85	3.10E-08	Yellow	06_Capelsche_uiteerwaard_tpp1d
Scenario: Scenario 52					
02_Donge	2.84	6814.96	8.00E-09	Blue	02_Donge_tp
03_Dombosch	2.84	6814.96	8.00E-09	Blue	03_Dombosch_tp
04_Keizersveer	2.84	6814.96	8.00E-09	Yellow	04_Keizersveer_tpp1d

Ringdeel	Waterstand Maasmond [m+NAP]	Debiet Lith [m3/s]	Scenariokans	Status	OM/SSM berekeningen
05_Overdiepsche_polder	2.84	6814.96	8.00E-09	Yellow	05_Overdiepsche_polder_tpp1d
Scenario: Scenario 53					
02_Donge	2.64	5869.08	6.07E-07	Blue	02_Donge_tp
03_Dombosch	2.64	5869.08	6.07E-07	Blue	03_Dombosch_tp
04_Keizersveer	2.64	5869.08	6.07E-07	Yellow	04_Keizersveer_tpp1d
06_Capelsche_uiterwaard	2.64	5869.08	6.07E-07	Yellow	06_Capelsche_uiterwaard_tpp1d
Scenario: Scenario 54					
02_Donge	2.61	3876.66	5.09E-06	Blue	02_Donge_tp
03_Dombosch	2.61	3876.66	5.09E-06	Blue	03_Dombosch_tp
05_Overdiepsche_polder	2.61	3876.66	5.09E-06	Yellow	05_Overdiepsche_polder_tpp1d
06_Capelsche_uiterwaard	2.61	3876.66	5.09E-06	Yellow	06_Capelsche_uiterwaard_tpp1d
Scenario: Scenario 55					
02_Donge	2.60	6412.61	1.03E-07	Blue	02_Donge_tp
04_Keizersveer	2.60	6412.61	1.03E-07	Yellow	04_Keizersveer_tpp1d
05_Overdiepsche_polder	2.60	6412.61	1.03E-07	Yellow	05_Overdiepsche_polder_tpp1d
06_Capelsche_uiterwaard	2.60	6412.61	1.03E-07	Yellow	06_Capelsche_uiterwaard_tpp1d
Scenario: Scenario 56					
03_Dombosch	2.51	6860.00	2.98E-08	Blue	03_Dombosch_tp
04_Keizersveer	2.51	6860.00	2.98E-08	Yellow	04_Keizersveer_tpp1d
05_Overdiepsche_polder	2.51	6860.00	2.98E-08	Yellow	05_Overdiepsche_polder_tpp1d
06_Capelsche_uiterwaard	2.51	6860.00	2.98E-08	Yellow	06_Capelsche_uiterwaard_tpp1d
Scenario: Scenario 57					
01_Wilhelminakanaal	2.88	6968.41	6.09E-09	Blue	01_Wilhelminakanaal_tp
02_Donge	2.88	6968.41	6.09E-09	Blue	02_Donge_tp
03_Dombosch	2.88	6968.41	6.09E-09	Blue	03_Dombosch_tp
04_Keizersveer	2.88	6968.41	6.09E-09	Yellow	04_Keizersveer_tpp1d
05_Overdiepsche_polder	2.88	6968.41	6.09E-09	Yellow	05_Overdiepsche_polder_tpp1d
Scenario: Scenario 58					
01_Wilhelminakanaal	2.69	5764.68	4.27E-07	Blue	01_Wilhelminakanaal_tp
02_Donge	2.69	5764.68	4.27E-07	Blue	02_Donge_tp
03_Dombosch	2.69	5764.68	4.27E-07	Blue	03_Dombosch_tp
04_Keizersveer	2.69	5764.68	4.27E-07	Yellow	04_Keizersveer_tpp1d
06_Capelsche_uiterwaard	2.69	5764.68	4.27E-07	Yellow	06_Capelsche_uiterwaard_tpp1d
Scenario: Scenario 59					
01_Wilhelminakanaal	2.65	3688.04	2.11E-06	Blue	01_Wilhelminakanaal_tp
02_Donge	2.65	3688.04	2.11E-06	Blue	02_Donge_tp
03_Dombosch	2.65	3688.04	2.11E-06	Blue	03_Dombosch_tp
05_Overdiepsche_polder	2.65	3688.04	2.11E-06	Yellow	05_Overdiepsche_polder_tp
06_Capelsche_uiterwaard	2.65	3688.04	2.11E-06	Yellow	06_Capelsche_uiterwaard_tp
Scenario: Scenario 60					
01_Wilhelminakanaal	2.65	6147.64	6.02E-08	Blue	01_Wilhelminakanaal_tp
02_Donge	2.65	6147.64	6.02E-08	Blue	02_Donge_tp
04_Keizersveer	2.65	6147.64	6.02E-08	Yellow	04_Keizersveer_tpp1d
05_Overdiepsche_polder	2.65	6147.64	6.02E-08	Yellow	05_Overdiepsche_polder_tpp1d
06_Capelsche_uiterwaard	2.65	6147.64	6.02E-08	Yellow	06_Capelsche_uiterwaard_tpp1d
Scenario: Scenario 61					
01_Wilhelminakanaal	2.56	6653.65	2.87E-08	Blue	01_Wilhelminakanaal_tp
03_Dombosch	2.56	6653.65	2.87E-08	Blue	03_Dombosch_tp
04_Keizersveer	2.56	6653.65	2.87E-08	Yellow	04_Keizersveer_tpp1d

