

Veiligheid Nederland in kaart

VNK2

VNK2

Overstromingsrisico Dijkkring 9 Vollenhove



Overstromingsrisico Dijkkring 9 Vollenhove

December 2012

December 2012



Ministerie van Infrastructuur en Milieu

Interprovinciaal Overleg **ip**

UNIE VAN WATERSCHAPPEN

Kijk voor meer informatie op
www.helpdeskwater.nl of bel 0800-6592837

Veiligheid Nederland in Kaart 2

Overstromingsrisico dijkkringgebied 9 Vollenhove

Documenttitel	Veiligheid Nederland in Kaart 2 Overstromingsrisico dijkkringgebied 9 Vollenhove
Document	HB 1838728
Status	Definitief
Datum	22 november 2012
Auteur	Maurits van Dijk (Tauw) Nander van der Plicht (Tauw) Bob van Bree (Tauw)
Opdrachtnemer	Rijkswaterstaat Waterdienst
Uitgevoerd door	Consortium DOT (combinatie van DHV, Oranjewoud, Tauw)
Opdrachtgevers	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 9, Vollenhove. 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 dijkkring 9, 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 Overijssel heeft de overstromingsberekeningen uitgevoerd, die ten grondslag liggen aan de berekende gevolgen van de overstromingsscenario's. De beheerders hebben 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 (nHWBP) worden geprioriteerd, aanvullende gegevens gericht worden ingewonnen en middelen en menskracht tijdens hoogwatersituaties optimaler worden ingezet. Ten slotte vormen de resultaten van VNK2 input voor de verschillende Deltadeelprogramma's en de onderbouwing voor nieuwe normering.

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

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

Harry Stefess
Projectmanager VNK2, Rijkswaterstaat Waterdienst

Inhoudsopgave

Managementsamenvatting	1
Technische samenvatting	7
1 Inleiding	15
1.1 Aanleiding project Veiligheid van Nederland in Kaart	15
1.2 Projectopdracht Veiligheid van Nederland in Kaart	15
1.3 Overschrijdingskansen en overstromingskansen	16
1.4 Rekenmethode VNK2	16
1.5 Leeswijzer	19
2 Gebiedsbeschrijving en schematisatie	21
2.1 Beschrijving dijkkringgebied 9: Vollenhove	21
2.1.1 Gebiedsbeschrijving	21
2.1.2 Beheerder	23
2.1.3 De primaire waterkering van dijkkringgebied 9	23
2.1.4 Bodemopbouw dijkkringgebied 9	25
2.2 Ontstaansgeschiedenis	26
2.3 Recente geschiedenis: bedreigingen, versterkingen en de 3 ^e toetsronde	28
2.3.1 Overstromingsrampen	28
2.3.2 Versterkingen	28
2.3.3 Resultaten uit de 3 ^e toetsronde	28
2.4 Vakindeling categorie a-kering	30
2.4.1 Vakindeling dijken	30
2.4.2 Overzicht vakindeling	30
2.5 Kunstwerken	30
3 Overstromingskans	35
3.1 Aanpak en uitgangspunten	35
3.2 Beschouwde faalmechanismen	35
3.2.1 Faalmechanismen dijken	35
3.2.2 Faalmechanismen kunstwerken	36
3.3 Niet beschouwde faalmechanismen	38
3.4 Berekende overstromingskansen	39
3.4.1 Overstromingskans en faalkansen per faalmechanisme	39
3.4.2 Faalkansen dijken	40
3.4.3 Overzicht faalkansen dijken	44
3.4.4 Faalkansen kunstwerken	45
3.5 Dominante vakken en faalmechanismen	46
4 De gevolgen van overstromingen per ringdeel	47
4.1 Aanpak en uitgangspunten	47
4.1.1 Algemeen	47
4.1.2 Ringdelen	47

4.1.3	Verhoogde lijnelementen	48
4.1.4	Evacuatie	48
4.2	Resultaten overstromingsberekeningen per ringdeel	49
4.2.1	Ringdeel 1: Doorbraaklocatie Oudleusen	49
4.2.2	Ringdeel 2: Doorbraaklocatie Dalfsen	50
4.2.3	Ringdeel 3: Doorbraaklocatie Na Dalfsen	50
4.2.4	Ringdeel 4: Doorbraaklocatie Hessenpoort	51
4.2.5	Ringdeel 5: Doorbraaklocatie Bomhofsplas	52
4.2.6	Ringdeel 6: Doorbraaklocatie Hasselt	52
4.2.7	Ringdeel 7: Doorbraaklocatie Veldiger-Binnenland	53
4.2.8	Ringdeel 8: Doorbraaklocatie Zwartsluis	53
4.2.9	Ringdeel 9: Doorbraaklocatie Zwarte Meer	54
4.2.10	Maximaal scenario	54
4.3	Overzicht resultaten overstromingsberekeningen	55
5	Overstromingsscenario's en scenariokansen	59
5.1	Definitie overstromingsscenario's	59
5.1.1	Aanpak	59
5.1.2	Geen ontlasten na een doorbraak	59
5.2	Scenariokansen	61
5.3	De gevolgen van overstromingen voor een selectie van scenario's	62
5.3.1	De meest waarschijnlijke enkelvoudige doorbraak	62
5.3.2	De meest waarschijnlijke tweevoudige doorbraak	62
5.3.3	De tweevoudige doorbraak met de grootste gevolgen	63
6	Overstromingsrisico	65
6.1	Koppeling scenariokansen en gevolgen	65
6.2	Overstromingsrisico	66
6.2.1	Economisch risico	66
6.2.2	Slachtofferisico	68
7	Gevoeligheidsanalyses	73
7.1	Gevoeligheidsanalyse I: Ruimte voor de Vecht	73
7.1.1	Inleiding en aanpak	73
7.1.2	Resultaten	74
7.1.3	Analyse en conclusie	75
7.2	Gevoeligheidsanalyse II: Effect van een peilverhoging op het IJsselmeer	75
7.2.1	Inleiding en aanpak	75
7.2.2	Resultaten	75
7.2.3	Analyse en conclusie	77
7.3	Gevoeligheidsanalyse III: Effect van piekafvoer op de Sallandse wetering	78
7.3.1	Inleiding en aanpak	78
7.3.2	Resultaten	79
7.3.3	Analyse en conclusie	80
7.4	Gevoeligheidsanalyse IV: Effect van hanteren van 'oude' hydraulische randvoorwaarden HR2001	80
7.4.1	Inleiding en aanpak	80
7.4.2	Resultaten	81
7.4.3	Analyse en conclusie	83

7.5	Gevoeligheidsanalyse V: Effect van gerichte verbetermaatregelen	83
7.5.1	Inleiding	83
7.5.2	Aanpak en resultaten verbetermaatregelen gericht op kansreductie	84
7.5.3	Bepaling overstromingsrisico na kansreductie	86
7.5.4	Aanpak en resultaten verbetermaatregelen gericht op risicoreductie	88
7.5.5	Bepaling overstromingsrisico na risicoreductie	89
7.5.6	Vergelijking tussen kans- en risicoreductie	91
7.5.7	Analyse en conclusie	96
8	Conclusies en aanbevelingen	99
8.1	Conclusies	99
8.1.1	De kans op een overstroming in dijkkringgebied 9	99
8.1.2	De gevolgen van overstromingen in dijkkringgebied 9	99
8.1.3	Het overstromingsrisico in dijkkringgebied 9	100
8.2	Aanbevelingen	101

Managementsamenvatting

Wat is VNK2?

Veiligheid Nederland in Kaart 2 (VNK2) is het project dat overstromingsrisico's in Nederland in kaart brengt. In het voorafgaande project VNK1 zijn al voor 16 dijkkringgebieden de overstromingsrisico's in beeld gebracht. Voor drie van deze gebieden zijn de gevolgen in detail berekend. Het Ministerie van Infrastructuur en Milieu, de Provincies en Waterschappen zijn enkele jaren geleden gezamenlijk gestart met een vervolg om met een verbeterde methode de overstromingsrisico's voor geheel Nederland in detail in kaart te brengen: VNK2.

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.

Voor u ligt de rapportage van de analyse van dijkkringgebied 9: Vollenhove.

Waarom VNK2?

Inzicht in overstromingskansen en –gevolgen is essentieel om antwoord te kunnen geven op de vragen die spelen op het gebied van de bescherming tegen hoogwater. Met een goed beeld van het overstromingsrisico en de effectiviteit van maatregelen kunnen beter onderbouwde keuzes worden gemaakt ten aanzien van investeringen in waterveiligheid. VNK2 levert inzichten voor:

- De politiek-maatschappelijke afweging of de waterveiligheid van Nederland op orde is;
- Het identificeren van relatief zwakke waterkeringen;
- Het bepalen van de kosteneffectiviteit van risicoreducerende maatregelen;
- De prioritering van preventieve maatregelen;
- De prioritering van gevolgenbeperkende maatregelen;
- De verbetering van toetsmethoden;
- Afwegingen ten aanzien van zelfredzaamheid en rampenbestrijding;
- Het opstellen van overstromingsrisicokaarten en plannen zoals vereist door de Richtlijn Overstromingsrisico's (ROR).

Algemene beschrijving dijkkringgebied

Dijkkringgebied 9 is gelegen ten noorden en ten oosten van Zwolle (zie Figuur 1). Het dijkkringgebied ligt hoofdzakelijk in de provincie Overijssel maar bedekt ook (kleine) delen van de provincies Friesland en Drenthe. Het telt (delen van) negen gemeenten, waaronder Meppel, Dalfsen, Staphorst, Steenwijkerland en Zwartewaterland. Het oppervlak van het dijkkringgebied bedraagt 58.000 hectare en telt ruim 100.000 inwoners. De totale lengte van de primaire waterkering (categorie a) van dijkkring 9 is ruim 46 kilometer en grenst aan de zuidzijde aan de Vecht vanaf Ommen westwaarts, en in het westen aan het Zwarte Water en het Zwarte Meer tot de Kadoelersluis. In het noorden en oosten wordt het dijkkringgebied volledig begrensd door hoge grond, in het noordwesten bestaat de kering uit categorie c-keringen. In de primaire kering liggen in totaal 27 kunstwerken en waterkerende constructies in de vorm van onder meer gemalen, sluisen en keersluisen.

De dijkkring heeft een normfrequentie van 1/1.250 per jaar. Dat betekent dat de waterkering zo sterk moet zijn dat een hydraulische belasting gekeerd kan worden die een kans van voorkomen van 1/1.250 per jaar heeft.

De waterkering bestaat voor het grootste deel uit groene dijken. Langs de Vecht (en met name in het oostelijk gelegen deel tussen Dalfsen en Ommen) vormen verholten

keringen ongeveer een kwart van de waterkering. Deze verholen waterkeringen bestaan uit natuurlijk afgezette verhogingen in het landschap (dekzand) die als waterkering zijn aangemerkt. Overigens was de waterkering tussen Ommen en Dalfsen in het verleden een regionale kering; deze is pas recentelijk als primaire waterkering aangemerkt.

In en in de nabijheid van Hasselt (onderdeel van de gemeente Zwartewaterland) komen enkele waterkerende langsconstructies voor. Hun totale lengte bedraagt enkele kilometers.



Figuur 1: Dijkkringgebied 9.

Resultaten

VNK2 geeft een beeld van de overstromingskansen, gevolgen en risico's voor een dijkkring. 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 vigerende 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. VNK2 geeft een schatting van de overstromingskans van de dijkkring. Een ander verschil met de toetsing betreft dat in VNK2 de economische schade en slachtoffers door overstroming en de bijbehorende risico's in beeld worden gebracht (en in de toetsing niet).

Overstromingskans

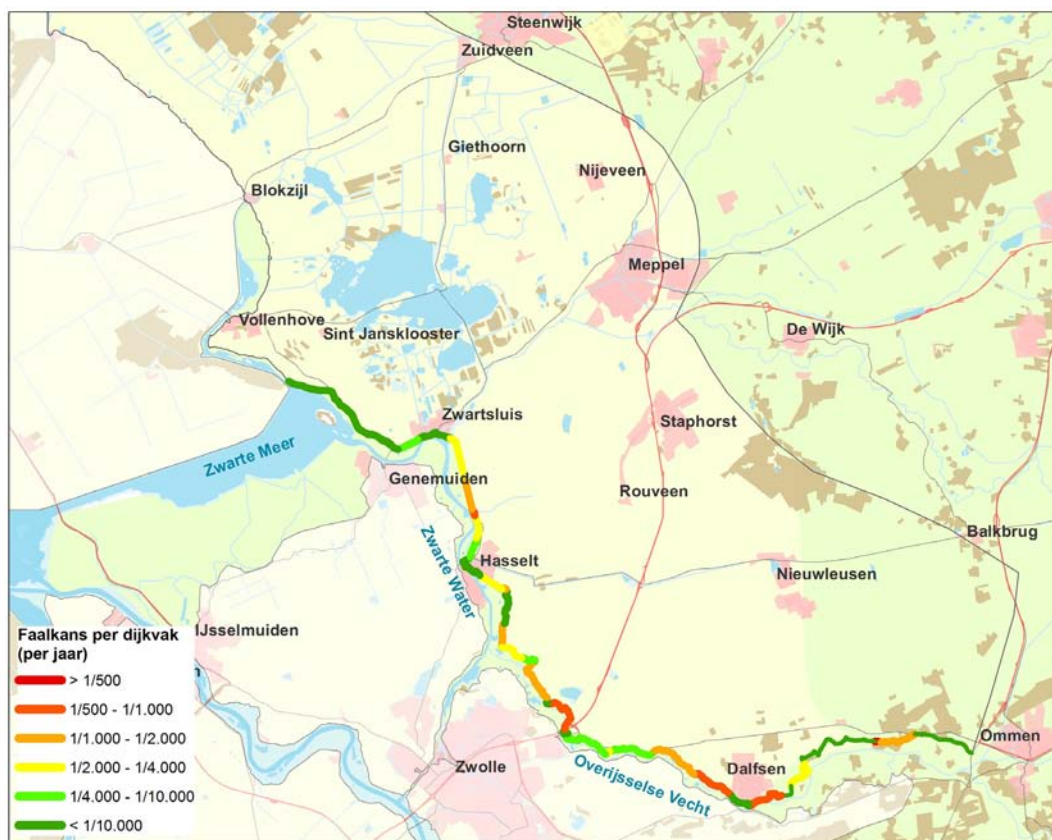
De overstromingskans van het dijkkringgebied is de kans dat het gebied overstroomt doordat de waterkering rondom dat gebied (de dijkkring) op één of meer plaatsen faalt. De berekende overstromingskans van dijkkringgebied 9 is groter dan 1/100 per jaar. Deze overstromingskans is vergelijkbaar met de overstromingskans van nabijgelegen dijkkringgebieden in het bovenrivierengebied.

Twee faalmechanismen domineren de overstromingskans van de dijkkring: *overloop en*

golfoverslag en *opbarsten en piping*. Deze faalmechanismen hebben op dijkringniveau een faalkans van respectievelijk 1/120 en 1/140 per jaar.

De berekende faalkansen voor *overloop en golfoverslag* en *opbarsten en piping* zijn goed te verklaren. De faalkans voor *overloop en golfoverslag* wordt veroorzaakt door enkel dijkvak 5. De faalkans voor *opbarsten en piping* wordt veroorzaakt door een reeks van dijkvakken met een faalkans tussen de 1/1.000 en 1/2.000 per jaar. De optelsom van deze faalkansen leidt tot een faalkans op ringniveau (ordegrootte 1/100 per jaar) die een orde groter is dan de grootste faalkans op vakniveau (ordegrootte 1/1.000 per jaar).

In Figuur 2 zijn de faalkansen per dijkvak weergegeven.



Figuur 2: Overzicht faalkansen per dijkvak.

De faalkansen op dijkvakniveau laten zien dat er één dijkvak is met een faalkans groter dan 1/500 per jaar (dijkvak 5). Verder zijn er nog vier vakken met een faalkans tussen de 1/500 en 1/1.000 per jaar (dijkvak 11, 12, 15 en 25). De faalkansen voor dijkvak 5, 11 en 12 worden veroorzaakt door *overloop en golfoverslag* en de faalkans voor dijkvak 15 en 25 door *opbarsten en piping*. Daarnaast zijn er vrij veel dijkvakken die faalkansen laten zien tussen de 1/1.000 en 1/2.000 per jaar. Het gemaal Streukelerzijl-zuidzijde is het enige kunstwerk met significante bijdrage aan de overstromingskans met een faalkans van 1/1.100 per jaar.

Wat verder bij dijkkring 9 een rol speelt, is dat de maatgevende waterstanden van de Vecht in 2006 flink zijn verhoogd. Tot die tijd werden bij dijkverbeteringen uiteraard de 'oude' maatgevende waterstanden gehanteerd. Het deel van de dijken dat is gelegen aan de Vecht en het Zwarte Water is dus ontworpen aan duidelijk lagere ontwerpwaterstanden.

De overstromingskans met de 'oude' maatgevende waterstanden is met 1/870 per jaar

meer dan een factor 10 kleiner. Dit is een relatief kleine faalkans, vergeleken met berekende overstromingskansen van andere dijkvingen in het rivierengebied.

De uitvoering van Ruimte voor de Vecht (RvdV) levert lokaal een beperkte verlaging van de maatgevende waterstanden op. Uitgaande van de streefpeilen die RvdV wil realiseren zal de overstromingskans enigszins reduceren, maar zal nog steeds groter dan 1/100 per jaar blijven.

Gevolgen van overstromingen

De gevolgen van een overstroming in dijkvinggebied 9 zijn afhankelijk van de breslocatie, de aanwezigheid van woonkernen in het ondergelopen gebied en de buitenwaterstand waarbij de doorbraak optreedt. Er zijn enkele hoge elementen in het dijkvinggebied aanwezig die het verloop van de overstromingen beïnvloeden. Met name de rijksweg A28 vormt een obstakel, de provinciale wegen N331, N340, N377 en N758 zijn dat in mindere mate. Ook de regionale kering langs het Meppelerdiep beïnvloedt het verloop van de overstromingen.

De gevolgen van een doorbraak zijn het grootst in ringdeel 7, gevolgd door ringdeel 5. Ringdeel 5 ligt tussen het viaduct van de A28 en Hasselt, ringdeel 7 is gelegen tussen Hasselt en Zwartsluis. De economische schade voor een doorbraak in ringdeel 7 bedraagt 550 miljoen tot 1,3 miljard euro en het aantal slachtoffers varieert van 10 tot 145.

Economisch risico	Verwachtingswaarde economische schade (M€ per jaar)	6,3
	Minimale economische schade bij een overstroming (M€)	1
	Gemiddelde ¹ economische schade per overstroming (M€)	440
	Economische schade bij het zwaarste beschouwde scenario (M€)	1800
Slachtoffer- risico	Verwachtingswaarde aantal slachtoffers (per jaar)	0,18
	Minimaal aantal slachtoffers bij een overstroming	0
	Gemiddeld ¹ aantal slachtoffers per overstroming	13
	Maximaal aantal slachtoffers bij het zwaarste beschouwde scenario	145
	Overlijdenskans van een individu per locatie exclusief het effect van preventieve evacuatie (per jaar) (plaatsgebonden risico)	Groter dan 1/100.000 per jaar in ongeveer 1/3 van het dijkvinggebied.
	Overlijdenskans van een individu per locatie inclusief het effect van preventieve evacuatie (per jaar) (lokaal individueel risico)	Groter dan 1/100.000 per jaar in ongeveer 1/4 van het dijkvinggebied.

Tabel 1: Resultaten risicoberekeningen voor dijkvinggebied 9.

Effecten van verbetermaatregelen

Met de risicoanalyse die in het kader van VNK2 is uitgevoerd zijn verschillende inzichten verkregen waarmee de overstromingsveiligheid van dijkvinggebied 9 kan worden vergroot:

Indien de overstromingskans van dijkvinggebied 9 verkleind dient te worden, wordt aanbevolen de kerende hoogte van dijkvak 5 te verbeteren en de weerstand tegen onder- en achterloopsheid bij het kunstwerk Streukelerzijl-zuidzijde en tegen piping bij dijkvak 15 en 34 te vergroten. Deze verbetermaatregelen over een

¹ Het gemiddelde is de verwachtingswaarde gedeeld door de overstromingskans

lengte van circa 2 km in combinatie met het verbeteren van een kunstwerk leiden tot een halvering van de overstromingskans tot 1/140 per jaar.

Als een verdere daling van de overstromingskans gewenst is, kan naast de bovenstaande aanbeveling ook de kerende hoogte van dijkvak 11 en 12 worden verbeterd en de weerstand tegen piping van de dijkvakken 16, 17, 18, 25, 28 en 32 worden vergroot. Deze verbetermaatregelen over een lengte van circa 8,5 km leveren een reductie van de overstromingskans op met een factor 4 tot 1/270 per jaar.

De huidige wijze van prioriteren van dijkverbeteringsmaatregelen is nu gericht op deterministische analyses. Dijkvakken die zijn afgekeurd worden verbeterd. Hoewel de vergelijking niet één op één gemaakt kan worden, komt deze prioritering het meest overeen met sturen op faalkansen: afgekeurde vakken (met een grote faalkans) worden verbeterd, niet-afgekeurde vakken (met een kleinere faalkans) niet.

Op basis van een gevoeligheidsanalyse is gebleken dat versterking van de vakken en kunstwerken met de grootste faalkansen niet tot een evenredige reductie van het overstromingsrisico leidt: na vier verbetermaatregelen is de overstromingskans met 50% afgenomen terwijl het economisch risico en het slachtofferrisico beide maar met 11% dalen (zie Tabel 2). Versterking van de dijkvakken binnen ringdeel 5 en 7, horende bij scenario's met relatief grote gevolgen, geeft juist een beperkte reductie van de overstromingskans, maar een grote reductie van het overstromingsrisico: het economisch risico daalt met 40% en het slachtofferrisico met 44% (zie Tabel 2). Na tien verbetermaatregelen is het verschil tussen sturen op kansreductie en sturen op risicoreductie niet meer zo groot als na vier maatregelen.

Strategie	Overstromingskans [per jaar]	Economisch risico [M€ per jaar]	Slachtofferrisico [per jaar]
Referentiesituatie	>1/100	6,3	0,18
1 kansreductie 4 vakken	1/140	5,6	0,16
2 kansreductie 10 vakken	1/210	3,6	0,10
3 risicoreductie 4 vakken	>1/100	3,8	0,10
4 risicoreductie 10 vakken	>1/100	3,0	0,06

Tabel 2: Overstromingskans en –risico na vier en tien verbetermaatregelen.

Aanbevelingen

De volgende aanbevelingen worden gedaan:

De overstromingskans van dijkkringgebied 9, met name voor het faalmechanisme *opbarsten en piping*, zou aanzienlijk gereduceerd kunnen worden als het beeld van de parameters die de ondergrond beschrijven gecompleteerd wordt. Vooralsnog is dit complete beeld er nog niet, omdat van een deel van de lokale korrelgrootteanalyses de diepte van de betreffende zandlaag niet was te achterhalen. Daarom zijn voor belangrijke parameters (de D70-waarde en de doorlatendheid van de ondergrond) de DINO-gegevens gehanteerd. Door middel van een nadere analyse van de diepteligging van de betreffende zandlagen kan er mogelijk een compleet beeld gevormd worden van de lokale gegevens, eventueel met aanvullend meet- en labonderzoek.

De DINO-gegevens geven over het algemeen ongunstigere waarden voor deze parameters. Een gevoeligheidsanalyse wijst uit dat per dijkvak de faalkans voor *opbarsten en piping* een factor 10 kleiner zou kunnen worden.

Aanbevolen wordt om onderzoek te doen naar de standzekerheid van de regionale kering langs het Meppelerdiep en de effecten ervan op het overstromingsrisico van dijkkringgebied 9. De regionale kering langs het Meppelerdiep heeft grote invloed op de overstromingspatronen in dijkkringgebied 9, en dus ook op het overstromingsrisico. Het overstromingsrisico van dijkkringgebied 9 bij een doorbraak in de primaire kering kan mogelijk kleiner uitvallen als de regionale kering langs het Meppelerdiep niet standzeker is (zoals nu wel is aangenomen).

Aanbevolen wordt om de effecten van systeemwerking in beeld te brengen en mee te nemen in de analyses. De systeemwerking tussen verschillende dijkringen is nu niet meegenomen in de overstromingsrisicobepaling van dijkkringgebied 9, terwijl dit effect wel aanwezig is. De overstromingskans en dus ook het overstromingsrisico van dijkkringgebied 9 zijn mede afhankelijk van de overstromingskans van omliggende dijkringen (met name dijkkring 10: Mastenbroek, dijkkring 8: Flevoland, dijkkring 7: Noordoostpolder en dijkkring 53: Salland). Falen van één van deze dijkringen zou betekenen dat de belasting op dijkkring 9 verlaagd wordt.

Technische samenvatting

Dit rapport beschrijft de resultaten van de risicoanalyse die is verricht voor dijkkringgebied 9 Vollenhove 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 berekening van overstromingsrisico's in VNK2 omvat de volgende stappen:

De schematisatie van de dijkkring

De primaire waterkering van dijkkring 9 bestaat uit een aaneengesloten stelsel van dijken, verholen keringen en kunstwerken. De verholen keringen bestaan uit natuurlijk afgezette verhogingen in het landschap, opgebouwd uit zand en dikwijls begroeit met bomen. Ze bevinden zich vooral langs de Vecht tussen Dalfsen en Ommen en vormen hier ongeveer een kwart van de waterkering. Voor de rest bestaat de waterkering uit groene dijken, met in en nabij Hasselt enkele waterkerende langsconstructies met een gezamenlijke lengte van ongeveer 2,5 kilometer. De begrenzing van de dijkvakken sluit zoveel mogelijk aan bij de vakindeling die de beheerder heeft gehanteerd in de 2^e en 3^e toetsronde.

Een overzicht van de vakindeling voor en de kunstwerken in de categorie a-kering is gegeven in Tabel 3.

Dijken	Totale lengte	46 km
	Aantal dijkvakken	51
	Gemiddelde lengte dijkvak	900 m
Kunstwerken	Totaal aantal kunstwerken	27
	Aantal beschouwde kunstwerken	10 ²⁾

Tabel 3: De vakindeling van dijkkring 9.

De berekening van faalkansen

Niet alle faalmechanismen leveren op dijkvakniveau een relevante bijdrage aan het overstromingsrisico. Faalmechanismen zijn niet beschouwd indien uit de rapportage van de 3^e toetsronde blijkt dat het faalmechanisme niet van toepassing is, als er een ruime veiligheidsmarge is of als optreden van het faalmechanisme niet leidt tot bresvorming.

Tabel 3 geeft het aantal dijkvakken dat per faalmechanisme is beschouwd. Niet voor alle dijkvakken (51) is de faalkans voor *overloop en golfoverslag* berekend. Voor acht dijkvakken langs de Vecht waar de waterkering uit verholen keringen bestond, bleek dat optreden van *overloop en golfoverslag* (of welk ander faalmechanisme dan ook) niet zou leiden tot bresvorming met een doorbraak als gevolg, maar hooguit tot wateroverlast. Daarom zijn de faalkansen van deze dijkvakken niet meegenomen in de bepaling van de overstromingskans van dijkkringgebied 9.

² Van een aantal kunstwerken is in een eerder stadium bepaald dat ze nauwelijks bijdragen aan de overstromingskans of dat er bij falen nauwelijks gevolgen zijn. Deze kunstwerken zijn niet verder beschouwd.

Type waterkering	Faalmechanisme	Aantal vakken/kunstwerken
Dijken	Overloop en golfoverslag	43
	Opbarsten en piping	22
	Macrostabieliteit binnenwaarts	7
	Beschadiging bekleding en erosie dijklichaam	13
Kunstwerken	Overslag/overloop	2
	Betrouwbaarheid sluiting	3
	Onder- en achterloopsheid	6
	Sterkte en stabiliteit	3

Tabel 4: Beschouwde faalmechanismen en het aantal nader beschouwde vakken / kunstwerken.

De overstromingskans van het dijkkringgebied is de kans dat het gebied overstroomt doordat de waterkering rondom dat gebied (de dijkkring) op één of meer plaatsen faalt. De in de faalkansanalyse berekende overstromingskans van dijkkringgebied 9 is groter dan 1/100 per jaar. Deze overstromingskans is goed vergelijkbaar met de overstromingskans van nabijgelegen dijkkringgebieden in het rivierengebied (onder meer dijkkring 50: Zutphen, 51: Gorssel en 52: Oost-Veluwe).

Type waterkering	Faalmechanisme	Faalkans (per jaar)
Dijk	Overloop en golfoverslag	1/120
	Opbarsten en piping	1/140
	Macrostabieliteit binnenwaarts	1/110.000
	Beschadiging bekleding en erosie dijklichaam	1/6.100
Kunstwerk	Overslag/overloop	1/99.000
	Betrouwbaarheid sluiting	1/6.500
	Onder- en achterloopsheid	1/980
	Sterkte en stabiliteit	< 1/1.000.000
Overstromingskans		> 1/100

Tabel 5: Berekende faalkansen per faalmechanisme op ringniveau en de overstromingskans

Tabel 5 laat zien dat dijkkring 9 wordt gedomineerd door de faalmechanismen *overloop en golfoverslag* en *opbarsten en piping*. De berekende faalkansen voor *overloop en golfoverslag* en *opbarsten en piping* zijn goed te verklaren. De faalkans voor *overloop en golfoverslag* wordt veroorzaakt door dijkvak 5. De faalkans voor *opbarsten en piping* wordt veroorzaakt door dijkvak 15 (1/610 per jaar) in combinatie met een lange reeks van dijkvakken met een faalkans tussen de 1/1.000 en 1/2.000 per jaar. De combinatie hiervan leidt tot een faalkans op ringniveau die een orde groter is dan de grootste faalkans op vakniveau (ordegrootte 1/100 in plaats van ordegrootte 1/1.000 per jaar).

De berekening van scenariokansen

Bij het berekenen van de scenariokansen is uitgegaan van negen ringdelen (negen verschillende 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 bij de ringdelen die langs het Zwarte Meer zijn gelegen aangenomen dat de hydraulische belasting (waterstanden, golven) niet afneemt tijdens een doorbraak; bij de ringdelen langs de Vecht is dit wel het geval. Dit laatste wordt 'ontlasten' genoemd; een doorbraak in één ringdeel zorgt ervoor dat de

belasting op de andere vermindert en daar geen doorbraak kan plaatsvinden. In Figuur 3 is een overzicht opgenomen van de ligging van de verschillende ringdelen en de breslocaties.



Figuur 3: Ringdelen en breslocaties van dijkkring 9.

Met negen ringdelen zijn 31 scenario's opgesteld waarvoor de scenariokansen zijn bepaald. Er zijn negen scenario's met een enkelvoudige doorbraak, 15 met tweevoudige en zeven met drievoudige doorbraken. Van deze scenariokansen blijken alle enkelvoudige doorbraken samen een bijdrage te leveren van 85,2% van de overstromingskans. De scenario's met meervoudige doorbraken dragen voor 5,4% bij aan de overstromingskans. De restkans (9,1%) wordt gekoppeld aan de gevolgen van het maximale scenario³. De kans op een overstroming via ringdeel 1 levert de grootste (45%) bijdrage aan de overstromingskans.

De berekening van de gevolgen

Per breslocatie zijn overstromingsberekeningen uitgevoerd voor verschillende belastingcondities: toetspeil minus 1 decimeteringhoogte (tp-1d), tp en tp+1d. In de overstromingsberekeningen is uitgegaan van de standzekerheid van de regionale keringen en lijnvormige elementen (zoals snelwegen en ook de regionale kering langs het Meppelerdiep). De gevolgen zijn berekend met HIS-SSM. Ten aanzien van de bevolkingsgegevens en schadegegevens is uitgegaan van de situatie in 2000, respectievelijk 2006. Hoewel het aantal inwoners van het dijkkringgebied sinds 2000 wel gegroeid is met circa 6%, heeft er geen grootschalige woningbouw plaatsgevonden in de delen van het dijkkringgebied die getroffen worden bij een doorbraak. Daarom wordt ervan uitgegaan dat het berekende overstromingsrisico geen onderschatting weergeeft van de huidige situatie.

³ In het maximale scenario vinden doorbraken plaats in alle ringdelen; dit geeft een beeld van de grootst mogelijke gevolgen in dijkkringgebied 9. Het koppelen hiervan aan de restkans is een conservatieve benadering bij het bepalen van het overstromingsrisico.

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

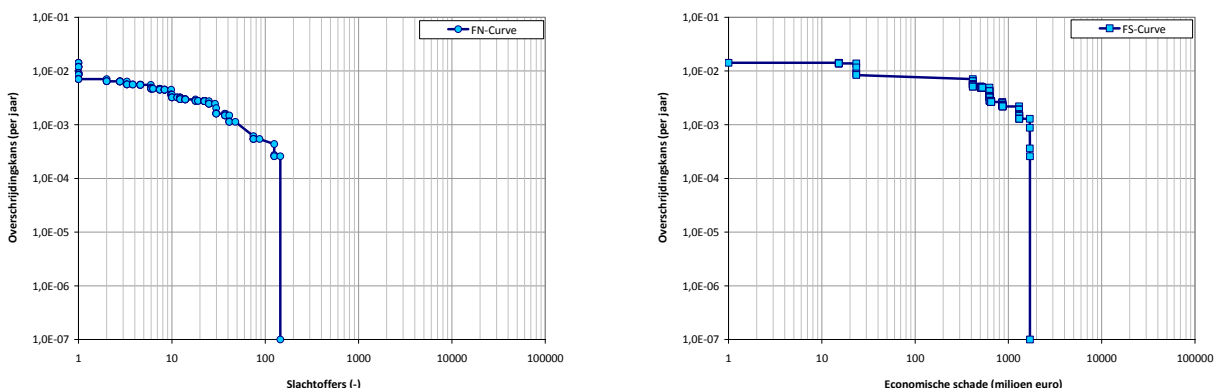
De grootste economische schade van de 31 beschouwde scenario's bedraagt 1,3 miljard euro, het grootste aantal slachtoffers ongeveer 125 slachtoffers.

Het combineren van de scenariokansen en de gevolgen

Voor de 31 scenario's waarvoor scenariokansen zijn berekend, zijn bijbehorende gevolgberekeningen geselecteerd. Hierbij zijn de scenariokansen steeds gekoppeld aan de gevolgen die horen bij het eerstvolgende, hoger gelegen peil. Gelet op de waarschijnlijke belastingcondities bij het optreden van de overstromingsscenario's zijn de waterstanden vrijwel steeds gekoppeld met gevolgberekeningen voor t_p+1d . Alleen voor ringdeel 3 is gekoppeld met gevolgen die optreden bij waterstanden kleiner dan het toetspeil.

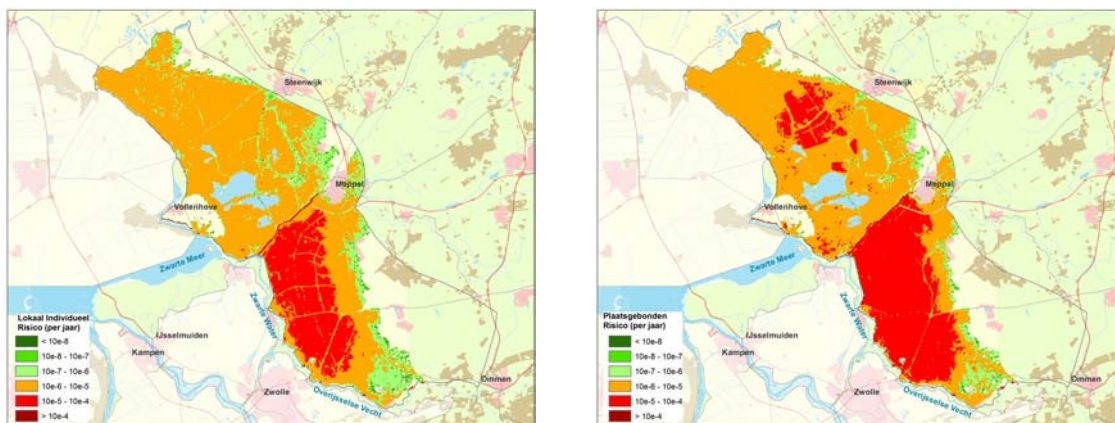
De berekening van het overstromingsrisico

De verwachtingswaarden van de economische schade en het slachtofferrisico bedragen respectievelijk 6,3 miljoen euro en 0,18 slachtoffer per jaar. De gemiddelde economische schade per overstroming is ongeveer 440 miljoen euro, het gemiddeld aantal slachtoffers 13 (het gemiddelde is de verwachtingswaarde van de economische schade of het aantal slachtoffers gedeeld door de overschrijdingskans). De FN- en FS-curve zijn getoond in Figuur 4. Deze curven beschrijven de kansen op overschrijding van bepaalde slachtofferaantallen of schades.



Figuur 4: FN-curve (links) en FS-curve (rechts) voor dijkkring 9.

Het lokaal individueel risico (LIR) en het plaatsgebonden risico (PR= LIR exclusief het effect van evacuatie) liggen relatief ver uit elkaar. Door de relatief grote verwachtingswaarde van de evacuatiefractie van 0,56 zit er een factor 2,3 tussen het PR en het LIR (Figuur 5).



Figuur 5: Lokaal individueel (links) en plaatsgebonden (rechts) risico voor dijkkring 9.

Gevoeligheidsanalyses

In de gevoeligheidsanalyses is het effect van gerichte verbetermaatregelen op zowel de overstromingskans als op het overstromingsrisico bestudeerd.

Dijkkring 9 bevat slechts één dijkvak met een faalkans groter dan 1/500 per jaar: dijkvak 5 (*overloop en golfoverslag*). Als dit dijkvak voor dit faalmechanisme verbeterd zou worden, in combinatie met het vergroten van de weerstand tegen *opbarsten en piping* bij dijkvak 15 en 34 en tegen *onder- en achterloopsheid* bij het kunstwerk Streukelerzijl-zuidzijde leidt dit tot een halvering van de overstromingskans tot 1/140 per jaar. In dat geval wordt 2,1 km van de dijkkring verbeterd.

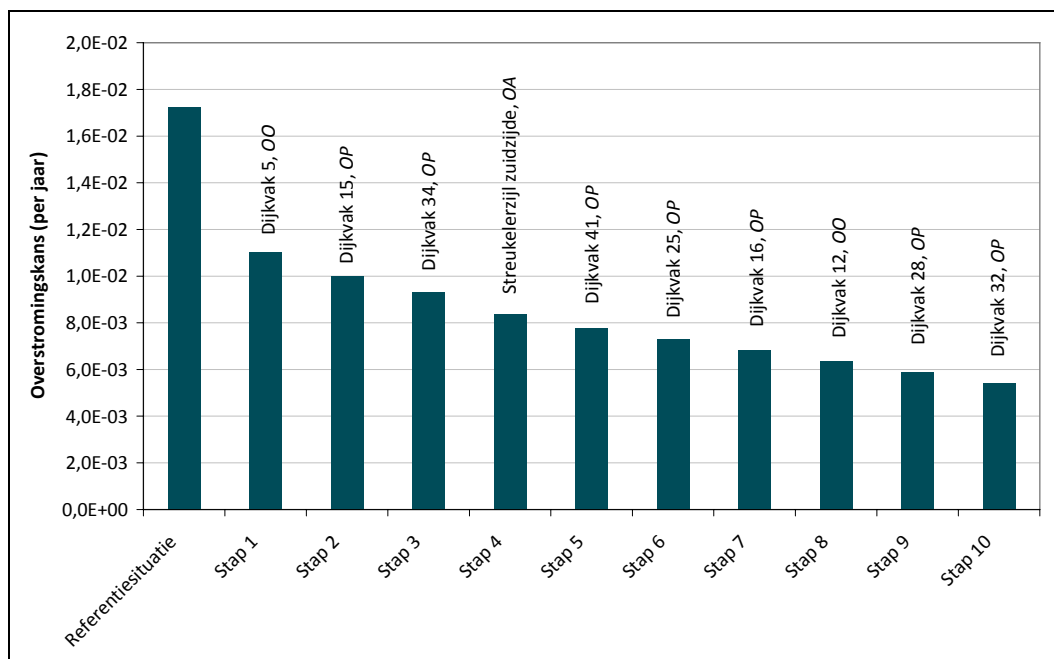
Als naast deze maatregelen bij nog 9 dijkvakken verbetermaatregelen voor het dominante faalmechanisme worden uitgevoerd, leidt dat tot nog een halvering van de overstromingskans (1/270 per jaar). In dat geval moet nog 8,5 km van de dijkkring worden verbeterd.

De huidige wijze van prioriteren van dijkverbeteringsmaatregelen is nu gericht op deterministische analyses. Dijkvakken die zijn afgekeurd worden verbeterd. Hoewel de vergelijking niet één op één gemaakt kan worden, komt deze prioritering het meest overeen met sturen op faalkansen: afgekeurde vakken (met een grote faalkans) worden verbeterd, niet-afgekeurde vakken (met een kleinere faalkans) niet. Op basis van een gevoeligheidsanalyse is gebleken dat versterking van de vakken en kunstwerken met de grootste faalkansen niet tot een evenredige reductie van het overstromingsrisico leidt: na vier verbetermaatregelen is de overstromingskans met 50% afgenomen terwijl het economisch risico en het slachtofferrisico beide maar met 11% dalen (Tabel 6). Versterking van de dijkvakken binnen ringdeel 5 en 7, horende bij scenario's met relatief grote gevolgen, geeft juist een beperkte reductie van de overstromingskans, maar een grote reductie van het overstromingsrisico: het economisch risico daalt met 40% en het slachtofferrisico met 44% (Tabel 6). Na tien verbetermaatregelen is het verschil tussen beide strategieën niet zo groot als na vier verbeteringen.

Verbeterd vak of kunstwerk	Kans	Risico	
	Overstromingskans dijkringgebied na verbetering [per jaar]	Economisch risico [miljoen euro per jaar]	Slachtofferrisico [aantal per jaar]
Referentiesituatie	>1/100	6,3	0,18
1 kansreductie: Dijkvakken 5 (OG), 15 en 34 (OP) en Streukelerzijl (OA)	1/140	5,6	0,16
2 kansreductie: Nog negen verbetermaatregelen	1/210	3,6	0,10
3 risicoreductie: Dijkvakken 41, 34 en 25 (OP) en Streukelerzijl (OA)	>1/100	3,8	0,10
4 risicoreductie: Nog negen verbetermaatregelen	>1/100	3,0	0,06

Tabel 6: Overstromingskans en –risico na verbetermaatregelen op basis van kans of risico.

Het plaatsgebonden en lokaal individueel risico na vier verbetermaatregelen is weergegeven in Figuur 7. De bij iedere verbetermaatregel afnemende overstromingskans is weergegeven in Figuur 6.

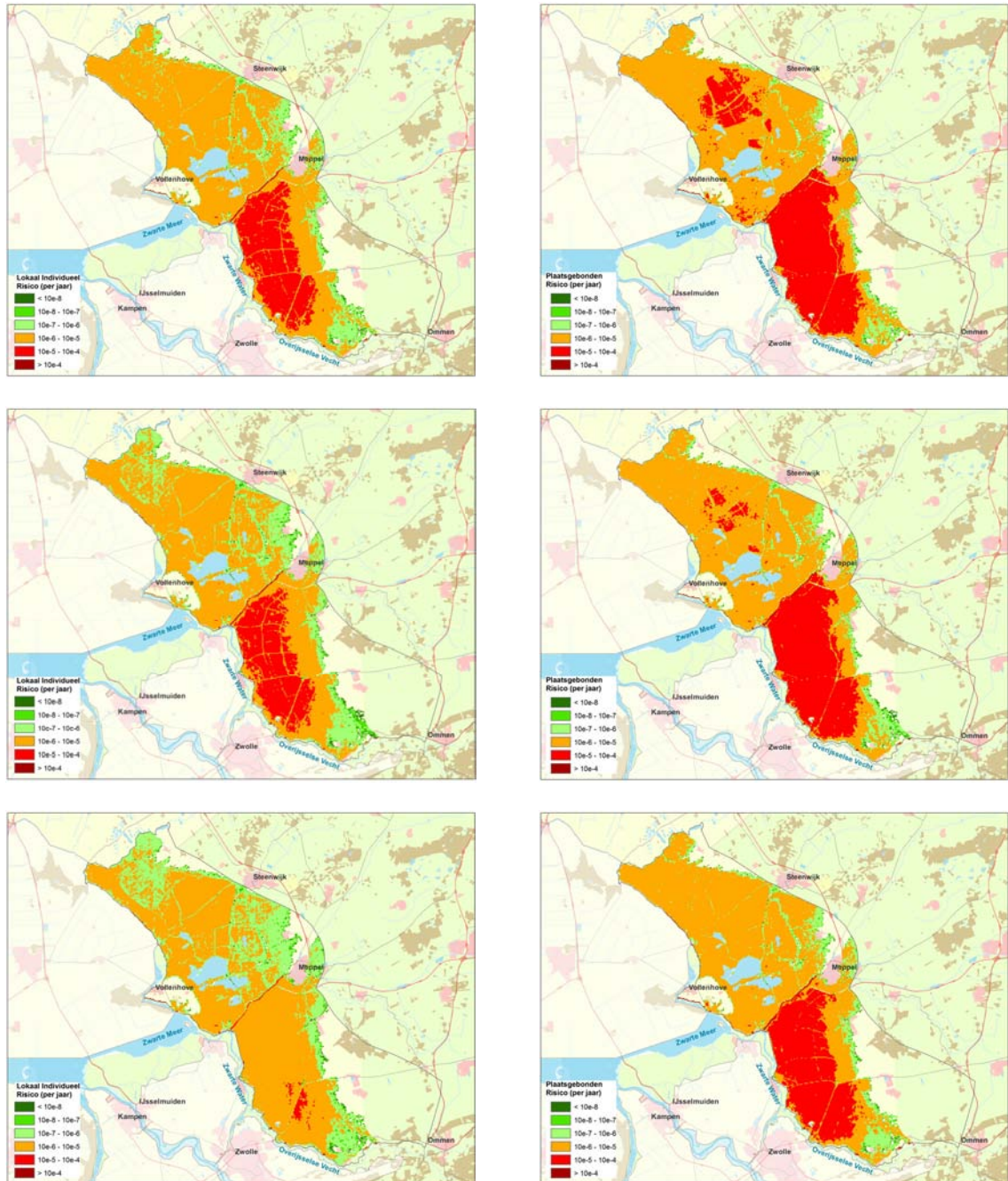


Figuur 6: Afname van de overstromingskans per verbetermaatregel. OO staat voor overloop en golfoverslag, OA voor onder- en achterloopsheid en OP voor opbarsten en piping.

De overige gevoeligheidsanalyses geven het volgende beeld:

Bij dijkring 9 speelt het feit dat de maatgevende waterstanden van de Vecht in 2006 bij de vaststelling van de HR2006 flink zijn verhoogd. Tot die tijd werden bij dijkverbeteringen uiteraard de ‘oude’ maatgevende waterstanden gehanteerd die 30 tot 50 cm lager liggen. Het deel van de dijken dat is gelegen aan de Vecht en het Zwarte Water is dus ontworpen aan duidelijk lagere ontwerpwaterstanden. De

overstromingskans met de 'oude' maatgevende waterstanden is met 1/870 per jaar meer dan een factor 10 kleiner dan in de referentiesituatie.



Figuur 7: Lokaal individueel (links) en plaatsgebonden risico (rechts) in de referentiesituatie (boven), en na vier verbetermaatregelen: in de situatie met de grootste kansreductie (midden) en met de grootste risicoreductie (onder).

Bij het berekenen van de faalkans voor *opbarsten en piping* is een belangrijke parameter de korrelgrootte (D70) van de erosiegevoelige zandlaag en de bijbehorende doorlatendheid hiervan (k-waarde). Bij de faalkansberekening is uitgegaan van conservatieve waarden, omdat er geen lokale gegevens beschikbaar waren die een dekkend beeld gaven over de gehele dijkkring. De overstromingskans van dijkkringgebied 9 zou aanzienlijk gereduceerd worden als uit completering van het beeld zou blijken dat de bodemopbouw gunstiger is dan aangenomen. Deze completering van het beeld kan bestaan uit een nadere analyse van de

diepteligging van de zandlagen waar wel gegevens over aanwezig zijn maar waarvan de diepteligging onbekend is, eventueel gecombineerd met aanvullend meet- en labonderzoek.

Een gevoeligheidsanalyse op dijkvakniveau leert dat hanteren van iets gunstigere parameters leidt tot een reductie van de faalkans met ongeveer een factor 10. Het is daarom zeker aan te bevelen om gericht onderzoek te doen naar de korrelgrootte en doorlatendheid van de erosiegevoelige zandlagen in de ondergrond.

Het effect van de maatregelen in het kader van het project Ruimte voor de Vecht (RvdV) is beperkt. In dit project worden lokaal de Vechtwaterstanden tot 8 cm verlaagd. De overstromingskans inclusief deze waterstands daling is nog steeds groter dan 1/100 per jaar.

