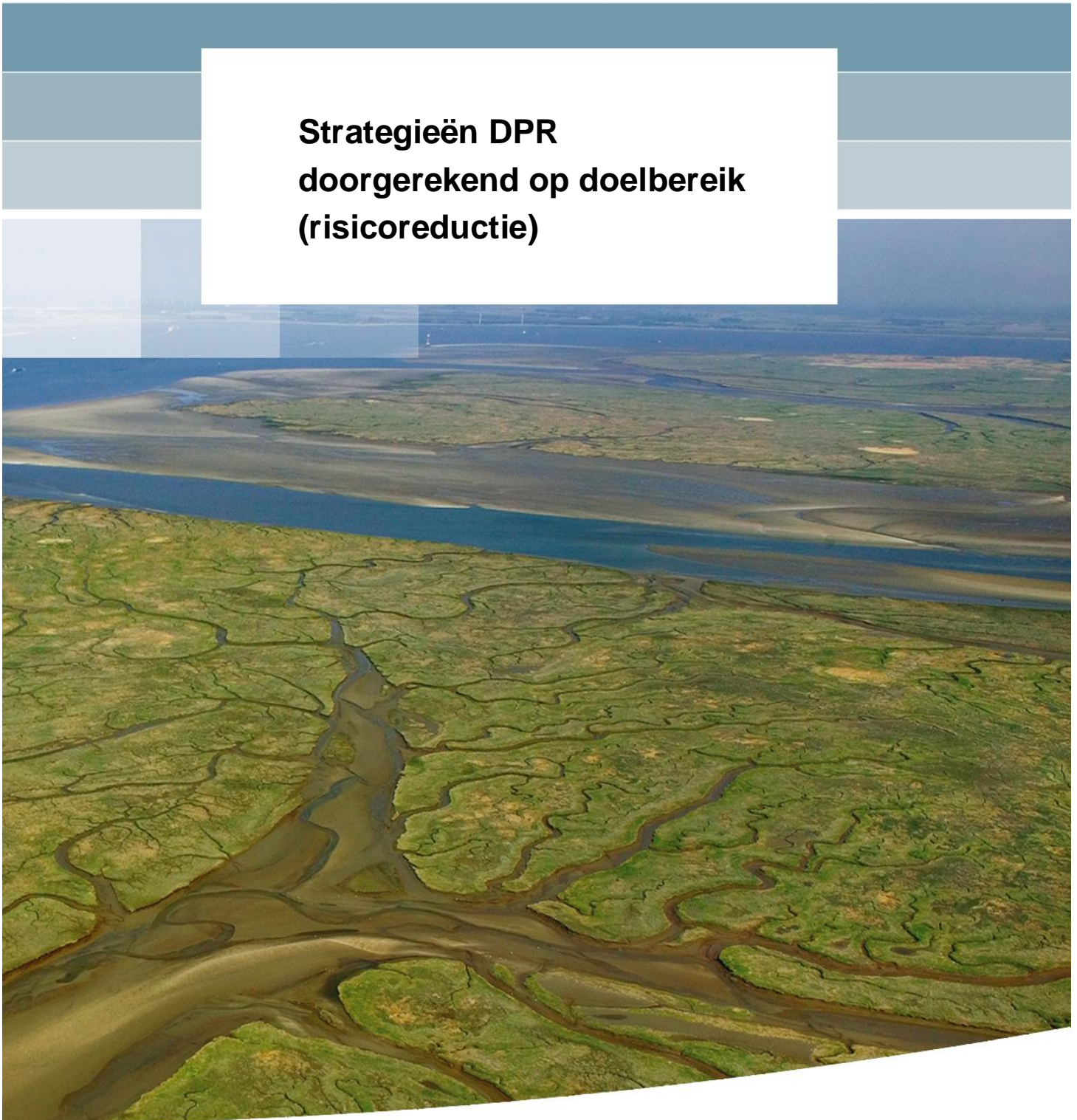


**Strategieën DPR
doorgerekend op doelbereik
(risicoreductie)**



Strategieën DPR doorgerekend op doelbereik (risicoreductie)

Nathalie Asselman

1209392-000

Titel

Strategieën DPR doorgerekend op doelbereik (risicoreductie)

Opdrachtgever	Project	Kenmerk	Pagina's
Deltaprogramma Rivieren	1209392-000	1209392-000-VEB-0030	46

Trefwoorden

Deltaprogramma, rivieren, doelbereik, overstromingsrisico, dijkversterking, rivierverruiming.