Ringdeel	Waterstand Maasmond [m+NAP]	Debiet Lith [m3/s]	Scenariokans	Status	OM/SSM berekeningen
05_Overdiepsche_polder	2.56	6653.65	2.87E-08	Yellow	05_Overdiepsche_polder_tpp1d
06_Capelsche_uiterwaard	2.56	6653.65	2.87E-08	Yellow	06_Capelsche_uiterwaard_tpp1d
Scenario: Scenario 62					
02_Donge	2.63	5992.46	2.14E-07	Blue	02_Donge_tp
03_Dombosch	2.63	5992.46	2.14E-07	Blue	03_Dombosch_tp
04_Keizersveer	2.63	5992.46	2.14E-07	Yellow	04_Keizersveer_tpp1d
05_Overdiepsche_polder	2.63	5992.46	2.14E-07	Yellow	05_Overdiepsche_polder_tpp1d
06_Capelsche_uiterwaard	2.63	5992.46	2.14E-07	Yellow	06_Capelsche_uiterwaard_tpp1d
Scenario: Scenario 63					
01_Wilhelminakanaal	2.68	5445.58	2.03E-07	Blue	01_Wilhelminakanaal_tp
02_Donge	2.68	5445.58	2.03E-07	Blue	02_Donge_tp
03_Dombosch	2.68	5445.58	2.03E-07	Blue	03_Dombosch_tp
04_Keizersveer	2.68	5445.58	2.03E-07	Yellow	04_Keizersveer_tpp1d
05_Overdiepsche_polder	2.68	5445.58	2.03E-07	Yellow	05_Overdiepsche_polder_tpp1d
06_Capelsche_uiterwaard	2.68	5445.58	2.03E-07	Yellow	06_Capelsche_uiterwaard_tpp1d
Scenario: Scenario 7					
01_Wilhelminakanaal	2.77	2982.21	6.88E-05	Blue	01_Wilhelminakanaal_tp
02_Donge	2.77	2982.21	6.88E-05	Blue	02_Donge_tp
Scenario: Scenario 8					
01_Wilhelminakanaal	2.68	2565.04	8.47E-05	Blue	01_Wilhelminakanaal_tp
03_Dombosch	2.68	2565.04	8.47E-05	Blue	03_Dombosch_tp
Scenario: Scenario 9					
01_Wilhelminakanaal	2.81	6393.05	1.69E-08	Blue	01_Wilhelminakanaal_tp
04_Keizersveer	2.81	6393.05	1.69E-08	Yellow	04_Keizersveer_tpp1d