De afvoer van de Sallandse wetering zit niet in de hydraulische randvoorwaarden van de Vecht. Hoewel deze afvoer maar van korte duur is, is de waterstandsstijging die ermee gepaard gaat aanzienlijk (0,23 cm). Het effect van deze waterstandsstijging bij gelijktijdig optreden van piekafvoer in de Vecht en de Sallandse wetering is aanzienlijk. De overstromingskans verdubbelt, waarbij vooral de faalmechanismen *opbarsten en piping*, *beschadiging bekleding en erosie dijklichaam* en de kunstwerk-faalmechanismen veel grotere faalkansen laten zien. De faalkans van *overloop en golfoverslag* neemt niet significant toe doordat de vakken die deze faalkans bepalen ver stroomopwaarts gelegen zijn. Hierbij wordt opgemerkt dat de kans op samenvallen van de piekafvoeren van Sallandse wetering en Vecht niet is onderzocht maar op voorhand significant kleiner lijkt dan de kans van optreden van hoogwater in de Vecht alleen.

Eén van de adviezen uit het rapport van de Commissie Veerman is om het waterpeil in het IJsselmeer met één meter te verhogen. Deze verhoging zal direct doorwerken op het peil van het Zwarte Meer, het Zwartewater en zelfs de Vecht. In een gevoeligheidsanalyse is het effect van deze peilverhoging op de overstromingskans doorgerekend. Het effect is navenant: de overstromingskans wordt een factor 7 groter; de faalmechanismen *overloop en golfoverslag*, *opbarsten en piping*, *onder- en achterloopsheid en overslag/overloop* (laatste twee zijn faalmechanismen voor kunstwerken) laten faalkansen zien die ruim groter zijn dan 1/100 per jaar.

Aanbevolen wordt om onderzoek te doen naar de standzekerheid van de regionale kering langs het Meppelerdiep en de effecten ervan op het overstromingsrisico van dijkkringgebied 9. De regionale kering langs het Meppelerdiep heeft grote invloed op de overstromingspatronen in dijkkringgebied 9, en dus ook op het overstromingsrisico. Het overstromingsrisico van dijkkringgebied 9 bij een doorbraak in de primaire kering kan mogelijk kleiner uitvallen als de regionale kering langs het Meppelerdiep niet standzeker is (zoals nu wel is aangenomen).

Aanbevolen wordt om de effecten van systeemwerking in beeld te brengen en mee te nemen in de analyses. De systeemwerking tussen verschillende dijkringen is nu niet meegenomen in de overstromingsrisicobepaling van dijkkringgebied 9, terwijl dit effect wel aanwezig is. De overstromingskans en dus ook het overstromingsrisico van dijkkringgebied 9 zijn mede afhankelijk van de overstromingskans van omliggende dijkringen (met name dijkkring 10: Mastenbroek, dijkkring 8: Flevoland, dijkkring 7: Noordoostpolder en dijkkring 53: Salland). Falen van één van deze dijkringen zou betekenen dat de belasting op dijkkring 9 verlaagd wordt.

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 afname 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. In VNK2 wordt het overstromingsrisico in Nederland in beeld gebracht. De inzichten die daarbij worden opgedaan 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 Directoraat Generaal Ruimte en Water 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. Door kennisinstituten wordt bijgedragen aan de verdere methodiekontwikkeling en de operationalisering van het analyse-instrumentarium. Het ENW controleert steekproefsgewijs de kwaliteit van de analyses en rapportages.

In het project VNK2 worden de kansen op en de gevolgen van overstromingen per dijkkring berekend. 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 er in Nederland 57 van dit type dijkkringen. Dijkkringen 23 (Biesbosch; wordt grotendeels ontpolderd) en 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 de berekeningen van de overstromingskansen en –gevolgen uit voor 55 dijkkringgebieden en 3 Maaskaden.

VNK2 verschaft 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 zo 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 dijkkring 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 normwaarde⁴. 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 dijkkring 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.

De overschrijdingskans is gedefinieerd per dijkvak. Als bij een toetsing in het kader van de Waterwet wordt berekend of een waterkering het toetspeil veilig kan keren, wordt ieder dijkvak apart bekeken.

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

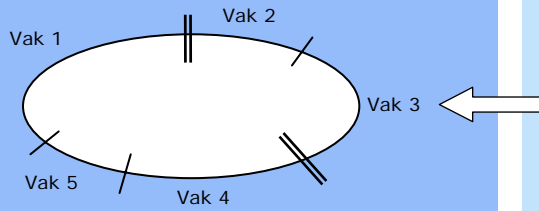
In het project VNK2 worden overstromingsrisico's berekend. Deze risico's worden bepaald door de kansen op de vele mogelijke overstromingsscenario's te combineren met de bijbehorende gevolgen van overstromingen. Voor een nadere toelichting op de verschillende onderdelen van de risicoberekeningen wordt verwezen naar de handleiding [ref 1] en de achtergrondrapporten [ref 2] en [ref 3]. In Figuur 8 zijn de stappen die achtereenvolgens worden gezet om het overstromingsrisico te berekenen, schematisch weergegeven. In de daarop volgende tekst worden deze verder verduidelijkt.

⁴ 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*.

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	$Kans_{Over,1}$	$Kans_{Pip,1}$	$Kans_1$
2	$Kans_{Over,2}$	$Kans_{Pip,2}$	$Kans_2$
3	$Kans_{Over,3}$	$Kans_{Pip,3}$	$Kans_3$
4	$Kans_{Over,4}$	$Kans_{Pip,4}$	$Kans_4$
5	$Kans_{Over,5}$	$Kans_{Pip,5}$	$Kans_5$
Combin	$Kans_{Over}$	$Kans_{Pip}$	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.

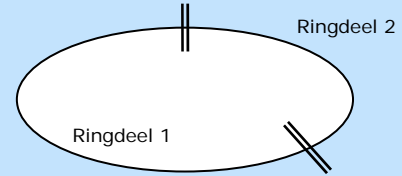
Scenario	Scenariokans
1	$Kans_1$
2	$Kans_2$
3	$Kans_3$
Som	Kans

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.

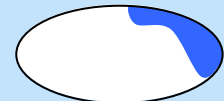


Stap 2

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



Scenario 1 (zie stap 3)



Scenario 2 (zie stap 3)

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).



Scenario 3

Stap 5

Bereken de schade en het slachtofferaangetal 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 gevolgen per scenario de verwachtingswaarden van de schade en het aantal slachtoffers.

Scenario	Scenariokans x Schade	Scenariokans x Slachtoffers
1	$Kans_1 \times E1$	$Kans_1 \times N1$
2	$Kans_2 \times E2$	$Kans_2 \times N2$
3	$Kans_3 \times E3$	$Kans_3 \times N3$
Som	Verwachtingswaarde schade	Verwachtingswaarde slachtofferaangetal

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

Figuur 8: 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 9). 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 vakken.



Figuur 9: 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 3.4 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 periode zal bezwijken. Anders gezegd: er is sprake van een kans dat de waterkering in dat geval bezwijkt. 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 bezwijkt altijd nul of één.

Op basis van de berekende faalkansen per vak/kunstwerk en per faalmechanisme kan de kans worden berekend dat ergens in een ringdeel een vak of kunstwerk faalt en een bres ontstaat.

Een overstroming kan ontstaan door een bres in één of meerdere ringdelen. 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 de vele mogelijke (combinaties van) doorbraken ook de gevolgen te bepalen.

Door de provincie Overijssel zijn onder begeleiding van VNK2 voor een aantal breslocaties en voor verschillende belastingsituaties overstromingsberekeningen gemaakt [ref 21]. 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.

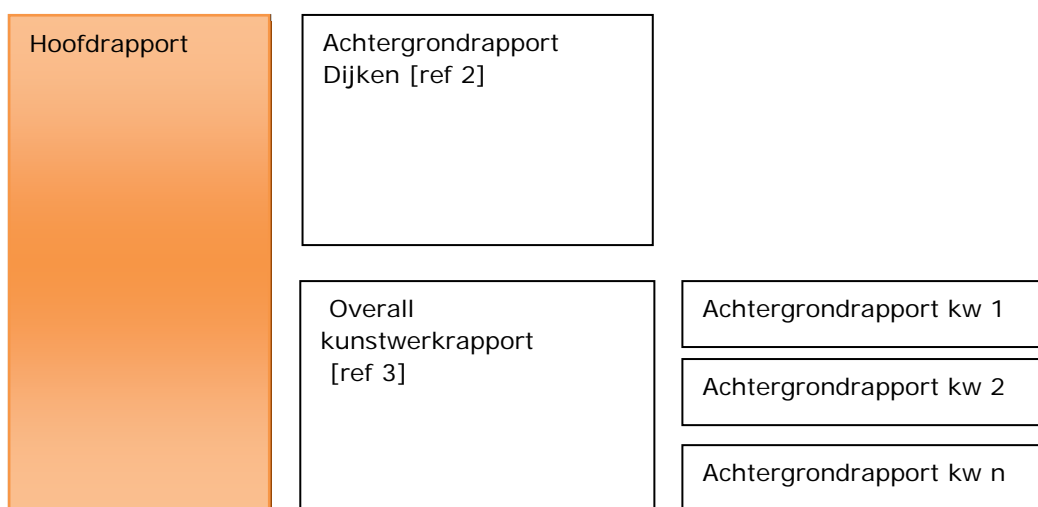
Vervolgens zijn uit het overstromingsverloop van de enkelvoudige doorbraken het overstromingsverloop van eventueel meervoudige doorbraken afgeleid.

Ook voor de meervoudige doorbraken zijn de gevolgen berekend.

Door de scenariokansen 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

De analyse van dijkkringgebied 9 is beschreven in dit dijkkringrapport. Het dijkkringrapport is geschreven op basis van twee onderliggende rapporten, het achtergrondrapport dijken/duinen [ref 2] en het overall kunstwerkenrapport [ref 3]. Het overall kunstwerkenrapport is geschreven op basis van het achtergrondrapport dat voor elk kunstwerk is opgesteld (zie Figuur 8).



Figuur 10: 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 dijkringgebied 9. Ten slotte worden aanbevelingen gedaan voor het waarborgen en verder verhogen van de overstromingsveiligheid.

2 Gebiedsbeschrijving en schematisatie

In dit hoofdstuk worden de ligging en de kenmerken van dijkkringgebied 9 besproken. Daarnaast wordt 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 9: Vollenhove

2.1.1 Gebiedsbeschrijving

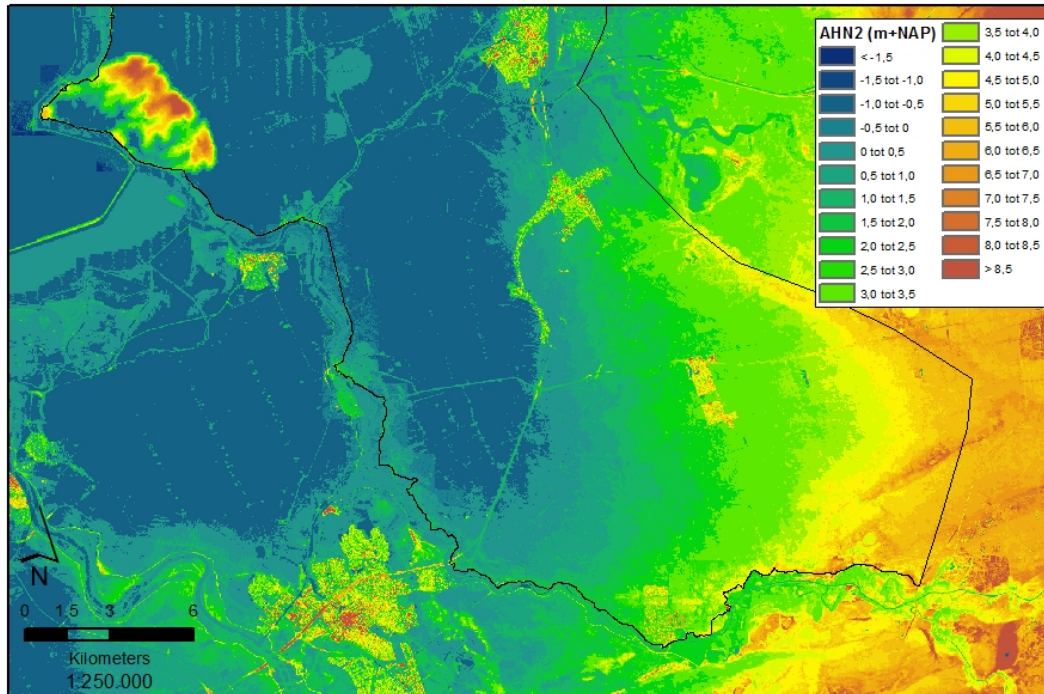
Dijkkringgebied 9 heeft een oppervlakte van circa 58.000 ha met circa 104.000 inwoners. Deze wonen in de acht gemeenten Meppel, Steenwijkerland (Steenwijk, Zuidveen), Vollenhove en Giethoorn), Zwartewaterland (Hasselt en Zwartsluis), Staphorst, Dalfsen, Ommen, Hardenberg en Zwolle. Het gebied valt voor het grootste deel onder de provincie Overijssel, maar een klein deel bevindt zich in de provincie Drenthe [ref 4].



Figuur 11: Overzicht ligging primaire waterkering van de categorie a van dijkkring 9.

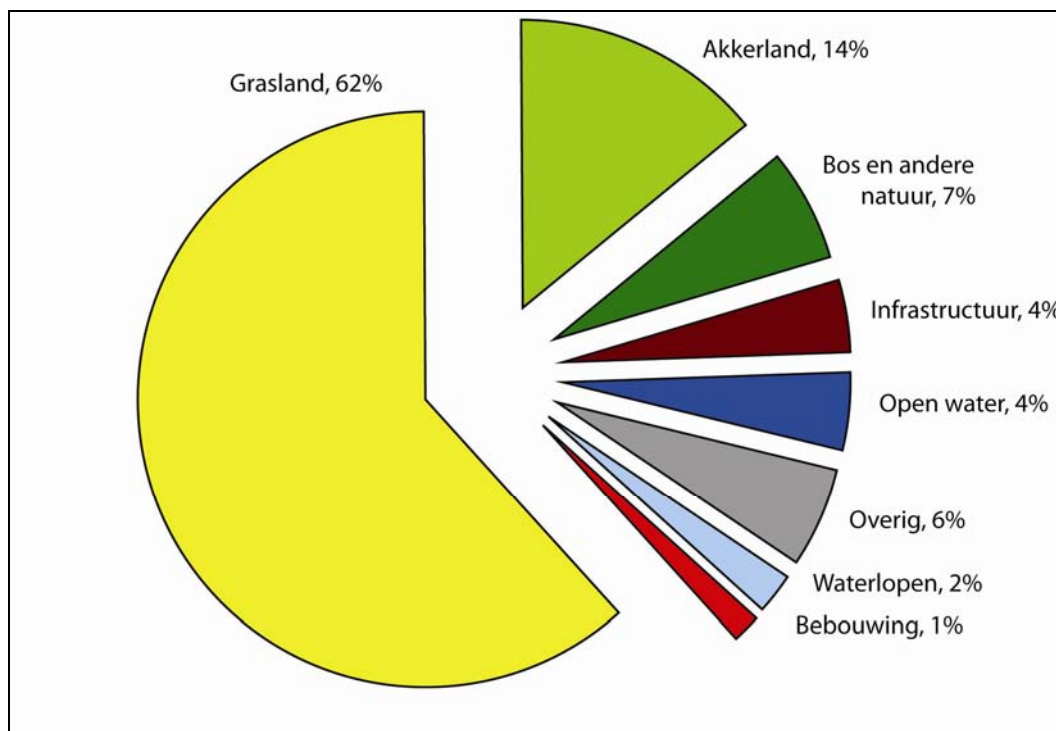
Dijkkringgebied 9 grenst in het zuiden aan de Overijsselse Vecht en in het zuidwesten aan het Zwarte Water en het Zwarte Meer. Vanaf de Kadoelersluis tot Blokzijl, in het westen ligt het dijkkringgebied naast het Kadoeler- en Vollenhovermeer en het Vollenhoverkanaal. In het noordwesten, van Blokzijl tot Slijkenburg, ligt het gebied direct naast dijkkring 7 met als afscheiding de scheidingsdijk Noordoostpolder – Vollenhove; nog verder naar het noordwesten ligt het gebied direct naast dijkkring 6, met als afscheiding de scheidingsdijk Friesland – Vollenhove) [ref 5] en [ref 6]. In het noorden en oosten grenst het dijkkringgebied aan hoge gronden.

Volgens de Waterwet is de veiligheidsnorm voor de categorie a-keringen van deze dijkkring 1/1.250 per jaar. Dat is de kans op overschrijding van de waterstand die veilig gekeerd moet kunnen worden. De aangrenzende dijkkringen (6 en 7) hebben allebei een veiligheidsnorm van 1/4.000 per jaar [ref 5].



Figuur 12: Overzicht hoogteligging dijkkring 9.

Het dijkringgebied is ruwweg te verdelen in 3 gebieden. Het oostelijke deel, ongeveer tot de lijn Zwolle – Meppel, is relatief hoog gelegen (boven NAP). Het deel ten westen van die lijn ligt relatief laag met maaiveldniveaus tot NAP -2 m. Uitzondering hierop vormt het stuk in de hoek van Vollenhove net boven het Zwarte Meer; hier ligt een keilembult met maaiveldniveaus ruim boven NAP (tot NAP +8 m).



Figuur 13: Landgebruik dijkkringgebied 9.

Figuur 13 laat het landgebruik zien van dijkkringgebied 9. Een groot deel (85%) bestaat uit 'groene gebieden'. Het aandeel 'bebouwing' en 'infrastructuur' is met 5% beperkt.

2.1.2 Beheerder

Het beheer van de primaire kering van dijkkring 9 ligt bij Waterschap Groot Salland (WGS) en Waterschap Reest en Wieden (RenW). De overgang tussen beide beheerders ligt in Zwartsluis bij het sluizencomplex (zie Figuur 14). WGS en RenW toetsen en beoordelen elke zes jaar de veiligheid van de primaire waterkeringen.

2.1.3 De primaire waterkering van dijkkringgebied 9

Dijkkring 9 bestaat uit waterkeringen die tot verschillende categorieën behoren. De waterkeringen aan de zuidelijke en zuidwestelijke zijde (tot de Kadoelersluis) zijn categorie a-keringen. Dat zijn primaire waterkeringen die direct bescherming bieden tegen buitenwater. De waterkeringen aan de noordwestkant (vanaf de Kadoelersluis tot Slijkenburg) vallen onder de categorie c-keringen (zie Figuur 11). Deze keringen beschermen indirect tegen buitenwater. Aan de noord- en oostzijde grenst het dijkkringgebied aan hoge gronden. In het voorliggende rapport worden alleen de waterkeringen beschouwd die behoren tot categorie a.

Alle dijken van dijkkring 9 zijn onderdeel van de 'Dijken achter Ramspol' (DAR). Sinds 2000 beschermt de balgstuw bij Ramspol het achterliggende gebied tegen opgestuwd water dat uit het Ketelmeer het Zwarte Meer en Zwarte Water in kan stromen. Onderstaande beschrijving is gebaseerd op de rapporten van de 2^e toetsronde van waterschap Groot Salland [ref 7] en waterschap Reest en Wieden [ref 8].



Figuur 14: Overzicht beheerders van de primaire waterkering.

De waterkering ten oosten van Dalfsen is pas recentelijk aangemerkt als categorie a-kering. Deze bestaat afwisselend uit verholen keringen en groene dijken. Verholen keringen zijn natuurlijke zandige verhogingen in het landschap die als waterkering zijn aangemerkt. Voorheen had dit gedeelte de status regionale kering.

Van Dalfsen tot Vechterweerd is de waterkering volledig groen, het tracé is erg bochtig en de breedte van het voorland varieert van 0 tot 100 m.

Nabij de Hessenweg en De Broeken (rondom de A28) vormen groene dijken het grootste deel van de waterkering, onderbroken door twee constructies met een gezamenlijke lengte van circa 2 km. In dit deel komen buitendijks vrij veel kolken voor. Binnendijks zijn ook wel kolken aanwezig, maar die zijn doorgaans opgevuld. Lokaal kan de kruin van de dijk hier smal zijn (< 3 m).

Het stuk met de naam Stenendijk (net ten zuiden van Hasselt) is daadwerkelijk een stenen zeewering. Op een groot deel van dit 1.000 m lange traject is geen buitentalud aanwezig maar bevindt zich op de buitenkruin een gemetselde muur. Dit is al een eeuwenoude waterkering, die in eerste instantie het Zuiderzeewater keerde.

In de kern van Hasselt is het tracé van de waterkering hier en daar lastig navolgbaar. Een deel van dit 1.400 m lange traject bestaat uit een waterkerende constructie. Langs de N331 is de kruin van de waterkering opvallend breed (> 25 m).

Van Hasselt naar Zwartsluis volgt de waterkering de Sluizerdijk. Net als de Stenendijk is dit al een eeuwenoude waterkering. Het tracé is sinds 1825 nauwelijks gewijzigd, behalve ter plaatse van enkele doorbraken.

Vanaf de Sluizerdijk tot Zwartsluis volgt de waterkering de N331. Het tracé loopt recht, en de waterkering is breed met een kruin van 8 tot 12 m. Er is breed voorland

aanwezig (> 100 m). Nabij De Velde is een restant van een kolk aanwezig waar de dijk in 1825 doorbrak.

In Zwartsluis bevindt zich aan beide zijden van de dijk bebouwing. Aan de buitendijkse kant zijn bij de uitvoering van DAR zware damwanden aangebracht. De waterkering volgt niet meer het oude tracé door de kern van Zwartsluis, maar loopt nu aan de waterkant om de kern heen. Aan de zuidwestkant van Zwartsluis sluit de waterkering weer aan op het oude tracé. Dan volgt de dijk over bijna 4 km de provinciale weg. De laatste 3 km buigt de waterkering van de weg af naar de Kadoelersluis.

De dijkkring bevat naast dijken en verholten keringen ook een flink aantal kunstwerken waarvan de faalkans is meegenomen in de faalkansberekening. Het gaat met name om gemalen en sluisen. Voor een verdere beschrijving van de kunstwerken wordt verwezen naar paragraaf 2.5.

2.1.4 *Bodemopbouw dijkkringgebied 9*

De beschrijving in deze paragraaf is gebaseerd op de rapporten van de 2^e toetsronde van waterschap Groot Salland [ref 7] en waterschap Reest en Wieden [ref 8].

Grofweg kan dijkkring 9 qua bodemopbouw onderverdeeld worden in drie delen:
van Ommen tot Streukel,
van Streukel tot Barsbeek (waar de waterkering afbuigt van de N331), en
van Barsbeek tot de Kadoelersluis.

Ommen tot Streukel

In dit gebied bestaat de ondergrond voornamelijk uit zand. In het algemeen ligt het Pleistocene zand, waarvan de bovenkant bestaat uit fijne dekzanden van de Formatie van Twente, tot aan het maaiveld. Lokaal worden slappe lagen aangetroffen met een beperkte dikte (maximaal 2 m). De slappe lagen bestaan uit klei- en veenlagen van de Formatie van Singraven; deze komt lokaal langs rivieren (en beken) in zuid en oost Nederland voor.

Tussen Ommen en Dalfsen bevinden zich verholten keringen. Dit zijn natuurlijke zandruggen (vaak rivierduinen of donken) die als waterkering zijn aangewezen. De dijken zijn doorgaans als verbinding tussen deze verholten keringen aangelegd. De waterkering van Ommen tot Streukel bestaat bijna geheel uit zand. Op de taluds is nauwelijks klei aanwezig.

Streukel tot Barsbeek

In dit gebied is onder en naast de dijk een nagenoeg aaneengesloten pakket van Holocene slappe lagen aanwezig, met plaatselijk een rivierduin (donk). De slappe lagen bestaan voor een groot deel uit veen (Hollandveen) lokaal bedekt door klei (zeeklei-afzettingen van Duinkerke). De dikte varieert van maximaal 5 m bij Zwartsluis en Barsbeek tot 1 à 2 m bij Hasselt. Ter plaatse van rivierduinen en met zand opgevulde geulen (oude rivierbeddingen) en kolken, ontbreken de slappe lagen. Zeer lokaal komt ook rivierklei voor (Betuwe Formatie).

De bovenkant van het Pleistocene zand bestaat uit fijne dekzanden van de Formatie van Twente bovenop grovere rivierzanden van de Formatie van Kreftenheye.

Van Streukel tot Hasselt bestaat de waterkering gedeeltelijk uit klei en gedeeltelijk uit zand. In Hasselt zelf bestaat de waterkering voor een groter deel uit zand, omdat Hasselt is gebouwd op een rivierduin (van nature hoog gelegen). Van Hasselt tot Zwartsluis bestaat de waterkering bijna helemaal uit klei, waarbij voor het laatste deel langs de N331 geldt dat er bij aanleg van de N331 een deel van het dijklichaam is vervangen door zand. Van Zwartsluis tot Barsbeek bestaat de waterkering eveneens voor het grootste deel uit klei.

Barsbeek tot de Kadoelersluis

In dit gebied bestaat de ondergrond van de waterkering uit keileem. Keileem is een afzetting die tijdens de Saale ijstijd onder de ijskap is afgezet. Het is onderdeel van de Formatie van Drenthe en bestaat uit keien, grind, zand en leem. Keileem is bijzonder resistent tegen erosie en ook erg slecht doorlatend. Bovenop het keileem bevindt zich een laag van enkele meters dik bestaande uit afwisselend zandige en slappe lagen. Achter de dijk is het keileem nog veel dikker dan onder de dijk, en vormt het een hoogte in het landschap (keileembult) met een hoogte tot bijna 10 m.

2.2 Ontstaansgeschiedenis

In onderstaande paragraaf wordt een globaal overzicht gegeven van de ontstaansgeschiedenis van dijkkring 9. De benodigde informatie hiervoor is grotendeels afkomstig van Wikipedia [ref 9], het Masterplan Ruimte voor de Vecht [ref 10] en het boek 'Overijsselse waterstaat in de kaart gekeken' [ref 11].

De Overijsselse Vecht wordt in 1232 voor het eerst in historische documenten genoemd. De Zuiderzee ontstond rond dezelfde tijd door enkele overstromingsrampen die de natuurlijke barrières wegsloegen en tot een binnensee leidden. Dit was een geleidelijk proces waarbij de binnensee steeds groter werd, na 1282 wordt algemeen gesproken over de Zuiderzee.

Het Land van Vollenhove kreeg het dijkrecht in 1363, de oudste vermelding van een dijk langs het Zwarte Water bovenstreams van Hasselt dateert uit 1399; benedenstreams van Hasselt is dat 1411. Deze dijken zijn waarschijnlijk winterdijken geweest. Voornaamste reden hiervoor is dat omstreeks 1395 het Meppelerdiep bij Zwartsluis is afgedamd. Deze afdamming had tot doel om winterse stormvloed te keren, en dat moet dan ook voor de aansluitende waterkeringen gelden.

Uit 1402 en 1456 zijn dijkbrieven bekend waarin dijkrecht en onder andere ook financiering van de aanleg van dijken (ook wel stouwen genoemd) langs de Vecht werden geregeld. Die laatste dijkbrief kan worden beschouwd als de stichtingsakte van de Noorder Vechtdijk. Overigens is er dan nog geen waterstaatkundig gezag (een waterschap of hoogheemraadschap) voor die dijken. Bij de aanleg van de dijken langs de Vecht is veelvuldig gebruik gemaakt van de hoge dekzandruggen. Deze zijn als verholten keringen in de waterkering opgenomen.

In 1908 is de Vecht voor een groot deel gekanaliseerd, wat een verkorting van 30 km van de loop van de Vecht tot gevolg had. Dit leidde tot een daling van de waterstand waardoor tussen 1912 en 1916 een aantal stuwen zijn aangelegd (ondermeer de stuw bij Vechterweerd). In 2002 zijn enkele retentiegebieden gerealiseerd naar aanleiding van hoge waterstanden in 1998.

Na de aanleg van de Afsluitdijk gingen de noordwestelijk gelegen waterkeringen het IJsselmeerwater keren. De situatie veranderde vervolgens weer aanzienlijk bij de aanleg van de Noordoostpolder (1942), toen alle dijken ten noordwesten van de Kadoelersluis niet meer direct buitenwater keerden. Bij de aanleg van Oostelijk Flevoland in 1957 veranderde de waterhuishouding op het IJsselmeer aanzienlijk.

Voor het Zwarte Meer en de daarachter gelegen gebieden was ook de aanleg van de balgstuw bij Ramspol in 2002 van belang. De stuw, aangelegd waar het Ketelmeer en het Zwartemeer aan elkaar grenzen, is een stormvloedkering in de vorm van een balgstuw die moet voorkomen dat opstuwend IJsselmeerwater de achterliggende gebieden bedreigt.



Figuur 15: De balgstuw bij Ramspol gesloten bij hoogwater. Bron: Waterschap Groot Salland, folder over de balgstuw, www.wgs.nl



Figuur 16: De Stenendijk bij Hasselt. Bron: www.geolocation.ws

Een opmerkelijk deel van de waterkering langs het Zwarte Water is de Stenendijk nabij Hasselt; de oudste gemetselde zeewering van Nederland. De Stenendijk stamt uit de

middeleeuwen en wordt al vermeld op een gravure van Hasselt uit 1649 [ref 12]. Deze muur van ongeveer 1 kilometer lang werd door de ingezetenen zelf aangelegd en onderhouden, waarbij ieder verantwoordelijk was voor het muurgedeelte van het eigen onderhoudsvak. De muur is dan ook een lappendeken van verschillende soorten metselwerk. Overigens was deze waterkering niet onfeilbaar; in 1825 brak hij op twee plaatsen door.

2.3 Recente geschiedenis: bedreigingen, versterkingen en de 3^e toetsronde

2.3.1 Overstromingsrampen

Er zijn in de afgelopen eeuwen diverse overstromingsrampen geweest in het dijkkringgebied. De stormvloed die bijdroegen aan het ontstaan van het IJsselmeer hebben ongetwijfeld ook het gebied bedreigd. Stormvloed uit die tijd waren in 1164 (Julianavloed), 1212, 1214 en 1219 (eerste Sint Marcellusvloed). De desastreuze Sint Luciovloed dateert van 1287.

Een in het oog springende ramp is ongetwijfeld die uit 1825. Tijdens de watersnood op de 4^e en 5^e februari braken toen door een combinatie van storm en achterstallig onderhoud de dijken bij Zwartsluis en Hasselt door [ref 7] en [ref 13]. In januari 1926 is de Molendijk bij Dalfsen doorgebroken.

2.3.2 Versterkingen

Eind 2002 is de Balgstuw in werking gesteld. Bij de planvoorbereiding voor de aanleg van de Balgstuw (midden jaren '90) bleek dat in het achterliggende gebied onder invloed van opstuwing vanaf het Zwarte Meer en het Zwarte Water in combinatie met hoge afvoeren van de Vecht en de Sallandse Weteringen nog wel hoge waterstanden op kunnen treden. Daarvoor zijn in het achterliggende gebied dijkverbeteringen uitgevoerd onder de naam Dijkverbetering achter Ramspol (DAR).

2.3.3 Resultaten uit de 3^e toetsronde

In de 3^e toetsronde is de waterkering van dijkkring 9 getoetst op basis van de VTV2006 [ref 14]. In die toetsing zijn dijkvak 2 en 12 afgekeurd op hoogte, dijkvak 32 en 33 op macrostabiliteit binnenwaarts, en dijkvak 12 tot en met 24, 29 en 30 op bekleding. Dijkvak 1 tot en met 11 zijn niet getoetst op piping, macrostabiliteit binnenwaarts en bekleding omdat dit voor verholen waterkeringen geen relevante faalmechanismen zijn in de toetsmethodiek.

Dijkvak	Hoogte	Piping	Macrostabiliteit binnenwaarts	Bekleding
1	V	Nvt	Nvt	Nvt
2	O	Nvt	Nvt	Nvt
3	V	Nvt	Nvt	Nvt
4	V	Nvt	Nvt	Nvt
5	V	Nvt	Nvt	Nvt
6	V	Nvt	Nvt	Nvt
7	V	Nvt	Nvt	Nvt
8	V	Nvt	Nvt	Nvt
9	V	Nvt	Nvt	Nvt
10	V	Nvt	Nvt	Nvt
11	V	Nvt	Nvt	Nvt
12	O	G	V	O
13	G	V	V	O
14	G	V	V	O
15	G	V	V	O

Dijkvak	Hoogte	Piping	Macrostablieit binnenwaarts	Bekleding
16	G	V	V	O
17	V	V	V	O
18	V	V	V	O
19	V	V	V	O
20	V	V	V	O
21	V	V	V	O
22	G	G	V	O
23	G	G	V	O
24	G	G	V	O
25	V	G	V	V
26	V	G	V	V
27	V	G	V	V
28	V	G	V	V
29	V	G	V	O
30	V	G	V	O
31	V	G	V	V
32	V	G	O	V
33	V	G	O	V
34	G	G	V	V
35	G	G	V	V
36	V	G	V	V
37	V	G	V	V
38	G	G	V	V
39	G	V	V	G
40	G	V	V	G
41	G	V	V	G
42	G	V	V	G
43	G	V	V	G
44	G	G	V	G
45	G	G	V	G
46	G	G	V	G
47	G	G	V	G
48	G	G	V	G
49	G	G	V	G
50	G	G	V	G
51	G	G	V	G

Tabel 7: Resultaten 3^e toetsronde: G=goed, V=voldoende, O=onvoldoende.

2.4 Vakindeling categorie a-kering

Ten behoeve van de faalkansberekeningen is de waterkering van dijkkringgebied 9 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 (ringdeelgrens);
- Dusdanige verandering in belasting en/of sterkte-eigenschappen dat niet langer sprake is van een homogene belasting en/of van homogene sterkte-eigenschappen.

De faalmechanismen hebben niet overal dezelfde kans van optreden. In bepaalde vakken is het, op grond van de analyses die in het kader van de derde toetsronde zijn uitgevoerd, te verwachten dat de kans op het optreden van een bepaald faalmechanisme marginaal is. In dergelijke gevallen kan het faalmechanisme buiten beschouwing worden gelaten, zonder dat dit leidt tot een vertekend beeld van het totale overstromingsrisico. Daarom is eerst per faalmechanisme een selectie gemaakt van de vakken waar de faalkans mogelijk niet-marginaal zal zijn. Alleen in die vakken zijn faalkansen berekend voor het betreffende faalmechanisme.

De vakindeling uit de toetsingen is als basis overgenomen (Tweede en Derde Toetsronde [ref 7], [ref 8]). Dit is enerzijds gedaan om de resultaten van VNK2 makkelijker te kunnen vergelijken met het globale beeld uit de toetsing en anderzijds om gebruik te kunnen maken van reeds aanwezige informatie. Deze vakindeling is aangevuld met vakgrenzen op basis van de in VNK2 gehanteerde criteria (zie hierboven). Gebleken is dat vanuit het oogpunt van de gewenste homogeniteit van vakken, de dijkvakindeling uit de toetsronden een geschikte basis vormt. Deze is uiteindelijk dan ook grotendeels aangehouden.

2.4.2 Overzicht vakindeling

Op basis van het bovenstaande is de primaire waterkering van dijkkring 9 verdeeld in 51 dijkvakken. Een overzicht van de onderverdeling van dijkkring 9 in dijkvakken is gegeven in Figuur 17. Een compleet overzicht van de vakgrenzen, locatieaanduidingen en bijbehorende ringdelen is opgenomen in bijlage C.

2.5 Kunstwerken

In totaal bevinden zich 27 kunstwerken zoals gemalen, sluizen en uitlaten in de categorie a-kering van dijkkring 9. De kenmerken van deze kunstwerken zijn opgesomd in Tabel 8. Niet al deze kunstwerken zijn in de risicoanalyse meegenomen. De reden hiervoor is dat uit een korte analyse van de kunstwerken vooruitlopend op de faalkansberekeningen al bleek dat die kunstwerken ofwel een verwaarloosbaar kleine faalkans zouden laten zien danwel dat falen zou leiden tot verwaarloosbare gevolgen. In beide gevallen zou de bijdrage van het kunstwerk aan het overstromingsrisico verwaarloosbaar zijn.



Figuur 17: Vakindeling dijkkring 9.

Kunstwerk naam en type	Type	VNK nummer ⁵	Dijkvak	Ringdeel	Verwachte bijdrage op basis van screening
Varsenerweg nabij N348	Uitwateringssluis		1	1	Verwaarloosbaar
Varsenerweg nabij N348	Uitwateringssluis		1	1	Verwaarloosbaar
Rondom de Stouwe	Uitwateringssluis		2	1	Verwaarloosbaar
Rondom de Stouwe	Uitwateringssluis		2	1	Verwaarloosbaar
Rondom de Stouwe	Uitwateringssluis		4	1	Verwaarloosbaar
Rondom de Stouwe	Uitwateringssluis		4	1	Verwaarloosbaar
Stuw de Stouwe	Uitwateringssluis	VNK.09.08.010	2	1	Geanalyseerd
Gemaal de Stouwe	Gemaal	VNK.09.08.010	2	1	Verwaarloosbaar
In/uitlaatduiker vijver Bellingeweer	Uitwateringssluis	VNK.09.08.009	11	2	Verwaarloosbaar
Gemaal vijvers Bellingeweer	Gemaal	VNK.09.02.011	11	2	Verwaarloosbaar
Riooloverstort Raadhuisstraat Dalftsen	Uitwateringssluis	VNK.09.08.008	12	2	Verwaarloosbaar
Inlaat Broekhuizen	Inlaatsluis	VNK.09.03.001	16	3	Geanalyseerd
Gemaal den Doorn	Gemaal	VNK.09.02.009	29	5	Verwaarloosbaar

⁵ Niet alle kunstwerken hebben een VNK nummer. Dit zijn kunstwerken die niet bij VNK geregistreerd waren.

Kunstwerk naam en type	Type	VNK nummer ⁵	Dijkvak	Ringdeel	Verwachte bijdrage op basis van screening
Uitlaat Gennegerzijk	Uitwateringsslu	VNK.09.08.001	32	5	Verwaarloosbaar
Gemaal Streukelerzijk Zuidzijde	Gemaal	VNK.09.02.005	33	5	Geanalyseerd
Gemaal Streukelerzijk Noordzijde	Gemaal	VNK.09.02.008	33	5	Geanalyseerd
Gemaal Galgenrak	Gemaal	VNK.09.02.004	33	5	Verwaarloosbaar
Schutsluis Hasselt	Schutsluis	VNK.09.06.002	37	5	Geanalyseerd
Overstort Hasselt	Uitwateringsslu		37	5	Verwaarloosbaar
Overstort Hasselt (Eikenlaan)	Uitwateringsslu	VNK.09.08.004	37	5	Verwaarloosbaar
Overstort Hasselt	Uitwateringsslu	VNK.09.08.003	37	5	Verwaarloosbaar
Overstort Hasselt	Uitwateringsslu	VNK.09.08.002	37	5	Verwaarloosbaar
Overstort Hasselt (persleiding)	Uitwateringsslu		39	6	Verwaarloosbaar
Gemaal Kloosterzijk	Gemaal	VNK.09.02.007	41	7	Geanalyseerd
Gemaal Kostverlorenzijk	Gemaal	VNK.09.02.006	43	7	Geanalyseerd
Gemaal Zenemuden	Gemaal	VNK.09.02.001	44	8	Verwaarloosbaar
Keersluis Meppelerdiep	Keersluis	VNK.09.04.002	44	8	Verwaarloosbaar
Grote Kolksluis	Schutsluis	VNK.09.06.001	44	8	Geanalyseerd
Keersluis de Whaa	Keersluis	VNK.09.04.001	45	8	Geanalyseerd
Gemaal Barsbeker	Gemaal	VNK.09.02.002	48	9	Geanalyseerd
Gemaal Kadoelen	Gemaal	VNK.09.02.003	51	9	Verwaarloosbaar

Tabel 8: Overzicht van de kunstwerken van dijkkring 9.

De ligging van de kunstwerken die wel zijn meegenomen is te zien in Figuur 18.



Figuur 18: Ligging van de kunstwerken die zijn meegenomen in dijkkring 9.

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 berekeningen van de faalkansen van de dijkvakken en kunstwerken en de overstromingskans van het dijkkringgebied zijn uitgevoerd met behulp van het programma PC-Ring [ref 14 - ref 17]. De faalkansen voor het faalmechanisme *macrostabiliteit binnenwaarts* zijn met behulp van aparte procedures buiten PC-Ring berekend. De voor dit faalmechanisme berekende faalkansen dienen wel weer als invoer voor PC-Ring bij het berekenen van de faalkansen per vak, per ringdeel en de overstromingskans van het totale dijkkringgebied.

De betreffende belastingmodellen zijn afgestemd op de 'thermometerwaarden' van 2006 (TMR2006). In deze waarden zijn de gegevens en inzichten tot en met 2006 verwerkt. Deze zijn nagenoeg gelijk aan de Hydraulische Randvoorwaarden 2006 (HR2006 [ref 5]) die in het kader van het Wettelijke toetsing worden gebruikt. Het verschil is dat in de HR2006 beleidsmatige overwegingen zijn meegewogen bij het vaststellen van de buitenwaterstanden behorende bij de normfrequentie van de dijkkring, zijnde 1/1.250 per jaar.

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. Middels een gevoeligheidsanalyse wordt dan de invloed van de voorgenomen maatregel op de faalkans inzichtelijk gemaakt. Bij dijkkring 9 is in vak 12 (Dalfsen) een verbetering in voorbereiding. Voor dit vak is de dijk doorgerekend alsof deze al verbeterd is.

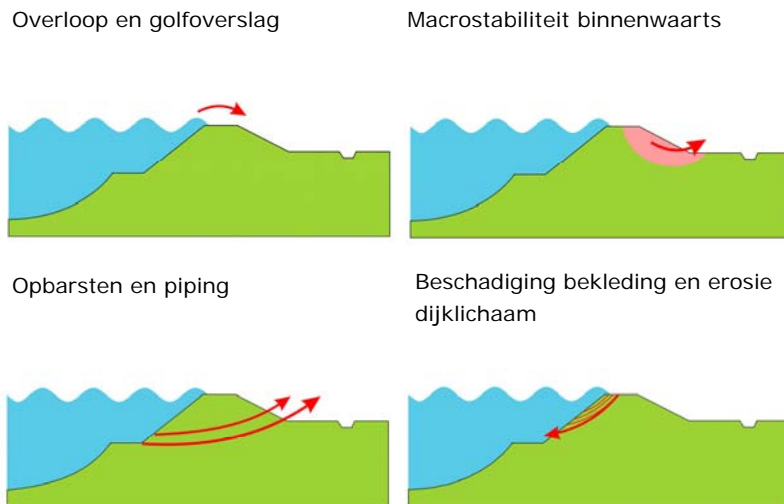
Op vakniveau zijn, indien relevant, verschillende gevoeligheidsanalyses uitgevoerd om een beeld te krijgen van de invloeden van alternatieve schematisaties. Voor een uitgebreide toelichting op de vakindeling, de selectie van faalmechanismen en de opgestelde schematisaties per faalmechanisme en per vak, 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 19):

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



Figuur 19: 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.

Hierbij wordt opgemerkt dat er binnen VNK geen mogelijkheid is om tijdsafhankelijkheid mee te nemen in de faalkansbepaling. Dit betekent dat de berekende resultaten mogelijk een (beperkte) overschatting van de werkelijke faalkans vormen. Met name in het windgedomineerde deel van dijkkring 9 (langs het Zwarte Meer en het Zwarte Water) en vooral voor *opbarsten en piping* zou dit effect een rol kunnen spelen.

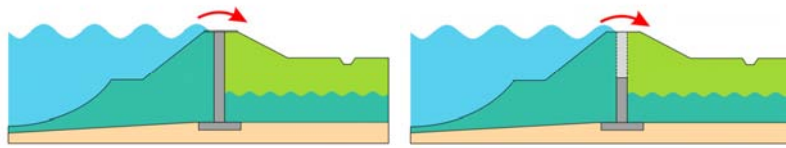
3.2.2 *Faalmechanismen kunstwerken*

Voor de bepaling van de faalkans van een kunstwerk wordt rekening gehouden met de volgende faalmechanismen (zie Figuur 20):

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

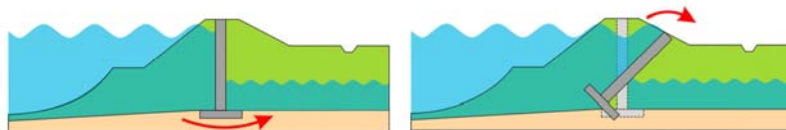
Overslag/overloop

Betrouwbaarheid sluiting



Onder- en achterloopsheid

Sterkte en stabiliteit



Figuur 20: Beschouwde faalmechanismen kunstwerken.

Overslag/overloop

Bij dit faalmechanisme vindt falen plaats op het moment dat het overslaand en/of overlopend debiet groter is dan toelaatbaar. Het toelaatbare debiet wordt hierbij bepaald door de sterkte van de bodembescherming (erosie en ontgraving) dan wel het kombergend vermogen. Daarbij geldt dat komberging alleen wordt meegenomen als een tekort aan komberging leidt tot het bezwijken van de achterliggende kaden, het 'leeglopen' van de kom en het vervolgens bezwijken van het kunstwerk als gevolg van het grote debiet ten gevolge van het ontstane grote verval, wat leidt tot erosie en ontgraving.

Betrouwbaarheid sluiting

Falen ten gevolge van *betrouwbaarheid sluiting* treedt op als het kunstwerk niet gesloten is en het instromende debiet door het geopende kunstwerk groter is dan het toelaatbare debiet. Het toelaatbare debiet wordt hierbij bepaald door de sterkte van de bodembescherming (erosie en ontgraving) dan wel het kombergend vermogen. Daarbij geldt dat komberging alleen wordt meegenomen als een tekort aan komberging leidt tot het bezwijken van de achterliggende kaden, waardoor substantiële hoeveelheden water het achterland in stromen en significante gevolgen optreden. Het meenemen van de komberging vergt een terdege afweging of de gevolgen vergelijkbaar zijn met de gevolgen van het ontstaan van een daadwerkelijke bres in de primaire kering.

Onder- en achterloopsheid

Onder- en achterloopsheid leidt tot falen indien er als gevolg van de kwelstroom langs of onder het object zand wordt meegevoerd en vervolgens naar het maaiveld wordt afgevoerd. Op deze wijze kan ondergraving van het kunstwerk ontstaan. De modellering van dit faalmechanisme vindt plaats met behulp van het model Bligh (alleen horizontale kwelwegen) en het model Lane (zowel horizontale als verticale kwelwegen).

Het uitgangspunt is dat wanneer *onder- en achterloopsheid* optreedt en dit gedurende langdurige perioden plaatsvindt het kunstwerk zal bezwijken.

Sterkte en stabiliteit

Het faalmechanisme *sterkte en stabiliteit* treedt op indien de sterkte van het kunstwerk niet toereikend is om de vervalbelastingen over het kunstwerk, dan wel de aanvaarbelastingen door schepen te kunnen opnemen. Het faalmechanisme kent een drietal mogelijke faalmodi:

Bezwijken van waterkerende onderdelen (bv keermiddelen) van het kunstwerk als gevolg van de vervalbelasting;
Bezwijken van het gehele kunstwerk (stabiliteitsverlies) als gevolg van de vervalbelasting;
Bezwijken van keermiddelen als gevolg van aanvaren, waardoor de situatie van een niet gesloten kunstwerk ontstaat. Deze faalmodus treedt in principe alleen bij schutsluizen op.

Beoordelingsmethode

Voor een aantal typen kunstwerken is binnen het project VNK2 een methode ontwikkeld om faalkansen te berekenen. Het gaat om de volgende typen kunstwerken: schutsluizen, keersluizen, in- en uitwateringssluizen, coupures, tunnels en gemalen. Leidingen met een directe verbinding met het buitenwater (bijvoorbeeld effluentleidingen) worden hierbij beschouwd als uitwateringssluizen.

De systematiek van VNK2 ten aanzien van de kunstwerken is grotendeels afgeleid van de bestaande vigerende leidraden zoals de Leidraad Kunstwerken. Binnen deze huidige systematiek van kunstwerken zijn een drietal wijzen van falen mogelijk. Dit zijn:

1. Overschrijding van het toelaatbare volume aan instromend water over een gesloten kunstwerk (faalmechanisme *overslag/overloop*).
2. Overschrijding van het toelaatbare volume aan instromend water via een geopend kunstwerk (faalmechanisme *betrouwbaarheid sluiting*).
3. Bezwijken van het kunstwerk (faalmechanismen *onder- en achterloopsheid en sterkte en stabiliteit*).

Falen wordt hierbij binnen VNK2 gedefinieerd als het instromen van dusdanig veel water dat er gesproken kan worden van een bres in de primaire waterkering. De gevolgen die hierbij horen zijn dus substantieel. Het optreden van lokaal wateroverlast behoort hier niet toe.