Samenvatting

Doel van deze studie was om het doelbereik vast te stellen van zowel de referentiestrategie (RS; waarbij alles met dijken wordt opgelost) als voorkeursstrategie (VKS; bestaande uit een mix van dijkversterking en rivierverruiming) van het Deltaprogramma Rivieren en om na te gaan of de strategieën economisch gezien efficiënt zijn. Doelbereik is in dit rapport gedefinieerd als de mate waarin het overstromingsrisico afneemt. Dit betekent dat de berekende baten alleen betrekking hebben op 'waterveiligheid'.

Geconcludeerd wordt dat beide strategieën een baat hebben die groter is dan de geraamde kosten (beide strategieën zijn dus kosteneffectief en kunnen economisch gezien dus uit). Hoewel beide strategieën langs de meeste riviertakken kosteneffectief zijn moet worden opgemerkt dat de RS effectiever is dan de VKS. De extra baat die de VKS oplevert in termen van risicoreductie wegen nergens op tegen de meerkosten die rivierverruiming met zich mee brengt. Met andere woorden: de baat van de RS en de VKS is ongeveer even groot, maar de VKS is duurder dan de RS. Hierbij dient wel te worden opgemerkt dat aanvullende baten, zoals ruimtelijke kwaliteit, robuustheid van het systeem en delfstoffen, niet zijn meegenomen.

Referenties

-

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
04	juni 2014	Nathalie Asselman	NA	Frans Klijn	FK	Cees van de Guchte	

Status

definitief

Inhoud

1 Inleiding	1
1.1 Achtergrond	1
1.2 Over dit rapport	1
1.3 Onderzoeksvragen	1
2 Doelbereik	3
2.1 Definitie	3
2.2 Overstromingsrisico's	3
2.3 Economische effectiviteit	4
3 Werkwijze	5
3.1 Inleiding	5
3.2 Bepaling huidig overstromingsrisico	5
3.3 Bepaling economisch risico in 2050 zonder dat maatregelen worden getroffen	7
3.4 Bepaling economisch risico in 2050 nadat maatregelen worden getroffen	9
3.4.1 Referentiestrategie (alleen dijkversterking)	9
3.4.2 Voorkeursstrategie (rivierversuiming & dijkversterking)	9
3.5 Contante waarde van het overstromingsrisico	9
3.6 Vergelijking met Deltaprogramma Veiligheid	11
4 Resultaten	13
4.1 Inleiding	13
4.2 Het huidige risico	13
4.2.1 Verdeling van het landelijke overstromingsrisico	13
4.2.2 Verdeling van het overstromingsrisico binnen het rivierengebied	14
4.3 Veranderingen in het overstromingsrisico als gevolg van klimaatverandering, economische groei en de implementatie van maatregelen	16
4.3.1 Inleiding	16
4.3.2 Overstromingsrisico's in het rivierengebied – een overzicht	16
4.3.3 Overstromingsrisico's per riviertak	17
4.4 Contante waarde overstromingsrisico (grensinvesteringsbedrag)	20
5 Discussie	25
5.1 Inleiding	25
5.2 Relatie tussen decimeringshoogte en overstromingskans	25
5.3 Effect rivierversuiming op overstromingskans	27
5.4 Overstromingsrisico's buitendijks mogelijk overschat	31
5.5 Scenario's voor economische groei	31
5.6 Aanpassing evacuatiefractie	32
5.7 Slachtofferrisico	32
5.8 Aanvullende baten	33
5.9 VNK2	33
5.10 Moment van uitvoering	34
6 Conclusies	37
7 Referenties	39

Bijlage(n)

A	Overstromingskansen per dijkkringdeel 2^e referentie WV21	A-1
B	Ligging van WV21-dijktrajecten	B-1
C	Lengte van WV21-dijktrajecten in het rivierengebied	C-1
D	Vergelijking overstromingskansen volgens analysenorm DPR en normvoorstel DPV en DPR	D-1

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

In het najaar van 2013 is door het Deltaprogramma Rivieren (DPR) een voorkeursstrategie (VKS) opgesteld. Deze VKS is gericht op het verhogen van het beschermingsniveau in het rivierengebied conform de analysenorm van DPR, rekening houdend met nieuwe inzichten in piping en het lengte-effect, bodemdaling en klimaatverandering. De VKS van DPR is gebaseerd op de voorkeursstrategieën zoals aangeleverd door de regio's IJssel, Nederrijn/Lek, Waal, bedijkte Maas en Limburgse Maasvallei en bestaat uit een combinatie van dijkversterking en rivierverruimende maatregelen. Naast de VKS is ook een referentiestrategie (RS) opgesteld. Bij de RS is aangenomen dat de hele opgave (normaanscherping, klimaatverandering en bodemdaling) wordt opgelost met dijkversterking. Rivierverruimende maatregelen komen hier in niet voor.