## Bijlage G Kansen, gevolgen en risico's per scenario

Scenario	Evacuatiedeelscenario 1			Evacuatiedeelscenario 2			Evacuatiedeelscenario 3			Evacuatiedeelscenario 4		
	(Onverwachte overstroming geen evacuatie)			(Onverwachte overstroming niet georganiseerde evacuatie)			(Verwachte overstroming niet georganiseerde evacuatie)			(Verwachte overstroming georganiseerde evacuatie)		
	Conditionele kans	Economisch risico	Slachtoffer risico	Conditionele kans	Economisch risico	Slachtoffer risico	Conditionele kans	Economisch risico	Slachtoffer risico	Conditionele kans	Economisch risico	Slachtoffer risico
1	2,57E-04	4,59E+02	6,52E+01	2,83E-04	4,53E+02	2,67E+01	7,72E-05	4,50E+02	9,78E+00	2,57E-05	4,50E+02	6,52E+00
2	5,90E-04	2,47E+02	2,22E+01	6,49E-04	2,45E+02	9,12E+00	1,77E-04	2,44E+02	3,34E+00	5,90E-05	2,44E+02	2,22E+00
3	1,18E-03	1,54E+02	1,26E+00	1,30E-03	1,54E+02	5,15E-01	3,54E-04	1,54E+02	1,88E-01	1,18E-04	1,54E+02	1,26E-01
4	3,11E-09	1,52E+03	1,37E+02	2,49E-09	1,51E+03	5,61E+01	1,31E-08	1,50E+03	2,05E+01	1,24E-08	1,50E+03	1,37E+01
5	1,74E-05	4,17E+02	2,02E+01	1,39E-05	4,15E+02	8,30E+00	7,29E-05	4,15E+02	3,03E+00	6,94E-05	4,14E+02	2,02E+00
6	1,34E-05	2,81E+03	2,80E+02	1,07E-05	2,79E+03	1,15E+02	5,61E-05	2,77E+03	4,19E+01	5,35E-05	2,77E+03	2,80E+01
7	2,75E-05	7,06E+02	8,74E+01	3,03E-05	6,98E+02	3,58E+01	8,25E-06	6,94E+02	1,31E+01	2,75E-06	6,94E+02	8,74E+00
8	3,39E-05	6,12E+02	6,65E+01	3,73E-05	6,06E+02	2,72E+01	1,02E-05	6,04E+02	9,97E+00	3,39E-06	6,03E+02	6,65E+00
9	6,74E-09	1,84E+03	2,30E+02	7,41E-09	1,83E+03	9,44E+01	2,02E-09	1,82E+03	3,45E+01	6,74E-10	1,82E+03	2,30E+01
10	2,29E-06	8,75E+02	8,54E+01	2,52E-06	8,68E+02	3,50E+01	6,88E-07	8,65E+02	1,28E+01	2,29E-07	8,64E+02	8,54E+00
11	4,35E-06	2,81E+03	3,08E+02	4,79E-06	2,79E+03	1,26E+02	1,31E-06	2,77E+03	4,63E+01	4,35E-07	2,77E+03	3,08E+01
12	1,61E-04	4,01E+02	2,35E+01	1,77E-04	3,99E+02	9,63E+00	4,82E-05	3,98E+02	3,52E+00	1,61E-05	3,98E+02	2,35E+00
13	1,26E-08	1,56E+03	1,46E+02	1,38E-08	1,54E+03	5,98E+01	3,78E-09	1,54E+03	2,19E+01	1,26E-09	1,54E+03	1,46E+01
14	1,21E-05	6,17E+02	4,39E+01	1,33E-05	6,13E+02	1,80E+01	3,63E-06	6,12E+02	6,59E+00	1,21E-06	6,11E+02	4,39E+00
15	1,81E-05	2,81E+03	2,80E+02	1,99E-05	2,79E+03	1,15E+02	5,44E-06	2,77E+03	4,19E+01	1,81E-06	2,77E+03	2,80E+01
16	7,19E-09	1,67E+03	1,38E+02	7,91E-09	1,66E+03	5,66E+01	2,16E-09	1,65E+03	2,07E+01	7,19E-10	1,65E+03	1,38E+01
17	1,40E-05	5,70E+02	2,15E+01	1,54E-05	5,69E+02	8,81E+00	4,20E-06	5,68E+02	3,22E+00	1,40E-06	5,68E+02	2,15E+00
18	1,25E-05	2,96E+03	2,81E+02	1,38E-05	2,94E+03	1,15E+02	3,75E-06	2,93E+03	4,21E+01	1,25E-06	2,93E+03	2,81E+01
19	2,22E-09	2,31E+03	2,13E+02	2,44E-09	2,29E+03	8,72E+01	6,65E-10	2,28E+03	3,19E+01	2,22E-10	2,28E+03	2,13E+01
20	1,54E-07	2,81E+03	2,80E+02	1,70E-07	2,79E+03	1,15E+02	4,63E-08	2,77E+03	4,19E+01	1,54E-08	2,77E+03	2,80E+01
21	1,64E-06	2,81E+03	2,80E+02	1,80E-06	2,79E+03	1,15E+02	4,92E-07	2,77E+03	4,19E+01	1,64E-07	2,77E+03	2,80E+01