In principe geldt voor de eerste 2 bovenstaande faalwijzen, dat bij het optreden van het primaire faalproces (*overslag/overloop* of het niet gesloten zijn van het kunstwerk) er nog niet direct sprake is van falen van het kunstwerk. Daarvoor is het ook nog nodig dat of de bodembescherming aan de binnenzijde fors erodeert en er ontgrondingskuilen ontstaan, of het kombergend vermogen niet toereikend is, waardoor achterliggende keringen bezwijken en dit tot substantiële gevolgen in het achterland leidt.

Voor de derde faalwijze geldt dat in principe het optreden van het primaire faalproces (optreden van onder- en achterloopsheid en het bezwijken van onderdelen van het kunstwerk) leidt tot het geheel bezwijken van het kunstwerk en daarmee het ontstaan van een bres.

Het optreden van een bres en vervolgens bresgroei is bij kunstwerken niet zo vanzelfsprekend als bij de dijken. Daarom wordt per situatie bekeken of daadwerkelijk een bres kan optreden of dat de gevolgen dusdanig groot zijn dat er gesproken kan worden van een bres.

3.3 Niet beschouwde faalmechanismen

Niet alle faalmechanismen kunnen met het VNK2-instrumentarium worden doorgerekend. De faalmechanismen zettingsvloeiing, afschuiven voorland, afschuiven buitentalud, micro-instabiliteit en verweking, worden binnen VNK2 niet meegenomen. De redenen hiervoor zijn divers en houden verband met de volgende zaken:

Voor sommige faalmechanismen is er nog een kennistekort of zijn de gegevens onvoldoende beschikbaar;

Niet alle faalmechanismen leiden direct tot bezwijken;

Faalmechanismen hebben een sterk tijdsafhankelijk karakter waardoor de modellering met het VNK-instrumentarium niet mogelijk is of tot onvoldoende betrouwbare antwoorden zal leiden.

Verondersteld wordt dat deze faalmechanismen van ondergeschikt belang zijn ten opzichte van de faalmechanismen die in de risicoanalyse zijn meegenomen. In de 3^e toetsronde zijn ook geen delen van de waterkering van dijkkring 9 afgekeurd op deze faalmechanismen [ref 7 en ref 8].

Ook aansluit- en overgangsconstructies kunnen met het VNK2-instrumentarium niet worden geanalyseerd. De ervaring bij overstromingen in het buitenland leert dat de overgang van harde naar zachte constructies vaak zwakke plekken vormen. Het is onduidelijk in hoeverre de Nederlandse richtlijnen voor het ontwerp van aansluit- en overgangsconstructies afdoende veiligheid bieden. Hiervoor is aanvullend onderzoek benodigd. Vanwege het ontbreken van geschikte modellen wordt het falen van aansluit- en overgangsconstructies in VNK2 niet beschouwd. In hoeverre dit tot een onderschatting van het overstromingsrisico leidt, is onbekend.

3.4 Berekende overstromingskansen

VNK2 geeft een beeld van de overstromingskansen voor een dijkkring. 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 (voor de categorie a-kering) van dijkkringgebied 9 is groter dan 1/100 per jaar.

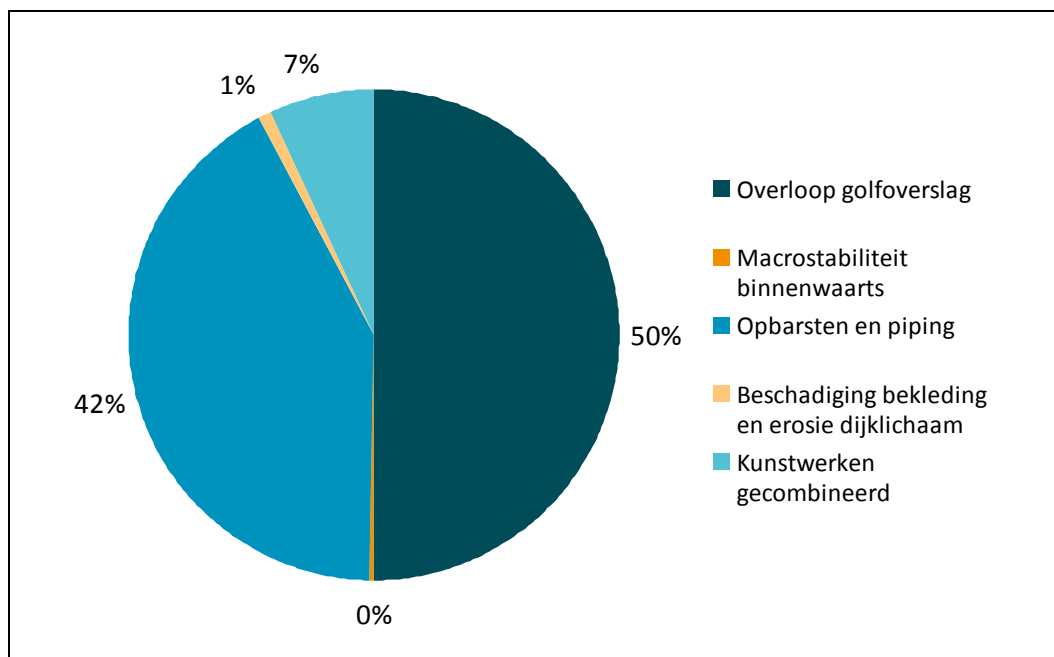
Deze overstromingskans heeft betrekking op de kans dat er ergens in het dijkkringgebied een overstroming plaatsvindt. Afhankelijk van de breslocatie(s) worden verschillende delen van het dijkkringgebied getroffen. In Tabel 9 zijn de faalkansen (kans per jaar) voor de verschillende faalmechanismen weergegeven.

De overstromingskans van het dijkkringgebied wordt bijna volledig bepaald door de faalmechanismen *overloop en golfoverslag* en *opbarsten en piping*. De faalmechanismen *macrostabiliteit binnenwaarts* en *beschadiging bekleding en erosie dijklichaam* hebben een relatief kleine kansbijdrage. De faalkansen van de beschouwde faalmechanismen voor de kunstwerken hebben nog wel een bijdrage aan de overstromingskans van dijkkringgebied 9, voornamelijk veroorzaakt door de relatief grote faalkansen van gemaal Streukelerzijl Zuidzijde.

Type waterkering	Faalmechanisme	Faalkans (per jaar)
Dijk	Overloop en golfoverslag	1/120
	Opbarsten en piping	1/140
	Macrostabieliteit binnenwaarts	1/110.000
	Beschadiging bekleding en erosie dijklichaam	1/6.100
Kunstwerk	Overslag/overloop	1/99.000
	Betrouwbaarheid sluiting	1/6.500
	Onder- en achterloopsheid	1/980
	Sterkte en stabiliteit	< 1/1.000.000
Overstromingskans		> 1/100

Tabel 9: Berekende faalkansen per faalmechanisme

In Figuur 21 is een overzicht opgenomen van de procentuele bijdragen van verschillende faalmechanismen aan de som van de faalkansen per faalmechanisme. Deze som is niet exact gelijk aan de overstromingskans vanwege afrondingen.



Figuur 21: Procentuele bijdragen van verschillende faalmechanismen aan de som van de faalkansen per mechanisme.

3.4.2 Faalkansen dijken

De resultaten van de faalkansberekeningen voor de dijken zijn weergegeven in Tabel 10. Indien op voorhand kon worden aangenomen dat een faalkans voor een faalmechanisme voor een dijkvak dusdanig laag zou uitvallen dat het faalmechanisme geen significante bijdrage zou leveren aan de overstromingskans van het dijkkringgebied, dan is dat bewuste faalmechanisme voor dat dijkvak niet beschouwd.

Vak nr.	Faalkans (per jaar) per faalmechanisme				
	Overloop en golfoverslag	Macrostabieliteit binnenwaarts	Opbarsten en piping	Beschadiging bekleding en erosie dijklichaam	Gecombineerd
1	1/510*	-	-	-	-
2	>1/100*	-	-	-	-
3	1/310.000*	-	-	-	-
4	1/1.300	-	-	-	1/1.300
5	1/120	-	-	-	1/120
6	1/980*	-	-	-	-
7	1/1.200*	-	-	-	-
8	1/1.400*	-	-	-	-
9	1/2.400	-	1/17.000	-	1/2.200
10	1/6.600*	-	-	-	-
11	1/850	-	-	-	1/850
12	1/580	-	-	-	1/580
13	1/140.000	-	-	<1/1.000.000**	1/140.000
14	1/87.000	-	-	<1/1.000.000	1/87.000
15	1/110.000**	<1/1.000.000	1/610	1/59.000	1/600
16	1/240.000	-	1/1.300	<1/1.000.000**	1/1.300
17	1/330.000	<1/1.000.000	1/1.700	<1/1.000.000	1/1.700
18	1/110.000	-	1/2.000	1/730.000**	1/2.000
19	1/820.000	-	1/4.400	<1/1.000.000	1/4.400
20	1/200.000	-	1/4.400	<1/1.000.000**	1/4.300
21	<1/1.000.000	-	1/2.100	<1/1.000.000**	1/2.100
22	1/66.000	-	1/7.900	<1/1.000.000	1/7.100
23	1/410.000	-	1/7.300	<1/1.000.000	1/7.200
24	1/290.000	-	-	<1/1.000.000	1/280.000
25	1/1.700	1/120.000	1/1.200	-	1/740
26	<1/1.000.000	-	-	-	<1/1.000.000
27	1/34.000	-	-	-	1/34.000
28	1/4.400	-	1/1.400	-	1/1.100
29	1/1.800	-	-	1/380.000	1/1.800
30	1/5.900	-	-	-	1/5.900
31	1/8.600	-	1/7.600	1/88.000	1/4.000
32	1/6.700	<1/1.000.000	1/1.500	1/7.300	1/1.100
33	1/110.000	-	-	-	1/11.000
34	1/79.000	-	1/1.200	-	1/1.200
35	1/2.600	<1/1.000.000	-	-	1/2.600
36	1/11.000	-	-	-	1/11.000
37	1/43.000	-	-	-	1/43.000
38	<1/1.000.000	-	-	-	<1/1.000.000
39	1/43.000	-	1/4.600	-	1/4.200
40	1/16.000	<1/1.000.000	1/3.100	-	1/2.600

Vak nr.	Faalkans (per jaar) per faalmechanisme				
	Overloop en golfoverslag	Macrostabiliteit binnenwaarts	Opbarsten en piping	Beschadiging bekleding en erosie dijklichaam	Gecombineerd
41	1/6.500	-	1/1.200	-	1/1.100
42	1/3.000	-	1/5.100	-	1/2.000
43	1/150.000	-	1/2.200	<1/1.000.000**	1/2.200
44	1/440.000	-	-	<1/1.000.000	1/440.000
45	<1/1.000.000	-	-	-	<1/1.000.000
46	<1/1.000.000	-	1/10.000	-	1/10.000
47	1/530.000	<1/1.000.000	-	-	1/470.000
48	1/130.000	-	-	<1/1.000.000	1/120.000
49	<1/1.000.000	-	-	<1/1.000.000	<1/1.000.000
50	<1/1.000.000	-	-	<1/1.000.000**	<1/1.000.000
51	<1/1.000.000	-	<1/1.000.000	-	<1/1.000.000
Overstromingskans	1/120	1/110.000	1/140	1/6.100	>1/100

Tabel 10: Berekende faalkansen voor de dijken van dijkkring 9.

*De faalkans voor dit faalmechanisme bij deze vakken is niet meegenomen in zowel de vakkans als de faalkans voor het betreffende faalmechanisme en de overstromingskans voor het totale dijkkringgebied. De gevolgen bij bresvorming in deze dijkvakken zijn verwaarloosbaar klein doordat er hoog achterland aanwezig is achter de kering.

** De faalkans voor dit faalmechanisme bij deze vakken is niet meegenomen in zowel de vakkans als de faalkans voor het betreffende faalmechanisme en de overstromingskans voor het totale dijkkringgebied. Bij de faalmechanismen overloop en golfoverslag en beschadiging bekleding en erosie dijklichaam zijn verschillende maatgevende schematisaties. In de berekening van de overstromingskans in PC-Ring kan slechts één van beide schematisaties meegenomen worden. Er is daarom voor gekozen om het faalmechanisme met de grootste faalkans binnen een vak mee te nemen.⁶

Overloop en golfoverslag

Voor de meeste dijkvakken zijn voor het faalmechanisme *overloop en golfoverslag* faalkansen berekend in de orde van 1/1.000 tot 1/100.000 per jaar. Het gebied wordt ook gekenmerkt door grote stukken verholten waterkering en oorspronkelijk Zuiderzeedijken. Deze dijkvakken hebben een grote kerende hoogte en hebben een faalkans in de orde 1/100.000 tot 1/1.000.000 per jaar.

Er is ook een aantal dijkvakken met een relatief grote faalkans. De resultaten van deze dijkvakken worden hieronder nader toegelicht.

Te zien is dat bij de beide vakken die in de 3^e toetsronde een score onvoldoende gekregen hebben (vak 2 en 12), ook een grote kans op falen berekend wordt.

⁶ Een voorbeeld van het voorkomen hiervan is dijkvak 43. Hiervoor is een bepaald profiel maatgevend voor de golfbelasting (qua orientatie en helling), maar dit is niet het profiel met het laagste punt. Er kan in PC-Ring per dijkvak maar één profiel geschematiseerd worden, dus is in een gevoeligheidsanalyse op vakniveau bepaald welke van de twee faalmechanismen maatgevend was, de andere is niet meegenomen.

Opvallende verschillen zijn de vakken 1, 5-7 en 11, waarbij in de 3^e toetsronde een score voldoende is toegekend op het faalmechanisme *overloop en golfoverslag*, maar waar binnen VNK een faalkans groter dan 1/1.250 per jaar wordt berekend. Dit verschil is te verklaren doordat bij VNK de hoogtedata uit de Flimap-databases wordt gebruikt. Op basis van deze data is per 10 meter een profiel gegenereerd, terwijl in de toetsing per hectometerpaal is gekeken. De tussen de hectometerpalen liggende laagtes zijn in de AHN2-profielen wel te zien. De lokale laagtes die uit de AHN2-profielen als maatgevend zijn aangewezen leiden tot grotere faalkansen voor het betreffende dijkvak dan wanneer uit was gegaan van de profielen per hectometerpaal. De verschillen lopen bij sommige vakken op tot enkele decimeters.

De lokale laagte bij vak 5 is wel bekend bij het waterschap. Hier wordt de waterkering als beheersmaatregel onder hoogwateromstandigheden opgehoogd met zandzakken.

Opbarsten en piping

De berekende faalkansen voor *opbarsten en piping* liggen voor vrijwel alle dijkvakken in de orde 1/1.250 tot 1/125.000 per jaar. Voor vak 15 (faalkans 1/610 per jaar) is de grootste faalkans berekend. Voor één vak (vak 51) wordt een faalkans kleiner dan 1/1.000.000 per jaar berekend. De resultaten op dijkvakniveau komen overeen met het beeld van de beheerder dat gebaseerd is op de resultaten van de pipingtoets uit de derde toetsronde, op dijkvak 15 na.

Bij vak 15 wordt een faalkans berekend die groter is dan 1/1.250 per jaar. In de 3^e toetsronde is bij dit vak een score voldoende toegekend. Er zijn enkele redenen te benoemen die dit verschil verklaren:

Bij het berekenen van de faalkans voor *opbarsten en piping* is een belangrijke parameter de korrelgrootte (D70) van de erosiegevoelige zandlaag en de bijbehorende doorlatendheid hiervan. Bij de faalkansberekening is uitgegaan van de (conservatieve) DINO-gegevens, omdat er geen lokale gegevens beschikbaar waren die een dekkend beeld gaven over de gehele dijkring. Een inventarisatie van de wel beschikbare analyses suggereert dat de korrelgrootte van de erosiegevoelige zandlagen wel eens grover zouden kunnen zijn.

Een gevoeligheidsanalyse op vakniveau leert dat hanteren van iets gunstigere parameters leidt tot een reductie van de faalkans op vakniveau met ongeveer een factor 10.

In de toetsing is waarschijnlijk wel gebruik gemaakt van de iets gunstigere gegevens, zodat het resultaat in de faalkansberekening ten opzichte van de toetsing ongunstiger uitvalt.

Binnen VNK wordt de spreiding van de kwelweglengte en de andere stochasten binnen een dijkvak meegenomen. Elke 100 meter is het maatgevende profiel bepaald. In de 3^e toetsronde is uitgegaan van veel minder profielen; net als bij *overloop en golfoverslag* leidde deze fijnmaziger benadering tot relatief ongunstigere waarden voor de stochasten.

Wel wordt een opmerking bij de relatief grote faalkans gemaakt. De dijken zijn namelijk grotendeels ontworpen op het peil HR1996. Het huidige toetspeil is sindsdien met 0,30 tot 0,50 meter omhoog gegaan door verhoging van de maatgevende afvoer van de Vecht. Dit komt langs de Vecht overeen met 1,0 tot 1,5 maal de decimeringshoogte.

Macrostabieliteit binnenwaarts

De kans op falen als gevolg van de macrostabieliteit van het binnentalud is voor zes van de zeven geselecteerde vakken kleiner dan 1/1.000.000 per jaar. De faalkans voor het faalmechanisme *macrostabieliteit binnenwaarts* bij dijkvak 25 is 1/120.000 per jaar.

De berekende faalkansen komen grotendeels overeen met het beeld dat de toetsresultaten uit de derde toetsronde geven. Alleen bij dijkvak 32 wordt met PC-Ring

een veel kleinere kans uitgerekend dan op basis van het toetsresultaat verwacht mag worden.

De reden voor deze kleine faalkans bij dit vak ligt in het feit dat in de derde toetsronde dit dijkvak is afgekeurd bij een faalsituatie waarbij de dijk afschuift langs een ondiepe glijcirkel. Het binnentalud schuift hierbij wel deels af, maar bresvorming treedt niet op. In VNK wordt deze situatie niet als maatgevend beschouwd, maar wordt gezocht naar de situatie dat de gehele dijk faalt. Dit treedt op bij diepe glijcirkels. Deze situatie treedt bij dit dijkvak pas op bij grotere belastingen. Daarom wordt in VNK een kleinere faalkans berekend.

Beschadiging bekleding en erosie dijklichaam

De berekende faalkansen voor *falen bekleding en erosie dijklichaam* zijn voor vrijwel alle dijkvakken < 1/1.000.000 per jaar. Voor vak 32 (faalkans 1/7.300 per jaar) is de grootste faalkans berekend. Ook voor de vakken 15, 18, 29 en 31 wordt een faalkans groter dan 1/1.000.000 per jaar berekend.

De dijkvakken 13-24 en 29 hebben een grasmat direct op de zandbekleding. Deze dijkvakken hebben het toetsoordeel 'onvoldoende' gekregen in de derde toetsronde, terwijl uit VNK over het algemeen kleinere faalkansen volgen.

Voor gras op zand bestaan geen toetsregels binnen het Wettelijk Toetsinstrumentarium. In de derde toetsronde zijn samen met de provincie afspraken gemaakt onder welke omstandigheden bij een goede grasmat een oordeel voldoende gegeven kon worden [ref 7]. In de toetsing is direct de score 'onvoldoende' toegekend voor vakken waar een gedeelte van de grasmat een matige of slechte kwaliteit had. Dit gold voor de genoemde dijkvakken.

Daarnaast zijn de in de toetsing gebruikte dijkvakken langer dan de dijkvakken die in VNK zijn aangehouden. Per dijkvak is het oordeel, conservatief, gebaseerd op het slechtste stukje grasmat in dat dijkvak. Daardoor werkt een klein stukje slechte grasmat door in het toetsoordeel over een grote lengte van de dijk. Omdat in VNK de dijk in veel meer dijkvakken is opgedeeld, heeft een gedeelte met een matige of slechte grasmat slechts invloed op de faalkans van een korter gedeelte van de dijk.

3.4.3 *Overzicht faalkansen dijken*

In Figuur 22 is door middel van kleurtinten een overzicht gegeven van de berekende faalkansen voor de dijkvakken.



Figuur 22: Overzicht faalkansen per dijkvak.

3.4.4 Faalkansen kunstwerken

De resultaten van de faalkansberekeningen voor de kunstwerken zijn weergegeven in Tabel 11. 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	Gecombineerd
Stuw de Stouwe	1/400.000	1/1.900	-	-	1/1.800
Inlaat Broekhuizen	-	-	<1/1.000.000	-	<1/1.000.000
Gemaal Streukelerzijl Zuidzijde	-	-	1/1.100	-	1/1.100
Gemaal Streukelerzijl Noordzijde	<1/1.000.000	-	<1/1.000.000	-	<1/1.000.000
Schutsluis Hasselt	-	1/42.000	-	-	1/42.000
Gemaal Kloosterzijl	-	-	1/14.000	-	1/14.000
Gemaal Kostverlorenzijl	-	-	<1/1.000.000	-	<1/1.000.000

Kunstwerk	Faalkans (per jaar) per faalmechanisme				
	Overslag/ overloop	Betrouwbaarheid sluiting	Onder- en achterloopsheid	Sterkte en stabiliteit	Gecombineerd
Grote Kolksluis	-	1/8.000	-	<1/1.000.000	1/7.900
Keersluis de Whaa	1/110.000	1/32.000	<1/1.000.000	<1/1.000.000	1/25.000
Gemaal Barsbeker	-	-	-	<1/1.000.000	<1/1.000.000

Tabel 11: Berekende faalkansen voor de kunstwerken van dijkkring 9

Voor het faalmechanisme *overloop en golfoverslag* is alleen een faalkans berekend als het kunstwerk daadwerkelijk zelf de kerende hoogte verzorgt. Als ter plaatse van het kunstwerk het dijklichaam de kerende hoogte verzorgt, volgt de faalkans voor *overloop en golfoverslag* uit het betreffende vak in het dijkenpoor.

Tabel 11 laat zien dat de faalmechanismen *onder- en achterloopsheid* (voornamelijk gemaal Streukelerzijl Zuidzijde en in mindere mate gemaal Kloosterzijl) en *betrouwbaarheid sluiting* (voornamelijk bij Stuw de Stouwe en in mindere mate bij de Grote Kolksluis) duidelijk dominant zijn voor de faalkans van de kunstwerken. *Overloop en golfoverslag* en *sterkte en stabiliteit* leveren geen significante bijdrage aan de totale faalkans van de kunstwerken.

De faalkans berekend bij de Stuw de Stouwe wordt niet meegenomen bij de bepaling van de overstromingskans van het dijkkringgebied. Bij falen van dit kunstwerk worden er geen grote schade en slachtoffers verwacht, door aanwezigheid van hoog achterland achter het kunstwerk.

3.5 Dominante vakken en faalmechanismen

In Tabel 12 is de top tien van dijkvakken en kunstwerken weergegeven die de grootste bijdrage leveren aan de overstromingskans.

Volg-nummer	Dijkvak of kunstwerk	Faalkans dominant faalmechanisme [per jaar]	Dominant faalmechanisme
1	Vak 5	1/120	Overloop en golfoverslag
2	Vak 12	1/580	Overloop en golfoverslag
3	Vak 15	1/610	Opbarsten en piping
4	Vak 11	1/850	Overloop en golfoverslag
5	Gemaal Streukelerzijl Zuidzijde	1/1.100	Overloop en golfoverslag
6	Vak 25	1/1.200	Opbarsten en piping
7	Vak 34	1/1.200	Opbarsten en piping
8	Vak 41	1/1.200	Opbarsten en piping
9	Vak 4	1/1.300	Overloop en golfoverslag
10	Vak 16	1/1.300	Opbarsten en piping

Tabel 12: Overzicht van de vakken met de grootste berekende faalkansen in dijkkring 9.

De twee vakken met de grootste faalkans zijn de vakken 5 en vak 12 (dominant faalmechanisme *overloop en golfoverslag*).

4 De gevolgen van overstromingen per ringdeel

Dit hoofdstuk geeft een overzicht van de gevolgen van een overstroming per ringdeel. Hoofdstuk 5 gaat in op de overstromingsscenario's. Paragraaf 4.1 beschrijft de aanpak en uitgangspunten die in de overstromingssimulaties en de berekeningen van de gevolgen in schade en slachtoffers zijn gehanteerd. Paragraaf 4.2 geeft een overzicht van de gevolgen van de overstromingsberekeningen per ringdeel bij verschillende buitenwaterstanden (de zogenaamde basismatrix) en het maximaal scenario. Resultaten van aanvullende overstromingsberekeningen staan in paragraaf 4.3. Paragraaf 4.4 tenslotte geeft een totaal overzicht 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 kenmerken van de overstroming (zoals de waterdiepte en stijgsnelheid) en de kwetsbaarheid van de getroffen objecten of personen. In VNK2 worden de overstromingsgevolgen berekend met behulp van overstromingssimulaties. Deze simulaties zijn voor dijkkringgebied 9 uitgevoerd met FLS (2.11). Met behulp van de overstromingskenmerken uit de overstromingssimulaties worden de gevolgen berekend met behulp van HIS-SSM (versie 2.5) [Ref 20].

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. Er zijn daarom per ringdeel alleen overstromingsberekeningen gemaakt voor de meest waarschijnlijke belastingcombinaties bij toetspeil (tp), toetspeil minus één decimeringshoogte (tp-1d) en toetspeil plus één keer de decimeringshoogte (tp+1d).

Voor dijkkringgebied 9 zijn buitenwaterstanden met de volgende overschrijdingskansen beschouwd:

1/125 per jaar	– toetspeil minus 1 decimeringshoogte (tp -1d);
1/1.250 per jaar	– toetspeil (tp);
1/12.500 per jaar	– toetspeil plus 1 decimeringshoogte (tp +1d).

De slachtofferberekeningen zijn gebaseerd op bevolkingsgegevens uit het jaar 2000 zoals opgenomen in de HIS-SSM versie 2.5. Uit vergelijking met bevolkingsgegevens van het CBS uit het jaar 2010 blijkt dat de bevolkingstoename in deze dijkkring beperkt is tot 6,5% (6000 inwoners). Deze bevolkingsgroei heeft naar verwachting een beperkt effect op het berekende aantal slachtoffers, omdat die groei grotendeels buiten de bedreigde gebieden heeft plaats gevonden.

4.1.2 Ringdelen

Een ringdeel omvat een gedeelte van de dijkkring waarvoor het overstromingsverloop vrijwel onafhankelijk is van de exacte doorbraaklocatie. De overstromingsberekeningen per ringdeel vormen de basis voor de beschrijving van de overstromingsscenario's. Er zijn 11 ringdelen gedefinieerd, maar, zoals weergegeven in Figuur 23, zijn er maar voor 9 ringdelen overstromingsberekeningen uitgevoerd. Dit komt omdat de ringdelen 10 en 11 primaire keringen van de categorie c zijn (waterkeringen die indirect tegen buitenwater beschermen). Binnen het project VNK2 wordt alleen de primaire a-kering beschouwd. Voor dijkkring 9 kan dan vanuit 3

buitenwatergebieden een overstroming optreden: de Vecht, het Zwarte Water en het Zwarte Meer. Voor een exacte beschrijving van het ringdeel en een overzicht van de vakken die in het ringdeel zijn gelegen, wordt verwezen naar het achtergrondrapport [ref 3].



Figuur 23: Overzicht ringdelen en breslocaties dijkkring 9

4.1.3 Verhoogde lijnelementen

In de overstromingsberekeningen is ervan uitgegaan dat regionale of secundaire keringen standzeker zijn (bijvoorbeeld de c-kering van ringdelen 10 en 11). Ook loopt er een regionale kering dwars door de dijkkring langs het Meppelerdiep. Het Meppelerdiep is een kanaal (van oorsprong een kleine rivier) dat van Meppel naar Zwartsluis loopt en aansluit op het Zwarte Water. Verder is er hooggelegen infrastructuur die invloed heeft op het overstromingspatroon. Dit geldt bijvoorbeeld voor de A28 die van Zwolle naar Meppel loopt en daar afbuigt richting Hogeveen en voor de A32 die vanaf Steenwijk naar Meppel loopt en daar aansluit op de A28. Dit geldt ook voor de spoorlijn die ongeveer gelijk loopt aan de A28 en A32. In de overstromingsberekeningen is er van uitgegaan dat deze lijnelementen standzeker zijn en ze hebben daardoor een compartimenterende werking.

4.1.4 Evacuatie

Voor het bepalen van het aantal slachtoffers bij een overstroming zijn de mogelijkheden voor (preventieve) evacuatie van belang⁷. In de praktijk wordt de effectiviteit van preventieve evacuaties echter beperkt door de geringe voorspelbaarheid van overstromingen, de capaciteit van de aanwezige infrastructuur

⁷ 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.

en de condities waaronder een evacuatie moet worden uitgevoerd, zoals hoge windsnelheden en sociale onrust [Ref 18].

In VNK2 wordt rekening gehouden met preventieve evacuatie door het aantal slachtoffers te berekenen voor vier deelscenario's [Ref 20]. In Tabel 13 is een overzicht gegeven van de evacuatie-deelscenario's met de bijbehorende ingeschatte kansen van voorkomen voor dijkkringgebied 9. 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. Door de evacuatiefracties te vermenigvuldigen met de conditionele kansen en vervolgens te sommeren kan uit Tabel 13 worden afgeleid dat de verwachtingswaarde voor evacuatie voor dijkkringgebied 9 0,56 per overstroming is. Dit betekent dat bij een overstroming gemiddeld 56% van de bevolking preventief is geëvacueerd.

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.

Evacuatie-deelscenario		Evacuatiefractie (-)	Conditionele kans (-)
Overstroming kort van tevoren verwacht of onverwacht	1. Geen evacuatie	0,00	0,20
	2. Ongeorganiseerde evacuatie	0,40	0,08
Overstroming ruim van tevoren verwacht	3. Ongeorganiseerde evacuatie	0,67	0,40
	4. Georganiseerde evacuatie	0,80	0,32

Tabel 13: *Evacuatiefracties en conditionele kans voor vier verschillende evacuatie-deelscenario's.*

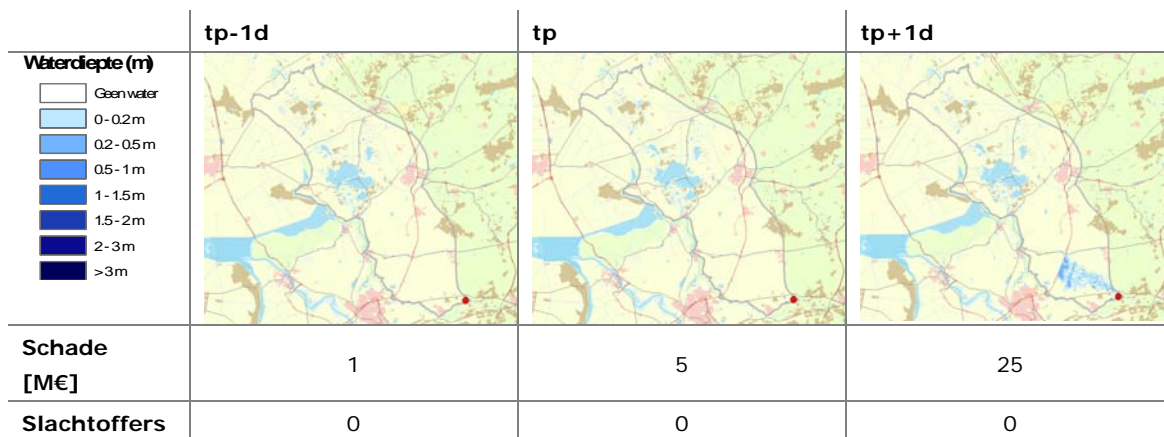
4.2 Resultaten overstromingsberekeningen per ringdeel

De volgende subparagrafen beschrijven per ringdeel de overstromingsverlopen en de gevolgen van de overstromingen. 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 economische schade is steeds afgerond op vijf miljoen euro en de gevolgen in 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 (deelscenario 4), het maximum van de range is het verwachte slachtofferaantal wanneer geen evacuatie plaatsvindt (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 er bressen ontstaan op verschillende locaties (bijvoorbeeld in ringdeel 1 en ringdeel 2). In geval van een meervoudige doorbraak zijn de gevolgen groter dan bij een enkelvoudige doorbraak.

4.2.1 Ringdeel 1: Doorbraaklocatie Oudleusen

Bij een doorbraak bij Oudleusen overstroomt alleen een significant gebied bij een buitenwaterstand die hoort bij een afvoer die gemiddeld één keer in 12.500 jaar voorkomt. In de situatie met buitenwaterstanden 1/125 per jaar en 1/1.250 per jaar overstroomt alleen een klein gebied rondom de breslocatie. Bij een buitenwaterstand van 1/12.500 per jaar stroomt het water via naar het noordwesten tot aan de A28. Hierdoor is de schade een factor 5 groter dan bij een buitenwaterstand van 1/1.250 per jaar. Bij geen van de buitenwaterstanden worden slachtoffers verwacht.

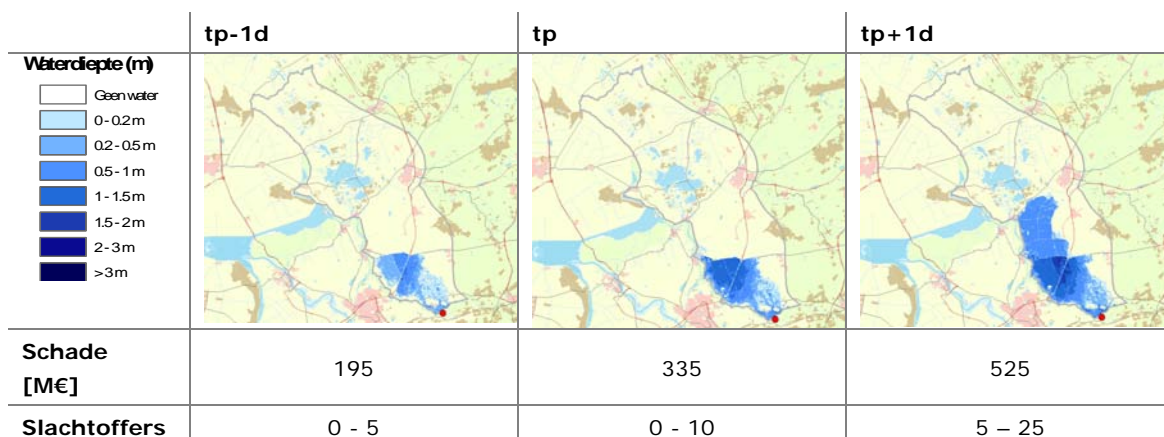


Figuur 24: Maximale waterdiepte en verwachte schade en slachtofferaantallen bij een doorbraak bij Oudleusen voor drie buitenwaterstanden.

4.2.2 Ringdeel 2: Doorbraaklocatie Dalfsen

In een situatie met buitenwaterstand 1/1.250 per jaar staat Dalfsen circa 2 uur na een doorbraak onder water. Het water stroomt vervolgens naar het noordoosten en bereikt circa 16 uur na de doorbraak de A28 die compartimenterend werkt en het water nog eens circa 16 uur tegenhoudt voordat het over de snelweg het gebied erachter instroomt. Ruim 5 dagen na de doorbraak bereikt het water Hasselt. Bij de buitenwaterstanden 1/125 per jaar en 1/1.250 per jaar werkt de N377 (Hasselt-Coevorden) compartimenterend aan de noordzijde. Bij een buitenwaterstand van 1/12.500 stroomt het water na 4 dagen na de doorbraak bij Hasselt over deze regionale weg naar het noorden.

Bij een grotere terugkeertijd van de buitenwaterstanden neemt de waterdiepte toe en bij een buitenwaterstand van 1/12.500 per jaar neemt ook de oppervlakte overstromd gebied toe. Hierdoor is er een toename in verwachte schade en slachtofferaantallen. Bij een buitenwaterstand van 1/12.500 per jaar is schade circa 2,5 keer groter dan bij een buitenwaterstand van 1/125 per jaar. Het aantal slachtoffers neemt toe met een factor 5.



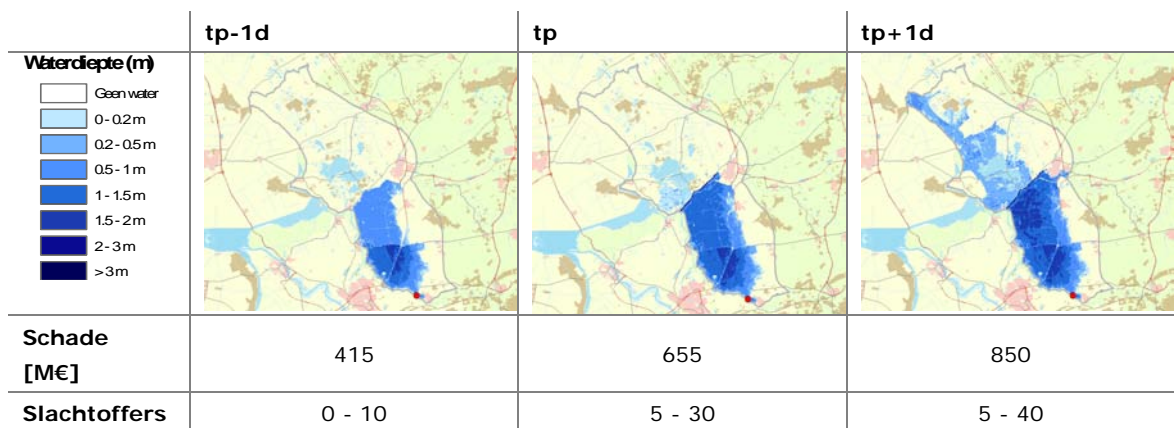
Figuur 25: Maximale waterdiepte en verwachte schade en slachtofferaantallen bij een doorbraak bij Dalfsen voor drie buitenwaterstanden.

4.2.3 Ringdeel 3: Doorbraaklocatie Na Dalfsen

Bij een doorbraak bij toetspeil op breslocatie Na Dalfsen bereikt het water na circa 8 uur de A28. Na ongeveer 2 dagen stroomt het water over de N377 ter hoogte van de

kruising met de A28 en later ook bij Hasselt. Twee en een halve dag na de doorbraak staat het water aan de rand van Hasselt. Na ongeveer zeven dagen stroomt het water het Meppelerdiep in waarna het water de overzijde bereikt en Zwartsluis overstroomt. Bij een buitenwaterstand van 1/12.500 per jaar overstroomt het zuidelijkste puntje van Meppel. Bij de lagere buitenwaterstanden gebeurt dit niet.

Bij een grotere terugkeertijd van de buitenwaterstand neemt de omvang van het overstroomd gebied en de waterdiepte toe (Figuur 26). Hierdoor is er ook een toename in verwachte schade en slachtoffer aantallen. Bij een buitenwaterstand van 1/12.500 per jaar zijn de gevolgen in schade circa 2 keer groter dan bij een buitenwaterstand van 1/125 per jaar. Het verwachte aantal slachtoffers is een factor 4 groter.

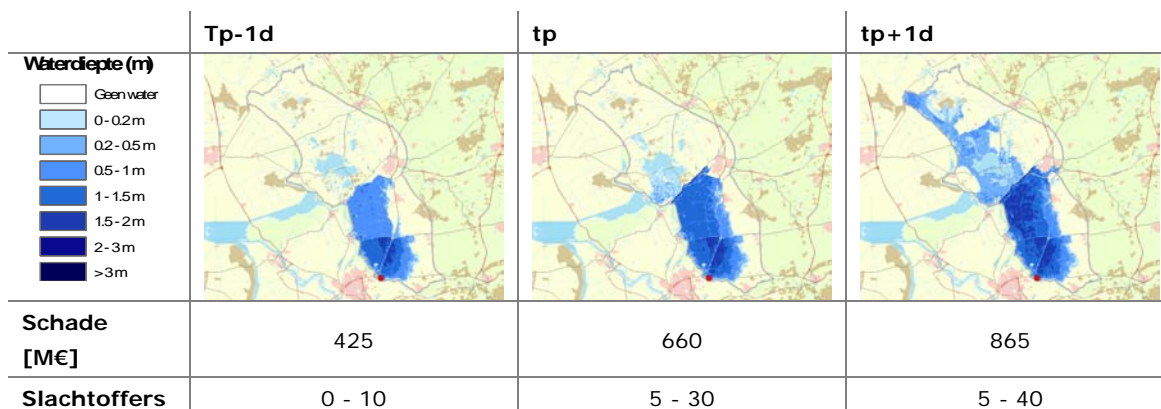


Figuur 26: Maximale waterdiepte en verwachte schade en slachtofferaantallen bij een doorbraak bij Na-Dalfsen voor drie buitenwaterstanden.

4.2.4 Ringdeel 4: Doorbraaklocatie Hessenpoort

In een situatie bij een buitenwaterstand van 1/125 per jaar stroomt het water na circa 22 uur over de A28 richting Hasselt. Na ongeveer 3,5 dagen stroomt het water over de N377 ter hoogte van de kruising met de A28 en staat het water aan de rand van Hasselt. Bij grotere terugkeertijden overstroomt zowel het gebied ten westen van het Meppelerdiep als het zuidelijkste puntje van Meppel.

Bij een grotere terugkeertijd van de buitenwaterstand neemt de oppervlakte van het overstroomd gebied en de waterdiepte toe (Figuur 27). Hierdoor is er ook een toename in verwachte schade en slachtofferaantallen. Bij een buitenwaterstand van 1/12.500 per jaar zijn de gevolgen uitgedrukt in schade circa 2 keer groter dan bij een buitenwaterstand van 1/125 per jaar. Het verwachte aantal slachtoffers is een factor 4 groter.

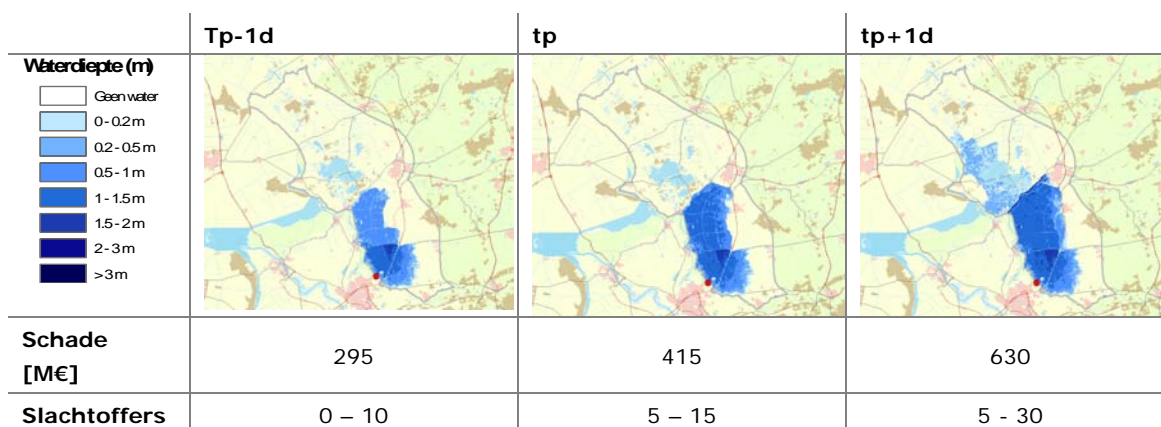


Figuur 27: Maximale waterdiepte en verwachte schade en slachtofferaantallen bij een doorbraak bij Hessenpoort voor drie buitenwaterstanden.

4.2.5 Ringdeel 5: Doorbraaklocatie Bomhofsplas

Bij een doorbraak bij locatie Bomhofsplas bij een buitenwaterstand van 1/125 per jaar bereikt het water na ongeveer 2 dagen de rand van Hasselt en stroomt het over de A28 naar het oosten. Na ongeveer 3 dagen stroomt het water over de N377. Bij een terugkeertijd van de buitenwaterstand van 1/12.500 per jaar overstroomt ook het gebied ten westen van het Meppelerdiep. Het zuiden van Meppel blijft bij deze buitenwaterstanden droog.

Bij een grotere terugkeertijd van de buitenwaterstand neemt de omvang van het overstromd gebied en de waterdiepte toe (Figuur 28). Hierdoor is er ook een toename in verwachte schade en slachtoffer aantallen. Bij een buitenwaterstand van 1/12.500 per jaar is de schade circa 2 keer groter dan bij een buitenwaterstand 1/125. Het verwachte aantal slachtoffers is een factor 3 groter.

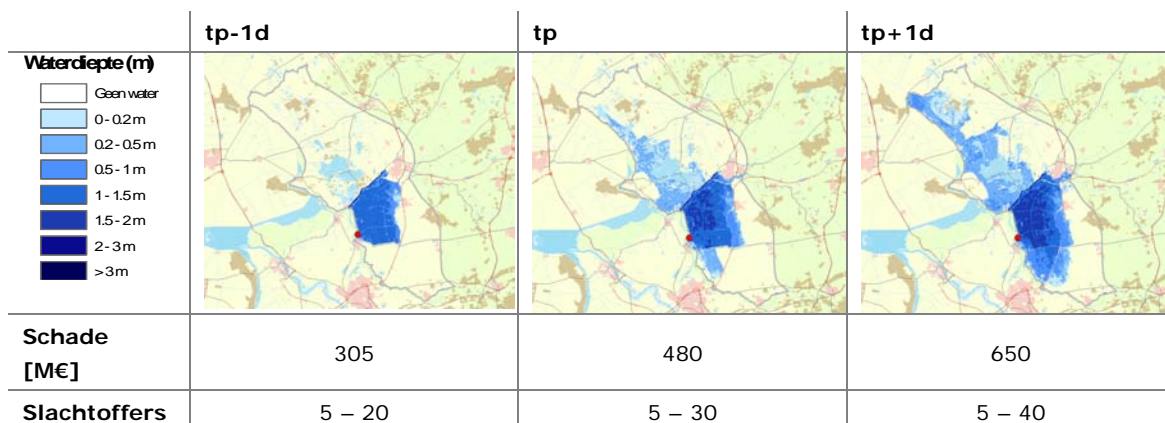


Figuur 28: Maximale waterdiepte en verwachte schade en slachtofferaantallen bij een doorbraak bij Bomhofsplas voor drie buitenwaterstanden.

4.2.6 Ringdeel 6: Doorbraaklocatie Hasselt

Bij een doorbraak bij locatie Hasselt bij een buitenwaterstand van 1/1.250 per jaar stroomt het water na ongeveer 4 dagen over de westelijke kade van het Meppelerdiep Zwartsluis binnen. Na ongeveer 5 dagen staat het water aan de rand van Meppel. Bij een buitenwaterstand van 1/125 per jaar blijft Meppel en ook de westzijde van het Meppelerdiep droog.

Bij een grotere terugkeertijd van de buitenwaterstand neemt de omvang van het overstromd gebied en de waterdiepte toe (Figuur 29). Hierdoor is er ook een toename in verwachte schade en aantallen slachtoffers. Bij een buitenwaterstand van 1/12.500 per jaar is zowel de schade als het aantal slachtoffers circa 2 keer groter dan bij een buitenwaterstand van 1/125 per jaar.

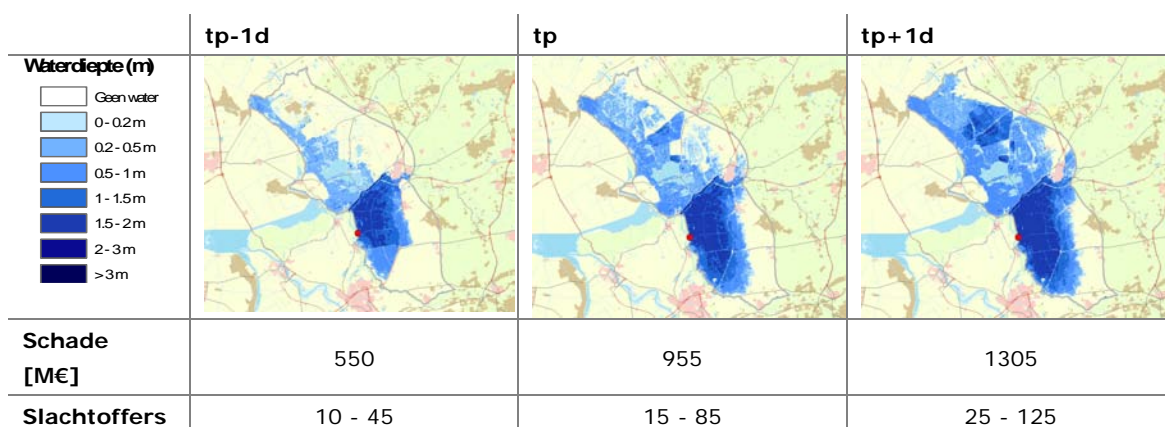


Figuur 29: Maximale waterdiepte en verwachte schade en slachtofferaantallen bij een doorbraak bij Hasselt voor drie buitenwaterstanden.

4.2.7 Ringdeel 7: Doorbraaklocatie Veldiger-Binnenland

Bij een doorbraak bij locatie Veldiger-binnenland bij een buitenwaterstand van 1/125 per jaar bereikt het water na circa 4 uur Hasselt. Na ongeveer 1,5 dag stroomt het water over de westelijke kade van het Meppelerdiep Zwartsluis binnen en heeft het water ook de rand van Meppel bereikt. Bij een buitenwaterstand van 1/12.500 per jaar overstroomt het grootste gedeelte van het dijkringgebied. De gevolgen zijn dan ook aanzienlijk groter dan bij de andere doorbraaklocaties.