De VKS en de RS worden beide beoordeeld op een aantal aspecten, waaronder kosten en baten (zie de vergelijkingssystematiek opgesteld voor het Deltaprogramma door Marchand et al., 2012 en Lamberigts et al., 2012). De kosten hebben betrekking op investeringskosten en kosten voor beheer en onderhoud van dijkversterkingen en rivierverruimende maatregelen. De baten bestaan uit de reductie van het economische risico en het slachtofferrisico. Deze reductie van het overstromingsrisico wordt ook wel het 'doelbereik' genoemd. Hoe groter de risicoreductie, des te groter het doelbereik van de strategie.

De verhouding tussen de kosten en de baten bepaalt of een strategie economisch efficiënt is ("kunnen de voorgestelde maatregelen economisch uit?"). Door de contante waarde van het resterende risico en de investeringskosten bij elkaar op te tellen krijgt men inzicht in de totale kosten behorend bij een strategie. Zo kan bepaald worden welke strategie de laagste totale kosten heeft en dus economisch het meest doelmatig is.

1.2 Over dit rapport

Dit rapport gaat in op de gevolgde aanpak en de resultaten bij het beoordelen van de VKS en de RS van DPR op baten/doelbereik (risicoreductie). Voor de kostenramingen wordt verwezen naar Levelt (2014) voor de rivierverruimende maatregelen en naar Asselman en Van der Zwan (2014) en Ouwerkerk et al. (2014) voor de dijkversterkingen.

1.3 Onderzoeksvragen

Vragen die in dit rapport beantwoord worden zijn:

- Hoe is het huidige risico berekend en wat is de omvang van het huidige risico?
- Hoe is de toename van het risico tot 2050 berekend?
- Hoe is het effect van maatregelen op dit risico bepaald?
- Wat is het effect van de VKS en de RS op het risico?
- Zijn beide strategieën kosteneffectief?
- Welke strategie is economisch gezien het meest effectief?

2 Doelbereik

2.1 Definitie

Het doel van DPR is primair om het overstromingsrisico in het riviereengebied te beperken. Vanwege dit doel, wordt doelbereik hier gelijk gesteld aan de reductie van het overstromingsrisico. Eventuele nevendoelen (zoals natuurontwikkeling) of bijkomende baten in de vorm van grondstoffen of meekoppelkansen voor gebiedsontwikkeling, zijn buiten beschouwing gelaten.

Doelbereik is in dit rapport dus gedefinieerd als de mate waarin het overstromingsrisico afneemt. Het gaat hierbij om het economische risico en het gemonetariseerde slachtofferrisico. Om dit vast te kunnen stellen, dient te worden nagegaan hoe de overstromingskansen veranderen en hoe de gevolgen veranderen (schade en slachtoffers).

2.2 Overstromingsrisico's

Het is te verwachten dat, wanneer we de dijken niet versterken, de overstromingskansen toe zullen nemen als gevolg van klimaatverandering. Immers, hoe vaker het hoogwater is en hoe hoger de hydraulische belastingen worden, des te groter de kans dat er een dijkdoorbraak plaatsvindt. De overstromingskansen kunnen verkleind worden door de dijken te versterken, of door de hydraulische belasting te verlagen, bijvoorbeeld met rivierverruimende maatregelen.

Wanneer de buitenwaterstand stijgt als gevolg van klimaatverandering, zullen ook de gevolgen van een overstroming toenemen. Immers, door het grotere verschil tussen waterstand buitendijks en maaiveld binnendijks stroomt het water met grotere kracht naar binnen. De bres kan daardoor sneller groeien en ook breder worden. Samen met de hogere stroomsnelheden door de bres resulteert dit in een groter instroomvolume van water en daarmee in een groter overstroomd oppervlak en/of grotere waterdieptes. De schade zal dus groter zijn. Ook wanneer de buitenwaterstand gelijk blijft zal de gevolgschade kunnen toenemen door economische groei. De gevolgen kunnen worden verkleind door de buitenwaterstand te verlagen, bijvoorbeeld met rivierverruimende maatregelen, of door de schade te beperken, bijvoorbeeld door niet in overstroombare gebieden te bouwen of aangepast te bouwen.