Scenario	Evacuatiedeelscenario 1				Evacuatiedeelscenario 2				Evacuatiedeelscenario 3				Evacuatiedeelscenario 4			
	(Onverwachte overstroming geen evacuatie)				(Onverwachte overstroming niet georganiseerde evacuatie)				(Verwachte overstroming niet georganiseerde evacuatie)				(Verwachte overstroming georganiseerde evacuatie)			
	Conditionele	Economisch	Slachtoffer	Slachtoffer	Conditionele	Economisch	Slachtoffer	Slachtoffer	Conditionele	Economisch	Slachtoffer	Slachtoffer	Conditionele	Economisch	Slachtoffer	Slachtoffer
22	1,65E-05	8,59E+02	8,87E+01	8,87E+01	1,81E-05	8,52E+02	3,64E+01	3,64E+01	4,94E-06	8,48E+02	1,33E+01	1,33E+01	1,65E-06	8,47E+02	8,87E+00	
23	5,63E-09	1,88E+03	2,39E+02	2,39E+02	6,19E-09	1,87E+03	9,81E+01	9,81E+01	1,69E-09	1,86E+03	3,59E+01	3,59E+01	5,63E-10	1,86E+03	2,39E+01	
24	1,95E-06	1,08E+03	1,09E+02	1,09E+02	2,14E-06	1,07E+03	4,47E+01	4,47E+01	5,84E-07	1,06E+03	1,64E+01	1,64E+01	1,95E-07	1,06E+03	1,09E+01	
25	3,32E-06	2,81E+03	3,08E+02	3,08E+02	3,65E-06	2,79E+03	1,26E+02	1,26E+02	9,95E-07	2,77E+03	4,63E+01	4,63E+01	3,32E-07	2,77E+03	3,08E+01	
26	4,02E-09	2,00E+03	2,31E+02	2,31E+02	4,43E-09	1,98E+03	9,49E+01	9,49E+01	1,21E-09	1,97E+03	3,47E+01	3,47E+01	4,02E-10	1,97E+03	2,31E+01	
27	2,01E-06	1,03E+03	8,67E+01	8,67E+01	2,21E-06	1,02E+03	3,55E+01	3,55E+01	6,02E-07	1,02E+03	1,30E+01	1,30E+01	2,01E-07	1,02E+03	8,67E+00	
28	2,88E-06	2,96E+03	3,10E+02	3,10E+02	3,17E-06	2,94E+03	1,27E+02	1,27E+02	8,64E-07	2,93E+03	4,65E+01	4,65E+01	2,88E-07	2,93E+03	3,10E+01	
29	1,43E-09	2,53E+03	2,88E+02	2,88E+02	1,58E-09	2,51E+03	1,18E+02	1,18E+02	4,30E-10	2,50E+03	4,32E+01	4,32E+01	1,43E-10	2,50E+03	2,88E+01	
30	5,18E-08	2,81E+03	3,08E+02	3,08E+02	5,70E-08	2,79E+03	1,26E+02	1,26E+02	1,55E-08	2,77E+03	4,63E+01	4,63E+01	5,18E-09	2,77E+03	3,08E+01	
31	3,23E-07	2,81E+03	3,08E+02	3,08E+02	3,56E-07	2,79E+03	1,26E+02	1,26E+02	9,70E-08	2,77E+03	4,63E+01	4,63E+01	3,23E-08	2,77E+03	3,08E+01	
32	1,07E-08	1,71E+03	1,47E+02	1,47E+02	1,18E-08	1,70E+03	6,04E+01	6,04E+01	3,22E-09	1,69E+03	2,21E+01	2,21E+01	1,07E-09	1,69E+03	1,47E+01	