Bij een grotere terugkeertijd van de buitenwaterstand neemt de oppervlakte van het overstromd gebied en de waterdiepte toe (Figuur 30). Hierdoor is er ook een toename in verwachte schade en slachtoffer aantallen. Bij een buitenwaterstand van 1/12.500 per jaar is de schade 2,4 keer groter dan bij een buitenwaterstand van 1/125 per jaar. Het verwachte aantal slachtoffers is een factor 2,8 groter.



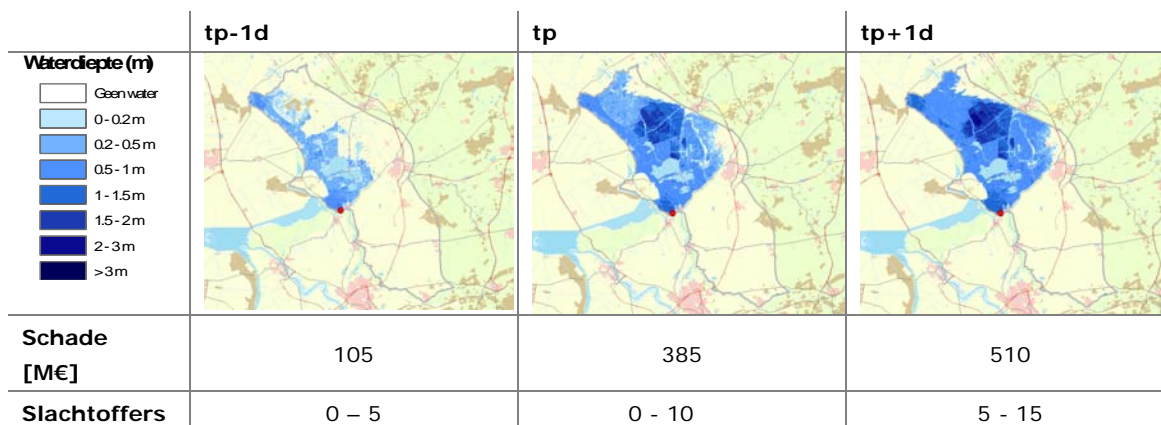
Figuur 30: Maximale waterdiepte en verwachte schade en slachtofferaantallen bij een doorbraak bij Veldiger-Binnenland voor drie buitenwaterstanden.

4.2.8 Ringdeel 8: Doorbraaklocatie Zwartsluis

Bij doorbraak locatie Zwartsluis overstroomt het gebied vanuit het Zwarte Water. Bij een buitenwaterstand van 1/1.250 per jaar overstroomt vrijwel geheel dijkringgebied 9

ten westen van het Meppelerdiep. Vervolgens neemt de waterdiepte in de dijkkringgebied toe, met name in de kom ten zuidwesten van Steenwijk.

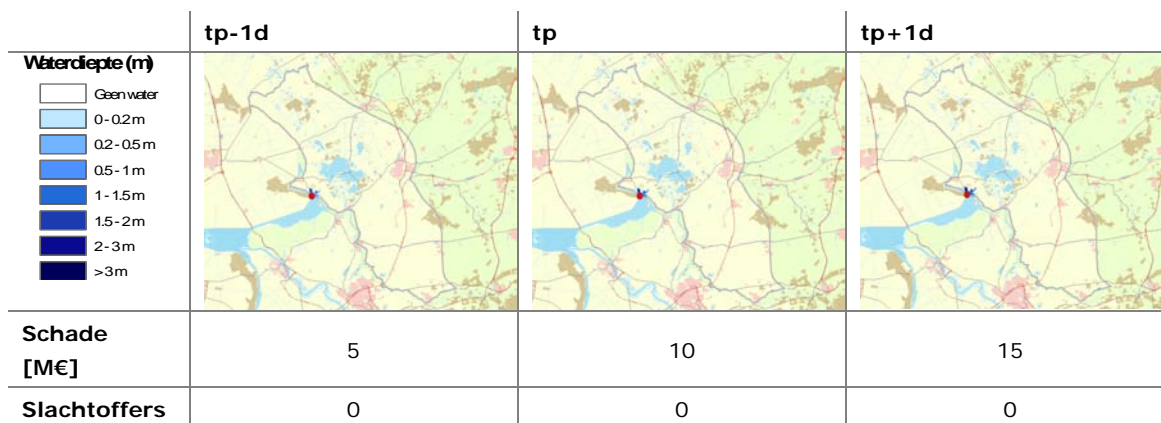
Bij een grotere terugkeertijd van de buitenwaterstand neemt de oppervlakte van het overstromd gebied en de waterdiepte toe (Figuur 31). Hierdoor is er ook een toename in de verwachte schade en verwachte slachtofferaantallen. Bij een buitenwaterstand van 1/12.500 per jaar zijn de gevolgen in schade circa 5 keer groter dan bij een buitenwaterstand van 1/125 per jaar. Het verwachte aantal slachtoffers is een factor 3 groter.



Figuur 31: Maximale waterdiepte en verwachte schade en slachtofferaantallen bij een doorbraak bij Zwartsluis voor drie buitenwaterstanden.

4.2.9 Ringdeel 9: Doorbraaklocatie Zwarte Meer

Bij een doorbraak Zwarte Meer overstroomt het dijkkringgebied vanuit het Zwarte Meer. De overstroming is bij alle buitenwaterstanden zeer beperkt. Dit wordt verklaard door de hoge omliggende gronden. Bij een buitenwaterstand van 1/12.500 per jaar zijn de gevolgen in schade circa 3 keer groter dan bij een buitenwaterstand van 1/125 per jaar. Er zijn geen slachtoffers.

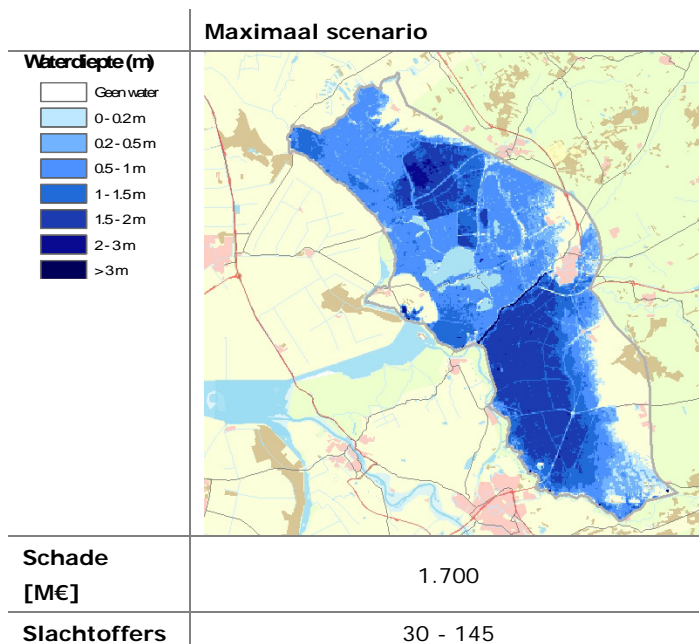


Figuur 32: Maximale waterdiepte en verwachte schade en slachtofferaantallen bij een doorbraak bij Zwarte Meer voor drie buitenwaterstanden.

4.2.10 Maximaal scenario

Figuur 33 geeft de maximale waterdiepte in het maximaal scenario, waarbij een doorbraak ontstaat bij alle doorbraaklocaties. Voor dijkkring 9 is het maximaal scenario samengesteld op basis van de maximale waterdiepten van de basisberekeningen (paragraaf 4.2.1 tot en met 4.2.9). De verwachte schade in het maximaal scenario

voor dijkkringgebied 9 is 1,7 miljard Euro. Het verwachte aantal slachtoffers bedraagt 30-145.



Figuur 33: Maximale waterdiepte en verwachte schade- en slachtofferaantallen bij Maximaal Scenario.

4.3 Overzicht resultaten overstromingsberekeningen

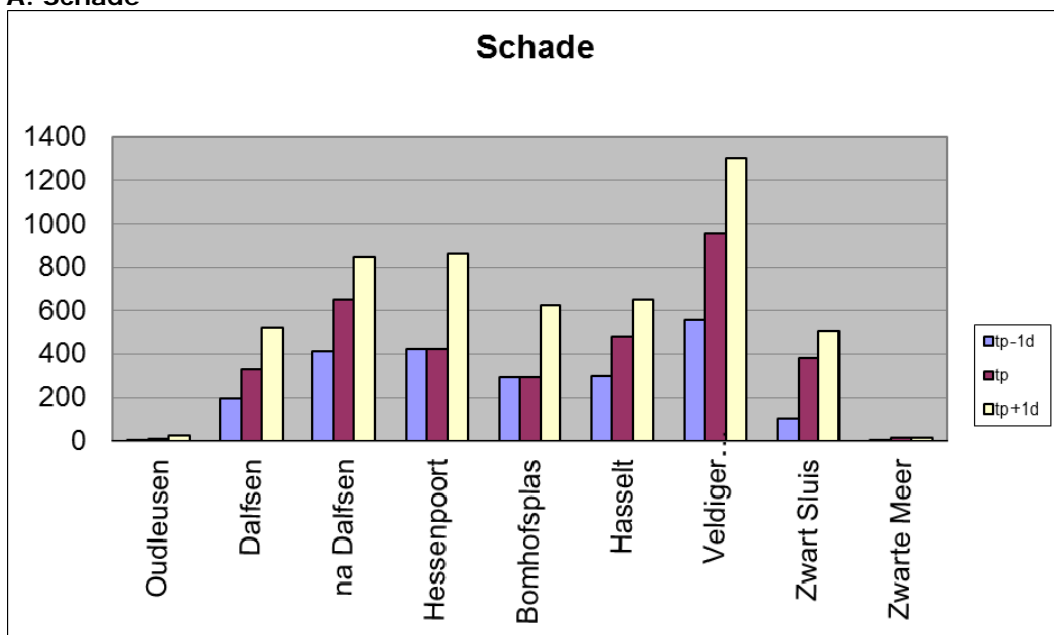
De resultaten van de overstromingsberekeningen voor dijkkringgebied 9 zijn per doorbraaklocatie samengevat in Tabel 14, Figuur 34 en Figuur 35. Hieruit kunnen de volgende constatering worden gedaan:

- De overstromingspatronen bij de doorbraaklocaties Na Dalfsen en Hessenpoort vertonen sterke gelijkenissen;
- Gevolgen van een doorbraak bij Oudleusen en Zwarte Meer zijn erg beperkt;
- De gevolgen uitgedrukt in verwachte schade en slachtofferaantallen zijn het grootst bij doorbraaklocatie Veldiger-binnenland.

Ring-deel	Breslocatie	buitenwaterstand		
		tp-1d	tp	tp+1d
1	Oudleusen			
	schade (miljoen €)	1	5	25
	aantal slachtoffers	0	0	0
	2	Dalfsen		
	schade (miljoen €)	195	335	525
	aantal slachtoffers	0 - 5	0 - 10	5 - 25
3	Na Dalfsen			
	schade (miljoen €)	415	655	850
	aantal slachtoffers	0 - 10	0 - 30	5 - 40
	4	Hessenpoort		
	schade (miljoen €)	425	660	865
	aantal slachtoffers	0 - 10	5 - 30	5 - 40
5	Bomhofsplas			
	schade (miljoen €)	295	415	630
	aantal slachtoffers	0 - 10	5 - 15	5 - 30
	6	Hasselt		
	schade (miljoen €)	305	480	650
	aantal slachtoffers	5 - 20	5 - 30	5 - 40
7	Veldiger-binnenland			
	schade (miljoen €)	550	955	1305
	aantal slachtoffers	10 - 45	15 - 85	25 - 125
	8	Zwart Sluis		
	schade (miljoen €)	105	385	510
	aantal slachtoffers	0 - 5	0 - 10	5 - 15
9	Zwarte Meer			
	schade (miljoen €)	5	10	15
	aantal slachtoffers	0	0	0
	Max. scen.	1 t/m 9		
	schade (miljoen €)	-	-	1705
	aantal slachtoffers	-	-	30 - 145

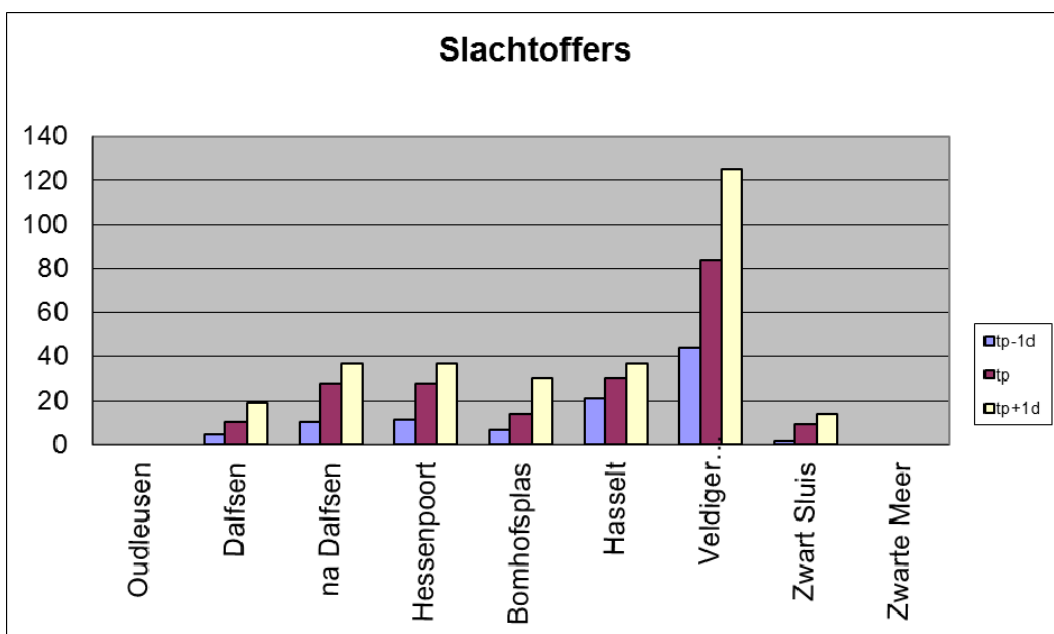
Tabel 14: Overzicht resultaten overstromingsberekeningen.

A: Schade



Figuur 34: Verwachte schade bij alle doorbraaklocaties (miljoen euro).

B: Slachtoffers



Figuur 35: Verwachte slachtofferaantallen bij alle doorbraaklocaties.

5 Overstromingsscenario's en scenariokansen

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:

1. De onderverdeling van de dijkkring in ringdelen (zie hoofdstuk 4).
2. 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).
3. 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 belang voor 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 dijkkring 9 is er sprake van zowel een bedreiging vanuit een meer (het Zwarte Meer), waarbij ontlasten niet aan de orde is, als van een rivier (de Vecht), waar wel ontlasten optreedt indien er een dijkdoorbraak is. Er is geen sprake van scenario type 2, dat scenario type geldt alleen voor dijkkringen die gelijktijdig worden belast; dit geldt niet voor rivieren die door een stroomafwaarts afzakkende afvoergolf één voor één worden belast. Voor dijkkring 9 geldt dus dat de bedreiging een mix is van scenario typen 1 en 3.

In PC-Ring is er daarom de mogelijkheid om een eigen definitie op te stellen, waarbinnen een combinatie van ontlasten en geen ontlasten meegenomen wordt.

Dijkkring 9 is opgedeeld in de volgende 9 ringdelen:

1. Oudleusen
2. Dalfsen
3. Na Dalfsen
4. Hessenpoort
5. Bomhofspas
6. Hasselt
7. Veldiger-Binnenland
8. Zwartsluis
9. Zwarte Meer



Figuur 36: Overzicht ringdelen dijkkring 9.

De ringdelen 1 tot en met 7 liggen langs de rivier de Vecht en het Zwartewater. Ringdelen 8 en 9 grenzen aan het Zwarte Meer.

Bij de ringdelen 1 tot en met 7 is er sprake van een substantiële verlaging van de waterstanden bij een doorbraak. Er is hier dus sprake van ontlasten. Gekozen is voor ontlasten waarbij het ringdeel met de grootste faalkans als eerst faalt (zwakste schakel). Bovenstrooms zijn vooral dijken die falen op *overloop en golfoverslag*, terwijl benedenstrooms dijkvakken aanwezig zijn met een grote kans op falen bij *opbarsten en piping*. Omdat bij *opbarsten en piping* falen al op kan treden voordat het bovenstrooms gelegen dijkvak overloopt is er geen sprake van een volgorde effect van boven- naar benedenstrooms.

Het relatief grote waterbekken van het Zwarte Meer zorgt er voor dat bij een doorbraak in de ringdelen Zwartsluis en Zwarte Meer de waterstanden niet of nauwelijks zullen zakken; de hoeveelheid water dat de bres instroomt is klein ten opzichte van het volume van het waterbekken. Daarom is het gerechtvaardigd om voor deze ringdelen als scenariodefinitie voor "geen ontlasten" te kiezen.

Samengevat zijn er dus twee ringdelen waar na een doorbraak geen ontlasten optreedt en zeven ringdelen waar wel ontlasten optreedt na doorbraak.

Bij deze scenariodefinitie kunnen maximaal drie ringdelen gelijktijdig falen; een doorbraak in elk van de ringdelen waarbij geen ontlasten optreedt (ringdeel 8 en 9) in combinatie met een doorbraak in een van de overige ringdelen (ringdelen 1 tot en met 7). Er zijn dus 7 drievoudige doorbraken mogelijk.

Naast 9 enkelvoudige doorbraken, zijn er 15 tweevoudige doorbraken mogelijk: 14 scenario's bestaande uit een doorbraak in ringdeel 1 tot en met 7 gecombineerd met

een doorbraak in één van de ringdelen 8 of 9 en één scenario met een doorbraak in ringdeel 8 en 9.

Samen komt dit neer op 31 verschillende doorbraakcombinaties. Bijlage E geeft de volledige scenariodefinitie weer.

5.2 Scenariokansen

De scenariokansen zijn met PC-Ring berekend volgens de standaard werkwijze binnen VNK2.

De kansen per scenario zijn in Tabel 15 weergegeven.

Nr	Scenario-kans (per jaar)	Bijdrage aan som scenario kansen	Cumulatieve bijdrage aan som scenario kansen	Aantal doorbraken	Falend ringdeel (gemarkeerd met x)									
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	6,75x10 ⁻³	47,5%	47,5%	1	x									
5	1,97x10 ⁻³	13,9%	61,4%	1					x					
3	1,85x10 ⁻³	13,0%	74,4%	1			x							
7	8,26x10 ⁻⁴	5,8%	80,3%	1							x			
4	4,48x10 ⁻⁴	3,2%	83,4%	1				x						
11	3,54x10 ⁻⁴	2,5%	85,9%	2	x									x
19	1,38x10 ⁻⁴	1,0%	86,9%	2					x					x
6	1,14x10 ⁻⁴	0,8%	87,7%	1						x				
8	1,13x10 ⁻⁴	0,8%	88,5%	1								x		
10	7,37x10 ⁻⁵	0,5%	89,0%	2	x								x	
15	6,96x10 ⁻⁵	0,5%	89,5%	2			x							x
23	5,60x10 ⁻⁵	0,4%	89,9%	2							x			x
18	3,40x10 ⁻⁵	0,2%	90,1%	2					x			x		
9	2,34x10 ⁻⁵	0,2%	90,3%	1										x
14	2,05x10 ⁻⁵	0,1%	90,4%	2			x						x	
25	1,48x10 ⁻⁵	0,1%	90,5%	3	x								x	x
22	1,15x10 ⁻⁵	0,1%	90,6%	2							x	x		
17	1,08x10 ⁻⁵	0,1%	90,7%	2				x						x
29	7,80x10 ⁻⁶	0,1%	90,7%	3					x				x	x
2	5,28x10 ⁻⁶	<0,1%	90,8%	1		x								
16	4,59x10 ⁻⁶	<0,1%	90,8%	2				x					x	
21	4,05x10 ⁻⁶	<0,1%	90,8%	2						x				x
27	3,48x10 ⁻⁶	<0,1%	90,9%	3			x						x	x
31	2,59x10 ⁻⁶	<0,1%	90,9%	3							x	x	x	
20	1,47x10 ⁻⁶	<0,1%	90,9%	2						x			x	
13	6,73x10 ⁻⁷	<0,1%	90,9%	2		x								x
28	3,87x10 ⁻⁷	<0,1%	90,9%	3				x					x	x
24	3,34x10 ⁻⁷	<0,1%	90,9%	2									x	x
30	1,52x10 ⁻⁷	<0,1%	90,9%	3						x			x	x
12	1,16x10 ⁻⁷	<0,1%	90,9%	2		x							x	
26	3,57x10 ⁻⁸	<0,1%	90,9%	3		x							x	x

Tabel 15: Kans van voorkomen per doorbraakscenario.

Te zien is dat de scenariokansen worden gedomineerd door de kansen op doorbraak in de ringdelen 1 (Oudleusen), 3 (Dalfsen) en 5 (Bomhofsplas): circa 75%. Dit zijn de ringdelen waarin de dijkvakken liggen met de grootste faalkans. Tevens is te zien dat

de kans op twee doorbraken relatief klein is met 5,3%, en de kans op drie gelijktijdige doorbraken met circa 0,3% al bijna verwaarloosbaar is.

De som van de scenariokansen is niet exact gelijk aan de overstromingskans van de dijkkring. Het verschil tussen de som van de scenariokansen en de overstromingskans van het dijkkringgebied wordt de restkans genoemd. Deze restkans wordt geïntroduceerd door afrondingsfouten, of de wijze van oprollen van de individuele scenariokansen en doordat er in dit geval een eigen definitie is gehanteerd die bestaat uit een mix van de voornoemde scenariotypen. Het opbouwen van de eigen definitie introduceert extra onzekerheden die zich vertalen naar een grotere restkans. In dit geval bedraagt de restkans 9,1%.

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

In de voorgaande paragraaf is geconcludeerd dat de overstromingsscenario's met enkelvoudige doorbraken de grootste bijdrage leveren aan de overstromingskans. De gevolgen staan hier echter los van. In de volgende paragrafen zijn de gevolgen weergegeven van de meest waarschijnlijke doorbraken voor een enkelvoudige doorbraak en een tweevoudige doorbraak.

5.3.1 De meest waarschijnlijke enkelvoudige doorbraak

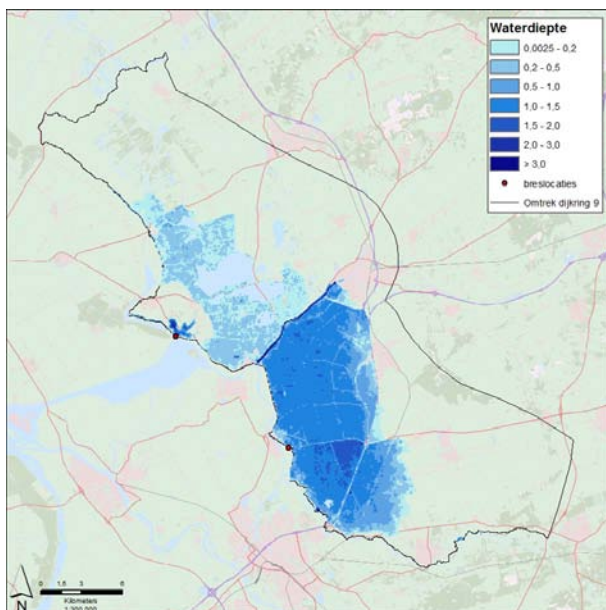
De meest waarschijnlijke enkelvoudige doorbraak betreft een doorbraak in ringdeel 1. De scenariokans is 1/150 per jaar. In dit geval treedt er een overstroming op ten gevolge van één enkele bres, te weten bij Oudleusen.

De berekende schade bij dit scenario bedraagt ongeveer 25 miljoen euro en het aantal slachtoffers is 0, zie tevens hoofdstuk 4.

Het scenario met een doorbraak in ringdeel 1 heeft wel de grootste kans van optreden maar niet de grootste gevolgen. Scenario 7 (met een doorbraak in ringdeel 7, bij Veldiger-binnenland) heeft een kleinere kans van optreden maar de gevolgen zijn wel groter, zoals in hoofdstuk 4 is beschreven.

5.3.2 De meest waarschijnlijke tweevoudige doorbraak

Het meest waarschijnlijke scenario als het gaat om een dubbele bres, is het scenario waarbij ringdeel 1 en ringdeel 9 falen. De gevolgen bij dit scenario zijn met ongeveer 40 miljoen euro en 0 slachtoffers dermate klein dat het scenario nagenoeg geen bijdrage aan het overstromingsrisico van dijkkring 9 levert. De meest waarschijnlijke tweevoudige doorbraak zonder ringdeel 1 is scenario 19, met doorbraken in ringdeel 5 (Bomhofsplas) en 9 (Zwarte Meer).

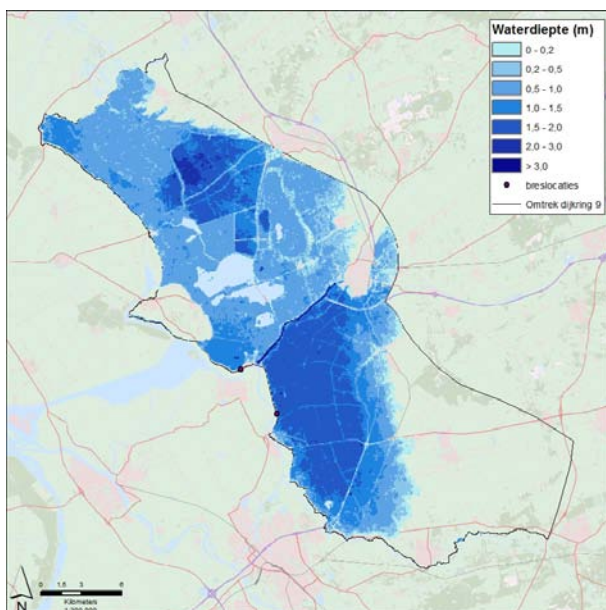


Figuur 37: Maximale waterdiepte bij de meest waarschijnlijke tweevoudige doorbraak met significante gevolgen (Scenario 19).

De kans van optreden van dit scenario is 1/7200 per jaar. De schade bij dit scenario bedraagt ongeveer 650 miljoen euro, het aantal slachtoffers circa 30.

5.3.3 De tweevoudige doorbraak met de grootste gevolgen

Hoewel de kans op scenario 11 groter is dan de kans op scenario 22, met doorbraken in ringdeel 7 en 8 (met een bres bij Veldiger-binnenland en gelijktijdig een bres bij Zwartsluis), is het gevolg van scenario 22 groter. Dat is eenvoudig voor te stellen als gekeken wordt naar het overstromd oppervlak, zoals getoond in Figuur 38. De kans van optreden van dit scenario is 1/87.000 per jaar. De schade bij dit scenario bedraagt ongeveer 1,8 miljard euro, het aantal slachtoffers is circa 140.



Figuur 38: Maximale waterdiepte bij tweevoudige doorbraak voor scenario 22.

6 Overstromingsrisico

Het overstromingsrisico van de categorie a-kering is bepaald door de berekende kans op verschillende overstromingsscenario's te koppelen aan de gevolgen van deze scenario's. Daarbij is zowel gekeken naar economische schade als naar het aantal slachtoffers.

6.1 Koppeling scenariokansen en gevolgen

De waarden van de belastingvariabelen in het ontwerp punt zijn gebruikt om de koppeling te maken met de gevolgen van overstromingsscenario's. Het ontwerp punt beschrijft de meest waarschijnlijke combinatie van waarden van de belastingvariabelen (cq. stochasten) waarbij het overstromingsscenario optreedt. Voor elk ontwerp punt is de gevolg berekening geselecteerd die hoort bij het eerstvolgende, ongunstiger gelegen peil. 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.

Bij ringdeel 1 is bij de risicoberekening gekoppeld aan de overstromingsberekening bij tp+1d. Falen van de waterkering treedt al op bij veel lagere waterstanden, maar het overstromingsbeeld bij de overstromingsberekeningen tp-1d en tp geven geen realistische weergave van de werkelijke schade en slachtoffers, omdat de overstroming bij deze waterstanden in werkelijkheid een groter gebied zal bestrijken. In Tabel 16 is een overzicht van de koppelingen weergegeven.

Nr	Aantal doorbraken	Scenariokans [per jaar]	Naam overstromingssom(men)	
1	1	6,75E-03	01_Oudleusen_tp+1d	
2	1	5,28E-06	03_Dalfsen_tp+1d	
3	1	1,85E-03	04_naDalfsen_tp-1d	
4	1	4,48E-04	05_Hessenpoort_tp+1d	
5	1	1,97E-03	11_Bomhofsplas_tp+1d	
6	1	1,14E-04	07_Hasselt_tp+1d	
7	1	8,26E-04	08_Veldiger-binnenland_tp+1d	
8	1	1,13E-04	09_Zwart-Sluis_tp+1d	
9	1	2,34E-05	10_ZwarteMeer_tp+1d	
10	2	7,37E-05	01_Oudleusen_tp+1d	09_Zwart-Sluis_tp+1d
11	2	3,54E-04	01_Oudleusen_tp+1d	10_ZwarteMeer_tp+1d
12	2	1,16E-07	03_Dalfsen_tp+1d	09_Zwart-Sluis_tp+1d
13	2	6,73E-07	03_Dalfsen_tp+1d	10_ZwarteMeer_tp+1d
14	2	2,05E-05	04_naDalfsen_tp-1d	09_Zwart-Sluis_tp+1d
15	2	6,96E-05	04_naDalfsen_tp-1d	10_ZwarteMeer_tp+1d
16	2	4,59E-06	05_Hessenpoort_tp+1d	09_Zwart-Sluis_tp+1d
17	2	1,08E-05	05_Hessenpoort_tp+1d	10_ZwarteMeer_tp+1d
18	2	3,40E-05	11_Bomhofsplas_tp+1d	09_Zwart-Sluis_tp+1d
19	2	1,38E-04	11_Bomhofsplas_tp+1d	10_ZwarteMeer_tp+1d
20	2	1,47E-06	07_Hasselt_tp+1d	09_Zwart-Sluis_tp+1d

Nr	Aantal doorbraken	Scenariokans [per jaar]	Naam overstromingssom(men)		
21	2	4,05E-06	07_Hasselt_tp+1d		10_ZwarteMeer_tp+1d
22	2	1,15E-05	08_Veldiger-binnenland_tp+1d		09_Zwart-Sluis_tp+1d
23	2	5,60E-05	08_Veldiger-binnenland_tp+1d		10_ZwarteMeer_tp+1d
24	2	3,34E-07	09_Zwart-Sluis_tp+1d		10_ZwarteMeer_tp+1d
25	3	1,48E-05	01_Oudleusen_tp+1d	09_Zwart-Sluis_tp+1d	10_ZwarteMeer_tp+1d
26	3	3,57E-08	03_Dalfsen_tp+1d	09_Zwart-Sluis_tp+1d	10_ZwarteMeer_tp+1d
27	3	3,48E-06	04_naDalfsen_tp-1d	09_Zwart-Sluis_tp+1d	10_ZwarteMeer_tp+1d
28	3	3,87E-07	05_Hessenpoort_tp+1d	09_Zwart-Sluis_tp+1d	10_ZwarteMeer_tp+1d
29	3	7,80E-06	11_Bomhofspas_tp+1d	09_Zwart-Sluis_tp+1d	10_ZwarteMeer_tp+1d
30	3	1,52E-07	07_Hasselt_tp+1d	09_Zwart-Sluis_tp+1d	10_ZwarteMeer_tp+1d
31	3	2,59E-06	08_Veldiger-binnenland_tp+1d	09_Zwart-Sluis_tp+1d	10_ZwarteMeer_tp+1d

Tabel 16: Koppeling scenario's (kolom 1) aan de gevolgenberekeningen

6.2 Overstromingsrisico

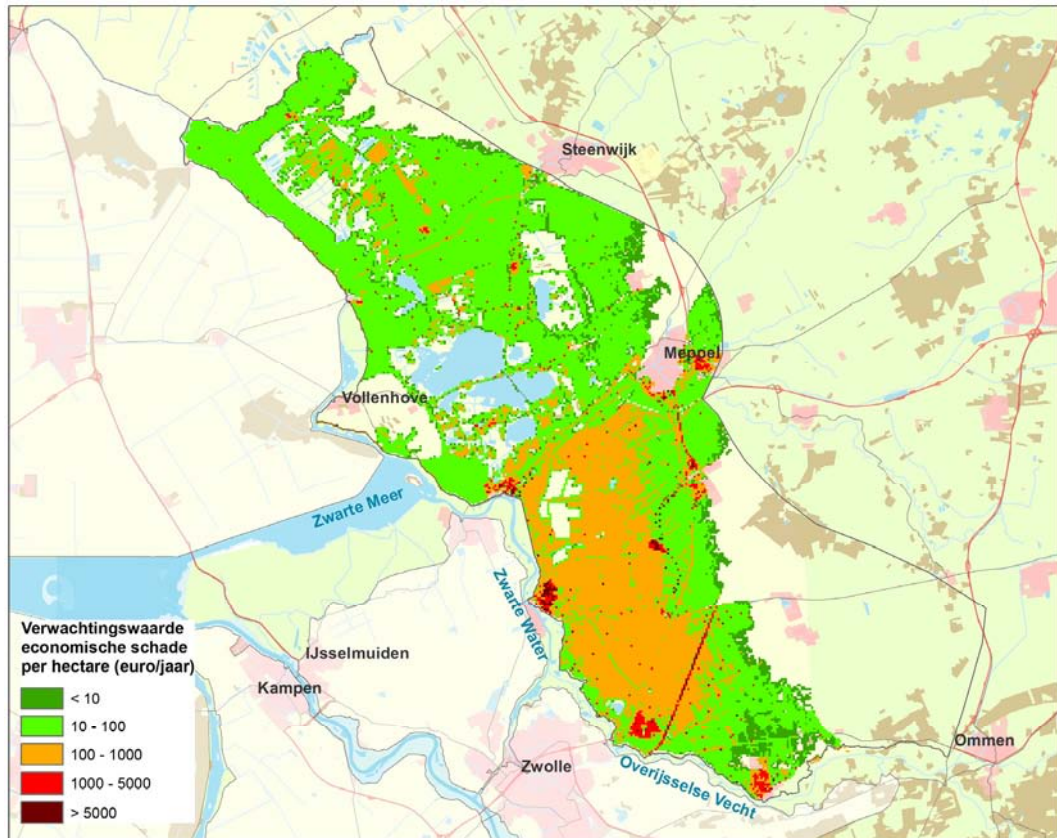
6.2.1 Economisch risico

De verwachtingswaarde van de economische schade bedraagt 6,3 miljoen euro per jaar (de verwachtingswaarde volgt uit de gesommeerde vermenigvuldiging van alle scenariokansen en gekoppelde gevolgen). Als er een overstroming optreedt, dan is de schade minimaal circa 1 miljoen euro, gemiddeld⁸ circa 440 miljoen euro en maximaal 1,8 miljard euro (bij meervoudige doorbraaklocaties). De gevolgen zijn sterk afhankelijk van de locatie van de doorbraak en de vraag of er meervoudige doorbraken optreden.

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.

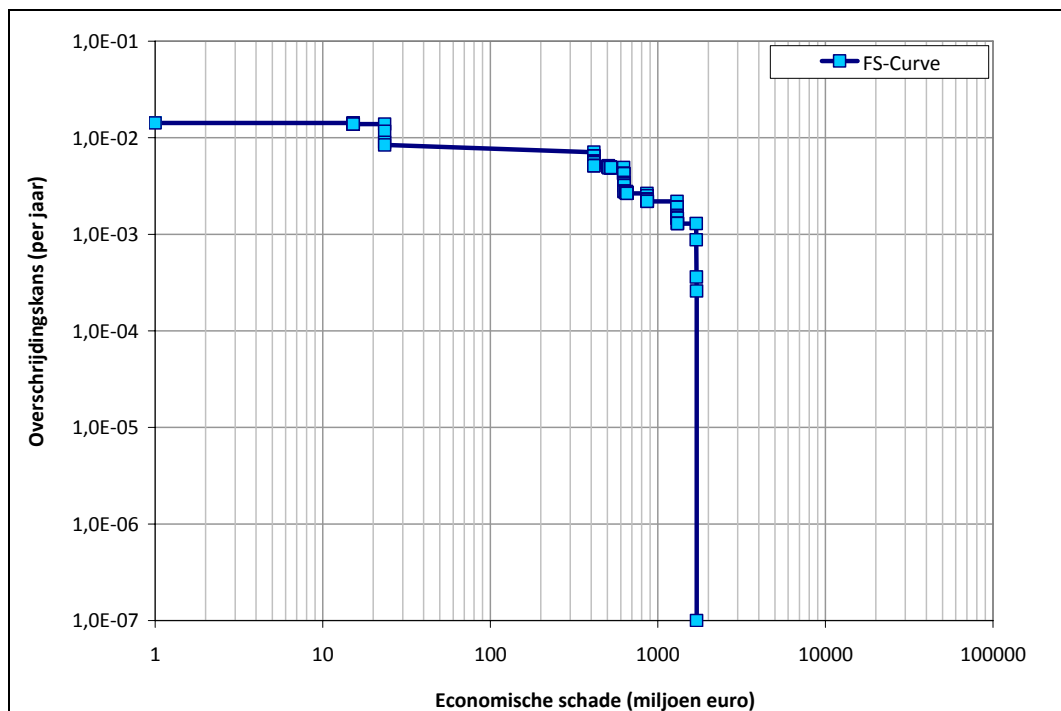
In Figuur 39 is de verdeling van de verwachtingswaarde van de schade over het dijkkringgebied weergegeven. De verwachtingswaarde is het hoogst in de kernen Dalfsen, Hasselt, Zwartsluis, Rouveen, Staphorst en delen van Meppel (wijk Oosterboer). Het grootste deel van Meppel ligt één tot twee meter hoger dan de omgeving en wordt dan ook ontzien. Ook de schade bij industrieterrein Hessenpoort springt er uit. Hier zijn ook de verwachtingswaarden groter dan 1.000 euro per hectare per jaar te vinden. Daarnaast is de verwachtingswaarde van de schade tussen de lijnelementen spoorlijn Zwolle-Meppel en de kade van het Meppelerdiep tussen de 100 en 1.000 euro. Hierbuiten blijft de verwachtingswaarde bijna overal onder de 100 euro per hectare per jaar. De hogere verwachtingswaardes worden voornamelijk gevonden tussen de lijnelementen spoorlijn Zwolle-Meppel en de kade van het Meppelerdiep. Dit komt omdat dit deel van het dijkkringgebied een relatief grote economische waarde heeft en erg diep ligt, waardoor er relatief veel schade optreedt.

⁸ Verwachtingswaarde van het economisch risico gedeeld door de overstromingskans (6,3 miljoen euro per jaar / >1/100 per jaar)



Figuur 39: De verwachtingswaarde van de economische schade per hectare per jaar.

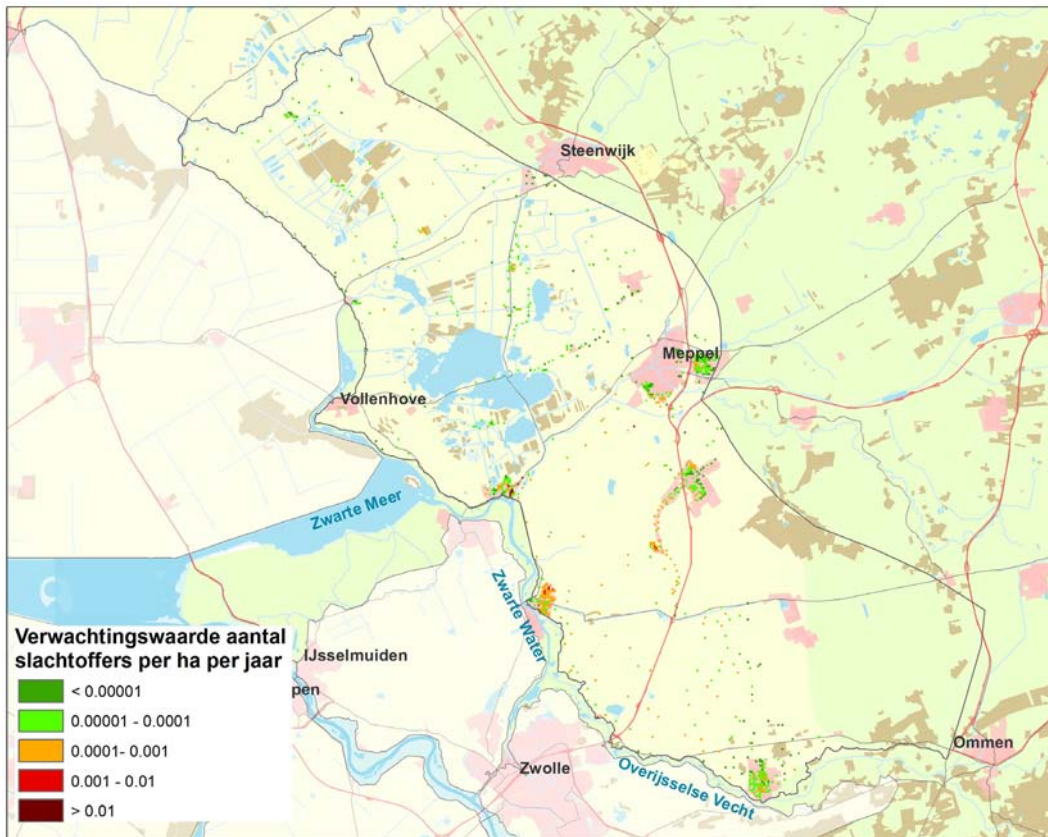
In Figuur 40 zijn de kansen op overschrijding van bepaalde schadebedragen getoond. De kans op tenminste 22 miljoen schade is circa 1/100 per jaar. De kans op een schade van tenminste 1,7 miljard euro is ongeveer 1/1.000 (1×10^{-3}) per jaar is. De kans op grotere schades is verwaarloosbaar klein.



Figuur 40: Overschrijdingskansen van de economische schade (FS-curve).

6.2.2 Slachtofferrisico

De verwachtingswaarde van het aantal slachtoffers is 0,18 per jaar. Als er een overstroming optreedt, is er een mogelijkheid dat er geen enkel slachtoffer valt. Het gemiddelde aantal slachtoffers ligt op 13. Maximaal vallen er 145 slachtoffers, maar de daarbij behorende kans is verwaarloosbaar klein. De gevolgen zijn sterk afhankelijk van de locatie van de doorbraak.



Figuur 41: Ruimtelijke verdeling verwachtingswaarde van het aantal slachtoffers per hectare per jaar.

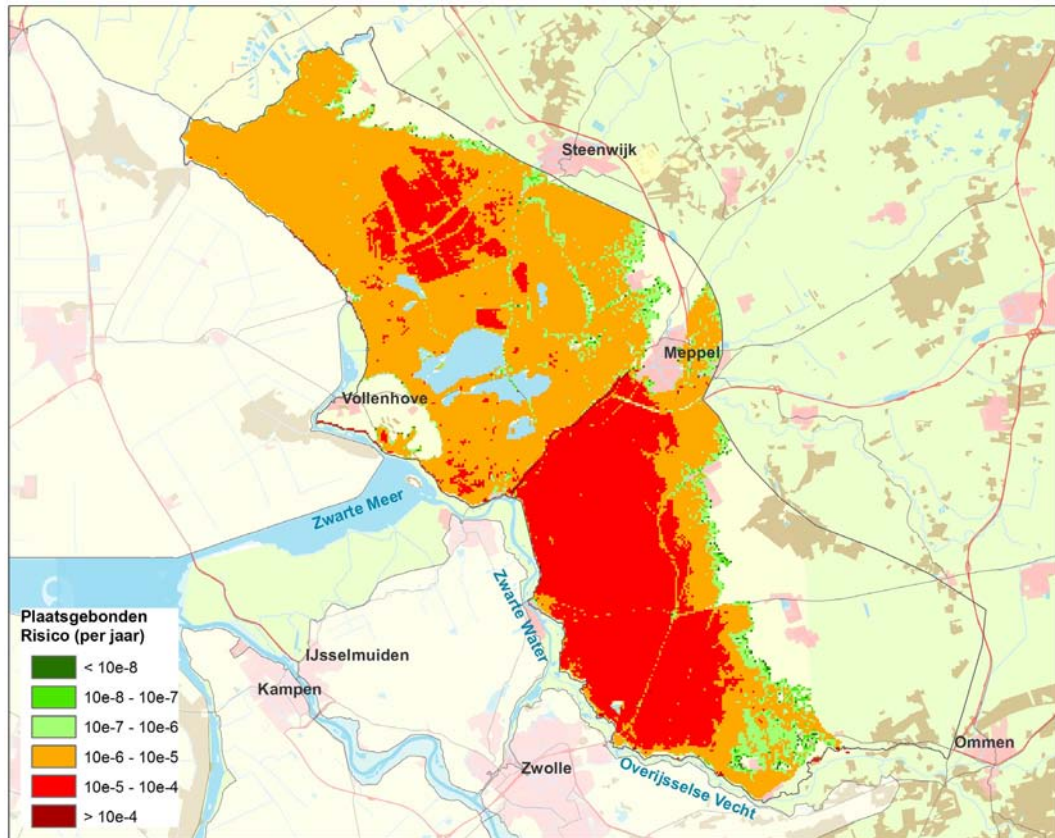
In Figuur 41 is de ruimtelijke verdeling van de verwachtingswaarde van het aantal slachtoffers over het dijkkringgebied gegeven.

Het slachtofferrisico kan worden weergegeven in het plaatsgebonden risico (PR) of lokaal individueel risico (LIR) en het groepsrisico (FN-curve).

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. Bij het lokaal individueel risico (LIR) wordt het effect van evacuatie wel meegenomen. In Figuur 42 is het plaatsgebonden risico (PR) getoond, in Figuur 43 het lokaal individueel risico (LIR).

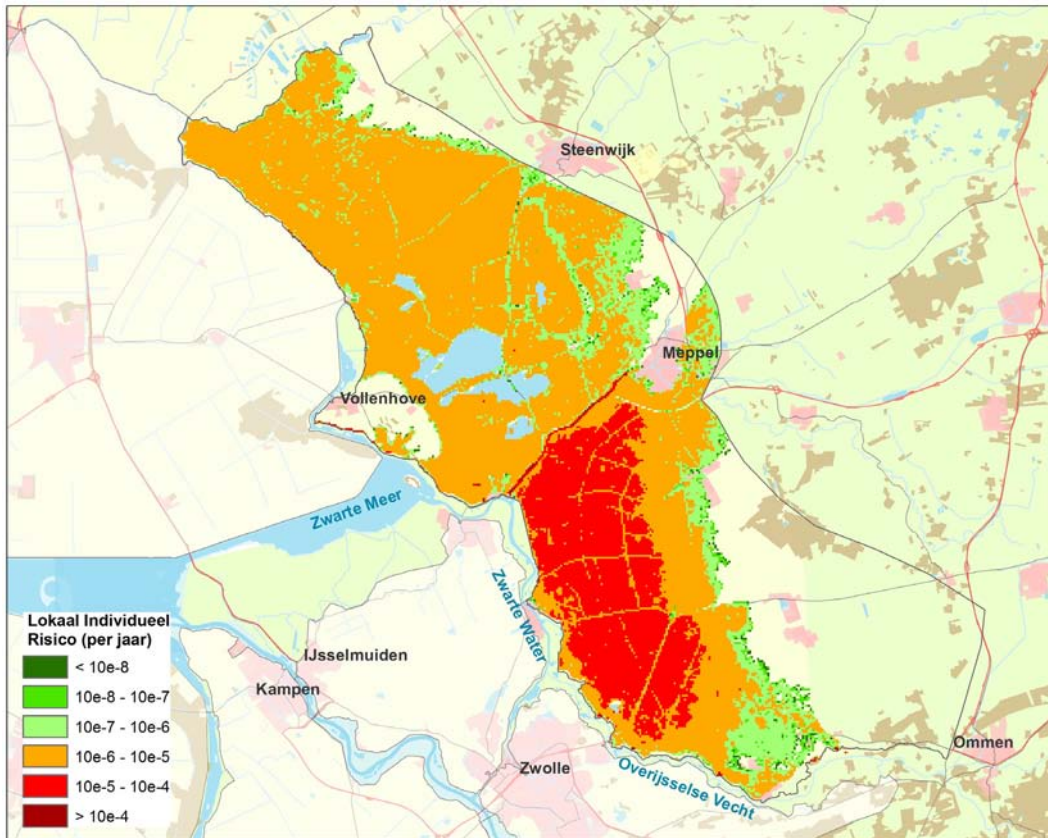
In tegenstelling tot de verwachtingswaarde van het totaal aantal slachtoffers is het plaatsgebonden risico onafhankelijk van de aanwezige bevolking en hangt per definitie dus niet samen met stedelijk gebied. Het PR is een gebiedseigenschap die wordt bepaald door de waterdiepte, stroomsnelheid en stijgsnelheid die bij een overstroming op de bewuste plek kunnen ontstaan plus de kans dat de locatie wordt getroffen.