De RS bestaat uit dijkversterking. Het doelbereik van de RS zal daarom vooral veroorzaakt worden door een verkleining van de overstromingskansen. De gevolgen worden niet beperkt. De VKS bestaat uit een combinatie van dijkversterking en rivierverruiming. Beide type maatregelen zorgen voor een kleinere kans op overstromen. Daarnaast zorgen de rivierverruimende maatregelen voor een beperking van de gevolgen.

Langs de meeste riviertakken is vooral sprake van een overstromingsrisico in de binnendijkse gebieden. De kans op een overstroming in de uiterwaarden is veel groter, maar de schade is hier beperkt. Dit geldt niet voor de Limburgse Maasvallei. Een groot deel van het overstromingsrisico hangt samen met de dijkringen in dit gebied, maar de onbedijkte gebieden dragen eveneens bij aan het overstromingsrisico. Dijkversterking heeft geen invloed op het risico in deze buitendijkse gebieden. Rivierverruiming daarentegen zorgt er voor dat waterstanden lager worden, waardoor gebieden minder vaak overstromen en minder diep

onder water komen te staan. Het overstroomd oppervlak (het oppervlak van het winterbed van de Limburgse Maas) zal ook kleiner zijn. Het doelbereik van de RS en de VKS wordt daarom bepaald als de risicoreductie binnendijs. Alleen in de Limburgse Maasvallei wordt ook de risicoreductie in buitendijkse gebieden in beschouwing genomen.

2.3 Economische effectiviteit

De mate van doelbereik (risicoreductie) wordt uitgedrukt in euro's per jaar. Om een indruk te krijgen van de economische doelmatigheid van een strategie, kunnen de kosten en de baten contant worden gemaakt.

Door doelbereik contant te maken kunnen baten worden vergeleken met de investeringskosten. Zo kan worden nagegaan of een strategie leidt tot een baten/kostenverhouding die groter is dan 1. Zo ja, dan is de strategie economisch gezien doelmatig (de baten zijn dan groter dan de kosten). Door de contante waarde van de kosten en van het (rest)risico bij elkaar op te tellen kan bovendien worden nagegaan welke strategie tot de laagste totale kosten leidt (de som van investeringskosten en verwachte schade is het kleinst). De strategie met de laagste totale kosten is, economisch gezien, dus het meest aantrekkelijk voor de maatschappij als geheel.

3 Werkwijze

3.1 Inleiding

Het doelbereik van de RS en de VKS is gedefinieerd als de mate waarin beide strategieën het overstromingsrisico reduceren. Het gaat dan om het verschil tussen het risico dat zou bestaan wanneer geen maatregelen worden getroffen en het risico dat bestaat wanneer de maatregelen uit de RS dan wel de VKS worden gerealiseerd.

Om het doelbereik vast te kunnen stellen worden daarom de volgende risico's berekend:

- Het huidige overstromingsrisico, na uitvoering van Ruimte voor de Rivier en Maaswerken (dit is het overstromingsrisico behorend bij de 2^e referentie uit WV21);
- Het overstromingsrisico in 2050 zonder dat maatregelen worden getroffen, ook geen dijkversterking om bijvoorbeeld het pipingprobleem op te lossen (overstromingskansen nemen dus nog verder toe);
- Het economische risico in 2050 wanneer de maatregelen worden getroffen die deel uitmaken van de RS of de VKS (de overstromingskansen worden in dat geval gelijk aan de analysenorm van DPR).

3.2 Bepaling huidig overstromingsrisico

We sluiten zo veel mogelijk aan bij **uitgangspunten en gegevensbestanden van WV21**. We berekenen het overstromingsrisico op dezelfde wijze en maken gebruik van dezelfde basisgegevens. Er is gekozen om aan te sluiten op WV21, omdat deze gegevens bij aanvang van deze studie landsdekkend beschikbaar waren. VNK2-resultaten waren op dat moment slechts voor een aantal dijkkringen beschikbaar. Inmiddels is het Deltaprogramma Veiligheid overgestapt op VNK2-resultaten. Echter, omdat de resterende tijd beperkt is en de resultaten lange tijd niet stabiel waren (er werden nog fouten hersteld), was het voor DPR niet mogelijk om de berekeningen opnieuw te doen. Uitgangspunt blijft daarom de werkwijze en database van WV21.