33	6,96E-06	7,71E+02	4,52E+01	4,52E+01	7,65E-06	7,67E+02	1,85E+01	1,85E+01	2,09E-06	7,65E+02	6,78E+00	6,78E+00	6,96E-07	7,65E+02	4,52E+00	
34	1,43E-05	2,96E+03	2,81E+02	2,81E+02	1,58E-05	2,94E+03	1,15E+02	1,15E+02	4,30E-06	2,93E+03	4,21E+01	4,21E+01	1,43E-06	2,93E+03	2,81E+01	
35	2,96E-09	2,31E+03	2,13E+02	2,13E+02	3,26E-09	2,29E+03	8,72E+01	8,72E+01	8,89E-10	2,28E+03	3,19E+01	3,19E+01	2,96E-10	2,28E+03	2,13E+01	
36	2,65E-07	2,81E+03	2,80E+02	2,80E+02	2,91E-07	2,79E+03	1,15E+02	1,15E+02	7,94E-08	2,77E+03	4,19E+01	4,19E+01	2,65E-08	2,77E+03	2,80E+01	
37	1,61E-06	2,81E+03	2,80E+02	2,80E+02	1,77E-06	2,79E+03	1,15E+02	1,15E+02	4,83E-07	2,77E+03	4,19E+01	4,19E+01	1,61E-07	2,77E+03	2,80E+01	
38	2,23E-09	2,46E+03	2,14E+02	2,14E+02	2,45E-09	2,44E+03	8,77E+01	8,77E+01	6,68E-10	2,43E+03	3,21E+01	3,21E+01	2,23E-10	2,43E+03	2,14E+01	
39	6,67E-08	2,96E+03	2,81E+02	2,81E+02	7,33E-08	2,94E+03	1,15E+02	1,15E+02	2,00E-08	2,93E+03	4,21E+01	4,21E+01	6,67E-09	2,93E+03	2,81E+01	
40	1,42E-06	2,96E+03	2,81E+02	2,81E+02	1,57E-06	2,94E+03	1,15E+02	1,15E+02	4,27E-07	2,93E+03	4,21E+01	4,21E+01	1,42E-07	2,93E+03	2,81E+01	
41	2,09E-08	2,81E+03	2,80E+02	2,80E+02	2,30E-08	2,79E+03	1,15E+02	1,15E+02	6,28E-09	2,77E+03	4,19E+01	4,19E+01	2,09E-09	2,77E+03	2,80E+01	
42	5,79E-09	2,04E+03	2,41E+02	2,41E+02	6,37E-09	2,02E+03	9,87E+01	9,87E+01	1,74E-09	2,01E+03	3,61E+01	3,61E+01	5,79E-10	2,01E+03	2,41E+01	
43	1,70E-06	1,23E+03	1,10E+02	1,10E+02	1,87E-06	1,22E+03	4,53E+01	4,53E+01	5,11E-07	1,22E+03	1,66E+01	1,66E+01	1,70E-07	1,21E+03	1,10E+01	
44	4,06E-06	2,36E+03	2,05E+02	2,05E+02	4,46E-06	2,34E+03	8,39E+01	8,39E+01	1,22E-06	2,34E+03	3,07E+01	3,07E+01	4,06E-07	2,33E+03	2,05E+01	
45	2,55E-09	2,53E+03	2,88E+02	2,88E+02	2,81E-09	2,51E+03	1,18E+02	1,18E+02	7,66E-10	2,50E+03	4,32E+01	4,32E+01	2,55E-10	2,50E+03	2,88E+01	
46	8,71E-08	2,81E+03	3,08E+02	3,08E+02	9,58E-08	2,79E+03	1,26E+02	1,26E+02	2,61E-08	2,77E+03	4,63E+01	4,63E+01	8,71E-09	2,77E+03	3,08E+01	