Het PR is het grootst in de laagst gelegen locaties binnen het dijkkringgebied. Het PR is het grootst tussen Dalfsen en Zwartsluis en in een gebied tussen Giethoorn en Oldemarkt (in het noorden van de dijkkring). De waterkering van het Meppelerdiep valt op omdat het de grens vormt van het gebied met een relatief groot PR.



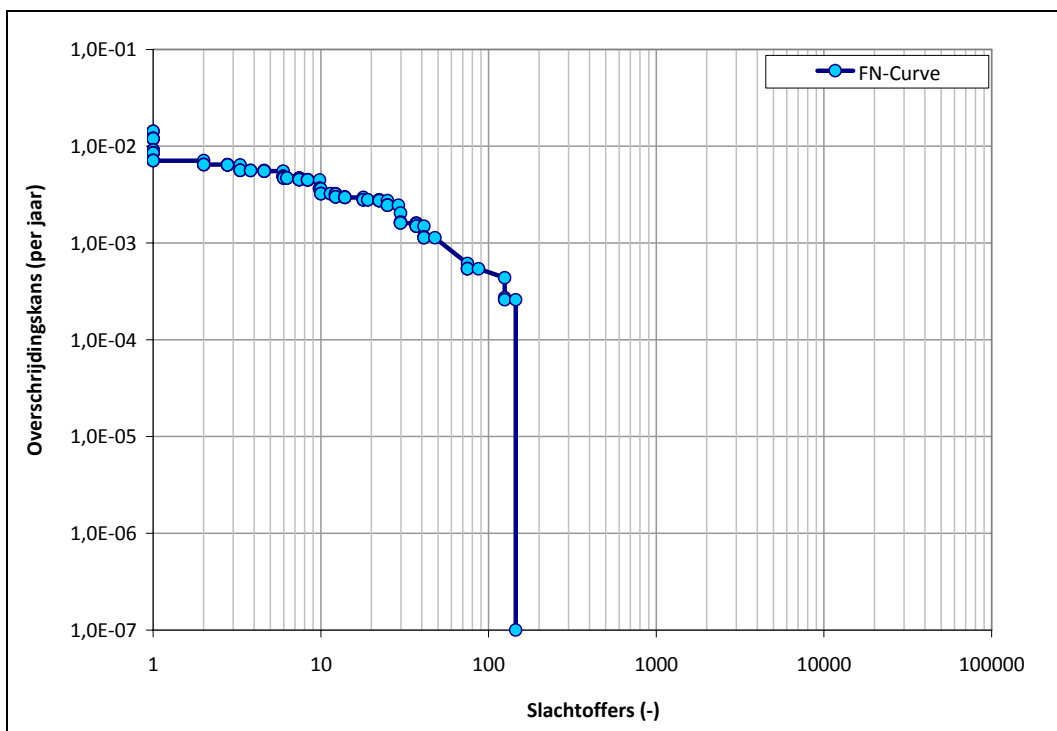
Figuur 42: Plaatsgebonden risico dijkkring 9.

Het LIR neemt in tegenstelling tot het PR wel de effecten van evacuatie mee. Omdat de verwachtingswaarde voor evacuaties in dijkkring 9 met 0,56 relatief hoog is, is het verschil tussen het PR en het LIR vrij groot: $1/(1-0,56) = 2,27$. Dit betekent dat het LIR een factor 2,27 kleiner is dan het PR en laat zien dat het effect van evacuaties voor dijkkring 9 groot is. Het LIR van het gebied tussen Giethoorn en Oldemarkt, wat wel een relatief groot PR liet zien, springt er niet meer uit.



Figuur 43: Lokaal Individueel Risico dijkkring 9.

Het groepsrisico geeft de kans op een ongeval met N of meer slachtoffers en wordt vaak weergegeven in een zogenaamde FN-curve. In Figuur 44 is de FN-curve van dijkkring 9 weergegeven. In de berekening van het groepsrisico is het effect van evacuatie meegenomen (alle vier de evacuatiestrategieën met bijbehorende conditionele kans). Figuur 44 toont dat de kans op een overstroming met meer dan 10 slachtoffers circa 1/330 per jaar is. De kans op een overstroming met ten minste 100 slachtoffers is 1/2.300 per jaar. Voor de beschouwde overstromingsscenario's is het maximale aantal slachtoffers 145.



Figuur 44: FN-curve dijkring 9.

7 Gevoeligheidsanalyses

Om inzicht te krijgen in de gevoeligheid van de berekende overstromingskansen en risico's voor de gehanteerde uitgangspunten zijn gevoeligheidsanalyses uitgevoerd. De gevoeligheidsanalyses geven daarmee inzicht in:

- het effect van verbetermaatregelen;
- het effect van mogelijke toekomstige maatregelen (anders dan verbetermaatregelen of aanpassingen in het beheer);
- het effect van te verwachten additionele bijdragen aan de afvoer;
- het effect van het recent aanpassen van de hydraulische randvoorwaarden.

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

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

- Gevoeligheidsanalyse I: Effect van de lagere waterstanden op de overstromingskans als gevolg van uitvoering van de maatregelen in het kader van Ruimte voor de Vecht;
- Gevoeligheidsanalyse II: Effect van hogere waterstanden op de overstromingskans als gevolg van een peilverhoging op het IJsselmeer;
- Gevoeligheidsanalyse III: Effect van hogere waterstanden op de overstromingskans als gevolg van het samenvallen van de piekafvoer op de Sallandse wetering met piekafvoer van de Vecht;
- Gevoeligheidsanalyse IV: Effect van lagere waterstanden op de overstromingskans als gevolg van hanteren van de 'oude' hydraulische randvoorwaarden (HR2001);
- Gevoeligheidsanalyse V: Effect van gerichte verbetermaatregelen op de overstromingskans;
- Gevoeligheidsanalyse VI: Effect van gerichte verbetermaatregelen op het overstromingsrisico.

Deze analyses zijn in de volgende paragrafen beschreven.

7.1 Gevoeligheidsanalyse I: Ruimte voor de Vecht

7.1.1 Inleiding en aanpak

Het programma Ruimte voor de Vecht wordt uitgevoerd vanwege de Kaderrichtlijn Water (KRW). Het doel van dit programma is om de waterkwaliteit te verbeteren, en de maatregelen hebben als neveneffect dat de waterstanden lokaal worden verlaagd. In het kader van het programma Ruimte voor de Vecht worden door Waterschap Groot Salland de volgende projecten uitgevoerd:

- Bypass bij Vilsteren
- Bypass bij Vechterweerd
- Aanleg van natuurlijke oevers tussen Dalfsen en Vilsteren
- Hoogwaterbescherming bij Dalfsen

De effecten van de bypasses bij Vilsteren en Vechterweerd worden meegenomen in de gevoeligheidsanalyse. De andere twee maatregelen worden niet verdisconteerd, omdat ze naar verwachting geen effect zullen hebben op de waterstand in de Vecht.

Er worden naast deze vier projecten nog meer projecten uitgevoerd in het kader van het programma Ruimte voor de Vecht, maar die bevinden zich dusdanig ver stroomopwaarts dat ze geen impact hebben op de waterstanden in het deel van de Vecht ter hoogte van dijkkring 9.

De hoogte van de waterstandscorrectie is gebaseerd op de waterstandsberekeningen behorende bij de Regionale Voorkeursvariant [ref 23]. Met deze waterstandscorrecties is een aanvullende faalkansberekening uitgevoerd.

7.1.2 Resultaten

Tabel 17 laat zien in hoeverre de faalkans op vakniveau gereduceerd wordt. De effecten variëren van bijna een halvering van de faalkans tot een afname van 10%.

Dijkvak	Waterstands-correctie [m]	Faalkans vak voor RvdV [per jaar]	Faalkans vak Na RvdV [per jaar]	Faalkans na / faalkans voor
1	-0,05	-	-	-
2	-0,06	-	-	-
3	-0,06	-	-	-
4	-0,08	1/1.300	1/2.400	1,8
5	-0,08	1/120	1/200	1,7
14	-0,01	1/87.000	1/96.000	1,1
15	-0,05	1/610	1/780	1,3
16	-0,07	1/1.300	1/1.900	1,5

Tabel 17: Effecten van de waterstandsverlaging op de dijkvakken waar waterstandsverlaging optreedt.

Tabel 18 laat per faalmechanisme de faalkans zien op dijkkringniveau. De effecten van de maatregelen zijn op dijkkringniveau beperkt, wat logisch is gezien het beperkte aantal dijkvakken dat effect ondervindt en de waterstandsverlaging die gerealiseerd wordt.

De faalmechanismen *overloop en golfoverslag* en *opbarsten en piping* laten kleinere faalkansen zien, en dat uit zich ook direct in de overstromingskans van de dijkkring als geheel. De kunstwerken worden niet beïnvloed.

Type waterkering	Faalmechanisme	Faalkans voor RvdV [per jaar]	Faalkans na RvdV [per jaar]
Dijk	Overloop en golfoverslag	1/120	1/190
	Macrostabieliteit binnenwaarts	1/110.000	1/110.000
	Opbarsten en piping	1/140	1/190
	Beschadiging bekleding en erosie dijklichaam	1/6.100	1/6.000
Kunstwerk	Overloop en golfoverslag	1/99.000	1/99.000
	Niet sluiten	1/6.500	1/6.500
	Onder- en achterloopsheid	1/980	1/980
	Constructief falen	<1/1.000.000	<1/1.000.000
Overstromingskans dijkkringgebied 9		>1/100	>1/100

Tabel 18: Berekende faalkansen per faalmechanisme op ringniveau voor en na realisatie van de maatregelen in het kader van Ruimte voor de Vecht

7.1.3 Analyse en conclusie

De impact van de maatregelen in het kader van Ruimte voor de Vecht op de waterstand is niet groot (tot 8 cm waterstandsval). In vergelijking, de Ruimte voor de Rivier maatregelen leveren op sommige locaties een waterstandverlaging tot wel 45 cm op. Toch is op vakniveau een behoorlijke reductie van de faalkans te zien (bijna factor 2 op sommige locaties). De dijkkring heeft namelijk een relatief kleine decimeringshoogte, waardoor een kleine verlaging van de belasting direct zichtbaar is. Op dijkkringniveau is de impact gering. De overstromingskans blijft groter dan 1/100 per jaar. Dit komt doordat bij slechts een klein deel van de dijkvakken een waterstandverlaging gerealiseerd wordt en de faalkans van de overige vakken samen nog een grote bijdrage heeft aan de overstromingskans van het dijkkringgebied.

Op basis van de resultaten van de berekening kan worden geconcludeerd dat de Ruimte voor de Vecht maatregelen de faalkansen op vakniveau voor vijf dijkvakken met een factor 1,1 tot bijna 2 verlagen.

7.2 Gevoeligheidsanalyse II: Effect van een peilverhoging op het IJsselmeer

7.2.1 Inleiding en aanpak

Eén van de punten uit het advies van de Commissie Veerman hoe de effecten van de klimaatverandering tegen gegaan kunnen worden, is het verhogen van het peil op het IJsselmeer. Deze extra hoeveelheid water zou als buffer gebruikt kunnen worden tijdens de naar verwachting vaker optredende droge periodes. Een verhoging van het IJsselmeerpeil heeft ook invloed op de hydraulische belastingen van dijkkring 9.

Om de effecten van deze maatregel te kunnen bepalen is de overstromingskans van dijkkringgebied 9 opnieuw bepaald met deze aangepaste belasting. In het kader van het programma Ruimte voor de Vecht is voor verschillende scenario's berekend wat de peilverhoging betekent voor de waterstanden op de Vecht. Een overzicht van deze scenario's is opgenomen in het verslag van ringteamoverleg 3 [ref 24].

Hierbij is alleen het scenario doorgerekend, waarbij de peilverhoging op het IJsselmeer 1,0 m bedraagt. Deze peilverhoging van 1,0 m op het IJsselmeer is doorgetrokken naar het aangrenzende Zwarte Meer, waarna de belasting lineair afneemt tot 0,31 m bij Zwolle (dit punt is gelegd bij het punt waar de Vecht over gaat in het Zwarte Water), 0,08 cm bij Dalfsen en 0,01 cm bij Ommen. Tussen deze punten is lineair geïnterpoleerd.

7.2.2 Resultaten

Tabel 19 laat zien in hoeverre de faalkans op vakniveau van de dijkvakken toeneemt. Voor dijkvakken die relatief ver stroomopwaarts liggen veranderen de faalkansen op vakniveau met een factor 1,2 tot 5, voor de dijkvakken langs het Zwartemeer loopt dit op tot meer dan een factor 100. De waterstandscorrectie langs het Zwartemeer is met 1,0m ongeveer equivalent aan drie decimeringshoogtes. Het is dan ook niet vreemd dat de faalkans van enkele van die dijkvakken ongeveer een factor 1000 groter wordt. De onderlinge variatie tussen de dijkvakken wordt veroorzaakt doordat bij het ene vak meer faalmechanismen worden doorgerekend dan bij het andere.

Dijkvak/ kunstwerk	Waterstands- correctie [m]	Faalkans vak voor verhoging IJsselmeerpeil [per jaar]	Faalkans vak na verhoging IJsselmeerpeil [per jaar]	Faalkans voor / faalkans na
1	0,02	-	-	-
2	0,02	-	-	-
3	0,02	-	-	-
4	0,03	1/1.300	1/1.200	1,1
5	0,03	1/120	1/100	1,2

Dijkvak/ kunstwerk	Waterstands- correctie [m]	Faalkans vak voor verhoging IJsselmeerpeil [per jaar]	Faalkans vak na verhoging IJsselmeerpeil [per jaar]	Faalkans voor / faalkans na
6	0,04	-	-	-
7	0,04	-	-	-
8	0,05	-	-	-
9	0,06	1/2.200	1/1.400	1,6
10	0,06	-	-	-
11	0,07	1/850	1/610	1,4
12	0,08	1/580	1/380	1,5
13	0,08	1/140.000	1/78.000	1,8
14	0,09	1/87.000	1/44.000	2,0
15	0,11	1/610	1/340	1,8
16	0,13	1/1.300	1/700	1,9
17	0,11	1/1.700	1/960	1,8
18	0,15	1/2.000	1/990	2,0
19	0,17	1/4.400	1/1.800	2,4
20	0,18	1/4.300	1/1.700	2,5
21	0,19	1/2.100	1/940	2,2
22	0,20	1/7.100	1/2.300	3,1
23	0,22	1/7.200	1/2.200	3,3
24	0,23	1/270.000	1/50.000	5,4
25	0,25	1/740	1/190	3,9
26	0,25	<1/1.000.000	<1/1.000.000	-
27	0,26	1/34.000	1/6.800	5,0
28	0,27	1/1.100	1/190	5,8
29	0,28	1/1.800	1/420	4,3
30	0,28	1/5.900	1/640	9,2
31	0,29	1/3.900	1/740	5,3
32	0,38	1/1.100	1/190	5,8
33	0,43	1/110.000	1/850	129
34	0,44	1/1.200	1/170	7,1
35	0,48	1/2.600	1/180	14,4
36	0,49	1/11.000	1/250	44,0
37	0,53	1/43.000	1/350	123
38	0,55	<1/1.000.000	1/200.000	>5,0
39	0,59	1/4.200	1/220	19,1
40	0,64	1/2.600	1/120	21,7
41	0,66	1/1.000	>1/100	21,3
42	0,74	1/1.900	>1/100	63,3
43	0,82	1/2.200	>1/100	40,7
44	0,85	1/440.000	1/2.000	220
45	0,87	<1/1.000.000	1/1.500	>667
46	0,94	1/10.000	>1/100	121
47	1,00	1/470.000	1/290	1620
48	1,00	1/120.000	>1/100	2790
49	1,00	<1/1.000.000	1/320.000	>3,0
50	1,00	<1/1.000.000	<1/1.000.000	-
51	1,00	<1/1.000.000	1/18.000	>50,0
Streukelerzijl zuidzijde	0,47	1/1.100	1/100	11,6
Gemaal Kloosterzijl	0,68	1/14.000	1/350	40,0

Dijkvak/ kunstwerk	Waterstands- correctie [m]	Faalkans vak voor verhoging IJsselmeerpeil [per jaar]	Faalkans vak na verhoging IJsselmeerpeil [per jaar]	Faalkans voor / faalkans na
Streukelerzijl noordzijde	0,47	1/980.000	1/2.700	363
Keersluis de Whaa	0,83	1/25.000	1/90	291
Grote Kolksluis	0,83	1/7.900	1/1.000	7,9
Keersluis Hasselt	0,52	1/41.000	-*	-

Tabel 19: De waterstandscorrecties per dijkvak/kunstwerk en de effecten ervan op de faalkansen.

* Faalkansberekening van dit kunstwerk leidde niet tot een convergerend resultaat.

Tabel 20 laat per faalmechanisme de faalkans zien. De effecten van de peilverhoging zijn relatief groot, wat logisch is gezien het aantal dijkvakken dat betrokken is en de verhoging van de belasting die de peilverhoging tot gevolg heeft.

Voor de faalmechanismen *overloop en golfoverslag* en *opbarsten en piping* voor dijken laten nog grotere faalkansen zien, en ook voor kunstwerken leidt de peilverhoging tot faalkansen groter dan 1/100 per jaar.

Type water- kering	Faalmechanisme	Faalkans voor verhoging IJsselmeerpeil [per jaar]	Faalkans na verhoging IJsselmeerpeil [per jaar]
Dijk	Overloop en golfoverslag	1/120	>1/100
	Macrostabiliteit binnenwaarts	1/110.000	1/14.000
	Opbarsten en piping	1/140	>1/100
	Beschadiging bekleding en erosie dijklichaam	1/6.100	1/3.000
Kunstwerk	Overloop en golfoverslag	1/99.000	>1/100
	Niet sluiten	1/6.500	1/790
	Onder- en achterloopsheid	1/980	>1/100
	Constructief falen	<1/1.000.000	1/1.700
Overstromingskans dijkkringgebied 9		>1/100	>1/100

Tabel 20: Berekende faalkansen per faalmechanisme op ringniveau voor en na peilverhoging IJsselmeer

7.2.3 Analyse en conclusie

De effecten van de peilverhoging op de faalkans op vakniveau zijn het grootst langs het Zwartemeer en het Zwartewater en nemen vervolgens verder stroomopwaarts af.

De overstromingskans van dijkkringgebied 9 wordt een factor 7 groter⁹. De effecten zijn vooral op vakniveau en per faalmechanisme zichtbaar; er zijn vooral in het benedenstroomse gedeelte van de dijkkring veel dijkvakken en kunstwerken die een grotere bijdrage aan de overstromingskans krijgen. Op basis van de resultaten van de faalkansberekening kan worden geconcludeerd dat de peilverhoging in het IJsselmeer zou leiden tot een toename van de faalkansen op vakniveau met een factor 1,2 tot meer dan een factor 1000.

⁹ Hierbij wordt opgemerkt dat de overstromingskans in de referentiesituatie al kleiner was dan 1/100 per jaar. Vanwege de relatief grotere impact van onzekerheden is het zo dat een toename van de overstromingskans van 1/100 tot 1/50 per jaar niet overeen komt met een toename van 1/1000 naar 1/500 per jaar. De verzevenvoudiging van de overstromingskans bij deze gevoeligheidsanalyse ten opzichte van de referentiesituatie is dan ook een kwalitatieve aanduiding en geen kwantitatieve bepaling.

7.3 Gevoeligheidsanalyse III: Effect van piekafvoer op de Sallandse wetering

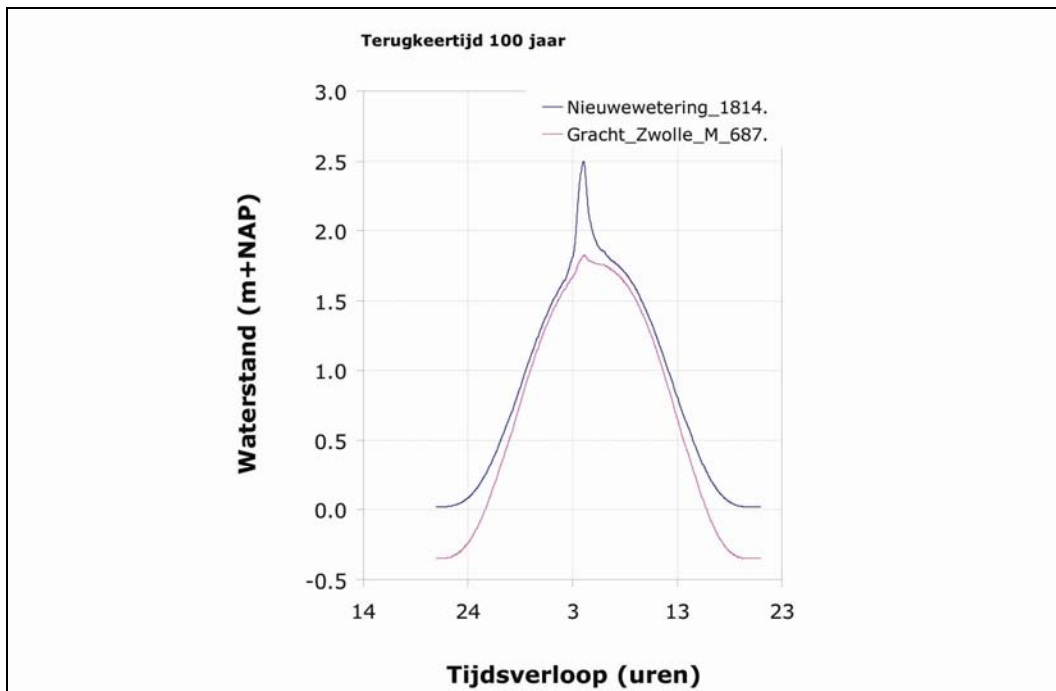
7.3.1 Inleiding en aanpak

De Sallandse Wetering verzorgt de afvoer van oppervlaktewater in het gebied ten zuiden/zuidoosten van Zwolle en mondt uit in de Vecht. Om opstuwung van water uit de Vecht op de Sallandse Wetering te voorkomen is een keersluis aangebracht bij de monding in de Vecht.

Uitgangspunt bij de bepaling van de HR2006 is dat de keersluis gesloten is. Ook in VNK wordt de Sallandse Wetering niet meegenomen. Volgens de beheerder staat deze keersluis echter altijd open (ook bij hoge afvoeren) omdat er anders wateroverlast ontstaat in dijkkring 53.

De Sallandse Wetering heeft een piekafvoer van $68 \text{ m}^3/\text{s}$, de Vecht heeft een maatgevende afvoer van $565 \text{ m}^3/\text{s}$. Het totale watervolume dat de Sallandse Wetering bijdraagt aan de Vecht is vanwege de korte duur van de afvoergolf gering, en daarom zijn de berekeningen niet aangepast. Wel is het zo dat bij gelijktijdig optreden van piekafvoeren in de Vecht en de Sallandse Wetering de waterstand op de Vecht met 23 cm kan toenemen; dit is bijna één decimeringshoogte [ref 25]. Dit effect is zichtbaar gemaakt in Figuur 45. Om de effecten van gelijktijdige piekafvoeren van de Vecht en de Sallandse Wetering in beeld te brengen is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd.

Om de effecten van deze additionele piekafvoer te kunnen bepalen is de overstromingskans van dijkkringgebied 9 opnieuw bepaald met deze aangepaste belasting. Hierbij is de peilverhoging van 0,23 m toegepast op de dijkvakken langs het Zwarte Water (dijkvak 32 tot en met 47). Stroomopwaarts is een stuwkromme benaderd door de peilverhoging lineair te laten afnemen tot de stuw bij Vechterweerd. Op het Zwarte Meer is geen verhoging toegepast; het extra watervolume is immers beperkt en zal het waterpeil op het meer niet beïnvloeden.



Figuur 45: Effect afvoer Sallandse Wetering op de waterstanden van het Zwarte Water bij Zwolle.

7.3.2 Resultaten

Tabel 21 laat zien in hoeverre de faalkans van de dijkvakken en kunstwerken toeneemt. Voor dijkvakken die relatief ver stroomopwaarts liggen veranderen de faalkansen met een factor 1,1 tot 2, voor de dijkvakken langs het Zwarte Water loopt dit op tot een factor 3 tot 8.

Dijkvak/ kunstwerk	Waterstands -correctie [m]	Faalkans vak excl. Sallandse wetering [per jaar]	Faalkans vak incl. Sallandse wetering [per jaar]	Faalkans voor / faalkans na
17	0,01	1/1.700	1/1.600	1,1
18	0,03	1/2.000	1/1.700	1,2
19	0,05	1/4.400	1/3.400	1,3
20	0,07	1/4.300	1/3.200	1,4
21	0,08	1/2.100	1/1.500	1,4
22	0,10	1/7.100	1/4.100	1,7
23	0,12	1/7.200	1/3.700	2,0
24	0,13	1/270.000	1/120.000	2,3
25	0,15	1/740	1/340	2,2
26	0,16	< 1/1.000.000	< 1/1.000.000	-
27	0,16	1/34.000	1/12.000	2,8
28	0,19	1/1.100	1/390	2,8
29	0,19	1/1.800	1/660	2,7
30	0,20	1/5.900	1/1.300	4,5
31	0,22	1/3.900	1/1.100	3,6
32	0,23	1/1.100	1/380	2,9
33	0,23	1/110.000	1/22.000	5,0
34	0,23	1/1.200	1/410	2,9
35	0,23	1/2.600	1/710	3,7
36	0,23	1/11.000	1/1.700	6,5
37	0,23	1/43.000	1/5.800	7,4
38	0,23	< 1/1.000.000	< 1/1.000.000	-
39	0,23	1/4.200	1/1.200	3,5
40	0,23	1/2.600	1/820	3,2
41	0,23	1/1.000	1/340	2,9
42	0,23	1/1.900	1/540	3,5
43	0,23	1/2.200	1/660	3,3
44	0,23	1/440.000	1/110.000	4,0
45	0,23	< 1/1.000.000	1/440.000	> 2,3
46	0,23	1/10.000	1/2.000	5,0
47	0,23	1/470.000	1/86.000	5,5
Streukelerzijl zuidzijde	0,23	1/1.100	1/300	3,7
Gemaal Kloosterzijl	0,23	1/14.000	1/3.500	4,0
Streukelerzijl noordzijde	0,23	1/980.000	1/530.000	1,9
Keersluis de Whaa	0,23	1/25.000	1/5.200	4,8
Grote Kolksluis	0,23	1/7.900	1/3.000	2,6
Keersluis Hasselt	0,23	1/41.000	1/25.000	1,6

Tabel 21: Effecten van de waterstandverhoging door gelijktijdige piekafvoer met Sallandse Wetering op de relevante dijkvakken/kunstwerken.

Tabel 22 laat per faalmechanisme de faalkans zien. De effecten zijn behoorlijk groot, al zijn de verschillen tussen de faalmechanismen aanzienlijk. Hoewel de faalkans voor

overloop en golfoverslag maar weinig toeneemt, laten de overige faalmechanismen flink grotere faalkansen zien. De kunstwerken leveren ook een grotere bijdrage aan de overstromingskans.

Type waterkering	Faalmechanisme	Faalkans excl. Sallandse wetering [per jaar]	Faalkans incl. Sallandse wetering [per jaar]
Dijk	Overloop en golfoverslag	1/120	1/110
	Macrostabieliteit binnenwaarts	1/110.000	1/34.000
	Opbarsten en piping	1/140	>1/100
	Beschadiging bekleding en erosie dijklichaam	1/6.100	1/3.300
Kunstwerk	Overloop en golfoverslag	1/99.000	1/10.000
	Niet sluiten	1/6.500	1/2.500
	Onder- en achterloopsheid	1/980	1/280
	Constructief falen	<1/1.000.000	1/240.000
Overstromingskans dijkringgebied 9		>1/100	>1/100

Tabel 22: Berekende faalkansen per faalmechanisme op ringniveau voor en na meenemen afvoer Sallandse Wetering

7.3.3 Analyse en conclusie

De effecten van de additionele afvoer in de Vecht afkomstig van de Sallandse Wetering op de overstromingskans zijn behoorlijk groot, maar wisselen sterk per faalmechanisme. De overstromingskans van het dijkringgebied neemt relatief gezien niet heel veel toe. *Overloop en golfoverslag* wordt nauwelijks beïnvloed door de toename van de belasting, omdat de dijkvakken die kwetsbaar zijn voor dit faalmechanisme verder bovenstrooms langs de Vecht te vinden zijn. De dijkvakken die wel beïnvloed worden hebben genoeg waakhoogte over om het waterstandsverschil op te kunnen vangen. *Opbarsten en piping* laat een verdubbeling zien van de faalkans, wat verklaard wordt doordat een flink aantal van de dijkvakken die beïnvloed worden door de Wetering al grote faalkansen lieten zien.

De overstromingskans van dijkringgebied 9 wordt bijna een factor 2 groter¹⁰. De effecten zijn vooral op vakniveau en per faalmechanisme zichtbaar. Op basis van de resultaten van de faalkansberekening kan worden geconcludeerd dat het gelijktijdig vóórkomen van een piekafvoer in de Sallandse Wetering en de Vecht zou leiden tot een toename van de faalkansen op vakniveau variërend van een factor 1,1 tot meer dan een factor 100. De effecten variëren per vak en per faalmechanisme. Op basis hiervan is het de verwachting dat meenemen van de piekafvoer van de Sallandse Wetering leidt tot een groter overstromingsrisico in dijkringgebied 9. Vooral omdat de ringdelen 5 en 7, de twee ringdelen met de grootste gevolgen, beïnvloed worden door de extra afvoer.

7.4 Gevoeligheidsanalyse IV: Effect van hanteren van 'oude' hydraulische randvoorwaarden HR2001

7.4.1 Inleiding en aanpak

De maatgevende waterstanden van de Vecht zijn recentelijk behoorlijk verhoogd. Tussen de HR2001 [ref 26] en de HR2006 [ref 5] zit een toename van de maatgevende waterstanden van 30 tot 50 centimeter.

¹⁰ Hierbij wordt opgemerkt dat de overstromingskans in de referentiesituatie al kleiner was dan 1/100 per jaar. Vanwege de relatief grotere impact van onzekerheden is het zo dat een toename van de overstromingskans van 1/100 tot 1/50 per jaar niet overeen komt met een toename van 1/1000 naar 1/500 per jaar. De verdubbeling van de overstromingskans bij deze gevoeligheidsanalyse ten opzichte van de referentiesituatie is dan ook een kwalitatieve aanduiding en geen kwantitatieve bepaling.

Aan de primaire waterkering van dijkkring 9 zijn in de afgelopen 10 jaar veel dijkverbeteringen uitgevoerd: de Dijkverbetering achter Ramspol (DAR). Bij al deze verbeteringen zijn de hydraulische randvoorwaarden uit 2001 als uitgangspunt gehanteerd. De bepaling van de overstromingskans van dijkkringgebied 9 op basis van de nieuwere en hogere randvoorwaarden levert een grotere overstromingskans op dan wanneer de 'oude' lagere randvoorwaarden zouden zijn gehanteerd.

Om inzicht te geven in het veiligheidsniveau zoals dat zou zijn geweest zonder de verhoging van de maatgevende waterstanden, is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd waarin de waterstanden uit de HR2001 zijn aangehouden. Dit wordt vergeleken met de referentiesituatie waarin de TMR2006-waterstanden zijn gehanteerd (zie paragraaf 3.4)

7.4.2 Resultaten

De waterstandscorrecties en de faalkansen van de dijkvakken bij HR2001 en TMR2006 zijn opgenomen in Tabel 23. De resultaten van de kunstwerken zijn opgesomd in Tabel 24. De faalkansen van de faalmechanismen op ringniveau staan in Tabel 25.

Dijkvak	Waterstandscorrectie [m]	Faalkans vak bij HR2006 [per jaar]	Faalkans vak bij HR2001 [per jaar]	Faalkans HR2006 / faalkans HR2001
1	-0,50	-	-	-
2	-0,50	-	-	-
3	-0,50	-	-	-
4	-0,50	1/1.300	1/55.000	42,3
5	-0,50	1/120	1/3.800	31,7
6	-0,50	-	-	-
7	-0,50	-	-	-
8	-0,50	-	-	-
9	-0,50	1/2.200	1/43.000	19,5
10	-0,50	-	-	-
11	-0,50	1/850	1/27.000	31,8
12	-0,50	1/580	1/15.000	25,9
13	-0,50	1/140.000	< 1/1.000.000	> 7,1
14	-0,45	1/87.000	< 1/1.000.000	> 11,5
15	-0,45	1/610	1/4.900	8,0
16	-0,40	1/1.300	1/12.000	9,2
17	-0,40	1/1.700	1/15.000	8,8
18	-0,45	1/2.000	1/24.000	12,0
19	-0,40	1/4.400	1/51.000	11,6
20	-0,35	1/4.300	1/32.000	7,4
21	-0,35	1/2.100	1/9.200	4,4
22	-0,35	1/7.100	1/61.000	8,6
23	-0,40	1/7.200	1/91.000	12,6
24	-0,40	1/270.000	< 1/1.000.000	> 3,7
25	-0,35	1/740	1/4.500	6,1
26	-0,35	< 1/1.000.000	< 1/1.000.000	-
27	-0,35	1/34.000	1/330.000	9,7
28	-0,35	1/1.100	1/12.000	10,9
29	-0,40	1/1.800	1/18.000	10,0
30	-0,40	1/5.900	1/170.000	28,8
31	-0,40	1/3.900	1/58.000	14,9
32	-0,40	1/1.100	1/9.200	8,4
33	-0,45	1/110.000	< 1/1.000.000	> 9,1

Dijkvak	Waterstandscorrectie [m]	Faalkans vak bij HR2006 [per jaar]	Faalkans vak bij HR2001 [per jaar]	Faalkans HR2006 / faalkans HR2001
34	-0,45	1/1.200	1/13.000	10,8
35	-0,50	1/2.600	1/62.000	23,8
36	-0,50	1/11.000	1/770.0000	70,0
37	-0,50	1/43.000	<1/1.000.0000	>23,3
38	-0,50	<1/1.000.000	<1/1.000.000	-
39	-0,50	1/4.200	1/81.000	19,3
40	-0,50	1/2.600	1/48.000	18,5
41	-0,50	1/1.000	1/18.000	18,0
42	-0,50	1/1.900	1/36.000	18,9
43	-0,50	1/2.200	1/48.000	21,8
44	-0,50	1/440.000	<1/1.000.000	>2,3
45	-0,50	<1/1.000.000	<1/1.000.000	-
46	-0,50	1/10.000	1/260.000	26,0
47	-0,45	1/470.000	<1/1.000.000	>2,1
48	-0,40	1/120.000	<1/1.000.000	>8,3
49	-0,40	<1/1.000.000	<1/1.000.000	-
50	-0,40	<1/1.000.000	<1/1.000.000	-
51	-0,50	<1/1.000.000	<1/1.000.000	-

Tabel 23: Waterstandscorrecties tussen en faalkansen bij HR2001 en TMR2006 voor de dijkvakken

Kunstwerk	Waterstands-correctie [m]	Faalkans vak bij TMR2006 [per jaar]	Faalkans vak bij HR2001 [per jaar]	Faalkans HR2006 / faalkans HR2001
Gemaal Streukelerzijl zuid	-0,50	1/1.100	1/35.000	31,8
Gemaal Kloosterzijl	-0,50	1/14.000	1/46.000	32,9
Gemaal Streukelerzijl noord	-0,50	1/980.000	<1/1.000.000	>1,0
Keersluis de Whaa	-0,50	1/25.000	1/410.000	16,4
Grote Kolksluis	-0,50	1/7.900	1/37.000	4,7
Keersluis Hasselt	-0,50	1/41.000	1/210.000	5,1

Tabel 24: Waterstandscorrecties tussen en faalkansen bij HR2001 en TMR2006 voor de kunstwerken

Type waterkering	Faalmechanisme	Faalkans vak bij TMR2006 [per jaar]	Faalkans vak bij HR2001 [per jaar]
Dijk	Overloop en golfoverslag	1/120	1/2.900
	Macrostabieliteit binnenwaarts	1/110.000	<1/1.000.000
	Opbarsten en piping	1/140	1/1.200
	Beschadiging bekleding en erosie dijklchaam	1/6.100	1/20.000
Kunstwerk	Overloop en golfoverslag	1/99.000	1/800.000
	Niet sluiten	1/6.500	1/34.000
	Onder- en achterloopsheid	1/980	1/32.000
	Constructief falen	<1/1.000.000	<1/1.000.000
Overstromingskans dijkringgebied 9		>1/100	1/870

Tabel 25: Faalkansen van de faalmechanismen op ringniveau bij HR2001 en TMR2006

7.4.3 Analyse en conclusie

Het is duidelijk dat de overstromingskans van dijkringgebied 9 bij de 'oude' lagere maatgevende waterstanden een stuk kleiner uitvalt. De dijkvakken laten kleinere faalkansen zien tot een factor 70, de kunstwerken tot ruim een factor 30.

Voor *overloop en golfoverslag* is het effect van de lagere waterstanden veel groter dan voor *opbarsten en piping*. Dit is goed te verklaren vanwege het feit dat *opbarsten en piping* ook op kan treden bij lagere waterstanden dan de maatgevende waterstand, en dat er veel meer parameters dan alleen de waterstand een grote invloed hebben op de faalkans. *Overloop en golfoverslag* wordt gedomineerd door de hoogte van de waterstanden en een aanpassing daarvan heeft dan ook een direct effect.

De variatie tussen de dijkvakken is vrij groot. Dat heeft te maken met de verschillen in de waterstandscorrecties en de mate waarin de faalkans van het dijkvak wordt bepaald door *overloop en golfoverslag*.

Geconcludeerd wordt dat het veiligheidsniveau op basis van de 'oude' lagere hydraulische randvoorwaarden veel hoger is dan op basis van de nieuwe. De berekende overstromingskans voor het dijkringgebied sluit goed aan bij het beeld dat de beheerder had van de staat van de waterkering voordat de hydraulische randvoorwaarden werden bijgesteld.

7.5 Gevoeligheidsanalyse V: Effect van gerichte verbetermaatregelen

7.5.1 Inleiding

Het overstromingsrisico van dijkringgebied 9 kan worden teruggebracht door de overstromingskans te verminderen. De eenvoudigste manier hiervoor is om in de dijkvakken met de grootste kansbijdrage de faalkans van de dominerende faalmechanismen tot een verwaarloosbare waarde terug te brengen. Deze strategie wordt 'kansreductie' genoemd.

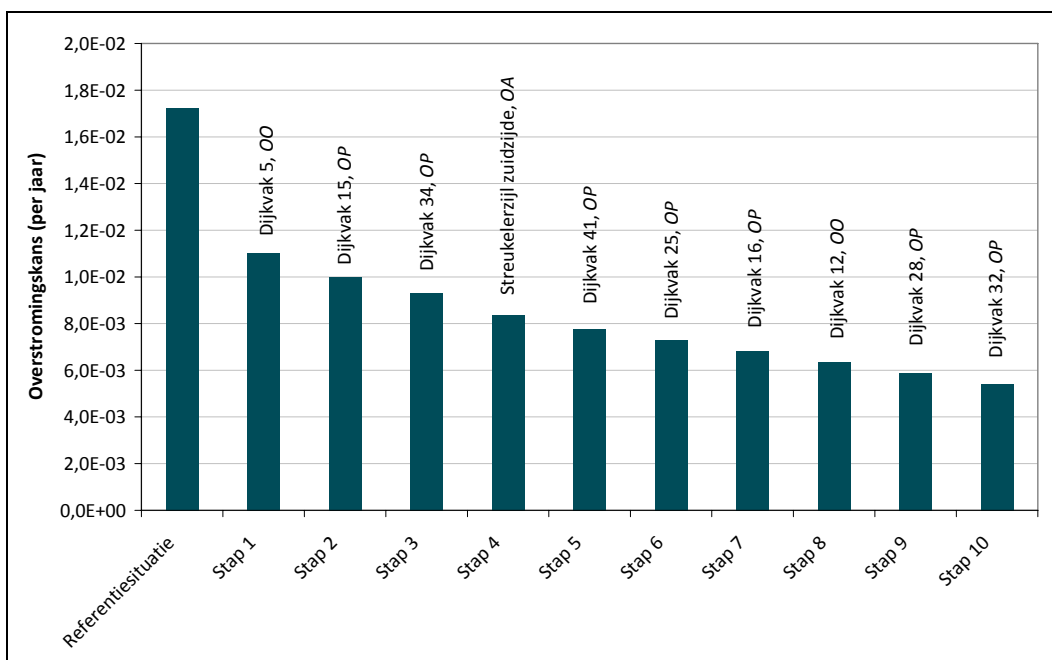
Er kan ook gekeken worden naar de bijdrage aan het overstromingsrisico van elk faalmechanisme per vak. Het kan immers zo zijn dat een vak een relatief kleine bijdrage levert aan de faalkans van de dijkring maar dat de gevolgen van een doorbraak in dat vak wel heel groot zijn doordat er een grote woonkern achter is gelegen. In dat geval worden dus de gevolgen meegenomen in de bepaling van de effectiviteit van een verbetermaatregel. Een dergelijke analyse wordt 'risicoreductie' genoemd en staat beschreven in paragraaf 7.5.5.

De verschillen tussen beide strategieën op het overstromingsrisico worden in beeld gebracht in paragraaf 7.5.6.

7.5.2 Aanpak en resultaten verbetermaatregelen gericht op kansreductie

Bij elke verbetering is de faalkans voor een faalmechanisme in een vak tot een verwaarloosbare waarde teruggebracht. De volgorde van de verbeteringen is dusdanig gekozen dat de overstromingskans met zo min mogelijk interventies tot een zo laag mogelijke waarde wordt teruggebracht. Bij elke stap is opnieuw bepaald welke maatregel (voor welk faalmechanisme) het grootste effect heeft, waarbij gekeken is naar de dijkvakken met de grootste faalkansen voor de faalmechanismen *overloop en golfoverslag*, *opbarsten en piping* en voor het kunstwerk *Streukelerzijl* zuidzijde naar *onderloopsheid en achterloopsheid*. De overige faalmechanismen hebben een dusdanig lage bijdrage dat ze in deze analyse niet zijn beschouwd.

Figuur 46 toont de afnemende overstromingskans van dijkkringgebied 9 als gevolg van de opeenvolgende verbeteringen van dijkvakken. Wat direct opvalt is dat een even grote verkleining van de overstromingskans een steeds groter aantal verbeteringen vergt, terwijl de afname van effectiviteit van de maatregelen beperkt is (afnemende meeropbrengst). Er zijn vier verbetermaatregelen nodig in drie dijkvakken (met een totale lengte van 2,1 km) en één kunstwerk om de overstromingskans van dijkkringgebied 9 te halveren (van >1/100 naar 1/140 per jaar), vervolgens zijn er weer negen verbeteringen in negen dijkvakken (met een totale lengte van 8,5 km) nodig om de volgende halvering tot stand te brengen (zie ook Tabel 26).



Figuur 46: De overstromingskans als functie van de eerste 10 verbeteringen. OO staat voor *overloop en golfoverslag*, OA voor *onder- en achterloopsheid* en OP voor *opbarsten en piping*.

Verbetermaatregel	Dijkvak/kunstwerk	Faalmechanisme	Faalkans verbeterd faalmechanisme [per jaar]	Overstromingskans dijkkringgebied [per jaar]
0				>1/100
1	5	Overloop/overslag	1/120	1/110
2	15	Opbarsten/piping	1/920	1/120
3	34	Opbarsten/piping	1/1.200	1/130
4	Streukelerzijl zuidzijde	Onder-/achterloopsheid	1/1.100	1/140
5	41	Opbarsten/piping	1/1.200	1/150
6	25	Opbarsten/piping	1/1.200	1/160
7	16	Opbarsten/piping	1/1.300	1/170
8	12	Overloop/overslag	1/580	1/180
9	28	Opbarsten/piping	1/1.400	1/190
10	32	Opbarsten/piping	1/1.500	1/210
11	17	Opbarsten/piping	1/1.700	1/230
12	11	Overloop/overslag	1/850	1/250
13	18	Opbarsten/piping	1/2.000	1/270
14	21	Opbarsten/piping	1/2.100	1/310
15	43	Opbarsten/piping	1/2.200	1/330
16	4	Overloop/overslag	1/1.300	1/350
17	25	Overloop/overslag	1/1.700	1/370
18	29	Overloop/overslag	1/1.800	1/390
19	9	Overloop/overslag	1/2.400	1/400
20	35	Overloop/overslag	1/2.400	1/430

Tabel 26: Volgorde en effect van de verbetermaatregelen.

Type waterkering	Faalmechanisme	Faalkans voor versterking [per jaar]	Faalkans na 4 verbeteringen [per jaar]
Dijk	Overloop en golfoverslag	1/120	1/410
	Macrostabiliteit binnenwaarts	1/110.000	1/110.000
	Opbarsten en piping	1/140	1/180
	Beschadiging bekleding en erosie dijklichaam	1/6.100	1/6.100
Kunstwerk	Overloop en golfoverslag	1/99.000	1/99.000
	Niet sluiten	1/6.500	1/6.500
	Onder- en achterloopsheid	1/980	1/14.000
	Constructief falen	<1/1.000.000	<1/1.000.000
Overstromingskans dijkkringgebied 9		1/71	1/140

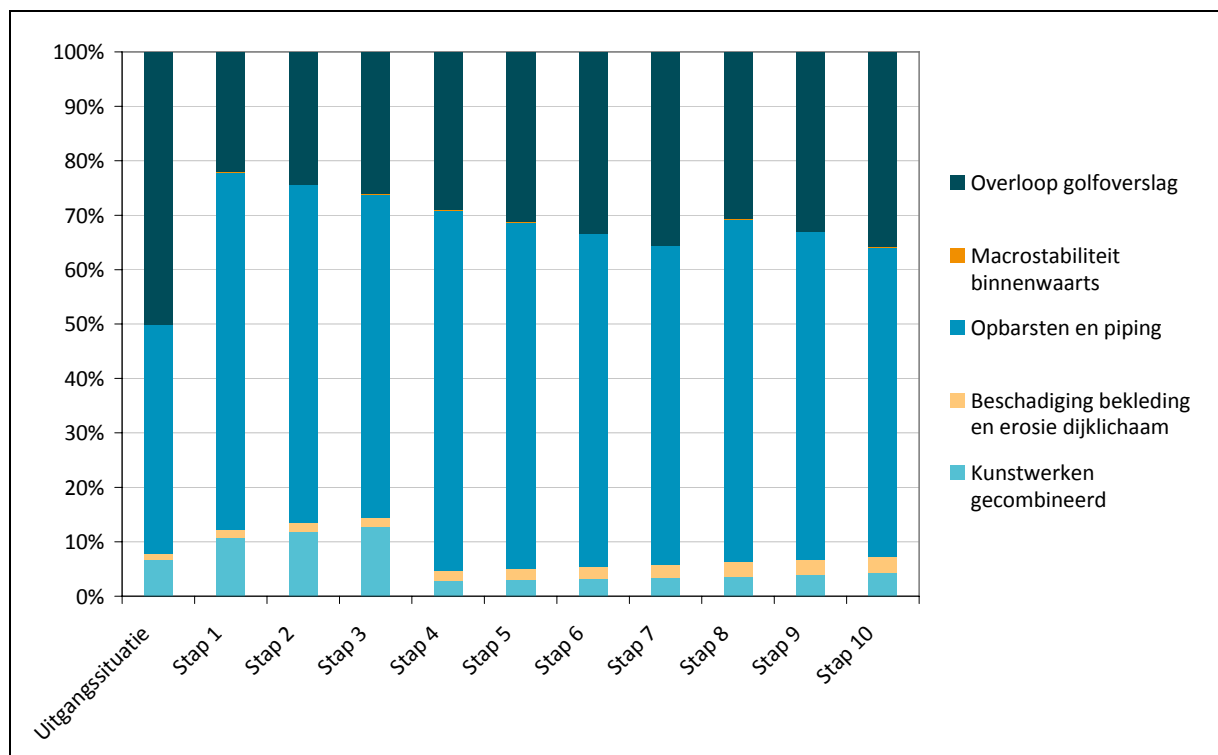
Tabel 27: Berekende faalkansen per faalmechanisme op ringniveau zonder versterking en na vier verbeteringen.

Na vier verbetermaatregelen is de faalkans voor *overloop en golfoverslag* gedaald tot 1/410 per jaar (Tabel 27). *Opbarsten en piping* is iets afgenomen van 1/140 tot 1/180 per jaar. Het verbeteren van Gemaal Streukelerzijl Zuid (stap 4) levert een flinke reductie op van de faalkans voor *onder- en achterloopsheid* met een factor 14. Na tien verbetermaatregelen is de overstromingskans van dijkkringgebied 9 verkleind tot 1/210 per jaar (Tabel 28). *Opbarsten en piping* is ruim gehalveerd tot 1/330 per jaar. Ten opzichte van de situatie na vier verbeteringen is verder alleen *overloop en golfoverslag* iets verkleind. Andere faalmechanismen zijn niet verder verbeterd, dus hierin zijn geen veranderingen meer te zien.