Dit betekent dat:

- De huidige **overstromingskansen per dijkkringdeel** gelijk zijn aan de overstromingskansen in de **2^e referentie WV21**. Deze kansen zijn in het rivierengebied een factor 3 tot 5 groter dan de huidige normen in termen van overschrijdingskansen. Zo is de norm (overschrijdingskans) in het bovenrivierengebied, met uitzondering van de Limburgse dijkkringen, 1:1.250 per jaar. Voor grote dijkkringen, zoals de Betuwe, Tieler- en Culemborgerwaarden, is de overstromingskans volgens de 2^e referentie WV21 1:250 per jaar. Bij kleine dijkkringen is dit verschil minder groot. Een overzicht van de kansen per dijkkringdeel is opgenomen in Bijlage A.
- De conditionele **kans per breslocatie** gewogen wordt op basis van de lengte van het dijktraject waarvoor de bres representatief wordt gesteld. Bijvoorbeeld, wanneer een dijkkringdeel 10 km lang is en een breslocatie wordt representatief geacht voor een dijktraject met een lengte van 5 km, dan bedraagt de overstromingskans bij deze bres 50% van de overstromingskans van het dijkkringdeel.
- De **gevolgen per bres** zijn bepaald door de waterdiepte kaarten en stijgsnelheden zoals berekend bij overstromingssimulaties in te voeren in de schade- en slachtoffermodule van het HIS. Dit is gedaan in het kader van WV21. Wij maken gebruik van dezelfde basisgegevens. Voor de economische schade is prijspeil 2011 gehanteerd, inclusief de

opslagen zoals aangenomen in de MKBA WV21 (Kind, 2011). Dodelijke slachtoffers en getroffen zijn ook meegenomen in het economische risico door uit te gaan van 6,7 miljoen euro per slachtoffer en 12.000 euro per getroffene. Getroffenen zijn alle personen van wie het huis als gevolg van de overstroming onder water komt te staan. Bij het berekenen van het aantal slachtoffers is rekening gehouden met evacuatie. In het bovenrivierengebied is, conform WV21, uitgegaan van een evacuatiepercentage van 75%. In het overgangsgebied is voor de bressen die in het riviergedomineerde deel liggen uitgegaan van 75%. Verder benedenstrooms is uitgegaan van 15% evacuatie. Dit wijkt af van de percentages die zijn gehanteerd in WV21, waar in het overgangsgebied *overal* een percentage van 15% is gebruikt.

- Door de kansen en de gevolgen per bres te vermenigvuldigen wordt het risico per bres berekend. Samen bepalen zij 60% tot 80% van het risico behorend bij dit dijkkringdeel. De overige 20% tot 40% wordt bepaald door het risico van het bovenmaatgevende scenario, de zogenaamde **worst case**. Hierbij is aangenomen dat er meerdere bressen tegelijk kunnen ontstaan, wat tot meer schade leidt (zie ook De Bruijn en Van der Doef, 2011).
- Bij een aantal dijkkringen is rekening gehouden met bijkomende schade als gevolg van **negatieve systeemwerking**. Dit is het geval bij de volgende dijkkringen:
 - 48 (Rijn en IJssel) in verband met water dat uit de BovenRijn door kan stromen richting het IJsseldal;
 - 42 (Ooij en Millingen) in verband met grensoverschrijdende schade;
 - 38 (Bommelerwaard), 40 (Heerewaarden) en 41 (Land van Maas en Waal) in verband met water dat uit de Waal naar de Maas kan stromen;
 - 15 (Lopiker- en Krimpenerwaard) en 44 (Kromme Rijn) i.v.m. het overstromen van delen van dijkkring 14 (Centraal Holland) bij een doorbraak vanuit de Nederrijn/Lek omdat de C-keringen op de grens van deze dijkkringen niet hoog genoeg zijn.De bijkomende schadebedragen zijn overgenomen uit de MKBA WV21 (Kind, 2011). Bij de MKBA WV21 is in de basisvariant echter geen rekening gehouden met de systeemwerking tussen dijkkring 15, 44 en 14. Dat is in deze studie wel gedaan.
- De **schadebedragen** voor de dijkkringen langs de **Maas in Limburg** zijn overgenomen uit Kind (2013), omdat bij WV21 slechts naar 4 Limburgse dijkkringen is gekeken.