Scenario	Evacuatie-deelscenario 1				Evacuatie-deelscenario 2				Evacuatie-deelscenario 3				Evacuatie-deelscenario 4			
	(Onverwachte overstroming geen evacuatie)				(Onverwachte overstroming niet georganiseerde evacuatie)				(Verwachte overstroming niet georganiseerde evacuatie)				(Verwachte overstroming georganiseerde evacuatie)			
	Conditionele	Economisch	Slachtoffer	Slachtoffer	Conditionele	Economisch	Slachtoffer	Slachtoffer	Conditionele	Economisch	Slachtoffer	Slachtoffer	Conditionele	Economisch	Slachtoffer	Slachtoffer
47	5,82E-07	2,81E+03	3,08E+02	3,08E+02	6,40E-07	2,79E+03	1,26E+02	1,26E+02	1,75E-07	2,77E+03	4,63E+01	4,63E+01	5,82E-08	2,77E+03	3,08E+01	3,08E+01
48	1,67E-09	2,69E+03	2,89E+02	2,89E+02	1,84E-09	2,66E+03	1,19E+02	1,19E+02	5,02E-10	2,65E+03	4,34E+01	4,34E+01	1,67E-10	2,65E+03	2,89E+01	2,89E+01
49	3,09E-08	2,96E+03	3,10E+02	3,10E+02	3,39E-08	2,94E+03	1,27E+02	1,27E+02	9,26E-09	2,93E+03	4,65E+01	4,65E+01	3,09E-09	2,93E+03	3,10E+01	3,10E+01
50	5,44E-07	2,96E+03	3,10E+02	3,10E+02	5,98E-07	2,94E+03	1,27E+02	1,27E+02	1,63E-07	2,93E+03	4,65E+01	4,65E+01	5,44E-08	2,93E+03	3,10E+01	3,10E+01
51	1,24E-08	2,81E+03	3,08E+02	3,08E+02	1,36E-08	2,79E+03	1,26E+02	1,26E+02	3,72E-09	2,77E+03	4,63E+01	4,63E+01	1,24E-09	2,77E+03	3,08E+01	3,08E+01
52	3,20E-09	2,46E+03	2,14E+02	2,14E+02	3,52E-09	2,44E+03	8,77E+01	8,77E+01	9,60E-10	2,43E+03	3,21E+01	3,21E+01	3,20E-10	2,43E+03	2,14E+01	2,14E+01
53	2,43E-07	2,96E+03	2,81E+02	2,81E+02	2,67E-07	2,94E+03	1,15E+02	1,15E+02	7,29E-08	2,93E+03	4,21E+01	4,21E+01	2,43E-08	2,93E+03	2,81E+01	2,81E+01
54	2,04E-06	2,96E+03	2,81E+02	2,81E+02	2,24E-06	2,94E+03	1,15E+02	1,15E+02	6,11E-07	2,93E+03	4,21E+01	4,21E+01	2,04E-07	2,93E+03	2,81E+01	2,81E+01
55	4,13E-08	2,81E+03	2,80E+02	2,80E+02	4,55E-08	2,79E+03	1,15E+02	1,15E+02	1,24E-08	2,77E+03	4,19E+01	4,19E+01	4,13E-09	2,77E+03	2,80E+01	2,80E+01
56	1,19E-08	2,96E+03	2,81E+02	2,81E+02	1,31E-08	2,94E+03	1,15E+02	1,15E+02	3,57E-09	2,93E+03	4,21E+01	4,21E+01	1,19E-09	2,93E+03	2,81E+01	2,81E+01