Type waterkering	Faalmechanisme	Faalkans voor versterking [per jaar]	Faalkans na 10 verbeteringen [per jaar]
Dijk	Overloop en golfoverslag	1/120	1/510
	Macrostabiliteit binnenwaarts	1/110.000	1/110.000
	Opbarsten en piping	1/140	1/330
	Beschadiging bekleding en erosie dijklichaam	1/6.100	1/6.100
Kunstwerk	Overloop en golfoverslag	1/99.000	1/99.000
	Niet sluiten	1/6.500	1/6.500
	Onder- en achterloopsheid	1/980	1/14.000
	Constructief falen	<1/1.000.000	<1/1.000.000
Overstromingskans dijkringgebied 9		1/71	1/210

Tabel 28: Berekende faalkansen per faalmechanisme op ringniveau zonder versterking en na 10 verbeteringen.

De bijdrage van de verschillende faalmechanismen wordt ook afgebeeld in Figuur 47. Dit laat zien dat de bijdrage van *beschadiging bekleding en erosie dijklichaam* en *macrostabiliteit binnenwaarts* langzaam toeneemt, maar onder de 7% blijft. Na het verbeteren van Gemaal Streukelerzijl Zuidzijde blijft de faalkans van de kunstwerk-faalmechanismen beperkt (<10%). *Opbarsten en piping* en *overloop en golfoverslag* blijven domineren met een gezamenlijke kansbijdrage van 80 tot 90%.



Figuur 47: Procentuele verhouding tussen de faalkans per faalmechanisme en de overstromingskans.

7.5.3 Bepaling overstromingsrisico na kansreductie

De manier waarop de overstromingsrisico's bij deze gevoeligheidsanalyse zijn bepaald is identiek aan de manier zoals beschreven in hoofdstuk 6. Ook de koppelingen tussen de scenario's en de gevolgen zijn op dezelfde manier gelegd. Er was geen aanleiding om een andere koppeling te leggen, wat overigens ook wenselijk is omdat dat de vergelijkbaarheid van de resultaten ten goede komt.

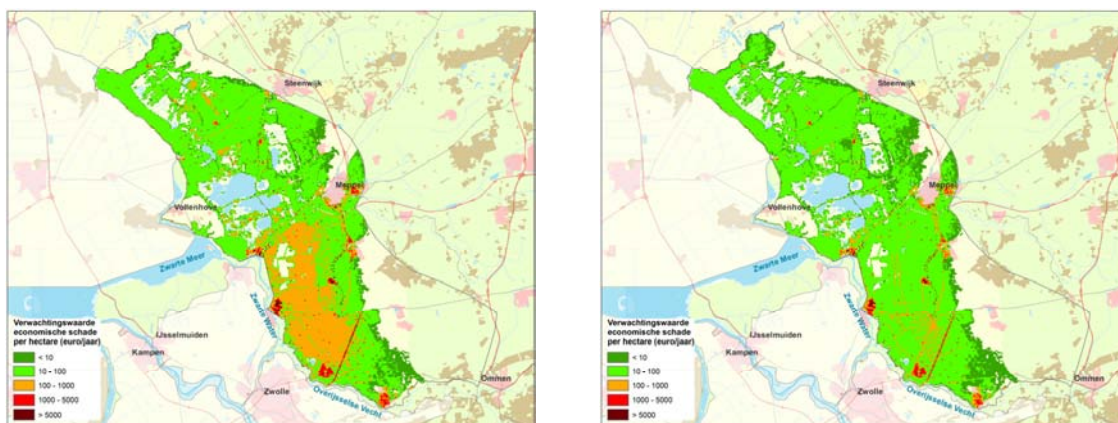
Economisch risico

Na vier verbetermaatregelen is de verwachtingswaarde voor de economische schade gedaald tot 5,6 miljoen euro per jaar, na 10 verbetermaatregelen tot 3,6 miljoen euro per jaar (Tabel 29).

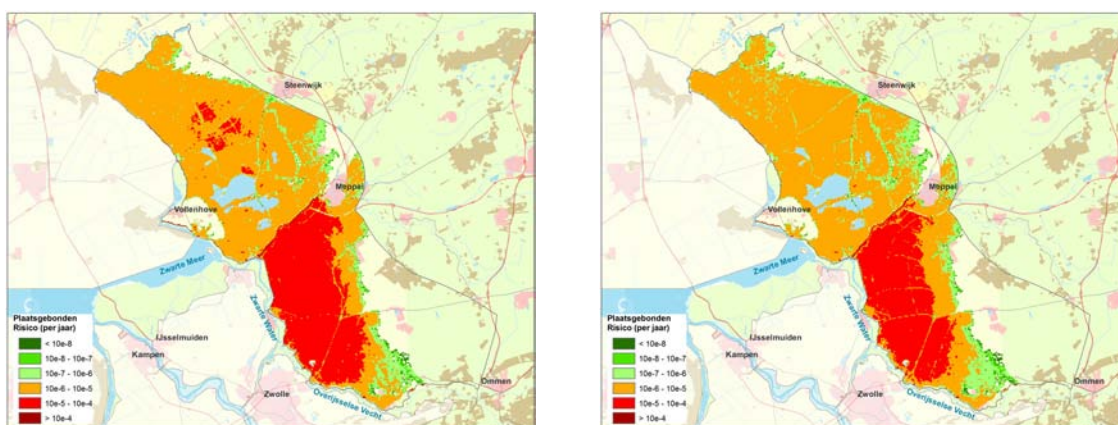
Strategie	Overstromingskans [per jaar]	Economisch risico [M€ per jaar]	Slachtofferrisico [per jaar]
Referentiesituatie	>1/100	6,3	0,18
1 kansreductie 4 vakken	1/140	5,6	0,16
2 kansreductie 10 vakken	1/210	3,6	0,10

Tabel 29: Overstromingskans en -risico na vier en tien maatregelen om de overstromingskans te reduceren.

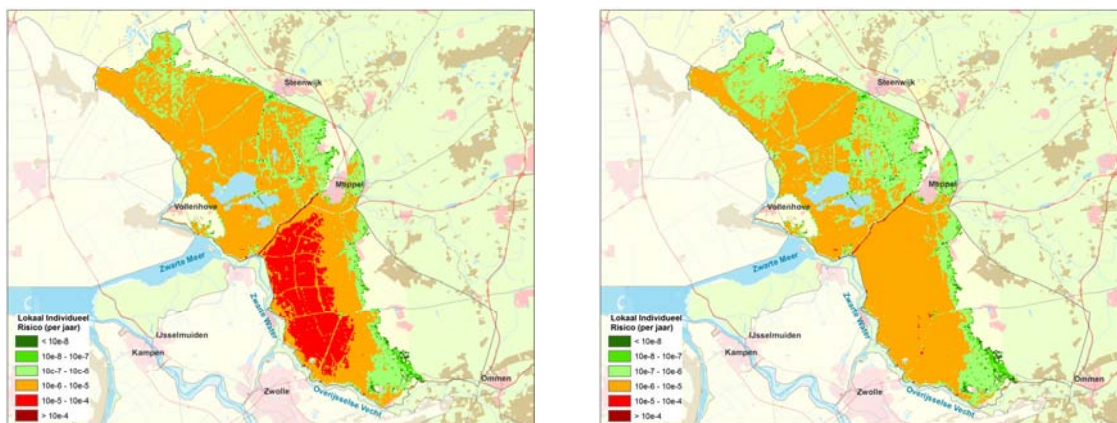
Figuur 48 geeft de verwachtingswaarde voor de economische schade weer voor dijkkring 9 na vier en tien verbetermaatregelen. Ten opzichte van de referentiesituatie (Figuur 39) is vooral de schade in de diepe polder ten noorden van Hasselt en Hessenpoort kleiner, na tien maatregelen is de schade buiten de kernen en industriegebied Hessenpoort bijna overal kleiner dan 100 euro per hectare per jaar.



Figuur 48: De verwachtingswaarde van de economische schade na vier (links) en tien (rechts) maatregelen om de overstromingskans te reduceren.



Figuur 49: Het plaatsgebonden risico na vier (links) en tien (rechts) verbetermaatregelen om de overstromingskans te reduceren.



Figuur 50: Het lokaal individueel risico na vier (links) en tien (rechts) verbetermaatregelen om de overstromingskans te reduceren.

Slachtofferrisico

Het Plaatsgebonden Risico (Figuur 49) laat na vier verbeteringen vooral kleinere risico's zien ten noorden van het Meppelerdiep, na tien verbeteringen is het PR daar zelfs kleiner dan 10^{-5} .

Het Lokaal Individueel Risico (Figuur 50) na tien verbetermaatregelen is in nagenoeg het hele dijkkringgebied kleiner dan 10^{-5} .

7.5.4 Aanpak en resultaten verbetermaatregelen gericht op risicoreductie

Zoals beschreven in paragraaf 7.5.1, kan er ook voor worden gekozen om dijkvakken te verbeteren die *niet* de grootste bijdrage aan de overstromingskans hebben. In dat geval wordt de koppeling met de gevolgen meegenomen in de beoordeling: de strategie risicoreductie. Om een goede volgorde van verbeteringen te bepalen is de faalkans van de te verbeteren mechanismen vermenigvuldigd met de bijdrage van het bij het dijkvak horende (enkelvoudige) scenario. De resulterende top 10 staat in Tabel 30.

Stap	Dijkvak en faalmechanisme	Faalkans [per jaar]	Scenario	Bijdrage slachtoffers [%]	Bijdrage Schade [%]	Bijdrage schade x kans [per jaar]
5	41 <i>Opb en piping</i>	1/1.200	7	25,2	17,2	2,10E-02
4	Streuk <i>O en Achterl</i>	1/1.100	5	14,4	19,7	1,31E-02
3	34 <i>Opb en piping</i>	1/1.200	5	14,4	19,7	1,20E-02
6	25 <i>Opb en piping</i>	1/1.200	5	14,4	19,7	1,20E-02
5	43 <i>Opb en piping</i>	1/2.200	7	25,2	17,2	1,15E-02
15	28 <i>Opb en piping</i>	1/1.400	5	14,4	19,7	1,03E-02
9	32 <i>Opb en piping</i>	1/1.500	5	14,4	19,7	9,60E-03
10	25 <i>Overl en golfoversl</i>	1/1.700	5	14,4	19,7	8,47E-03
17	29 <i>Overl en golfoversl</i>	1/1.800	5	14,4	19,7	8,00E-03
18	35 <i>Overl en golfoversl</i>	1/2.600	5	14,4	19,7	5,54E-03

Tabel 30: Overzicht top 10 vakken met de grootste combinatie van de faalkans en gevolgen. De stappen genoemd onder kolom 1 komen overeen met de stappen uit Tabel 26.

Als Tabel 30 vergeleken wordt met Tabel 26, dan valt direct op dat de volgorde van de verbetermaatregelen bij beide strategieën verschillend is. Bij de strategie 'risicoreductie' zijn alle maatregelen in ringdelen met relatief beperkte gevolgen verdwenen (ringdeel 1 bijvoorbeeld). De verbetermaatregelen concentreren zich in ringdeel 5 en 7, horende bij scenario's met de grootste gevolgen.

Type waterkering	Faalmechanisme	Faalkans 4 verbeteringen kansreductie [per jaar]	Faalkans 4 verbeteringen risicoreductie [per jaar]
Dijk	Overloop en golfoverslag	1/410	1/120
	Macrostabieleit binnenwaarts	1/110.000	1/110.000
	Opbarsten en piping	1/180	1/180
	Beschadiging bekleding en erosie dijklichaam	1/6.100	1/6.100
Kunstwerk	Overloop en golfoverslag	1/99.000	1/99.000
	Niet sluiten	1/6.500	1/6.500
	Onder- en achterloopsheid	1/14.000	1/14.000
	Constructief falen	<1/1.000.000	<1/1.000.000
Overstromingskans dijkringgebied 9		1/140	1/80

Tabel 31: Berekende faalkansen per faalmechanisme op ringniveau na 4 versterkingen als gestuurd wordt op kansreductie en op risicoreductie.

Tabel 31 zet de verschillen in de overstromingskans en de faalkansen van de faalmechanismen op ringniveau voor beide strategieën naast elkaar. Voor de meeste faalmechanismen zijn de verschillen in Tabel 31 gering; alleen voor *Overloop en golfoverslag* is de faalkans beduidend groter (bijna een factor 3,5). Dit resulteert wel in een grotere overstromingskans van het dijkringgebied als geheel ten opzichte van de berekening waarin op kansreductie is gestuurd: >1/100 ten opzichte van 1/140 per jaar.

Na 10 verbetermaatregelen zijn de verschillen tussen kans- en risicoreductie een stuk kleiner geworden. De overstromingskans van het dijkringgebied van de beide berekeningen benaderen elkaar (1/210 tegen 1/85 per jaar) en ook de faalkansen van de faalmechanismen zijn vrijwel gelijk (Tabel 32).

Type waterkering	Faalmechanisme	Faalkans 10 verbeteringen kansreductie [per jaar]	Faalkans 10 verbeteringen risicoreductie [per jaar]
Dijk	Overloop en golfoverslag	1/510	1/120
	Macrostabieleit binnenwaarts	1/110.000	1/110.000
	Opbarsten en piping	1/330	1/220
	Beschadiging bekleding en erosie dijklichaam	1/6.100	1/6.100
Kunstwerk	Overloop en golfoverslag	1/99.000	1/99.000
	Niet sluiten	1/6.500	1/6.500
	Onder- en achterloopsheid	1/14.000	1/14.000
	Constructief falen	<1/1.000.000	<1/1.000.000
Overstromingskans dijkringgebied 9		1/210	1/85

Tabel 32: Berekende faalkansen per faalmechanisme op ringniveau na 10 versterkingen als gestuurd wordt op kansreductie en op risicoreductie.

7.5.5 Bepaling overstromingsrisico na risicoreductie

De manier waarop de overstromingsrisico's bij deze gevoeligheidsanalyse zijn bepaald is identiek aan de manier beschreven in hoofdstuk 6. Ook de koppelingen tussen de scenario's en de gevolgen zijn op dezelfde manier gelegd. Er was geen aanleiding om een andere koppeling te leggen, wat overigens ook wenselijk is omdat dat de vergelijkbaarheid van de resultaten ten goede komt.

Economisch risico

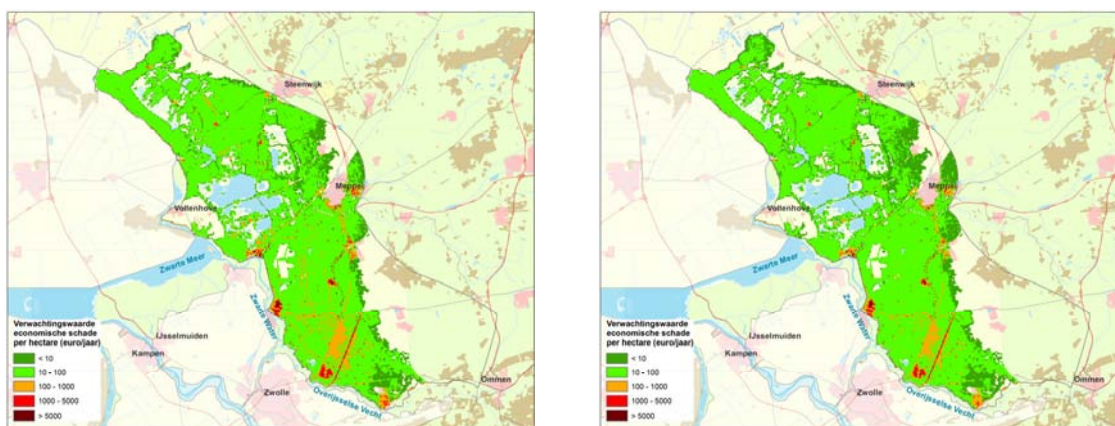
Het effect van de verbetermaatregelen op de overstromingskans van dijkringgebied 9 is klein, zoals Tabel 33 laat zien. Het effect op het overstromingsrisico is groot; na tien

verbetermaatregelen is het slachtofferrisico met 65% gereduceerd, terwijl vier verbeteringen al 45% bewerkstelligen. Voor het economisch risico worden iets lagere waarden gerealiseerd: 40% na vier, en meer dan 50% na tien verbeteringen.

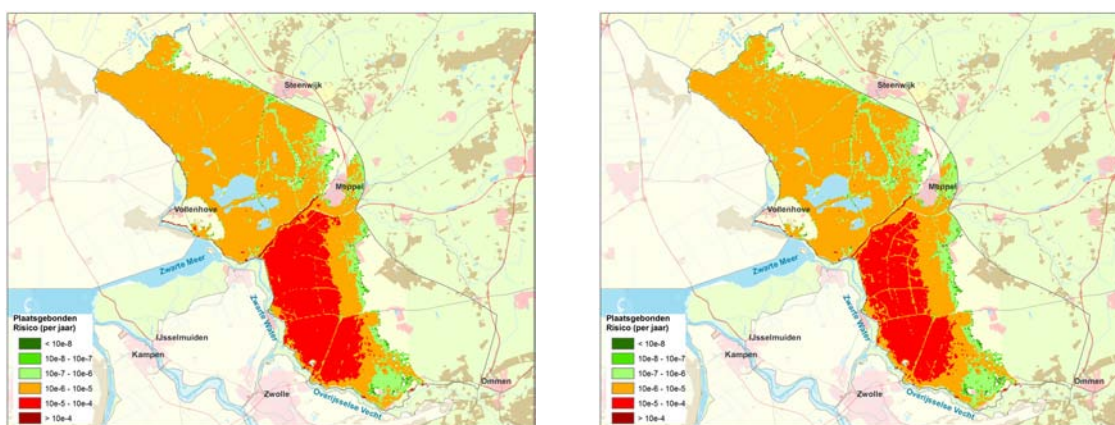
Strategie	Overstromingskans [per jaar]	Economisch risico [M€ per jaar]	Slachtofferrisico [per jaar]
Referentiesituatie	>1/100	6,3	0,18
3 risicoreductie 4 vakken	>1/100	3,8	0,10
4 risicoreductie 10 vakken	>1/100	3,0	0,06

Tabel 33: Overstromingskans en -risico na vier en tien maatregelen om het overstromingsrisico te reduceren.

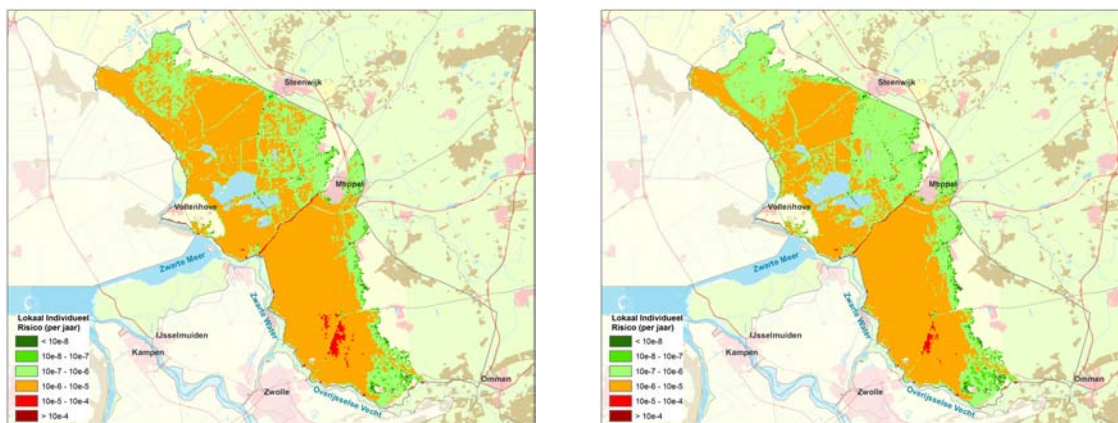
Figuur 51 geeft de verwachtingswaarde voor de economische schade weer over dijkkring 9 na vier en tien verbetermaatregelen. Ten opzichte van de referentiesituatie (Figuur 39) is al na vier verbeteringen de schade buiten de kernen en industriegebied Hessenpoort flink kleiner; na tien verbeteringen is dit effect nog sterker.



Figuur 51: De verwachtingswaarde van de economische schade na vier (links) en tien (rechts) maatregelen om het overstromingsrisico te reduceren.



Figuur 52: Het plaatsgebonden risico na vier (links) en tien (rechts) verbetermaatregelen om het overstromingsrisico te reduceren.



Figuur 53: Het lokaal individueel risico na vier (links) en tien (rechts) verbetermaatregelen om het overstromingsrisico te reduceren.

Slachtofferrisico

Het Plaatsgebonden Risico (Figuur 52) laat na vier verbeteringen vooral kleinere risico's zien ten noorden van het Meppelerdiep, na tien verbeteringen is het PR daar zelfs kleiner dan 10^{-5} .

Het Lokaal Individueel Risico (Figuur 53) na tien verbetermaatregelen is in nagenoeg het hele dijkkringgebied kleiner dan 10^{-5} .

In de volgende paragraaf worden de effecten van sturen op kans- en risicoreductie voor dijkkringgebied 9 gepresenteerd.

7.5.6 Vergelijking tussen kans- en risicoreductie

De overstromingskans, economische en slachtofferrisico van de twee strategieën bij vier en tien verbeteringen staan in Tabel 34.

Strategie	Overstromingskans [per jaar]	Economisch risico [M€ per jaar]	Slachtofferrisico [per jaar]
Referentiesituatie	> 1/100	6,3	0,18
1 kansreductie 4 vakken	1/140	5,6	0,16
2 kansreductie 10 vakken	1/210	3,6	0,10
3 risicoreductie 4 vakken	> 1/100	3,8	0,10
4 risicoreductie 10 vakken	1/180	3,0	0,06

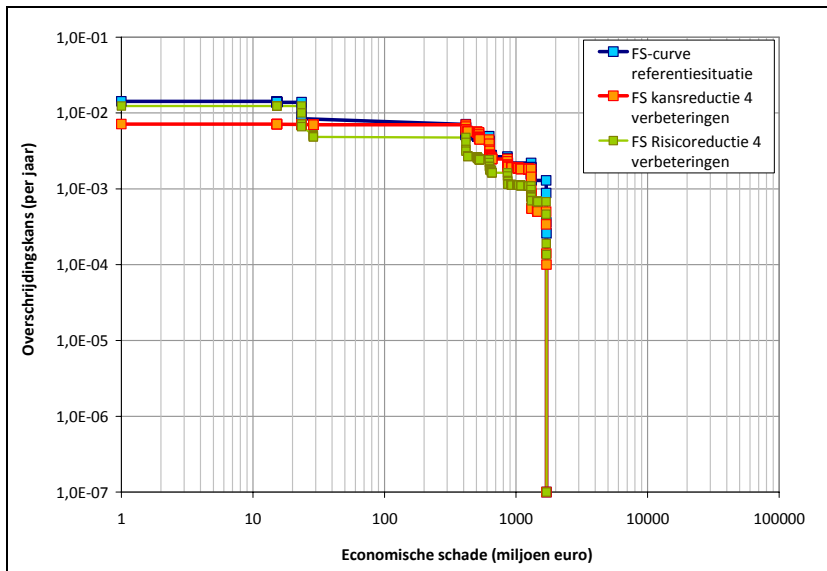
Tabel 34: Overzicht van de verwachtingwaardes voor economisch en slachtofferrisico van de twee strategieën bij vier en tien verbeteringen.

Uit Tabel 34 blijkt dat, ondanks dat de overstromingskans maar weinig afneemt, de strategie 'risicoreductie' bij verbeteren van een beperkt aantal vakken een veel grotere reductie van het overstromingsrisico oplevert dan de strategie 'kansreductie'. Na vier verbeteringen levert de strategie 'kansreductie' (strategie 1) 10% minder schade en een 11% kleiner slachtofferrisico in vergelijking met de referentiesituatie. De strategie 'risicoreductie' (strategie 3) levert een reductie van ongeveer 40% van de verwachtingswaarde voor schade en slachtofferrisico ten opzichte van de referentiesituatie.

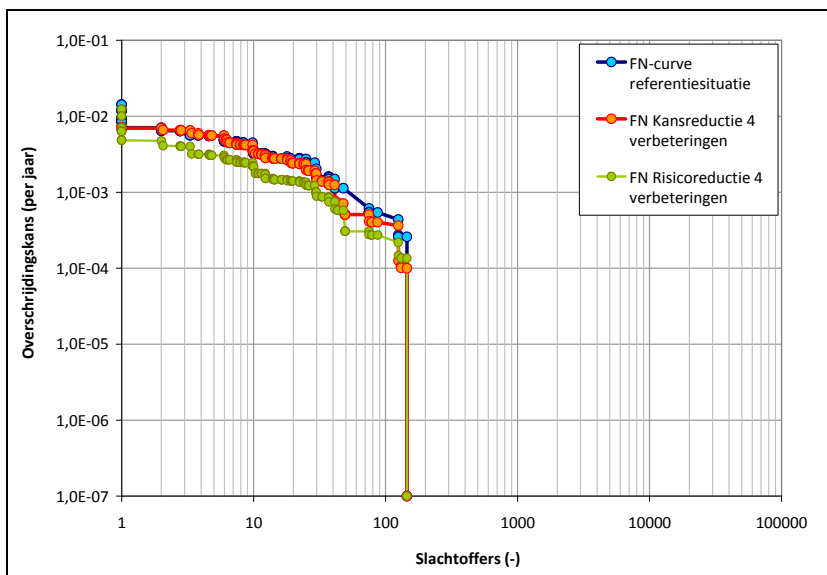
Na tien verbeterstappen zijn de verschillen minder groot dan na vier verbeterstappen. Strategie 2 (kansreductie) levert een reductie van 40% op het economisch en slachtofferrisico ten opzichte van de referentiesituatie, terwijl strategie 4 (risicoreductie) meer dan 50% reductie geeft van het economisch risico ten opzichte van de referentiesituatie en 65% op het slachtofferrisico.

In de onderstaande figuren zijn de FS- en FN-curves afgebeeld.

Deze laten hetzelfde beeld zien dat uit de verwachtingswaardes naar voren komt: de strategie 'risicoreductie' geeft bij verbeteren van vier dijkvakken kleinere schadebedragen en slachtofferaantallen dan de strategie 'kansreductie', bij verbeteren van 10 vakken zijn de verschillen klein.

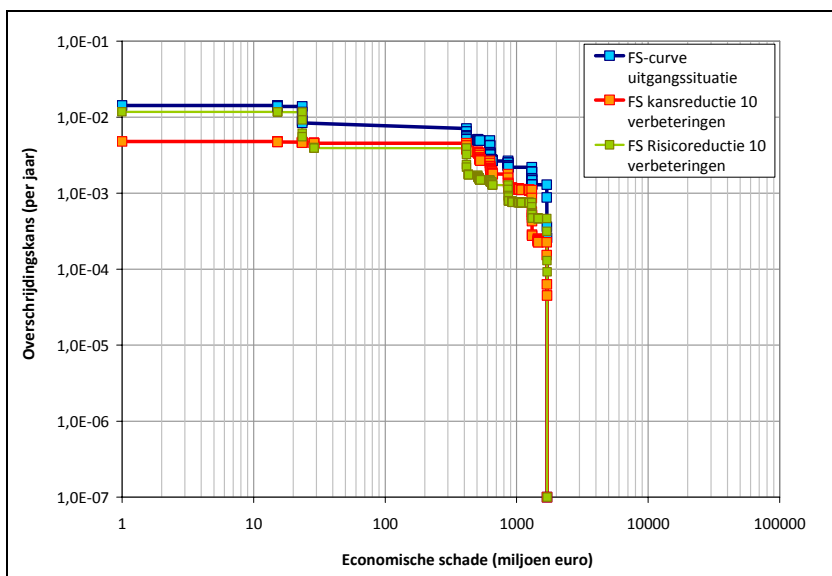


Figuur 54: FS-curves voor de referentiesituatie, en na vier verbetermaatregelen met de strategie 'kansreductie' (oranje) en 'risicoreductie' (groen).

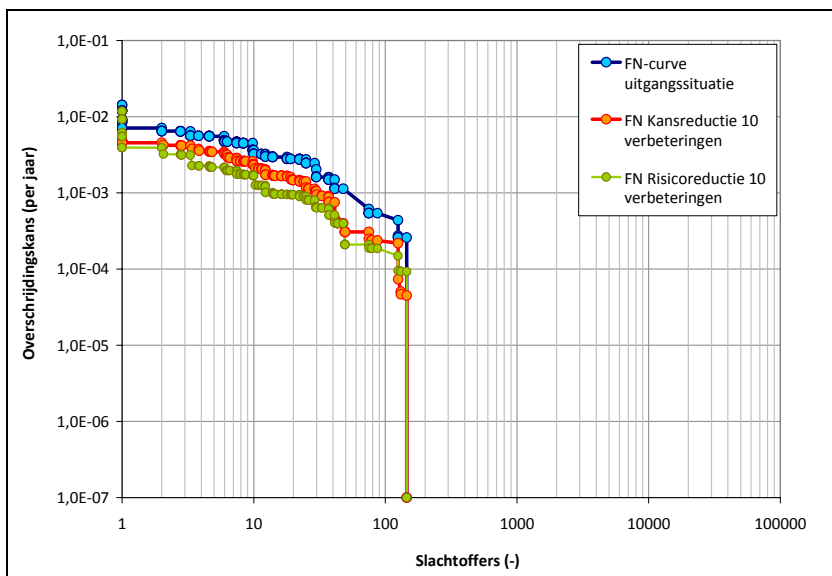


Figuur 55: FN-curves voor de referentiesituatie, en na vier verbetermaatregelen met de strategie 'kansreductie' (oranje) en 'risicoreductie' (groen).

Interessant is wel dat voor overstromingen met relatief grote overschrijdingskansen en relatief kleine gevolgen (tenminste 1 tot 30 miljoen euro) de strategie 'kansreductie' kleinere kansen laat zien (Figuur 54). Dit komt waarschijnlijk omdat scenario 5 en 7 (die verbeterd worden bij de strategie 'risicoreductie') hier niet onder vallen maar de scenario's met relatief kleine gevolgen wel.



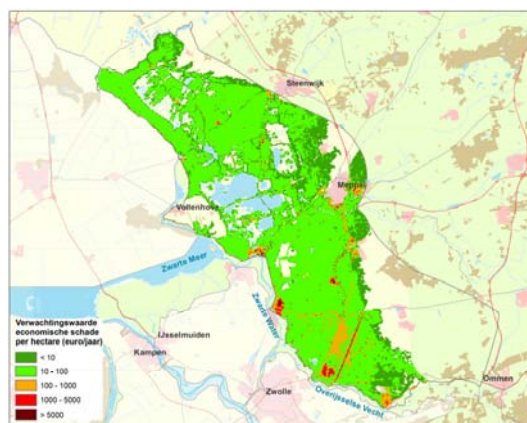
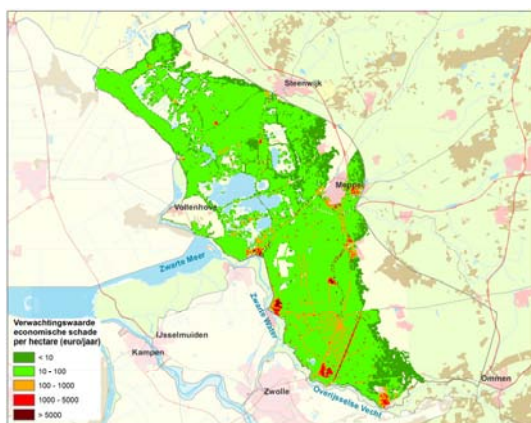
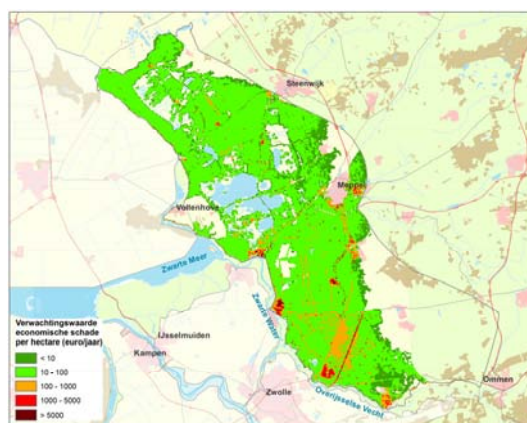
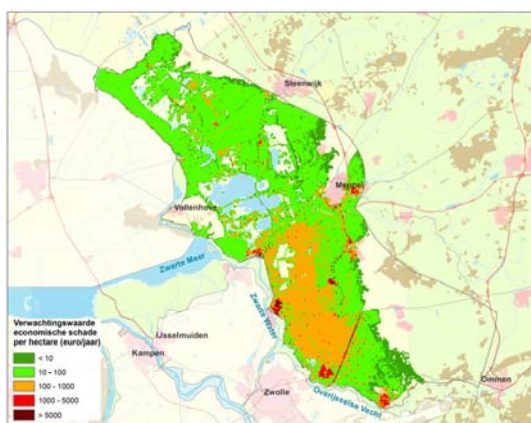
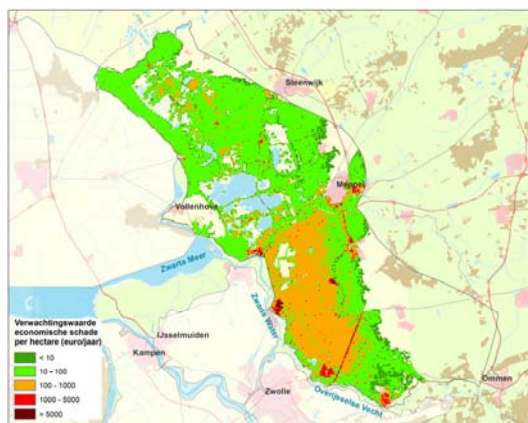
Figuur 56: FS-curves voor de referentiesituatie, en na tien verbetermaatregelen met de strategie 'kansreductie' (oranje) en 'risicoreductie' (groen).



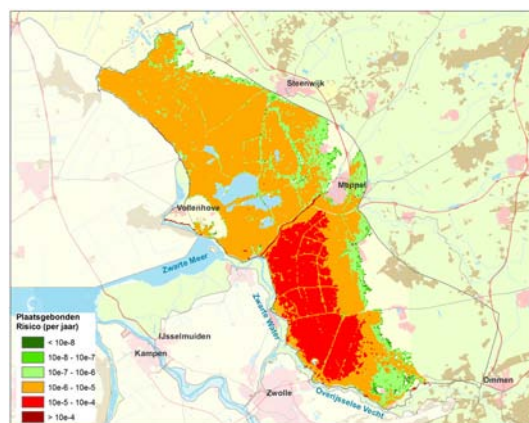
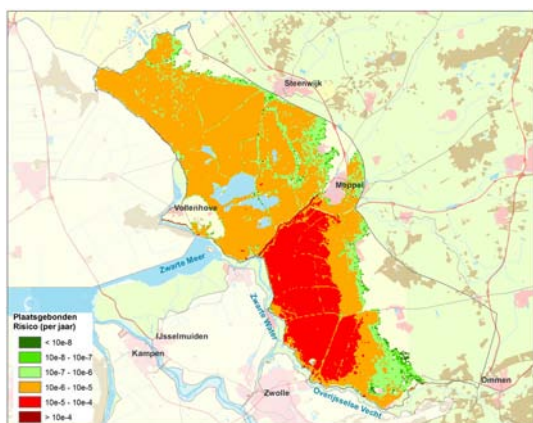
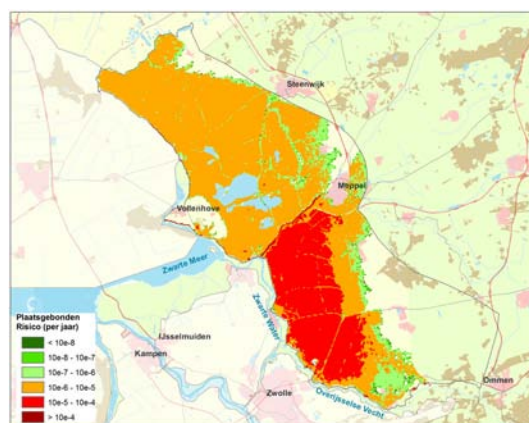
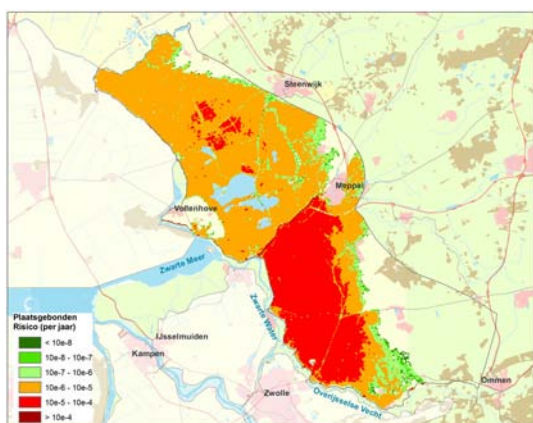
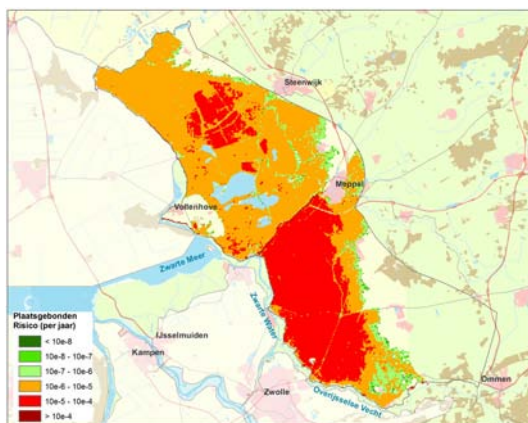
Figuur 57: FN-curves voor de referentiesituatie, en na tien verbetermaatregelen met de strategie 'kansreductie' (oranje) en 'risicoreductie' (groen).

In onderstaande figuren worden de verwachtingswaardes voor de economische schade, het Lokaal Individueel risico (LIR) en Plaatsgebonden risico (PR) voor beide strategieën met elkaar vergeleken, eerst na vier en dan na tien verbeteringen. Het hiervoor beschreven beeld wordt ook door deze figuren ondersteund.

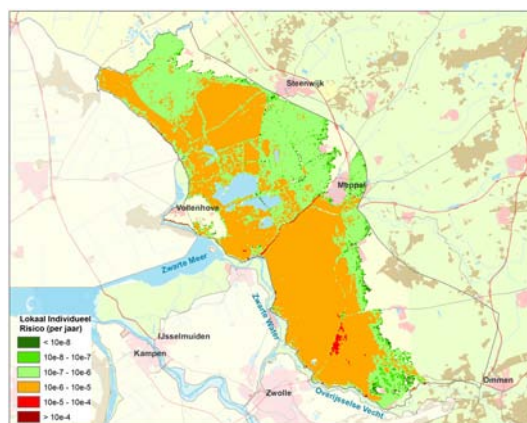
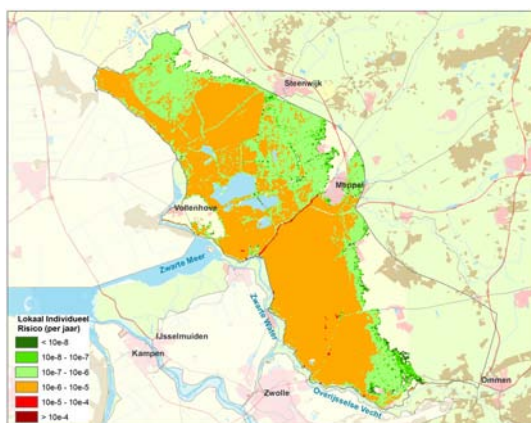
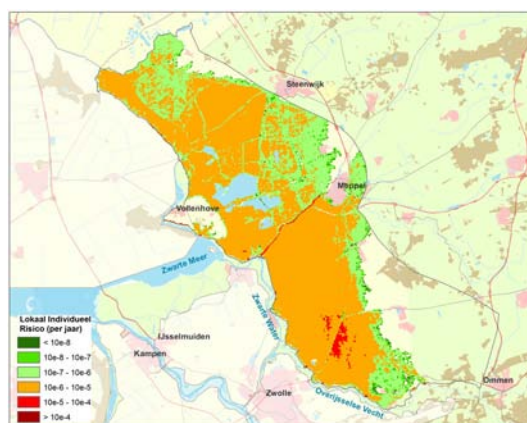
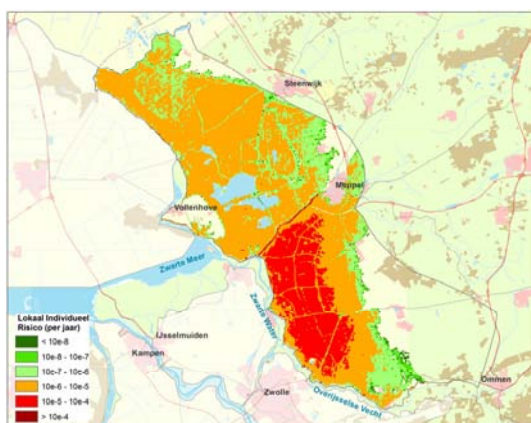
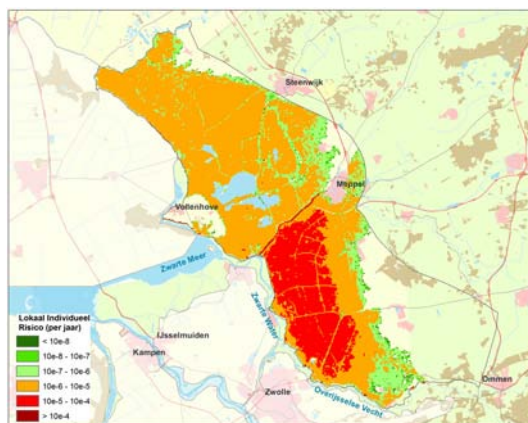
Opvallend is nog wel dat er bij de strategie 'risicoreductie' de schade in het oostelijke deel van het dijkgebied vrij groot blijft. Bij Dalfsen en industriegebied Hessenpoort blijft de reductie van de schade klein. Dit komt doordat er in deze strategie nauwelijks dijkvakken in dit deel van de dijkkring worden verbeterd.



Figuur 58: Verwachtingswaarde voor de economische schade per hectare (EUR/jaar) voor de referentiesituatie (boven), na vier (midden) en tien verbetermaatregelen (onder) voor de strategie 'kansreductie' (links) en 'risicoreductie'.



Figuur 59: Plaatsgebonden Risico (per jaar) voor de referentiesituatie (boven), na vier (midden) en tien verbetermaatregelen (onder) voor de strategie 'kansreductie' (links) en 'risicoreductie'.



Figuur 60: Lokaal Individueel Risico (per jaar) voor de referentiesituatie (boven), na vier (midden) en tien verbetermaatregelen (onder) voor de strategie 'kansreductie' (links) en 'risicoreductie'.

7.5.7 Analyse en conclusie

De gevoeligheidsanalyse laat zien dat het overstromingsrisico van dijkringgebied 9 veel verder daalt als niet de vier zwakste vakken (met de grootste faalkans) worden verbeterd, maar de vier vakken die de grootste bijdrage leveren aan het overstromingsrisico. Als we ervan uitgaan dat de kosten van de verbetermaatregelen vergelijkbaar zijn (dus relatief onafhankelijk van de lengte van het dijkvak en welk soort faalmechanisme), dan levert het verbeteren van de vier vakken met de grootste faalkans een vier maal kleinere afname van het overstromingsrisico op (10% tegen 40%). Bij verbeteren van tien vakken is het verschil tussen sturen op risico's en sturen op kansen minder groot dan na vier vakken.

Als gestuurd wordt vanuit het overstromingsrisico zouden andere vakken verbeterd moeten worden dan wanneer geprioriteerd wordt vanuit de faalkans. Het is zelfs goed mogelijk dat niet-afgekeurde dijkvakken vanwege de relatief grote bijbehorende gevolgen eerder verbeterd moeten worden dan wel afgekeurde dijkvakken. Dit speelt ook bij dijkkring 9. Zo is dijkvak 12 in de 3^e toetsronde afgekeurd op hoogte. De bijdrage van dit dijkvak aan het overstromingsrisico is echter dermate klein, dat het buiten de top 10 van te verbeteren dijkvakken valt (zie Tabel 30). De dijkvakken die wel in deze tabel staan, zijn niet afgekeurd op hoogte, stabiliteit of piping.

Na meer dan tien verbetermaatregelen blijkt dat bij benadering dezelfde dijkvakken verbeterd zijn en dat de prioritering minder van belang is dan bij een kleiner aantal verbetermaatregelen.

8 Conclusies en aanbevelingen

Dit hoofdstuk beschrijft de conclusies en aanbevelingen die volgen uit het onderzoek naar het overstromingsrisico van dijkkringgebied 9: Vollenhove. 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 9

De berekende overstromingskans voor dijkkringgebied 9 is groter dan 1/100 per jaar. Deze overstromingskans komt overeen met de overstromingskans van nabijgelegen dijkkringgebieden in het rivierengebied (bijvoorbeeld dijkkring 52). Het berekende resultaat op vakniveau in VNK2 komt overeen met het beeld van de beheerder op basis van de resultaten uit de derde toetsronde.

Dijkkring 9 laat geen dijkvakken zien met opvallend grote faalkansen, behoudens vak 5. De relatief grote overstromingskans wordt veroorzaakt door de aanwezigheid van een lange reeks dijkvakken met een faalkans van 1/1.000 – 1/2.000 per jaar; de overstromingskans omvat de sommatie van al deze vakkansen.

De faalmechanismen *overloop en golfoverslag* en *opbarsten en piping* leveren de grootste bijdrage aan de overstromingskans. De berekende faalkans voor *overloop en golfoverslag* bedraagt 1/120 per jaar, voor *opbarsten en piping* is dat 1/140 per jaar. De overige faalmechanismen *macrostabiliteit binnenwaarts* en *beschadiging bekleding en erosie dijklichaam* hebben een zeer kleine bijdrage. Ook de kunstwerken dragen niet significant bij aan de overstromingskans, afgezien van het kunstwerk Streukelerzijl-zuidzijde. Dit kunstwerk heeft een faalkans van 1/1.100 per jaar als gevolg van het faalmechanisme *onder- en achterloopsheid*.

Bij het programma Ruimte voor de Vecht worden maatregelen uitgevoerd in de Vecht vanwege de Kaderrichtlijn Water (KRW) die eveneens een waterstandsverlagend effect hebben. Omdat de effecten hiervan erg plaatsgebonden zijn en de waterstandsvaling relatief klein is, is het effect op overstromingskans beperkt. Als de doelstelling gerealiseerd wordt, leidt dit tot een reductie van de overstromingskans met een factor 1,3. De overstromingskans blijft groter dan 1/100 per jaar.

Bij de vaststelling van de HR2006 zijn de maatgevende waterstanden met 30 tot 50 cm verhoogd. Alle dijkverbeteringen die voor 2006 zijn uitgevoerd, zijn gebaseerd op de veel lagere hydraulische randvoorwaarden uit 2001 en eerder. Een berekening met die oude, lagere hydraulische randvoorwaarden (waar de ontwerpen van een groot deel van de dijken op zijn gebaseerd) leidt tot een overstromingskans van 1/870 per jaar, ruim een factor 10 kleiner in vergelijking met de referentiesituatie.

8.1.2 De gevolgen van overstromingen in dijkkringgebied 9

De gevolgen van een overstroming in dijkkring 9 zijn afhankelijk van de locatie van de bres, de aanwezigheid van woonkernen in het ondergelopen gebied en de buitenwaterstand waarbij de doorbraak optreedt.

Er zijn enkele hoge elementen in het dijkkringgebied aanwezig die het verloop van de overstromingen beïnvloeden. Met name de rijksweg A28 vormt een obstakel, de

provinciale wegen N331, N340, N377 en N758 zijn dat in mindere mate. Ook de kade langs het Meppelerdiep beïnvloedt het verloop van de overstromingen.

De gevolgen van een doorbraak bij Veldiger-Binnenland (ringdeel 7, gelegen tussen Hasselt en Zwartsluis) zijn het grootst met economische schade van 550 miljoen tot 1,3 miljard euro en 10 tot 125 slachtoffers.

Voor de andere acht ringdelen geldt dat de economische schade bij een doorbraak gemiddeld tussen de 200 en 600 miljoen euro ligt, met slachtofferaantallen van gemiddeld 0 tot 25.

Ringdeel 1 en 9 (respectievelijk gelegen tussen Ommen en Dalfsen en bij het Zwarte Meer) hebben in vergelijking met de andere ringdelen erg lage economische schade en slachtofferaantallen.

8.1.3 Het overstromingsrisico in dijkkringgebied 9

Door de kansen op de verschillende overstromingsscenario's te combineren met de resultaten van overstromingsberekeningen is het overstromingsrisico in beeld gebracht. Daarbij is zowel gekeken naar het economisch risico als het slachtofferrisico, zie Tabel 36.