Kanttekeningen bij deze uitgangspunten:

- De **kansen** die gehanteerd worden in deze studie **wijken af van** de kansen zoals berekend in **VNK2** (zie Figuur 3.1). Dit betekent dat het economisch risico zoals dit berekend wordt door WV21 en DPR afwijken van de risico's berekend door VNK2. Op basis van Figuur 3.1 kan worden geconcludeerd dat de kansen in WV21 kleiner geschat zijn dan in VNK2 in dijkkringen ten noorden van de Waal, langs de Merwedese, de Nederrijn/Lek en de zuidkant van de Maas. In deze gebieden schat WV21 het overstromingsrisico ook lager in dan VNK2.



Figuur 3.1 Indicatie verschil in overstromingskansen WV21 – VNK2 (Bron: presentatie Projectgroep Risicobenadering DPV, 16 mei 2013)

3.3 Bepaling economisch risico in 2050 zonder dat maatregelen worden getroffen

Wanneer geen maatregelen worden getroffen, zal het risico in de toekomst toenemen als gevolg van:

- Toename overstromingskans door hogere buitenwaterstand en seculiere zetting van dijken (“bodemdaling”);
- Toename van de gevolgen bij overstroming door economische groei;
- Toename van de gevolgen bij overstroming door een hogere buitenwaterstand en/of hogere afvoer (er stroomt dan meer water de dijkring in waardoor de waterdiepte en het overstroomd oppervlak toe kunnen nemen, met een toename van de schade als gevolg).

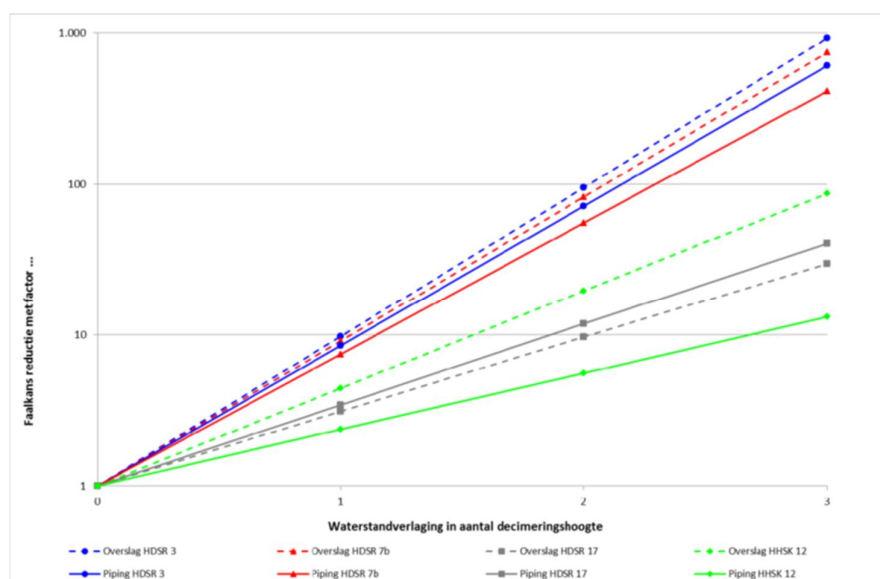
Om deze drie toenames te kunnen bereken worden de volgende aannames gedaan:

- De **verandering in de overstromingskans** per bres kan worden berekend **met behulp van de decimeringshoogtes**. De decimeringshoogte is het verschil in waterstand met een 10x kleinere overschrijdingskans. Dus bijv. het verschil tussen de waterstand die voorkomt bij een afvoer die 1 keer per 100 jaar wordt overschreden en de waterstand behorend bij een afvoer die 1 keer per 1000 jaar wordt overschreden. Deze decimeringshoogtes zijn overgenomen uit Witteveen en Bos (2008) en variëren ruwweg tussen 0,3 en 0,8 m. Wanneer de maatgevende waterstand met 1 decimeringshoogte stijgt (factor 10 verschil in overschrijdingskans), is aangenomen dat de faalkans 10x zo groot wordt.