57	2,44E-09	2,69E+03	2,89E+02	2,89E+02	2,68E-09	2,66E+03	1,19E+02	1,19E+02	7,31E-10	2,65E+03	4,34E+01	4,34E+01	2,44E-10	2,65E+03	2,89E+01	2,89E+01
58	1,71E-07	2,96E+03	3,10E+02	3,10E+02	1,88E-07	2,94E+03	1,27E+02	1,27E+02	5,13E-08	2,93E+03	4,65E+01	4,65E+01	1,71E-08	2,93E+03	3,10E+01	3,10E+01
59	8,45E-07	2,43E+03	2,18E+02	2,18E+02	9,29E-07	2,41E+03	8,93E+01	8,93E+01	2,53E-07	2,40E+03	3,27E+01	3,27E+01	8,45E-08	2,40E+03	2,18E+01	2,18E+01
60	2,41E-08	2,81E+03	3,08E+02	3,08E+02	2,65E-08	2,79E+03	1,26E+02	1,26E+02	7,22E-09	2,77E+03	4,63E+01	4,63E+01	2,41E-09	2,77E+03	3,08E+01	3,08E+01
61	1,15E-08	2,96E+03	3,10E+02	3,10E+02	1,26E-08	2,94E+03	1,27E+02	1,27E+02	3,44E-09	2,93E+03	4,65E+01	4,65E+01	1,15E-09	2,93E+03	3,10E+01	3,10E+01
62	8,57E-08	2,96E+03	2,81E+02	2,81E+02	9,43E-08	2,94E+03	1,15E+02	1,15E+02	2,57E-08	2,93E+03	4,21E+01	4,21E+01	8,57E-09	2,93E+03	2,81E+01	2,81E+01
63	8,13E-08	2,96E+03	3,10E+02	3,10E+02	8,95E-08	2,94E+03	1,27E+02	1,27E+02	2,44E-08	2,93E+03	4,65E+01	4,65E+01	8,13E-09	2,93E+03	3,10E+01	3,10E+01
maximaal	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00



**Uitgegeven door**

Rijkswaterstaat WVL  
Projectbureau VNK2  
Postbus 17  
8200 AA Lelystad  
T. 0320 298411

**Betrokken beheerder**

Dušan Božić (Waterschap Brabantse Delta)  
Victor Witter (Waterschap Brabantse Delta)

**Betrokken Provincie**

Marja Segers (Provincie Noord-Brabant)

**Projectteam dijkkring 35**

Projectleider:  
Bram de Groot (RPS)

Begeleiding vanuit het projectbureau:  
Wouter ter Horst (HKV)

**Projectteam:**

Maarten van Dieren (RPS)  
Herman-Jaap Lodder (RPS)  
Roy Mom (INFRAM)  
Trude Maas (Lievense)  
Erik Fiktorie (Lievense)

**Kwaliteitsborging**

Het Expertise Netwerk Waterveiligheid (ENW) heeft een bijdrage geleverd aan de kwaliteitsborging van dit project.



Ministerie van Infrastructuur en Milieu

Interprovinciaal Overleg **ip**<sup>o</sup>

 UNIE VAN  
WATERSCHAPPEN

Kijk voor meer informatie op  
[www.helpdeskwater.nl](http://www.helpdeskwater.nl) of bel 0800-6592837