De mogelijkheden voor preventieve evacuatie zijn van grote invloed op het slachtofferrisico. Omdat extreme waterstanden op de rivier enkele dagen van tevoren voorspelbaar zijn, is de kans dat een overstroming tijdig wordt voorspeld relatief groot. Ook is het aantal personen dat uit het dijkkringgebied kan worden geëvacueerd relatief groot door de vele vluchtwegen naar het hoog gelegen achterland. Preventieve evacuatie heeft echter nauwelijks invloed op de economische impact van overstromingen en dus ook nauwelijks invloed op de grootte van het economisch risico.

De huidige wijze van prioriteren van dijkverbeteringsmaatregelen is nu gericht op deterministische analyses. Dijkvakken die zijn afgekeurd worden verbeterd. Hoewel de vergelijking niet één op één gemaakt kan worden, komt deze prioritering het meest overeen met sturen op faalkansen: afgekeurde vakken (met een grote faalkans) worden verbeterd, niet-afgekeurde vakken (met een kleinere faalkans) niet.

Op basis van een gevoeligheidsanalyse is gebleken dat versterking van de vakken en kunstwerken met de grootste faalkansen niet tot een evenredige reductie van het overstromingsrisico leidt: na vier verbetermaatregelen is de overstromingskans met 50% afgenomen terwijl het economisch risico en het slachtofferrisico beide maar met 11% dalen (zie Tabel 35). Versterking van de dijkvakken binnen ringdeel 5 en 7, horende bij scenario's met relatief grote gevolgen, geeft juist een beperkte reductie van de overstromingskans, maar een grote reductie van het overstromingsrisico: het economisch risico daalt met 40% en het slachtofferrisico met 44% (zie Tabel 35). Na verbeteren van tien dijkvakken is het verschil tussen beide strategieën niet zo groot als na vier verbeteringen.

Strategie	Overstromingskans [per jaar]	Economisch risico [M€ per jaar]	Slachtofferrisico [per jaar]
Referentiesituatie	>1/100	6,3	0,18
1 kansreductie 4 vakken	1/140	5,6	0,16
2 kansreductie 10 vakken	1/210	3,6	0,10
3 risicoreductie 4 vakken	>1/100	3,8	0,10
4 risicoreductie 10 vakken	>1/100	3,0	0,06

Tabel 35: Overstromingskans en –risico na vier en tien verbetermaatregelen.

Economisch risico	Verwachtingswaarde economische schade (M€ per jaar)	6,3
	Minimale economische schade bij een overstroming (M€)	1
	Gemiddelde ¹¹ economische schade per overstroming (M€)	440
	Economische schade bij het zwaarste beschouwde scenario (M€)	1800
Slachtoffer- risico	Verwachtingswaarde aantal slachtoffers (per jaar)	0,18
	Minimaal aantal slachtoffers bij een overstroming	0
	Gemiddeld aantal slachtoffers per overstroming	13
	Maximaal aantal slachtoffers bij het zwaarste beschouwde scenario	125
	Overlijdenskans van een individu per locatie exclusief het effect van preventieve evacuatie (per jaar) (plaatsgebonden risico)	Groter dan 1/100.000 per jaar in ongeveer 1/3 van het dijkkringgebied.
	Overlijdenskans van een individu per locatie inclusief het effect van preventieve evacuatie (per jaar) (lokaal individueel risico)	Groter dan 1/100.000 per jaar in ongeveer 1/4 van het dijkkringgebied.

Tabel 36: Resultaten risicoberekeningen voor dijkkringgebied 9.

Eén van de adviezen uit het rapport van de commissie Veerman betreft het verhogen van het IJsselmeerpeil met 1 meter. In een gevoeligheidsanalyse is in beeld gebracht wat deze peilverhoging zou betekenen voor de overstromingskans van dijkkringgebied 9. De peilverhoging zorgt voor een toename van de overstromingskans met een factor 7. Het overstromingsrisico zal ook significant toenemen, omdat de ringdelen met de grootste gevolgen (ringdeel 5 en 7) binnen het beïnvloedde gebied vallen.

8.2 Aanbevelingen

Indien de overstromingskans van dijkkringgebied 9 verlaagd dient te worden, wordt aanbevolen de kerende hoogte van dijkvak 5 te verhogen en de weerstand tegen *onder- en achterloopsheid* bij het kunstwerk Streukelerzijl-zuidzijde en tegen *opbarsten en piping* bij dijkvak 15 en 34 te vergroten. Dit leidt tot een halvering van de overstromingskans tot 1/140 per jaar.

Als een verdere daling van de overstromingskans gewenst is, kan naast de bovenstaande aanbeveling ook de kerende hoogte van dijkvak 11 en 12 worden vergroot en de weerstand tegen *opbarsten en piping* van de dijkvakken 16, 17, 18, 25, 28 en 32 worden vergroot. Dit levert dan een daling van de overstromingskans op met een factor 4 tot 1/270 per jaar.

De overstromingskans van dijkkringgebied 9, met name voor het faalmechanisme *opbarsten en piping*, zou aanzienlijk gereduceerd kunnen worden als het beeld van de parameters die de ondergrond beschrijven gecompleteerd wordt. Vooral nog is dit complete beeld er nog niet, omdat van een deel van de lokale korrelgrootteanalyses de diepte van de betreffende zandlaag niet was te achterhalen. Daarom zijn voor belangrijke parameters (de D70-waarde en de doorlatendheid van de ondergrond) de DINO-gegevens gehanteerd. Door middel van een nadere analyse van de diepteligging van de betreffende zandlagen kan er mogelijk een compleet beeld gevormd worden van de lokale gegevens, eventueel

¹¹ De gemiddelde economische schade of het gemiddeld aantal slachtoffers is de verwachtingswaarde gedeeld door de overstromingskans

met aanvullend meet- en labonderzoek.

De DINO-gegevens geven over het algemeen ongunstigere waarden voor deze parameters. Een gevoeligheidsanalyse wijst uit dat per dijkvak de faalkans voor *opbarsten en piping* een factor 10 kleiner zou kunnen worden.

Dijkkring 9 bestaat uit een categorie a-kering met een lengte van 46 kilometer, maar een groot deel van de dijkkring langs het Kadoelermeer, het Vollenhover kanaal, het Vollenhovermeer en langs de afscheidingsdijk Noordoostpolder – Vollenhove is buiten beschouwing gebleven. Dit betreft een categorie c-kering met een lengte van circa 37 kilometer, gelegen achter de Kadoelersluis (categorie b-kering).

Op basis van het rapport van de 3^e toetsronde van Waterschap Reest en Wieden is onzeker of de categorie c-kering voldoet bij waterstanden lager dan het sluitpeil van de Kadoelersluis. De kans dat dit deel van de dijkkring bijdraagt aan de overstromingskans en dus ook aan het overstromingsrisico van dijkkringgebied 9 is hierdoor niet verwaarloosbaar.

Aanbevolen wordt om de conditie van deze categorie c-keringen in relatie tot de Kadoelersluis goed in beeld te brengen en om de potentiële bijdrage van deze (nieuwe) bedreiging aan de overstromingskans in te schatten.

Aanbevolen wordt om onderzoek te doen naar de standzekerheid van de regionale kering langs het Meppelerdiep en de effecten ervan op het overstromingsrisico van dijkkringgebied 9. De regionale kering langs het Meppelerdiep heeft grote invloed op de overstromingspatronen in dijkkringgebied 9, en dus ook op het overstromingsrisico. Het overstromingsrisico van dijkkringgebied 9 bij een doorbraak in de primaire kering kan mogelijk kleiner uitvallen als de regionale kering langs het Meppelerdiep niet standzeker is (zoals nu wel is aangenomen).

Aanbevolen wordt om de effecten van systeemwerking in beeld te brengen en mee te nemen in de analyses. De systeemwerking tussen verschillende dijkkringen is nu niet meegenomen in de overstromingsrisicobepaling van dijkkringgebied 9, terwijl dit effect wel aanwezig is. De overstromingskans en dus ook het overstromingsrisico van dijkkringgebied 9 zijn mede afhankelijk van de overstromingskans van omliggende dijkkringen (met name dijkkring 10: Mastenbroek, dijkkring 8: Flevoland, dijkkring 7: Noordoostpolder en dijkkring 53: Salland). Falen van één van deze dijkkringen zou betekenen dat de belasting op dijkkring 9 verlaagd wordt.

Bijlage A Literatuur

- ref 1. Rijkswaterstaat-Waterdienst, 2010, Van Ruwe Data tot Overstromingsrisico. HB-nummer: RWS-858538, 25 november 2010.
- ref 2. Rijkswaterstaat-Waterdienst, 2012, Overall Kunstwerkenrapport, dijkkring 9 Vollenhove, 4 september 2012.
- ref 3. Rijkswaterstaat-Waterdienst, 2012, Dijkkring 9 Vollenhove, Achtergrondrapport, 20 november 2012.
- ref 4. CBS, Wijk- en buurtkaart 2008, 9 januari 2009.
- ref 5. Hydraulische randvoorwaarden primaire waterkeringen 2006, Ministerie van Verkeer en Waterstaat, augustus 2007.
- ref 6. Hydraulische randvoorwaarden primaire waterkeringen categorie C 2006, Ministerie van Verkeer en Waterstaat, augustus 2007.
- ref 7. Toetsrapport dijkkring 9: Traject Dalfsen – Zwartsluis, Waterschap Groot Salland, augustus 2005.
- ref 8. Toetsrapport dijkkring 9: Traject Zwartsluis - Kadoelen, Waterschap Reest en Wieden, mei 2005
- ref 9. www.wikipedia.org
- ref 10. Masterplan Ruimte voor de Vecht, Programmteam Ruimte voor de Vecht, Provincie Overijssel, 28 augustus 2009.
- ref 11. Van der Schrier, D.M., 2011, Overijsselse waterstaat in de kaart gekeken.
- ref 12. <http://www.historischevereniginghasselt.nl/cms/historie/stadskaart/>
- ref 13. <http://www.historischevereniginghasselt.nl/cms/historie/geschiedenis/#36>
- ref 14. Voorschrift Toetsen op Veiligheid primaire waterkeringen, Ministerie van Verkeer en Waterstaat, september 2007.
- ref 15. 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 16. 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 17. Steenbergen, H.M.G.M., Vrouwenvelder, A.C.W.M., 2003, Theoriehandleiding PC-Ring, Versie 4.0, Deel C: Rekentechnieken, april 2003, TNO.
- ref 18. Maaskant, B. et al. 2009, Evacuatieschattingen Nederland. PR1718.10. HKV LIJN IN WATER, juli 2009.
- ref 19. VNK2, 2009, Conditionele kansen en evacuatiefracties binnen VNK2 Memorandum, oktober 2009.
- ref 20. ENW, 2010, Piping. Realiteit of rekenfout?, januari 2010.
- ref 21. Kok, M., et al., 2004, Standaardmethode2004 Schade en Slachtoffers als gevolg van overstromingen, DWW-2005-005, HKV LIJN IN WATER, november 2004.
- ref 22. Overstromingspatronen dijkkring 9, bachelor-eindopdracht, M. Jellesma, Universiteit Twente, augustus 2011.
- ref 23. Ruimte voor de Vecht – Eindrapportage Uitwerkingsfase Regionale Voorkeursvariant, november 2011, concept.
- ref 24. Verslag Ringteamoverleg 3 van dijkkring 9, 19 april 20112.
- ref 25. Verkenning retentiemogelijkheden Soestwetering en Liender- en Molenbroek, HKV Lijn in Water, augustus 2008.

ref 26. Hydraulische randvoorwaarden 2001 voor het toetsten van primaire waterkeringen, Ministerie van Verkeer en Waterstaat, januari 2002.

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 () 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 intreepunt 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 de dijkkring 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 de dijkkring 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 *macrostabilliteit 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 () en het gemiddelde ():
 $V =$

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 dijkring 9

		nr	Dijkvaknaam	lengte [m]	Locatie indicatie
Vecht	Ringdeel 1	1	Vak 1: HMP 1 tot HMP 23	2200	N348 – N340
		2	Vak 2: HMP 23 tot HMP 25	200	De Stouwe
		3	Vak 3: HMP 25 tot HMP 27	200	De Stouwe einde N340
		4	Vak 4: HMP 27 tot HMP 43	1600	N340 – Holt
		5	Vak 5: HMP 43 tot HMP 45	200	Holt
		6	Vak 6: HMP 45 tot HMP 64	1900	Holt – Oude Oever
		7	Vak 7: HMP 64 tot HMP 75	1100	De Stokte
		8	Vak 8: HMP 75 tot HMP 87	1200	Welsum
	Ringdeel 2	9	Vak 9: HMP 87 tot HMP 100	1300	Welsum – Keizersteeg
		10	Vak 10: HMP 100 tot HMP 108	800	Keizersteeg – Brinkweg
		11	Vak 11: HMP 108 tot HMP 119	1100	Brinkweg – Vechtdijk
		12	Vak 12: HMP 119 tot HMP 125	600	Harde kade Dalfsen
	Ringdeel 3	13	Vak 13: HMP 125 tot HMP 130	500	Dalfsen – Vechtvliet
		14	Vak 14: HMP 130 tot HMP 136	600	Vechtvliet – Ruitenborghweg
		15	Vak 15: HMP 136 tot HMP 153	1700	Ruitenborghweg
		16	Vak 16: HMP 153 tot HMP 164	1100	Ruitenborghweg – de broekhuizen
		17	Vak 17: HMP 164 tot HMP 170	600	De broekhuizen
		18	Vak 18: HMP 170 tot HMP 176	600	De broekhuizen – N348
		19	Vak 19: HMP 176 tot HMP 184	800	N340
		20	Vak 20: HMP 184 tot HMP 194	1000	N340 – spoorbaan
	Ringdeel 4	21	Vak 21: HMP 194 tot HMP 196	200	Spoorbaan
		22	Vak 22: HMP 196 tot HMP 206	1000	Spoorbaan – kromme kolk
		23	Vak 23: HMP 206 tot HMP 218	1200	Kromme kolk – N340
		24	Vak 24: HMP 218 tot HMP 222	400	N340 – A28
	Ringdeel 5	25	Vak 25: HMP 222 tot HMP 241	1900	A28 – De Doorn
		26	Vak 26: HMP 241 tot HMP 243	200	Constructie De Doorn
		27	Vak 27: HMP 243 tot HMP 244	100	De Doornweg
		28	Vak 28: HMP 244 tot HMP 260	1600	De Doornweg – Zijkolk
		29	Vak 29: HMP 260 tot HMP 265	500	Zijkolk

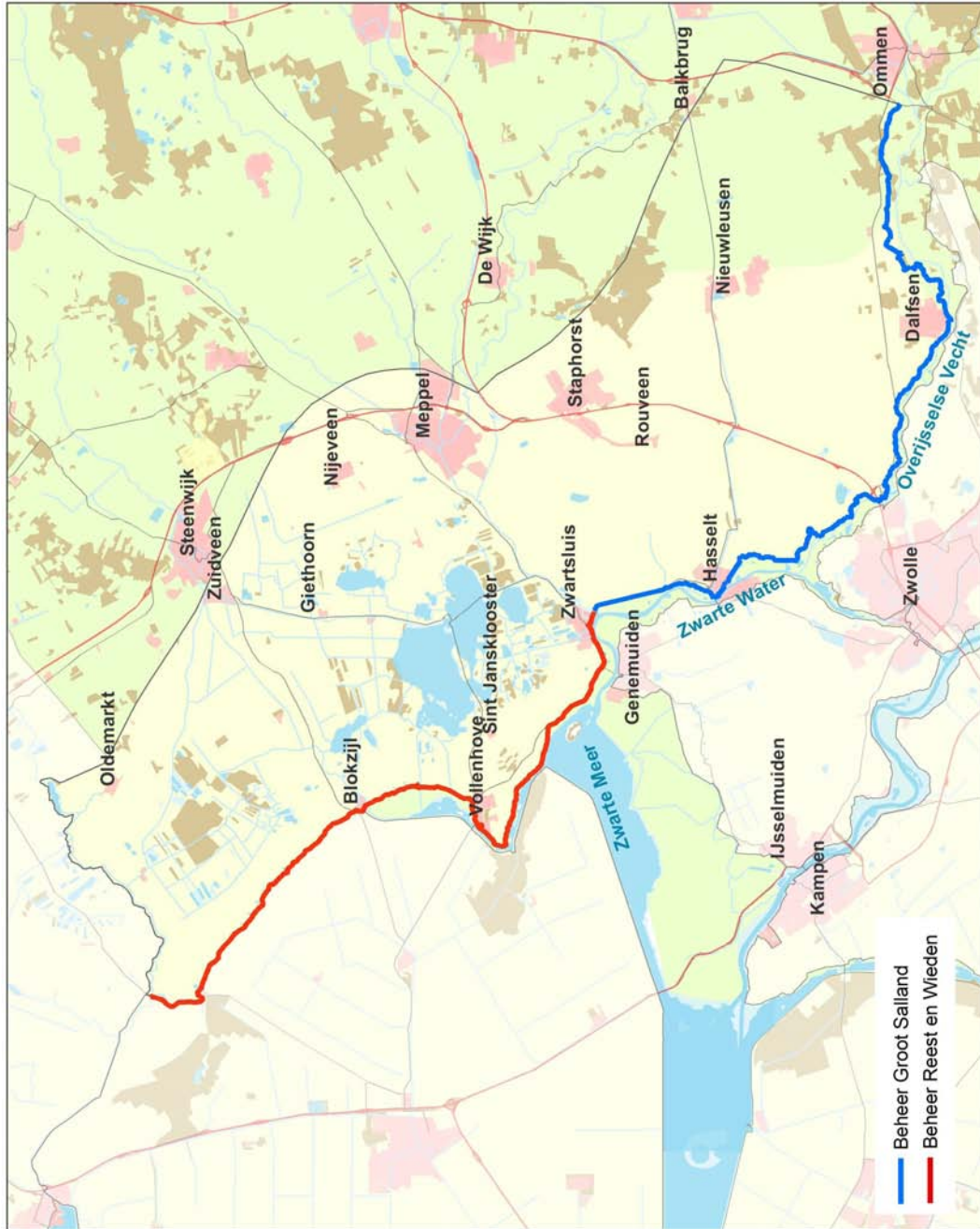
		nr	Dijkvaknaam	lengte [m]	Locatie indicatie
Zwartewater		30	Vak 30: HMP 265 tot HMP 271	600	Glinthuisweg
		31	Vak 31: HMP 271 tot HMP 282	1100	Glinthuisweg - Glennerdijk
		32	Vak 32: HMP 282 tot HMP 292	1000	Glennerdijk
		33	Vak 33: HMP 292 tot HMP 307	1500	Glennerdijk – Streukelerzijl
		34	Vak 34: HMP 307 tot HMP 309	200	Streukelerzijl
		35	Vak 35: HMP 309 tot HMP 320	1100	Stenendijk
		36	Vak 36: HMP 320 tot HMP 322	200	Stenendijk – Enkpoort
		37	Vak 37: HMP 322 tot HMP 331	900	Hasselt
		38	Vak 38: HMP 331 tot HMP 335	400	N331
		39	Vak 39: HMP 335 tot HMP 343	800	N331 – Sluizerdijk
Zwartewater	6				
	Ringdeel 7	40	Vak 40: HMP 343 tot HMP 353	1000	Sluizerdijk
		41	Vak 41: HMP 353 tot HMP 356	300	Sluizerdijk – N331
		42	Vak 42: HMP 356 tot HMP 370	1400	N331 – De Velde
		43	Vak 43: HMP 370 tot HMP 386	1600	De Velde – Sluizencomplex
Zwarte Meer	Ringdeel 8	44	Vak 44: HMP 386/0 tot HMP 7	700	Sluizencomplex
		45	Vak 45: HMP 7 tot HMP 16	900	Zwartsluis
		46	Vak 46: HMP 16 tot HMP 24	800	Zwartsluis – Oppen Swolle
		47	Vak 47: HMP 24 tot HMP 41	1700	Oppen Swolle
	Ringdeel 9	48	Vak 48: HMP 41 tot HMP 48	700	Oppen Swolle – Vogeleiland
		49	Vak 49: HMP 48 tot HMP 61	1300	Vogeleiland
		50	Vak 50: HMP 61 tot HMP 67	600	Wendelerdijk
		51	Vak 51: HMP 67 tot HMP 80	1300	Wendelerdijk – Kadoelen

Tabel 37: Dijkvakindeling met ringdelen, dijkvaklengte en locatie-indicatie

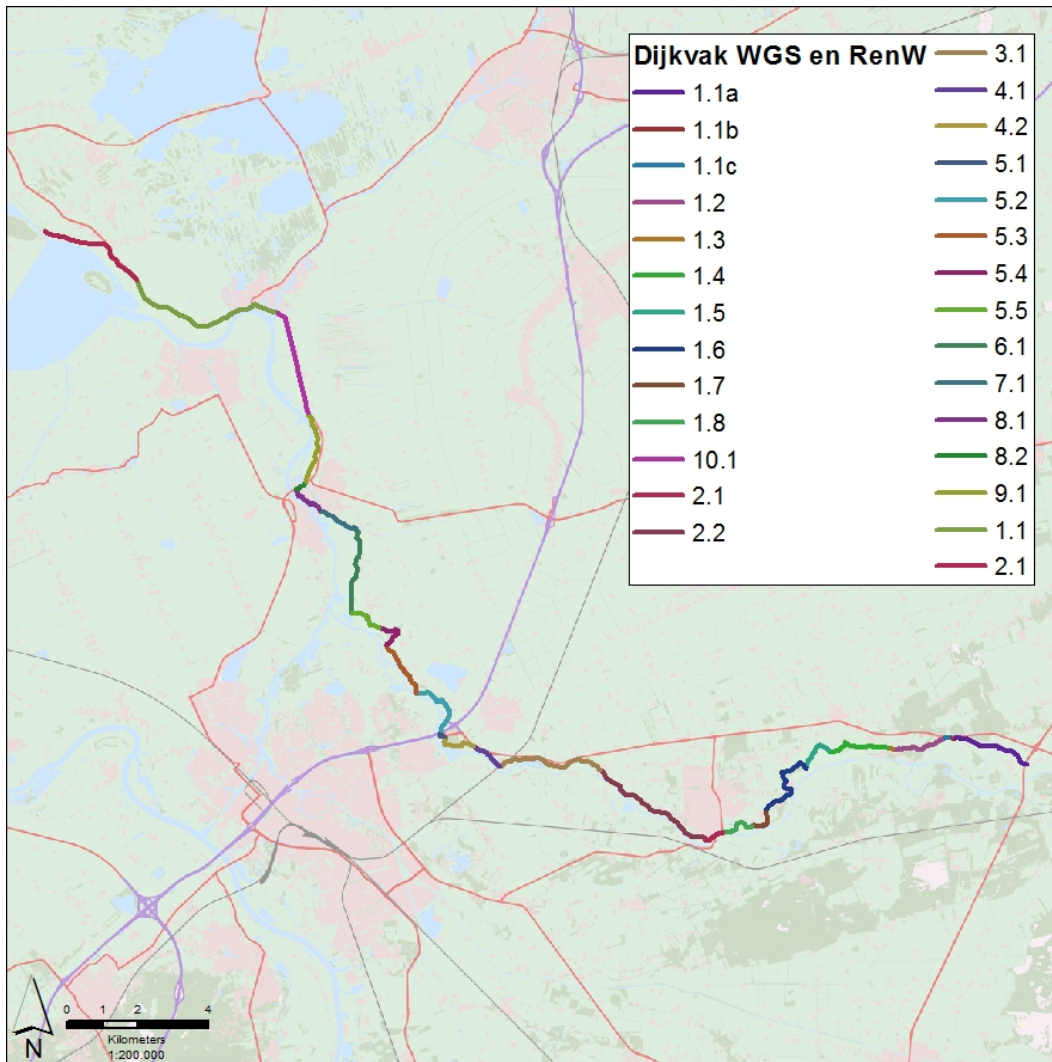
	nr	Dijkvaknaam	van [hmp]	tot [hmp]	Reden grens
Vecht	1	Vak 1: HMP 1 tot HMP 23	1	23	Begin dijkkring
	2	Vak 2: HMP 23 tot HMP 25	23	25	Toetsing
	3	Vak 3: HMP 25 tot HMP 27	25	27	Toetsing
	4	Vak 4: HMP 27 tot HMP 43	27	43	Toetsing
	5	Vak 5: HMP 43 tot HMP 45	43	45	Toetsing
	6	Vak 6: HMP 45 tot HMP 64	45	64	Toetsing
	7	Vak 7: HMP 64 tot HMP 75	64	75	Toetsing
	8	Vak 8: HMP 75 tot HMP 87	75	87	Toetsing
	9	Vak 9: HMP 87 tot HMP 100	87	100	Toetsing, ringdeel
	10	Vak 10: HMP 100 tot HMP 108	100	108	Toetsing
	11	Vak 11: HMP 108 tot HMP 119	108	119	Toetsing
	12	Vak 12: HMP 119 tot HMP 125	119	125	Toetsing
	13	Vak 13: HMP 125 tot HMP 130	125	130	Toetsing, bodemvakdeelgebied
	14	Vak 14: HMP 130 tot HMP 136	130	136	Aandachtspunten opzichters WGS
	15	Vak 15: HMP 136 tot HMP 153	136	153	Aandachtspunten opzichters WGS
	16	Vak 16: HMP 153 tot HMP 164	153	164	Voorland
	17	Vak 17: HMP 164 tot HMP 170	164	170	Toetsing
	18	Vak 18: HMP 170 tot HMP 176	170	176	Voorland
	19	Vak 19: HMP 176 tot HMP 184	176	184	Voorland, orientatie
	20	Vak 20: HMP 184 tot HMP 194	184	194	Bodemvakdeelgebied
	21	Vak 21: HMP 194 tot HMP 196	194	196	Ringdeel
	22	Vak 22: HMP 196 tot HMP 206	196	206	Toetsing
	23	Vak 23: HMP 206 tot HMP 218	206	218	Toetsing
	24	Vak 24: HMP 218 tot HMP 222	218	222	Toetsing
	25	Vak 25: HMP 222 tot HMP 241	222	241	Toetsing
	26	Vak 26: HMP 241 tot HMP 243	241	243	Langsconstructie
	27	Vak 27: HMP 243 tot HMP 244	243	244	Langsconstructie
	28	Vak 28: HMP 244 tot HMP 260	244	260	Bodemvakdeelgebied
	29	Vak 29: HMP 260 tot HMP 265	260	265	Toetsing
	30	Vak 30: HMP 265 tot HMP 271	265	271	Orientatie
	31	Vak 31: HMP 271 tot HMP 282	271	282	Toetsing
	32	Vak 32: HMP 282 tot HMP 292	282	292	Toetsing
Zwartewater	33	Vak 33: HMP 292 tot HMP 307	292	307	Hoog achterland
	34	Vak 34: HMP 307 tot HMP 309	307	309	Toetsing
	35	Vak 35: HMP 309 tot HMP 320	309	320	Langsconstructie
	36	Vak 36: HMP 320 tot HMP 322	320	322	Toetsing
	37	Vak 37: HMP 322 tot HMP 331	322	331	Toetsing
	38	Vak 38: HMP 331 tot HMP 335	331	335	Orientatie
	39	Vak 39: HMP 335 tot HMP 343	335	343	Ringdeelgrens
	40	Vak 40: HMP 343 tot HMP 353	343	353	Ringdeelgrens, aandachtspunten opzichters WGS
	41	Vak 41: HMP 353 tot HMP 356	353	356	Aandachtspunten opzichters WGS
	42	Vak 42: HMP 356 tot HMP 370	356	370	Toetsing
	43	Vak 43: HMP 370 tot HMP 386	370	386	Hoog achterland
Zwarte Meer	44	Vak 44: HMP 386/0 tot HMP 7	386=0	7	Toetsing
	45	Vak 45: HMP 7 tot HMP 16	7	16	Sluizen- en havencomplex
	46	Vak 46: HMP 16 tot HMP 24	16	24	Voorland
	47	Vak 47: HMP 24 tot HMP 41	24	41	Hoog achterland
	48	Vak 48: HMP 41 tot HMP 48	41	48	Ringdeel
	49	Vak 49: HMP 48 tot HMP 61	48	61	Toetsing
	50	Vak 50: HMP 61 tot HMP 67	61	67	Bodemvakdeelgebied

	nr	Dijkvaknaam	van [hmp]	tot [hmp]	Reden grens
	51	Vak 51: HMP 67 tot HMP 80	67	80	Hoog achterland

Tabel 38: Dijkvakindeling met de reden van de vakgrens



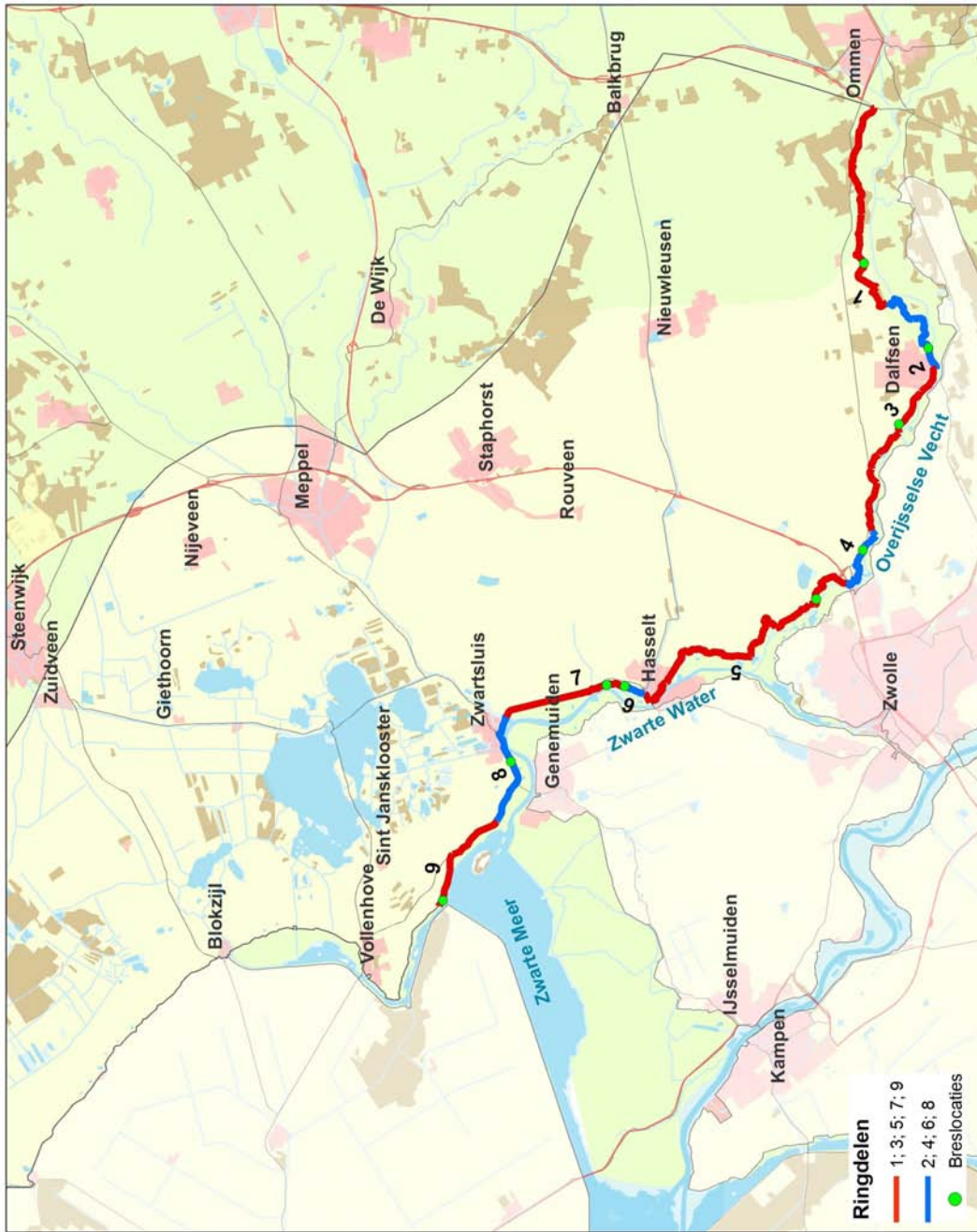
Figuur 61: Overzicht van de beheergebieden van de beheerders.



Figuur 62: Overzicht vakindeling 3^e toetsronde van Waterschap Groot Salland en Waterschap Reest en wieden.



Figuur 63: Overzicht dijkvakindeling



Figuur 64: Overzicht ringdelen en breslocaties

Bijlage D Overzicht faalkansen

Tabel geeft een totaaloverzicht van de berekende faalkansen per faalmechanisme per vak. Ook zijn de faalkansen per faalmechanisme op ringniveau getoond. De aanduiding van 'Toetsvakken' is een indicatie, zie Figuur 62 voor ligging van de dijktrajecten.

Watersysteem	Bodem deelgebieden	Ringdeel	Dijktrajecten HHNK	Vak of kunstwerk	Dijken				Kunstwerken				Totaal
					Overloop en golfoverslag	Macrostabiliteit binnenwaarts	Opbarsten en piping	Beschadiging bekleding en erosie dijklichaam	Overloop golfoverslag	Niet sluiten	Onder- en achterloopsheid	Constructief falen	
Vecht	E	1	1.1a,b,c	Vak 1: HMP 1 tot HMP 23	1/510	-	-	-					-
				Vak 2: HMP 23 tot HMP 25	>1/100	-	-	-					-
				Stuw de Stouwe				1/400.000	1/1.900	-	-	1/1.800	
			Vak 3: HMP 25 tot HMP 27	1/310.000	-	-	-					-	
			Vak 4: HMP 27 tot HMP 43	1/1.300	-	-	-					1/1.300	
			Vak 5: HMP 43 tot HMP 45	1/120	-	-	-					1/120	
		1.4	Vak 6: HMP 45 tot HMP 64	1/980	-	-	-					-	
		1.5	Vak 7: HMP 64 tot HMP 75	1/1.200	-	-	-					-	
		1.6	Vak 8: HMP 75 tot HMP 87	1/1.400	-	-	-					-	
		1.7	Vak 9: HMP 87 tot HMP 100	1/2.400	-	1/17.000	-					1/2.200	
		1.8	Vak 10: HMP 100 tot HMP 108	1/6.600	-	-	-					-	
		2	Vak 11: HMP 108 tot HMP 119	1/850	-	-	-					1/850	
	2.1	Vak 12: HMP 119 tot HMP 125	1/580	-	-	-					1/580		
	D	3	2.2	Vak 13: HMP 125 tot HMP 130	1/140.000	-	-	<1/1.000.000					1/140.000
Vak 14: HMP 130 tot HMP 136	1/87.000			-	-	<1/1.000.000					1/87.000		

Watersysteem	Bodem deelgebieden	Ringdeel	Dijktrajecten HHNK	Vak of kunstwerk	Dijken				Kunstwerken				Totaal		
					Overloop en golfoverslag	Macrostabieliteit binnenwaarts	Opbarsten en piping	Beschadiging bekleding en erosie dijklidhaam	Overloop golfoverslag	Niet sluiten	Onder- en achterloopsheid	Constructief falen			
C	B	4	3.1	Vak 15: HMP 136 tot HMP 153	1/110.000	<1/1.000.000	1/610	1/59.000						1/600	
				Vak 16: HMP 153 tot HMP 164	1/240.000	-	1/1.300	<1/1.000.000							1/1.300
				Inlaat Broekhuizen					-	-	<1/1.000.000		-		<1/1.000.000
			Vak 17: HMP 164 tot HMP 170	1/330.000	<1/1.000.000	1/1.700	<1/1.000.000							1/1.700	
			Vak 18: HMP 170 tot HMP 176	1/110.000	-	1/2.000	1/730.000							1/2.000	
			Vak 19: HMP 176 tot HMP 184	1/820.000	-	1/4.400	<1/1.000.000							1/4.400	
			Vak 20: HMP 184 tot HMP 194	1/200.000	-	1/4.400	<1/1.000.000							1/4.300	
			Vak 21: HMP 194 tot HMP 196	<1/1.000.000	-	1/2.100	<1/1.000.000							1/2.100	
			Vak 22: HMP 196 tot HMP 206	1/66.000	-	1/7.900	<1/1.000.000							1/7.100	
			Vak 23: HMP 206 tot HMP 218	1/410.000	-	1/7.300	<1/1.000.000							1/7.200	
			Vak 24: HMP 218 tot HMP 222	1/290.000	-	-	<1/1.000.000							1/280.000	
			Vak 25: HMP 222 tot HMP 241	1/1.700	1/120.000	1/1.200	-							1/740	
			Vak 26: HMP 241 tot HMP 243	<1/1.000.000	-	-	-							<1/1.000.000	
			Vak 27: HMP 243 tot HMP 244	1/34.000	-	-	-							1/34.000	
			Vak 28: HMP 244 tot HMP 260	1/4.400	-	1/1.400	-							1/1.100	
			Vak 29: HMP 260 tot HMP 265	1/1.800	-	-	1/380.000							1/1.800	
			Vak 30: HMP 265 tot HMP 271	1/5.900	-	-	-							1/5.900	
Vak 31: HMP 271 tot HMP 282	1/8.600	-	1/7.600	1/88.000							1/4.000				
Vak 32: HMP 282 tot HMP 292	1/6.700	<1/1.000.000	1/1.500	1/7.300							1/1.100				
Vak 33: HMP 292 tot HMP 307	1/110.000	-	-	-							1/11.000				
Gemaal Streukelerzijl zuidzijde					-	-	1/1.100		-		1/1.100				

Watersysteem	Bodem deelgebieden	Ringdeel	Dijktrajecten HHNK	Vak of kunstwerk	Dijken				Kunstwerken				Totaal		
					Overloop en golfoverslag	Macrostabieliteit binnenwaarts	Opbarsten en piping	Beschadiging bekleding en erosie dijklichaam	Overloop golfoverslag	Niet sluiten	Onder- en achterloopsheid	Constructief falen			
Zwartewater	Bodem deelgebieden	Ringdeel	Dijktrajecten HHNK	Gemaal Streukelerzijl noordzijde					<1/1.000.000	-	<1/1.000.000	-	1/1.000.000		
				7.1	Vak 34: HMP 307 tot HMP 309	1/79.000	-	1/1.200	-						1/1.200
					Vak 35: HMP 309 tot HMP 320	1/2.600	<1/1.000.000	-	-						1/2.600
				8.1	Vak 36: HMP 320 tot HMP 322	1/11.000	-	-	-						1/11.000
					Vak 37: HMP 322 tot HMP 331	1/43.000	-	-	-						1/43.000
					Schutsluis Hasselt					-	1/42.000	-	-	-	1/42.000
				8.2	Vak 38: HMP 331 tot HMP 335	<1/1.000.000	-	-	-						<1/1.000.000
				6	Vak 39: HMP 335 tot HMP 343	1/43.000	-	1/4.600	-						1/4.200
				7	9.1	Vak 40: HMP 343 tot HMP 353	1/16.000	<1/1.000.000	1/3.100	-					1/2.600
						Vak 41: HMP 353 tot HMP 356	1/6.500	-	1/1.200	-					1/1.100
						Gemaal Kloosterzijl					-	-	1/14.000	-	1/14.000
					10.1	Vak 42: HMP 356 tot HMP 370	1/3.000	-	1/5.100	-					1/2.000
					Vak 43: HMP 370 tot HMP 386	1/150.000	-	1/2.200	<1/1.000.000					1/2.200	
					Gemaal Kostverlorenzijl					-	-	<1/1.000.000	-	<1/1.000.000	
				8	1.1	Vak 44: HMP 386/0 tot HMP 7	1/440.000	-	-	<1/1.000.000					1/440.000
						Grote Kolksluis					-	1/8.000	-	<1/1.000.000	1/7.900
						Vak 45: HMP 7 tot HMP 16	<1/1.000.000	-	-	-					<1/1.000.000
Keersluis de Whaa							1/110.000-	1/32.000	<1/1.000.000	<1/1.000.000	1/25.000				
Vak 46: HMP 16 tot HMP 24	<1/1.000.000	-	1/10.000			-					1/10.000				
Vak 47: HMP 24 tot HMP 41	1/530.000	<1/1.000.000	-			-					1/470.000				
9	Vak 48: HMP 41 tot HMP 48	1/130.000	-	-	<1/1.000.000					1/120.000					

Watersysteem	Bodem deelgebieden	Ringdeel	Dijktrajecten HHNK	Vak of kunstwerk	Dijken				Kunstwerken				Totaal
					Overloop en golfoverslag	Macrostabilliteit binnenwaarts	Opbarsten en piping	Beschadiging bekleding en erosie dijklichaam	Overloop golfoverslag	Niet sluiten	Onder- en achterloopsheid	Constructief falen	
A			2.1	Gemaal Barsbeker					-	-	-	<1/1.000.000	<1/1.000.000
				Vak 49: HMP 48 tot HMP 61	<1/1.000.000	-	-	<1/1.000.000					<1/1.000.000
				Vak 50: HMP 61 tot HMP 67	<1/1.000.000	-	-	<1/1.000.000					<1/1.000.000
				Vak 51: HMP 67 tot HMP 80	<1/1.000.000	-	<1/1.000.000	-					<1/1.000.000
					1/120	1/110.000	1/140	1/6.100	1/99.000	1/6.500	1/980	<1/1.000.000	>1/100

Bijlage E Overzicht resultaten derde toetsronde

			Toetsing 3e ronde					
traject		Dijkvak	Traject	Hoogte	Piping	Macrostabiel binnenwaarts	Oordeel bekleding	
dp		dp						
1		2	Ommen-Dalfsen	1.1a (verholen)	V	nvt	nvt	
2		3	Ommen-Dalfsen	1.1a (verholen)	V	nvt	nvt	
3		4	Ommen-Dalfsen	1.1a (verholen)	V	nvt	nvt	
4		5	Ommen-Dalfsen	1.1a (verholen)	V	nvt	nvt	
5		6	Ommen-Dalfsen	1.1a (verholen)	V	nvt	nvt	
6		7	Ommen-Dalfsen	1.1a (verholen)	V	nvt	nvt	
7		8	Ommen-Dalfsen	1.1a (verholen)	V	nvt	nvt	
8		9	Ommen-Dalfsen	1.1a (verholen)	V	nvt	nvt	
9		10	Ommen-Dalfsen	1.1a (verholen)	V	nvt	nvt	
10		11	Ommen-Dalfsen	1.1a (verholen)	V	nvt	nvt	
11		12	Ommen-Dalfsen	1.1a (verholen)	V	nvt	nvt	
12		13	Ommen-Dalfsen	1.1a (verholen)	V	nvt	nvt	
13		14	Ommen-Dalfsen	1.1a (verholen)	V	nvt	nvt	
14		15	Ommen-Dalfsen	1.1a (verholen)	V	nvt	nvt	
15		16	Ommen-Dalfsen	1.1a (verholen)	V	nvt	nvt	
16		17	Ommen-Dalfsen	1.1a (verholen)	V	nvt	nvt	
17		18	Ommen-Dalfsen	1.1a (verholen)	V	nvt	nvt	
18		19	Ommen-Dalfsen	1.1a (verholen)	V	nvt	nvt	
19		20	Ommen-Dalfsen	1.1a (verholen)	V	nvt	nvt	
20		21	Ommen-Dalfsen	1.1a (verholen)	V	nvt	nvt	
21		22	Ommen-Dalfsen	1.1a (verholen)	V	nvt	nvt	
22		23	Ommen-Dalfsen	1.1a (verholen)	V	nvt	nvt	
23		24	Ommen-Dalfsen	1.1b (De Stouwe)	O	nvt	nvt	
24		25	Ommen-Dalfsen	1.1b (De Stouwe)	O	nvt	nvt	
25		26	Ommen-Dalfsen	1.1c (verholen)	V	nvt	nvt	
26		27	Ommen-Dalfsen	1.1c (verholen)	V	nvt	nvt	
27		28	Ommen-Dalfsen	1.2 (verholen)	V	nvt	nvt	
28		29	Ommen-Dalfsen	1.2 (verholen)	V	nvt	nvt	
29		30	Ommen-Dalfsen	1.2 (verholen)	V	nvt	nvt	
30		31	Ommen-Dalfsen	1.2 (verholen)	V	nvt	nvt	
31		32	Ommen-Dalfsen	1.2 (verholen)	V	nvt	nvt	
32		33	Ommen-Dalfsen	1.2 (verholen)	V	nvt	nvt	
33		34	Ommen-Dalfsen	1.2 (verholen)	V	nvt	nvt	
34		35	Ommen-Dalfsen	1.2 (verholen)	V	nvt	nvt	
35		36	Ommen-Dalfsen	1.2 (verholen)	V	nvt	nvt	
36		37	Ommen-Dalfsen	1.2 (verholen)	V	nvt	nvt	
37		38	Ommen-Dalfsen	1.2 (verholen)	V	nvt	nvt	
38		39	Ommen-Dalfsen	1.2 (verholen)	V	nvt	nvt	
39		40	Ommen-Dalfsen	1.2 (verholen)	V	nvt	nvt	
40		41	Ommen-Dalfsen	1.2 (verholen)	V	nvt	nvt	
41		42	Ommen-Dalfsen	1.2 (verholen)	V	nvt	nvt	
42		43	Ommen-Dalfsen	1.2 (verholen)	V	nvt	nvt	
43		44	Ommen-Dalfsen	1.2 (verholen)	V	nvt	nvt	
44		45	Ommen-Dalfsen	1.2 (verholen)	V	nvt	nvt	
45		46	Ommen-Dalfsen	1.3 (verholen)	V	nvt	nvt	
46		47	Ommen-Dalfsen	1.3	V	nvt	nvt	
47		48	Ommen-Dalfsen	1.3	V	nvt	nvt	
48		49	Ommen-Dalfsen	1.3	V	nvt	nvt	
49		50	Ommen-Dalfsen	1.3	V	nvt	nvt	
50		51	Ommen-Dalfsen	1.3	V	nvt	nvt	
51		52	Ommen-Dalfsen	1.3	V	nvt	nvt	
52		53	Ommen-Dalfsen	1.3	V	nvt	nvt	
53		54	Ommen-Dalfsen	1.3	V	nvt	nvt	
54		55	Ommen-Dalfsen	1.3	V	nvt	nvt	
55		56	Ommen-Dalfsen	1.3	V	nvt	nvt	
56		57	Ommen-Dalfsen	1.3	V	nvt	nvt	
57		58	Ommen-Dalfsen	1.3	V	nvt	nvt	
58		59	Ommen-Dalfsen	1.3	V	nvt	nvt	
59		60	Ommen-Dalfsen	1.3	V	nvt	nvt	
60		61	Ommen-Dalfsen	1.3	V	nvt	nvt	
61		62	Ommen-Dalfsen	1.3	V	nvt	nvt	
62		63	Ommen-Dalfsen	1.3	V	nvt	nvt	
63		64	Ommen-Dalfsen	1.3	V	nvt	nvt	
64		65	Ommen-Dalfsen	1.4 (verholen)	V	nvt	nvt	
65		66	Ommen-Dalfsen	1.4	V	nvt	nvt	
66		67	Ommen-Dalfsen	1.4	V	nvt	nvt	
67		68	Ommen-Dalfsen	1.4	V	nvt	nvt	
68		69	Ommen-Dalfsen	1.4	V	nvt	nvt	
69		70	Ommen-Dalfsen	1.4	V	nvt	nvt	
70		71	Ommen-Dalfsen	1.4	V	nvt	nvt	

traject		Dijkvak	Traject	Toetsing 3e ronde			Oordeel bekleding
dp	dp			Hoogte	Piping	Macrostabiteit bin nenwaarts	
72	73	Ommen-Dalfsen	1.4	V	nvt	nvt	nvt
73	74	Ommen-Dalfsen	1.4	V	nvt	nvt	nvt
74	75	Ommen-Dalfsen	1.4	V	nvt	nvt	nvt
75	76	Ommen-Dalfsen	1.5	V	nvt	nvt	nvt
76	77	Ommen-Dalfsen	1.5	V	nvt	nvt	nvt
77	78	Ommen-Dalfsen	1.5	V	nvt	nvt	nvt
78	79	Ommen-Dalfsen	1.5	V	nvt	nvt	nvt
79	80	Ommen-Dalfsen	1.5	V	nvt	nvt	nvt
80	81	Ommen-Dalfsen	1.5	V	nvt	nvt	nvt
81	82	Ommen-Dalfsen	1.5	V	nvt	nvt	nvt
82	83	Ommen-Dalfsen	1.5	V	nvt	nvt	nvt
83	84	Ommen-Dalfsen	1.5	V	nvt	nvt	nvt
84	85	Ommen-Dalfsen	1.5	V	nvt	nvt	nvt
85	86	Ommen-Dalfsen	1.5	V	nvt	nvt	nvt
86	87	Ommen-Dalfsen	1.5	V	nvt	nvt	nvt
87	88	Ommen-Dalfsen	1.6	V	nvt	nvt	nvt
88	89	Ommen-Dalfsen	1.6	V	nvt	nvt	nvt
89	90	Ommen-Dalfsen	1.6	V	nvt	nvt	nvt
90	91	Ommen-Dalfsen	1.6	V	nvt	nvt	nvt
91	92	Ommen-Dalfsen	1.6	V	nvt	nvt	nvt
92	93	Ommen-Dalfsen	1.6	V	nvt	nvt	nvt
93	94	Ommen-Dalfsen	1.6	V	nvt	nvt	nvt
94	95	Ommen-Dalfsen	1.6	V	nvt	nvt	nvt
95	96	Ommen-Dalfsen	1.6	V	nvt	nvt	nvt
96	97	Ommen-Dalfsen	1.6	V	nvt	nvt	nvt
97	98	Ommen-Dalfsen	1.6	V	nvt	nvt	nvt
98	99	Ommen-Dalfsen	1.6	V	nvt	nvt	nvt
99	100	Ommen-Dalfsen	1.6	V	nvt	nvt	nvt
100	101	Ommen-Dalfsen	1.7	V	nvt	nvt	nvt
101	102	Ommen-Dalfsen	1.7	V	nvt	nvt	nvt
102	103	Ommen-Dalfsen	1.7	V	nvt	nvt	nvt
103	104	Ommen-Dalfsen	1.7	V	nvt	nvt	nvt
104	105	Ommen-Dalfsen	1.7	V	nvt	nvt	nvt
105	106	Ommen-Dalfsen	1.7	V	nvt	nvt	nvt
106	107	Ommen-Dalfsen	1.7	V	nvt	nvt	nvt
107	108	Ommen-Dalfsen	1.7	V	nvt	nvt	nvt
108	109	Ommen-Dalfsen	1.8	V	nvt	nvt	nvt
109	110	Ommen-Dalfsen	1.8	V	nvt	nvt	nvt
110	111	Ommen-Dalfsen	1.8	V	nvt	nvt	nvt
111	112	Ommen-Dalfsen	1.8	V	nvt	nvt	nvt
112	113	Ommen-Dalfsen	1.8	V	nvt	nvt	nvt
113	114	Ommen-Dalfsen	1.8	V	nvt	nvt	nvt
114	115	Ommen-Dalfsen	1.8	V	nvt	nvt	nvt
115	116	Ommen-Dalfsen	1.8	V	nvt	nvt	nvt
116	117	Ommen-Dalfsen	1.8	V	nvt	nvt	nvt
117	118	Ommen-Dalfsen	1.8	V	nvt	nvt	nvt
118	119	Ommen-Dalfsen	1.8	V	nvt	nvt	nvt
119	120	Dalfsen-Vechterweerd	2.1	O	G	V	O
120	121	Dalfsen-Vechterweerd	2.1	O	G	V	O
121	122	Dalfsen-Vechterweerd	2.1	O	G	V	O
122	123	Dalfsen-Vechterweerd	2.1	O	G	V	O
123	124	Dalfsen-Vechterweerd	2.1	O	G	V	O
124	125	Dalfsen-Vechterweerd	2.1	O	G	V	O
125	126	Dalfsen-Vechterweerd	2.2	G	V	V	O
126	127	Dalfsen-Vechterweerd	2.2	G	V	V	O
127	128	Dalfsen-Vechterweerd	2.2	G	V	V	O
128	129	Dalfsen-Vechterweerd	2.2	G	V	V	O
129	130	Dalfsen-Vechterweerd	2.2	G	V	V	O
130	131	Dalfsen-Vechterweerd	2.2	G	V	V	O
131	132	Dalfsen-Vechterweerd	2.2	G	V	V	O
132	133	Dalfsen-Vechterweerd	2.2	G	V	V	O
133	134	Dalfsen-Vechterweerd	2.2	G	V	V	O
134	135	Dalfsen-Vechterweerd	2.2	G	V	V	O
135	136	Dalfsen-Vechterweerd	2.2	G	V	V	O
136	137	Dalfsen-Vechterweerd	2.2	G	V	V	O
137	138	Dalfsen-Vechterweerd	2.2	G	V	V	O
138	139	Dalfsen-Vechterweerd	2.2	G	V	V	O
139	140	Dalfsen-Vechterweerd	2.2	G	V	V	O
140	141	Dalfsen-Vechterweerd	2.2	G	V	V	O