- De toename van de gevolgen bij overstroming door economische groei wordt bepaald met behulp van **3 scenario's voor economische groei**. Dit zijn:
 - 1 Global Economy (GE), een scenario dat uitgaat van zeer sterke economische groei (tot 2050 met een factor 2,7);
 - 2 Regional Communities (RC), met zeer beperkte groei of zelfs krimp (tot 2050 met een factor 1,3);
 - 3 Transatlantic Market (TM), een soort "midden scenario" (tot 2050 met een factor 2,1).
 Het middenscenario Transatlantic Market (TM) wordt als standaardscenario gebruikt. De overige twee scenario's worden alleen gebruikt om een bandbreedte te bepalen (zie de discussie in hoofdstuk 5.5).
- Toename van de **gevolgen** bij overstroming door een hogere buitenwaterstand en/of hogere afvoer wordt bepaald op basis van overstromingsscenario's bij **bovenmaatgevende omstandigheden**. Voor alle breslocaties is de schade bij een doorbraak bij toetspeil vergeleken met de schade bij een bres bij toetspeil plus een decimeringshoogte (ofwel: bij een hoogwater met een 10x kleinere kans van voorkomen). Tussen deze waarden is geïnterpoleerd.

Kanttekeningen bij deze uitgangspunten:

- Het berekenen van de **verandering in overstromingskans met behulp van de decimeringshoogte** levert op een aantal trajecten realistische resultaten op, maar is **mogelijk niet overall correct**. Hierop wordt verder ingegaan in hoofdstuk 5.2.
- Het **TM scenario** voor economische groei maakt **geen** onderdeel uit van de **deltascenario's**. Dit scenario wordt toch meegenomen in de analyses omdat (1) het aansluit bij de uitgangspunten van WV21 en daarmee bij de discussie over mogelijke normaanscherping, (2) praktischer is om met een middenscenario te werken dan met bandbreedtes. Om een voorbeeld te geven: wanneer we de kosteneffectiviteit van een strategie vast willen stellen levert dit 8 grafieken op: 2 verschillende waarden voor het klimaatscenario x 2 waarden voor economische groei (GE en RC scenario) x 2 kostenramingen (boven en ondergrens) = $2 \times 2 \times 2 = 8$ varianten.



Figuur 3.2 Afname van de faalkans als functie van de waterstandsverlaging (Bron: presentatie Projectgroep Risicobenadering DPV, 16 mei 2013)

3.4 Bepaling economisch risico in 2050 nadat maatregelen worden getroffen

3.4.1 Referentiestrategie (alleen dijkversterking)

Wanneer maatregelen worden getroffen in de vorm van dijkversterking, zal het risico afnemen omdat de faalkans van de dijken afneemt.

Uitgangspunt:

- De overstromingskans per dijkringdeel wordt gelijk gesteld aan de “analysenorm” DPR;
- De kansbijdrage per bres wordt gewogen op basis van de lengte van het dijktraject waarvoor de bres representatief is (zie ook risico huidige situatie);
- De gevolgen worden berekend zoals beschreven in hoofdstuk 3.2.

Opmerkingen:

- Door een harde overstromingskans op te leggen spelen onzekerheden in de aanname met betrekking tot de relatie tussen verandering in overstromingskans en decimeringshoogte hier geen rol meer.

3.4.2 Voorkeursstrategie (rivierverruiming & dijkversterking)

Wanneer de strategie bestaat uit een combinatie van rivierverruimende maatregelen en dijkversterking, zal het risico afnemen als gevolg van:

- Afnahme overstromingskans door lagere buitenwaterstand en sterkere dijken;
- Kleinere gevolgen bij overstroming door een lagere buitenwaterstand (er stroomt dan minder water de dijkring in waardoor de waterdiepte en het overstromd oppervlak kleiner blijven, met een geringere schade als gevolg).

Uitgangspunten:

- De kans per dijkringdeel wordt gelijk gesteld aan de “analysenorm” DPR;
- De kansbijdrage per bres wordt gewogen op basis van de lengte van het dijktraject waarvoor de bres representatief is (zie ook risico huidige situatie);
- Gevolgen bij een lagere buitenwaterstand worden bepaald op basis van overstromings-scenario's bij verschillende buitenwaterstanden. Voor alle breslocaties is de schade bij een doorbraak bij toetspeil vergeleken met de schade bij een bres bij toetspeil plus een decimeringshoogte (ofwel: bij een hoogwater met een 10x kleinere kans van voorkomen). Tussen deze waarden is geïnterpoleerd. In de incidentele gevallen dat de waterstand tot beneden het huidige toetspeil daalt wordt de schade geëxtrapoleerd.

Opmerkingen:

- Door een harde overstromingskans op te leggen spelen onzekerheden in de aanname m.b.t. de relatie tussen verandering in overstromingskans en decimeringshoogte hier geen rol meer.