				Toetsing 3e ronde					
traject		Dijkvak		Traject	Hoogte	Piping	Macrostabiteit binnewaarts	Oordeel bekleding	
dp		dp							
141	-	142	Dalfsen-Vechterweerd	2.2	G	V	V	O	
142	-	143	Dalfsen-Vechterweerd	2.2	G	V	V	O	
143	-	144	Dalfsen-Vechterweerd	2.2	G	V	V	O	
144	-	145	Dalfsen-Vechterweerd	2.2	G	V	V	O	
145	-	146	Dalfsen-Vechterweerd	2.2	G	V	V	O	
146	-	147	Dalfsen-Vechterweerd	2.2	G	V	V	O	
147	-	148	Dalfsen-Vechterweerd	2.2	G	V	V	O	
148	-	149	Dalfsen-Vechterweerd	2.2	G	V	V	O	
149	-	150	Dalfsen-Vechterweerd	2.2	G	V	V	O	
150	-	151	Dalfsen-Vechterweerd	2.2	G	V	V	O	
151	-	152	Dalfsen-Vechterweerd	2.2	G	V	V	O	
152	-	153	Dalfsen-Vechterweerd	2.2	G	V	V	O	
153	-	154	Dalfsen-Vechterweerd	2.2	G	V	V	O	
154	-	155	Dalfsen-Vechterweerd	2.2	G	V	V	O	
155	-	156	Dalfsen-Vechterweerd	2.2	G	V	V	O	
156	-	157	Dalfsen-Vechterweerd	2.2	G	V	V	O	
157	-	158	Dalfsen-Vechterweerd	2.2	G	V	V	O	
158	-	159	Dalfsen-Vechterweerd	2.2	G	V	V	O	
159	-	160	Dalfsen-Vechterweerd	2.2	G	V	V	O	
160	-	161	Dalfsen-Vechterweerd	2.2	G	V	V	O	
161	-	162	Dalfsen-Vechterweerd	2.2	G	V	V	O	
162	-	163	Dalfsen-Vechterweerd	2.2	G	V	V	O	
163	-	164	Dalfsen-Vechterweerd	2.2	G	V	V	O	
164	-	165	Vechterweerd-Spoorlijn Zwolle Meppel	3.1	V	V	V	O	
165	-	166	Vechterweerd-Spoorlijn Zwolle Meppel	3.1	V	V	V	O	
166	-	167	Vechterweerd-Spoorlijn Zwolle Meppel	3.1	V	V	V	O	
167	-	168	Vechterweerd-Spoorlijn Zwolle Meppel	3.1	V	V	V	O	
168	-	169	Vechterweerd-Spoorlijn Zwolle Meppel	3.1	V	V	V	O	
169	-	170	Vechterweerd-Spoorlijn Zwolle Meppel	3.1	V	V	V	O	
170	-	171	Vechterweerd-Spoorlijn Zwolle Meppel	3.1	V	V	V	O	
171	-	172	Vechterweerd-Spoorlijn Zwolle Meppel	3.1	V	V	V	O	
172	-	173	Vechterweerd-Spoorlijn Zwolle Meppel	3.1	V	V	V	O	
173	-	174	Vechterweerd-Spoorlijn Zwolle Meppel	3.1	V	V	V	O	
174	-	175	Vechterweerd-Spoorlijn Zwolle Meppel	3.1	V	V	V	O	
175	-	176	Vechterweerd-Spoorlijn Zwolle Meppel	3.1	V	V	V	O	
176	-	177	Vechterweerd-Spoorlijn Zwolle Meppel	3.1	V	V	V	O	
177	-	178	Vechterweerd-Spoorlijn Zwolle Meppel	3.1	V	V	V	O	
178	-	179	Vechterweerd-Spoorlijn Zwolle Meppel	3.1	V	V	V	O	
179	-	180	Vechterweerd-Spoorlijn Zwolle Meppel	3.1	V	V	V	O	
180	-	181	Vechterweerd-Spoorlijn Zwolle Meppel	3.1	V	V	V	O	
181	-	182	Vechterweerd-Spoorlijn Zwolle Meppel	3.1	V	V	V	O	
182	-	183	Vechterweerd-Spoorlijn Zwolle Meppel	3.1	V	V	V	O	
183	-	184	Vechterweerd-Spoorlijn Zwolle Meppel	3.1	V	V	V	O	
184	-	185	Vechterweerd-Spoorlijn Zwolle Meppel	3.1	V	V	V	O	
185	-	186	Vechterweerd-Spoorlijn Zwolle Meppel	3.1	V	V	V	O	
186	-	187	Vechterweerd-Spoorlijn Zwolle Meppel	3.1	V	V	V	O	
187	-	188	Vechterweerd-Spoorlijn Zwolle Meppel	3.1	V	V	V	O	
188	-	189	Vechterweerd-Spoorlijn Zwolle Meppel	3.1	V	V	V	O	
189	-	190	Vechterweerd-Spoorlijn Zwolle Meppel	3.1	V	V	V	O	
190	-	191	Vechterweerd-Spoorlijn Zwolle Meppel	3.1	V	V	V	O	
191	-	192	Vechterweerd-Spoorlijn Zwolle Meppel	3.1	V	V	V	O	
192	-	193	Vechterweerd-Spoorlijn Zwolle Meppel	3.1	V	V	V	O	
193	-	194	Vechterweerd-Spoorlijn Zwolle Meppel	3.1	V	V	V	O	
194	-	195	Vechterweerd-Spoorlijn Zwolle Meppel	3.1	V	V	V	O	
195	-	196	Vechterweerd-Spoorlijn Zwolle Meppel	3.1	V	V	V	O	
196	-	197	Spoorlijn Zwolle-Meppel-Brug A28	4.1	G	G	V	O	
197	-	198	Spoorlijn Zwolle-Meppel-Brug A29	4.1	G	G	V	O	
198	-	199	Spoorlijn Zwolle-Meppel-Brug A30	4.1	G	G	V	O	
199	-	200	Spoorlijn Zwolle-Meppel-Brug A31	4.1	G	G	V	O	
200	-	201	Spoorlijn Zwolle-Meppel-Brug A32	4.1	G	G	V	O	
201	-	202	Spoorlijn Zwolle-Meppel-Brug A33	4.1	G	G	V	O	
202	-	203	Spoorlijn Zwolle-Meppel-Brug A34	4.1	G	G	V	O	
203	-	204	Spoorlijn Zwolle-Meppel-Brug A35	4.1	G	G	V	O	
204	-	205	Spoorlijn Zwolle-Meppel-Brug A36	4.1	G	G	V	O	
205	-	206	Spoorlijn Zwolle-Meppel-Brug A37	4.1	G	G	V	O	
206	-	207	Spoorlijn Zwolle-Meppel-Brug A38	4.2	G	G	V	O	
207	-	208	Spoorlijn Zwolle-Meppel-Brug A39	4.2	G	G	V	O	
208	-	209	Spoorlijn Zwolle-Meppel-Brug A40	4.2	G	G	V	O	
209	-	210	Spoorlijn Zwolle-Meppel-Brug A41	4.2	G	G	V	O	

traject		Dijkvak	Traject	Hoogte	Piping	Macrostabiteit bin nenwaarts	Oordeel bekleding
dp	dp						
210	211	!Spoorlijn Zwolle-Meppel-Brug A42	4.2	G	G	V	O
211	212	!Spoorlijn Zwolle-Meppel-Brug A43	4.2	G	G	V	O
212	213	!Spoorlijn Zwolle-Meppel-Brug A44	4.2	G	G	V	O
213	214	!Spoorlijn Zwolle-Meppel-Brug A45	4.2	G	G	V	O
214	215	!Spoorlijn Zwolle-Meppel-Brug A46	4.2	G	G	V	O
215	216	!Spoorlijn Zwolle-Meppel-Brug A47	4.2	G	G	V	O
216	217	!Spoorlijn Zwolle-Meppel-Brug A48	4.2	G	G	V	O
217	218	!Spoorlijn Zwolle-Meppel-Brug A49	4.2	G	G	V	O
218	219	!Brug A28-Monding Vecht	5.1	G	G	V	O
219	220	!Brug A28-Monding Vecht	5.1	G	G	V	O
220	221	!Brug A28-Monding Vecht	5.1	G	G	V	O
221	222	!Brug A28-Monding Vecht	5.1	G	G	V	O
222	223	!Brug A28-Monding Vecht	5.2	V	G	V	V
223	224	!Brug A28-Monding Vecht	5.2	V	G	V	V
224	225	!Brug A28-Monding Vecht	5.2	V	G	V	V
225	226	!Brug A28-Monding Vecht	5.2	V	G	V	V
226	227	!Brug A28-Monding Vecht	5.2	V	G	V	V
227	228	!Brug A28-Monding Vecht	5.2	V	G	V	V
228	229	!Brug A28-Monding Vecht	5.2	V	G	V	V
229	230	!Brug A28-Monding Vecht	5.2	V	G	V	V
230	231	!Brug A28-Monding Vecht	5.2	V	G	V	V
231	232	!Brug A28-Monding Vecht	5.2	V	G	V	V
232	233	!Brug A28-Monding Vecht	5.2	V	G	V	V
233	234	!Brug A28-Monding Vecht	5.2	V	G	V	V
234	235	!Brug A28-Monding Vecht	5.2	V	G	V	V
235	236	!Brug A28-Monding Vecht	5.2	V	G	V	V
236	237	!Brug A28-Monding Vecht	5.2	V	G	V	V
237	238	!Brug A28-Monding Vecht	5.2	V	G	V	V
238	239	!Brug A28-Monding Vecht	5.2	V	G	V	V
239	240	!Brug A28-Monding Vecht	5.2	V	G	V	V
240	241	!Brug A28-Monding Vecht	5.2	V	G	V	V
241	242	!Brug A28-Monding Vecht	5.3	V	G	V	V
242	243	!Brug A28-Monding Vecht	5.3	V	G	V	V
243	244	!Brug A28-Monding Vecht	5.3	V	G	V	V
244	245	!Brug A28-Monding Vecht	5.3	V	G	V	V
245	246	!Brug A28-Monding Vecht	5.3	V	G	V	V
246	247	!Brug A28-Monding Vecht	5.3	V	G	V	V
247	248	!Brug A28-Monding Vecht	5.3	V	G	V	V
248	249	!Brug A28-Monding Vecht	5.3	V	G	V	V
249	250	!Brug A28-Monding Vecht	5.3	V	G	V	V
250	251	!Brug A28-Monding Vecht	5.3	V	G	V	V
251	252	!Brug A28-Monding Vecht	5.3	V	G	V	V
252	253	!Brug A28-Monding Vecht	5.3	V	G	V	V
253	254	!Brug A28-Monding Vecht	5.3	V	G	V	V
254	255	!Brug A28-Monding Vecht	5.3	V	G	V	V
255	256	!Brug A28-Monding Vecht	5.3	V	G	V	V
256	257	!Brug A28-Monding Vecht	5.3	V	G	V	V
257	258	!Brug A28-Monding Vecht	5.3	V	G	V	V
258	259	!Brug A28-Monding Vecht	5.3	V	G	V	V
259	260	!Brug A28-Monding Vecht	5.3	V	G	V	V
260	261	!Brug A28-Monding Vecht	5.4	V	G	V	O
261	262	!Brug A28-Monding Vecht	5.4	V	G	V	O
262	263	!Brug A28-Monding Vecht	5.4	V	G	V	O
263	264	!Brug A28-Monding Vecht	5.4	V	G	V	O
264	265	!Brug A28-Monding Vecht	5.4	V	G	V	O
265	266	!Brug A28-Monding Vecht	5.4	V	G	V	O
266	267	!Brug A28-Monding Vecht	5.4	V	G	V	O
267	268	!Brug A28-Monding Vecht	5.4	V	G	V	O
268	269	!Brug A28-Monding Vecht	5.4	V	G	V	O
269	270	!Brug A28-Monding Vecht	5.4	V	G	V	O
270	271	!Brug A28-Monding Vecht	5.4	V	G	V	O
271	272	!Brug A28-Monding Vecht	5.5	V	G	V	V
272	273	!Brug A28-Monding Vecht	5.5	V	G	V	V
273	274	!Brug A28-Monding Vecht	5.5	V	G	V	V
274	275	!Brug A28-Monding Vecht	5.5	V	G	V	V
275	276	!Brug A28-Monding Vecht	5.5	V	G	V	V
276	277	!Brug A28-Monding Vecht	5.5	V	G	V	V
277	278	!Brug A28-Monding Vecht	5.5	V	G	V	V
278	279	!Brug A28-Monding Vecht	5.5	V	G	V	V

				Toetsing 3e ronde					
traject		Dijkvak		Traject	Hoogte	Piping	Macrostabieliteit binnewaarts	Oordeel bekleding	
dp		dp							
279	-	280	Brug A28-Monding Vecht	5.5	V	G	V	V	
280	-	281	Brug A28-Monding Vecht	5.5	V	G	V	V	
281	-	282	Brug A28-Monding Vecht	5.5	V	G	V	V	
282	-	283	Monding Vecht-Streukelzijl	6.1	V	G	V	V	
283	-	284	Monding Vecht-Streukelzijl	6.1	V	G	V	V	
284	-	285	Monding Vecht-Streukelzijl	6.1	V	G	V	V	
285	-	286	Monding Vecht-Streukelzijl	6.1	V	G	V	V	
286	-	287	Monding Vecht-Streukelzijl	6.1	V	G	V	V	
287	-	288	Monding Vecht-Streukelzijl	6.1	V	G	V	V	
288	-	289	Monding Vecht-Streukelzijl	6.1	V	G	V	V	
289	-	290	Monding Vecht-Streukelzijl	6.1	V	G	V	V	
290	-	291	Monding Vecht-Streukelzijl	6.1	V	G	V	V	
291	-	292	Monding Vecht-Streukelzijl	6.1	V	G	V	V	
292	-	293	Monding Vecht-Streukelzijl	6.1	V	G	V	V	
293	-	294	Monding Vecht-Streukelzijl	6.1	V	G	V	V	
294	-	295	Monding Vecht-Streukelzijl	6.1	V	G	V	V	
295	-	296	Monding Vecht-Streukelzijl	6.1	V	G	V	V	
296	-	297	Monding Vecht-Streukelzijl	6.1	V	G	V	V	
297	-	298	Monding Vecht-Streukelzijl	6.1	V	G	V	V	
298	-	299	Monding Vecht-Streukelzijl	6.1	V	G	V	V	
299	-	300	Monding Vecht-Streukelzijl	6.1	V	G	V	V	
300	-	301	Monding Vecht-Streukelzijl	6.1	V	G	V	V	
301	-	302	Monding Vecht-Streukelzijl	6.1	V	G	V	V	
302	-	303	Monding Vecht-Streukelzijl	6.1	V	G	V	V	
303	-	304	Monding Vecht-Streukelzijl	6.1	V	G	V	V	
304	-	305	Monding Vecht-Streukelzijl	6.1	V	G	V	V	
305	-	306	Monding Vecht-Streukelzijl	6.1	V	G	V	V	
306	-	307	Monding Vecht-Streukelzijl	6.1	V	G	V	V	
307	-	308	Begin Steenendijk-Eind Steenendijk	7.1	G	G	V	V	
308	-	309	Begin Steenendijk-Eind Steenendijk	7.1	G	G	V	V	
309	-	310	Begin Steenendijk-Eind Steenendijk	7.1	G	G	V	V	
310	-	311	Begin Steenendijk-Eind Steenendijk	7.1	G	G	V	V	
311	-	312	Begin Steenendijk-Eind Steenendijk	7.1	G	G	V	V	
312	-	313	Begin Steenendijk-Eind Steenendijk	7.1	G	G	V	V	
313	-	314	Begin Steenendijk-Eind Steenendijk	7.1	G	G	V	V	
314	-	315	Begin Steenendijk-Eind Steenendijk	7.1	G	G	V	V	
315	-	316	Begin Steenendijk-Eind Steenendijk	7.1	G	G	V	V	
316	-	317	Begin Steenendijk-Eind Steenendijk	7.1	G	G	V	V	
317	-	318	Begin Steenendijk-Eind Steenendijk	7.1	G	G	V	V	
318	-	319	Begin Steenendijk-Eind Steenendijk	7.1	G	G	V	V	
319	-	320	Begin Steenendijk-Eind Steenendijk	7.1	G	G	V	V	
320	-	321	Eind Steenendijk-Eind Hasselt	8.1	V	G	V	V	
321	-	322	Eind Steenendijk-Eind Hasselt	8.1	V	G	V	V	
322	-	323	Eind Steenendijk-Eind Hasselt	8.1	V	G	V	V	
323	-	324	Eind Steenendijk-Eind Hasselt	8.1	V	G	V	V	
324	-	325	Eind Steenendijk-Eind Hasselt	8.1	V	G	V	V	
325	-	326	Eind Steenendijk-Eind Hasselt	8.1	V	G	V	V	
326	-	327	Eind Steenendijk-Eind Hasselt	8.1	V	G	V	V	
327	-	328	Eind Steenendijk-Eind Hasselt	8.1	V	G	V	V	
328	-	329	Eind Steenendijk-Eind Hasselt	8.1	V	G	V	V	
329	-	330	Eind Steenendijk-Eind Hasselt	8.1	V	G	V	V	
330	-	331	Eind Steenendijk-Eind Hasselt	8.1	V	G	V	V	
331	-	332	Eind Steenendijk-Eind Hasselt	8.2	G	G	V	V	
332	-	333	Eind Steenendijk-Eind Hasselt	8.2	G	G	V	V	
333	-	334	Eind Steenendijk-Eind Hasselt	8.2	G	G	V	V	
334	-	335	Eind Steenendijk-Eind Hasselt	8.2	G	G	V	V	
335	-	336	Eind Hasselt-Eind Sluizerdijk	9.1	G	V	V	G	
336	-	337	Eind Hasselt-Eind Sluizerdijk	9.1	G	V	V	G	
337	-	338	Eind Hasselt-Eind Sluizerdijk	9.1	G	V	V	G	
338	-	339	Eind Hasselt-Eind Sluizerdijk	9.1	G	V	V	G	
339	-	340	Eind Hasselt-Eind Sluizerdijk	9.1	G	V	V	G	
340	-	341	Eind Hasselt-Eind Sluizerdijk	9.1	G	V	V	G	
341	-	342	Eind Hasselt-Eind Sluizerdijk	9.1	G	V	V	G	
342	-	343	Eind Hasselt-Eind Sluizerdijk	9.1	G	V	V	G	
343	-	344	Eind Hasselt-Eind Sluizerdijk	9.1	G	V	V	G	
344	-	345	Eind Hasselt-Eind Sluizerdijk	9.1	G	V	V	G	
345	-	346	Eind Hasselt-Eind Sluizerdijk	9.1	G	V	V	G	
346	-	347	Eind Hasselt-Eind Sluizerdijk	9.1	G	V	V	G	
347	-	348	Eind Hasselt-Eind Sluizerdijk	9.1	G	V	V	G	

		Toetsing 3e ronde						
traject		Dijkvak	Traject	Hoogte	Piping	Macrostablieit bin nenwaarts	Oordeel bekleding	
dp	dp							
348	349	Eind Hasselt-Eind Sluizerdijk	9.1	G	V	V	G	
349	350	Eind Hasselt-Eind Sluizerdijk	9.1	G	V	V	G	
350	351	Eind Hasselt-Eind Sluizerdijk	9.1	G	V	V	G	
351	352	Eind Hasselt-Eind Sluizerdijk	9.1	G	V	V	G	
352	353	Eind Hasselt-Eind Sluizerdijk	9.1	G	V	V	G	
353	354	Eind Hasselt-Eind Sluizerdijk	9.1	G	V	V	G	
354	355	Eind Hasselt-Eind Sluizerdijk	9.1	G	V	V	G	
355	356	Eind Hasselt-Eind Sluizerdijk	9.1	G	V	V	G	
356	357	Eind Sluizerdijk-Eind N331	10.1	G	V	V	G	
357	358	Eind Sluizerdijk-Eind N331	10.1	G	V	V	G	
358	359	Eind Sluizerdijk-Eind N331	10.1	G	V	V	G	
359	360	Eind Sluizerdijk-Eind N331	10.1	G	V	V	G	
360	361	Eind Sluizerdijk-Eind N331	10.1	G	V	V	G	
361	362	Eind Sluizerdijk-Eind N331	10.1	G	V	V	G	
362	363	Eind Sluizerdijk-Eind N331	10.1	G	V	V	G	
363	364	Eind Sluizerdijk-Eind N331	10.1	G	V	V	G	
364	365	Eind Sluizerdijk-Eind N331	10.1	G	V	V	G	
365	366	Eind Sluizerdijk-Eind N331	10.1	G	V	V	G	
366	367	Eind Sluizerdijk-Eind N331	10.1	G	V	V	G	
367	368	Eind Sluizerdijk-Eind N331	10.1	G	V	V	G	
368	369	Eind Sluizerdijk-Eind N331	10.1	G	V	V	G	
369	370	Eind Sluizerdijk-Eind N331	10.1	G	V	V	G	
370	371	Eind Sluizerdijk-Eind N331	10.1	G	V	V	G	
371	372	Eind Sluizerdijk-Eind N331	10.1	G	V	V	G	
372	373	Eind Sluizerdijk-Eind N331	10.1	G	V	V	G	
373	374	Eind Sluizerdijk-Eind N331	10.1	G	V	V	G	
374	375	Eind Sluizerdijk-Eind N331	10.1	G	V	V	G	
375	376	Eind Sluizerdijk-Eind N331	10.1	G	V	V	G	
376	377	Eind Sluizerdijk-Eind N331	10.1	G	V	V	G	
377	378	Eind Sluizerdijk-Eind N331	10.1	G	V	V	G	
378	379	Eind Sluizerdijk-Eind N331	10.1	G	V	V	G	
379	380	Eind Sluizerdijk-Eind N331	10.1	G	V	V	G	
380	381	Eind Sluizerdijk-Eind N331	10.1	G	V	V	G	
381	382	Eind Sluizerdijk-Eind N331	10.1	G	V	V	G	
382	383	Eind Sluizerdijk-Eind N331	10.1	G	V	V	G	
383	384	Eind Sluizerdijk-Eind N331	10.1	G	V	V	G	
384	385	Eind Sluizerdijk-Eind N331	10.1	G	V	V	G	
385	386	Eind Sluizerdijk-Eind N331	10.1	G	V	V	G	
0	1	Zwartsluis-Monding Zwarte Water	1.1	G	G	V	G	
1	2	Zwartsluis-Monding Zwarte Water	1.1	G	G	V	G	
2	3	Zwartsluis-Monding Zwarte Water	1.1	G	G	V	G	
3	4	Zwartsluis-Monding Zwarte Water	1.1	G	G	V	G	
4	5	Zwartsluis-Monding Zwarte Water	1.1	G	G	V	G	
5	6	Zwartsluis-Monding Zwarte Water	1.1	G	G	V	G	
6	7	Zwartsluis-Monding Zwarte Water	1.1	G	G	V	G	
7	8	Zwartsluis-Monding Zwarte Water	1.1	G	G	V	G	
8	9	Zwartsluis-Monding Zwarte Water	1.1	G	G	V	G	
9	10	Zwartsluis-Monding Zwarte Water	1.1	G	G	V	G	
10	11	Zwartsluis-Monding Zwarte Water	1.1	G	G	V	G	
11	12	Zwartsluis-Monding Zwarte Water	1.1	G	G	V	G	
12	13	Zwartsluis-Monding Zwarte Water	1.1	G	G	V	G	
13	14	Zwartsluis-Monding Zwarte Water	1.1	G	G	V	G	
14	15	Zwartsluis-Monding Zwarte Water	1.1	G	G	V	G	
15	16	Zwartsluis-Monding Zwarte Water	1.1	G	G	V	G	
16	17	Zwartsluis-Monding Zwarte Water	1.1	G	G	V	G	
17	18	Zwartsluis-Monding Zwarte Water	1.1	G	G	V	G	
18	19	Zwartsluis-Monding Zwarte Water	1.1	G	G	V	G	
19	20	Zwartsluis-Monding Zwarte Water	1.1	G	G	V	G	
20	21	Zwartsluis-Monding Zwarte Water	1.1	G	G	V	G	
21	22	Zwartsluis-Monding Zwarte Water	1.1	G	G	V	G	
22	23	Zwartsluis-Monding Zwarte Water	1.1	G	G	V	G	
23	24	Zwartsluis-Monding Zwarte Water	1.1	G	G	V	G	
24	25	Zwartsluis-Monding Zwarte Water	1.1	G	G	V	G	
25	26	Zwartsluis-Monding Zwarte Water	1.1	G	G	V	G	
26	27	Zwartsluis-Monding Zwarte Water	1.1	G	G	V	G	
27	28	Zwartsluis-Monding Zwarte Water	1.1	G	G	V	G	
28	29	Zwartsluis-Monding Zwarte Water	1.1	G	G	V	G	
29	30	Zwartsluis-Monding Zwarte Water	1.1	G	G	V	G	
30	31	Zwartsluis-Monding Zwarte Water	1.1	G	G	V	G	

				Toetsing 3e ronde					
traject		Dijkvak		Traject	Hoogte	Piping	Macrostabieliteit binnenwaarts	Oordeel bekleding	
dp		dp							
30	-	31	Zwartsuis-Monding Zwarte Water	1.1	G	G	V	G	
31	-	32	Zwartsuis-Monding Zwarte Water	1.1	G	G	V	G	
32	-	33	Zwartsuis-Monding Zwarte Water	1.1	G	G	V	G	
33	-	34	Zwartsuis-Monding Zwarte Water	1.1	G	G	V	G	
34	-	35	Zwartsuis-Monding Zwarte Water	1.1	G	G	V	G	
35	-	36	Zwartsuis-Monding Zwarte Water	1.1	G	G	V	G	
36	-	37	Zwartsuis-Monding Zwarte Water	1.1	G	G	V	G	
37	-	38	Zwartsuis-Monding Zwarte Water	1.1	G	G	V	G	
38	-	39	Zwartsuis-Monding Zwarte Water	1.1	G	G	V	G	
39	-	40	Zwartsuis-Monding Zwarte Water	1.1	G	G	V	G	
40	-	41	Zwartsuis-Monding Zwarte Water	1.1	G	G	V	G	
41	-	42	Zwartsuis-Monding Zwarte Water	1.1	G	G	V	G	
42	-	43	Zwartsuis-Monding Zwarte Water	1.1	G	G	V	G	
43	-	44	Zwartsuis-Monding Zwarte Water	1.1	G	G	V	G	
44	-	45	Zwartsuis-Monding Zwarte Water	1.1	G	G	V	G	
45	-	46	Zwartsuis-Monding Zwarte Water	1.1	G	G	V	G	
46	-	47	Zwartsuis-Monding Zwarte Water	1.1	G	G	V	G	
47	-	48	Zwartsuis-Monding Zwarte Water	1.1	G	G	V	G	
48	-	49	Monding Zwarte Water-Kadoelersluis	2.1	G	G	V	G	
49	-	50	Monding Zwarte Water-Kadoelersluis	2.1	G	G	V	G	
50	-	51	Monding Zwarte Water-Kadoelersluis	2.1	G	G	V	G	
51	-	52	Monding Zwarte Water-Kadoelersluis	2.1	G	G	V	G	
52	-	53	Monding Zwarte Water-Kadoelersluis	2.1	G	G	V	G	
53	-	54	Monding Zwarte Water-Kadoelersluis	2.1	G	G	V	G	
54	-	55	Monding Zwarte Water-Kadoelersluis	2.1	G	G	V	G	
55	-	56	Monding Zwarte Water-Kadoelersluis	2.1	G	G	V	G	
56	-	57	Monding Zwarte Water-Kadoelersluis	2.1	G	G	V	G	
57	-	58	Monding Zwarte Water-Kadoelersluis	2.1	G	G	V	G	
58	-	59	Monding Zwarte Water-Kadoelersluis	2.1	G	G	V	G	
59	-	60	Monding Zwarte Water-Kadoelersluis	2.1	G	G	V	G	
60	-	61	Monding Zwarte Water-Kadoelersluis	2.1	G	G	V	G	
61	-	62	Monding Zwarte Water-Kadoelersluis	2.1	G	G	V	G	
62	-	63	Monding Zwarte Water-Kadoelersluis	2.1	G	G	V	G	
63	-	64	Monding Zwarte Water-Kadoelersluis	2.1	G	G	V	G	
64	-	65	Monding Zwarte Water-Kadoelersluis	2.1	G	G	V	G	
65	-	66	Monding Zwarte Water-Kadoelersluis	2.1	G	G	V	G	
66	-	67	Monding Zwarte Water-Kadoelersluis	2.1	G	G	V	G	
67	-	68	Monding Zwarte Water-Kadoelersluis	2.1	G	G	V	G	
68	-	69	Monding Zwarte Water-Kadoelersluis	2.1	G	G	V	G	
69	-	70	Monding Zwarte Water-Kadoelersluis	2.1	G	G	V	G	
70	-	71	Monding Zwarte Water-Kadoelersluis	2.1	G	G	V	G	
71	-	72	Monding Zwarte Water-Kadoelersluis	2.1	G	G	V	G	
72	-	73	Monding Zwarte Water-Kadoelersluis	2.1	G	G	V	G	
73	-	74	Monding Zwarte Water-Kadoelersluis	2.1	G	G	V	G	
74	-	75	Monding Zwarte Water-Kadoelersluis	2.1	G	G	V	G	
75	-	76	Monding Zwarte Water-Kadoelersluis	2.1	G	G	V	G	
76	-	77	Monding Zwarte Water-Kadoelersluis	2.1	G	G	V	G	
77	-	78	Monding Zwarte Water-Kadoelersluis	2.1	G	G	V	G	
78	-	79	Monding Zwarte Water-Kadoelersluis	2.1	G	G	V	G	
79	-	80	Kadoelersluis-Blokzijl	3.1	G	G	V	G	

Bijlage F Overstromingsscenario's

Nr	Aantal doorbraken	Falend(e) ringde(e)l(en)								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	Faalt								
2	1		Faalt							
3	1			Faalt						
4	1				Faalt					
5	1					Faalt				
6	1						Faalt			
7	1							Faalt		
8	1								Faalt	
9	1									Faalt
10	2	Faalt							Faalt	
11	2	Faalt								Faalt
12	2		Faalt						Faalt	
13	2		Faalt							Faalt
14	2			Faalt					Faalt	
15	2			Faalt						Faalt
16	2				Faalt				Faalt	
17	2				Faalt					Faalt
18	2					Faalt			Faalt	
19	2					Faalt				Faalt
20	2						Faalt		Faalt	
21	2						Faalt			Faalt
22	2							Faalt	Faalt	
23	2							Faalt		Faalt
24	2								Faalt	Faalt
25	3	Faalt							Faalt	Faalt
26	3		Faalt						Faalt	Faalt
27	3			Faalt					Faalt	Faalt
28	3				Faalt				Faalt	Faalt
29	3					Faalt			Faalt	Faalt
30	3						Faalt		Faalt	Faalt
31	3							Faalt	Faalt	Faalt

Tabel 39: Overzicht falende ringdelen bij elk scenario.

Nr	Scenariokans (per jaar)	Cumulatieve scenariokans (per jaar)	Scenariokans (per jaar)	Bijdrage aan som scenario kansen	Cumulatieve bijdrage aan som scenario kansen
1	6,75E-03	6,75E-03	1/150	47,5%	47,5%
5	1,97E-03	8,72E-03	1/510	13,9%	61,4%
3	1,85E-03	1,06E-02	1/540	13,0%	74,4%
7	8,26E-04	1,14E-02	1/1.200	5,8%	80,3%
4	4,48E-04	1,18E-02	1/2.200	3,2%	83,4%
11	3,54E-04	1,22E-02	1/2.800	2,5%	85,9%
19	1,38E-04	1,23E-02	1/7.300	1,0%	86,9%
6	1,14E-04	1,25E-02	1/8.800	0,8%	87,7%
8	1,13E-04	1,26E-02	1/8.800	0,8%	88,5%
10	7,37E-05	1,26E-02	1/14.000	0,5%	89,0%
15	6,96E-05	1,27E-02	1/14.000	0,5%	89,5%
23	5,60E-05	1,28E-02	1/18.000	0,4%	89,9%
18	3,40E-05	1,28E-02	1/29.000	0,2%	90,1%
9	2,34E-05	1,28E-02	1/43.000	0,2%	90,3%
14	2,05E-05	1,28E-02	1/49.000	0,1%	90,4%
25	1,48E-05	1,29E-02	1/67.000	0,1%	90,5%
22	1,15E-05	1,29E-02	1/87.000	0,1%	90,6%
17	1,08E-05	1,29E-02	1/92.000	0,1%	90,7%
29	7,80E-06	1,29E-02	1/130.000	0,1%	90,7%
2	5,28E-06	1,29E-02	1/190.000	<0,1%	90,8%
16	4,59E-06	1,29E-02	1/218.000	<0,1%	90,8%
21	4,05E-06	1,29E-02	1/250.000	<0,1%	90,8%
27	3,48E-06	1,29E-02	1/290.000	<0,1%	90,9%
31	2,59E-06	1,29E-02	1/390.000	<0,1%	90,9%
20	1,47E-06	1,29E-02	1/680.000	<0,1%	90,9%
13	6,73E-07	1,29E-02	<1/1.000.000	<0,1%	90,9%
28	3,87E-07	1,29E-02	<1/1.000.000	<0,1%	90,9%
24	3,34E-07	1,29E-02	<1/1.000.000	<0,1%	90,9%
30	1,52E-07	1,29E-02	<1/1.000.000	<0,1%	90,9%
12	1,16E-07	1,29E-02	<1/1.000.000	<0,1%	90,9%
26	3,57E-08	1,29E-02	<1/1.000.000	<0,1%	90,9%

Tabel 40: Overzicht scenariokansen op volgorde (hoogste kans bovenaan). Nummering van de scenario's is conform Tabel 39.

Bijlage G Kansen, gevolgen en risico's per scenario

Scenario	Scenariokans [per jaar]	Scenariokans [per jaar]	Onverwachte overstroming, geen evacuatie		Onverwachte overstroming, ongeorganiseerde evacuatie		Verwachte overstroming, ongeorganiseerde evacuatie		Verwachte overstroming, georganiseerde evacuatie	
			Schade(M€)	Slachtoffers	Schade(M€)	Slachtoffers	Schade(M€)	Slachtoffers	Schade(M€)	Slachtoffers
1	6,75E-03	1/150	23	0	23	0	23	0	23	0
5	1,97E-03	1/510	630	30	628	18	627	10	627	6
3	1,85E-03	1/540	853	37	851	22	850	12	849	7
7	8,26E-04	1/1.200	653	37	651	22	650	12	649	7
4	4,48E-04	1/2.200	865	37	863	22	862	12	861	7
11	3,54E-04	1/2.800	29	0	29	0	29	0	29	0
19	1,38E-04	1/7.300	635	30	634	18	632	10	632	6
6	1,14E-04	1/8.800	653	37	651	22	650	12	649	7
8	1,13E-04	1/8.800	508	14	508	8	507	5	507	3
10	7,37E-05	1/14.000	522	14	521	8	521	5	520	3
15	6,96E-05	1/14.000	431	10	430	6	430	3	430	2
23	5,60E-05	1/18.000	1315	125	1312	75	1309	41	1308	25
18	3,40E-05	1/29.000	1088	43	1086	26	1084	14	1083	9
9	2,34E-05	1/43.000	15	0	15	0	15	0	15	0
14	2,05E-05	1/49.000	924	24	923	14	922	8	921	5
25	1,48E-05	1/67.000	527	14	526	8	526	5	526	3
22	1,15E-05	1/87.000	1457	131	1453	79	1451	43	1449	26
17	1,08E-05	1/92.000	871	37	869	22	868	12	867	7
29	7,80E-06	1/130.000	1093	43	1091	26	1089	14	1089	9
2	5,28E-06	1/190.000	195	5	195	3	195	2	195	1

Scenario	Scenariokans [per jaar]	Scenariokans [per jaar]	Onverwachte overstroming, geen evacuatie		Onverwachte overstroming, ongeorganiseerde evacuatie		Verwachte overstroming, ongeorganiseerde evacuatie		Verwachte overstroming, georganiseerde evacuatie	
			Schade(M€)	Slachtoffers	Schade(M€)	Slachtoffers	Schade(M€)	Slachtoffers	Schade(M€)	Slachtoffers
16	4,59E-06	1/218.000	1247	49	1244	30	1243	16	1242	10
21	4,05E-06	1/250.000	659	37	657	22	655	12	655	7
27	3,48E-06	1/290.000	929	24	928	14	927	8	927	5
31	2,59E-06	1/390.000	1462	131	1458	79	1456	43	1455	26
20	1,47E-06	1/680.000	1041	49	1038	30	1037	16	1036	10
13	6,73E-07	<1/1.000.000	530	19	529	12	528	6	528	4
28	3,87E-07	<1/1.000.000	1252	49	1250	30	1248	16	1247	10
24	3,34E-07	<1/1.000.000	513	14	513	8	512	5	512	3
30	1,52E-07	<1/1.000.000	1046	49	1044	30	1042	16	1041	10
12	1,16E-07	<1/1.000.000	1023	33	1021	20	1020	11	1020	7
26	3,57E-08	<1/1.000.000	1028	33	1027	20	1025	11	1025	7

Scenario	Scenariokans [per jaar]	Scenariokans [per jaar]	Waterstand		Onverwachte overstroming, geen evacuatie		Onverwachte overstroming, ongeorganiseerde evacuatie		Verwachte overstroming, ongeorganiseerde evacuatie		Verwachte overstroming, georganiseerde evacuatie	
			Debiet Dalfsen [m ³ /s]	Waterstand IJsselmeer [m+NAP]	Economisch risico [euro/jr]	Slachtoffer risico [1/jr]	Economisch risico [euro/jr]	Slachtoffer risico [1/jr]	Economisch risico [euro/jr]	Slachtoffer risico [1/jr]	Economisch risico [euro/jr]	Slachtoffer risico [1/jr]
1	6,75E-03	1/150	401	0,54	3,16E+04	2,49E-04	1,26E+04	5,98E-05	6,32E+04	1,64E-04	5,06E+04	7,95E-05
5	1,97E-03	1/510	691	1,27	2,48E+05	1,18E-02	9,91E+04	2,82E-03	4,95E+05	7,76E-03	3,95E+05	3,76E-03
3	1,85E-03	1/540	349	0,44	1,54E+05	3,71E-03	6,16E+04	8,90E-04	3,08E+05	2,45E-03	2,46E+05	1,19E-03
7	8,26E-04	1/1.200	319	0,37	2,16E+05	2,06E-02	8,63E+04	4,95E-03	4,31E+05	1,36E-02	3,45E+05	6,60E-03
4	4,48E-04	1/2.200	392	0,52	7,75E+04	3,33E-03	3,09E+04	7,98E-04	1,54E+05	2,20E-03	1,23E+05	1,06E-03
11	3,54E-04	1/2.800	330	0,39	1,08E+03	2,13E-05	4,31E+02	5,10E-06	2,15E+03	1,40E-05	1,72E+03	6,80E-06
19	1,38E-04	1/7.300	377	0,49	1,74E+04	8,23E-04	6,93E+03	1,97E-04	3,46E+04	5,43E-04	2,76E+04	2,63E-04
6	1,14E-04	1/8.800	302	0,34	1,48E+04	8,42E-04	5,92E+03	2,02E-04	2,95E+04	5,56E-04	2,36E+04	2,69E-04
8	1,13E-04	1/8.800	418	0,56	1,15E+04	3,15E-04	4,60E+03	7,56E-05	2,30E+04	2,08E-04	1,84E+04	1,01E-04
10	7,37E-05	1/14.000	499	0,75	7,49E+03	2,05E-04	2,99E+03	4,92E-05	1,49E+04	1,35E-04	1,20E+04	6,56E-05
15	6,96E-05	1/14.000	519	0,79	5,79E+03	1,39E-04	2,31E+03	3,34E-05	1,16E+04	9,19E-05	9,24E+03	4,45E-05
23	5,60E-05	1/18.000	738	1,39	1,47E+04	1,40E-03	5,85E+03	3,35E-04	2,92E+04	9,22E-04	2,33E+04	4,47E-04
18	3,40E-05	1/29.000	792	1,53	4,28E+03	2,03E-04	1,71E+03	4,86E-05	8,52E+03	1,34E-04	6,81E+03	6,48E-05
9	2,34E-05	1/43.000	417	0,58	7,13E+01	1,41E-06	2,85E+01	3,37E-07	1,42E+02	9,27E-07	1,14E+02	4,49E-07
14	2,05E-05	1/49.000	220	0,24	1,71E+03	4,10E-05	6,81E+02	9,84E-06	3,40E+03	2,71E-05	2,72E+03	1,31E-05
25	1,48E-05	1/67.000	411	0,56	1,51E+03	4,13E-05	6,03E+02	9,91E-06	3,01E+03	2,73E-05	2,41E+03	1,32E-05
22	1,15E-05	1/87.000	496	0,74	3,02E+03	2,88E-04	1,21E+03	6,92E-05	6,02E+03	1,90E-04	4,81E+03	9,22E-05
17	1,08E-05	1/92.000	445	0,63	1,88E+03	8,05E-05	7,49E+02	1,93E-05	3,74E+03	5,32E-05	2,99E+03	2,58E-05
29	7,80E-06	1/130.000	473	0,69	9,83E+02	4,65E-05	3,92E+02	1,12E-05	1,96E+03	3,07E-05	1,56E+03	1,49E-05
2	5,28E-06	1/190.000	421	0,58	5,54E+02	2,02E-05	2,21E+02	4,84E-06	1,11E+03	1,33E-05	8,84E+02	6,45E-06
16	4,59E-06	1/218.000	518	0,78	7,94E+02	3,41E-05	3,17E+02	8,18E-06	1,58E+03	2,25E-05	1,26E+03	1,09E-05
21	4,05E-06	1/250.000	433	0,61	5,29E+02	3,00E-05	2,11E+02	7,20E-06	1,05E+03	1,98E-05	8,41E+02	9,60E-06

Scenario	Scenariokans [per jaar]	Scenariokans [per jaar]	Waterstand		Onverwachte overstroming, geen evacuatie		Onverwachte overstroming, ongeorganiseerde evacuatie		Verwachte overstroming, ongeorganiseerde evacuatie		Verwachte overstroming, georganiseerde evacuatie	
			Debiet Dalfsen [m ³ /s]	Waterstand IJsselmeer [m+NAP]	Economisch risico [euro/jr]	Slachtoffer risico [1/jr]	Economisch risico [euro/jr]	Slachtoffer risico [1/jr]	Economisch risico [euro/jr]	Slachtoffer risico [1/jr]	Economisch risico [euro/jr]	Slachtoffer risico [1/jr]
27	3,48E-06	1/290.000	470	0,68	2,90E+02	6,97E-06	1,16E+02	1,67E-06	5,79E+02	4,60E-06	4,63E+02	2,23E-06
31	2,59E-06	1/390.000	407	0,54	6,78E+02	6,46E-05	2,70E+02	1,55E-05	1,35E+03	4,26E-05	1,08E+03	2,07E-05
20	1,47E-06	1/680.000	597	0,96	1,92E+02	1,09E-05	7,66E+01	2,62E-06	3,82E+02	7,20E-06	3,06E+02	3,49E-06
13	6,73E-07	<1/1.000.000	797	1,53	2,05E+00	4,04E-08	8,19E-01	9,70E-09	4,09E+00	2,67E-08	3,27E+00	1,29E-08
28	3,87E-07	<1/1.000.000	370	0,47	6,70E+01	2,88E-06	2,67E+01	6,90E-07	1,34E+02	1,90E-06	1,07E+02	9,20E-07
24	3,34E-07	<1/1.000.000	526	0,80	3,39E+01	9,28E-07	1,35E+01	2,23E-07	6,77E+01	6,12E-07	5,41E+01	2,97E-07
30	1,52E-07	<1/1.000.000	529	0,80	1,99E+01	1,13E-06	7,94E+00	2,71E-07	3,96E+01	7,46E-07	3,17E+01	3,62E-07
12	1,16E-07	<1/1.000.000	547	0,84	1,18E+01	3,22E-07	4,70E+00	7,72E-08	2,35E+01	2,12E-07	1,88E+01	1,03E-07
26	3,57E-08	<1/1.000.000	516	0,78	3,75E+00	1,36E-07	1,50E+00	3,27E-08	7,47E+00	8,99E-08	5,97E+00	4,36E-08

Bijlage H Colofon

Uitgegeven door

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

Betrokken beheerder

Waterschap Groot Salland
Waterschap Reest en Wieden

Betrokken Provincie

Overijssel

Projectteam dijkkring 9

Projectleider:
Bob van Bree

Begeleiding vanuit het projectbureau:
Fred Havinga

Projectteam:

Maurits van Dijk
Nander van der Plicht
Roelant van Dam
Jeroen Overman
Barbara Bouman

Kwaliteitsborging

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