3.5 Contante waarde van het overstromingsrisico

Om na te kunnen gaan of een strategie economisch doelmatig is (baten groter dan de kosten), worden overstromingsrisico's contant gemaakt. Om de risico's contant te maken is het noodzakelijk dat het risico in de tijd bekend is. Dit betekent dat de toename van het risico bekend moet zijn als gevolg van een economische groei en een toename van de overstromingskans als gevolg van bijvoorbeeld klimaatverandering, maar ook dat bekend moet zijn op welk moment welke maatregel wordt uitgevoerd en hoe deze maatregel het

risico beïnvloedt. Deltares heeft voor het Deltaprogramma Rijnmond-Drechtsteden (DPRD) een speciale ‘tool’ (blokkendoos) ontwikkeld, waarbij maatregelen op verschillende momenten in de tijd genomen kunnen worden. De blokkendoos berekent de jaarlijkse risico's en maakt deze vervolgens contant. Bij DPRD is het aantal te selecteren maatregelen redelijk ‘overzichtelijk’. Dat is bij DPR niet het geval. De maatregelen die geselecteerd zijn in de VKS omvatten alleen al meer dan 200 rivierverruimende maatregelen. Die bovendien voor een deel nog moesten worden doorgerekend op waterstandsdaling. Het was daarom niet haalbaar om ook voor DPR een dergelijk instrument te ontwikkelen.

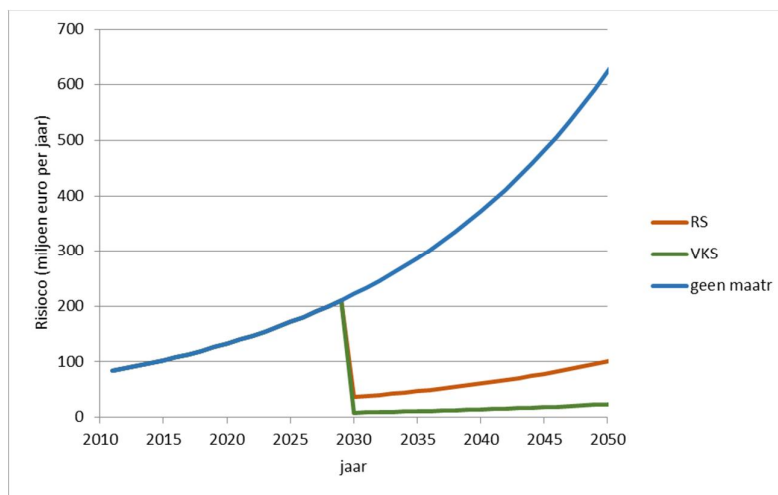
Omdat het voor DPR niet mogelijk is het risico in detail in de tijd te berekenen, is de volgende benadering gevolgd:

- Per riviertak is het huidige risico berekend en het risico in 2050 zonder dat maatregelen worden getroffen (dus ook geen dijkversterking).
- Door deze twee punten is een exponentiële functie gefit. De exponent wordt bepaald door de economische groei (1,9% conform het TM scenario) en de toename van de kans op en de gevolgen van een overstroming als gevolg van klimaatverandering. Een voorbeeld voor een dergelijke functie is te zien voor de Limburgse Maas in Figuur 3.3. De blauwe lijn toont hoe het risico langs de Limburgse Maas toeneemt in de tijd. Het huidige risico (2011) bedraagt ruim 80 miljoen euro per jaar. Wanneer geen maatregelen worden getroffen (ook geen maatregelen die deel uitmaken van de zogenaamde Ref+¹) neemt dit toe tot meer dan 600 miljoen euro per jaar in 2050. Het begin- en eindpunt van de lijn zijn dus berekende waarden. Het verloop daartussen is gefit met een exponentiële functie.
- Voor de RS en de VKS is berekend hoe groot het risico is in 2050. Het risico na implementatie van de RS (inclusief de maatregelen die deel uitmaken van de Ref+) is berekend op ongeveer 100 miljoen euro per jaar. Het risico dat resulteert na implementatie van de VKS is orde 25 miljoen euro per jaar. Dit grote verschil komt vooral doordat rivierverruiming een gunstig effect heeft op de schade in de buitendijkse gebieden².
- Aangenomen is dat alle maatregelen in 2030 worden uitgevoerd. Vanaf 2030 is het risico zonder maatregelen (blauwe lijn) verminderd met het verschil tussen het risico in 2050 zonder en met maatregelen. Bijvoorbeeld, in 2050 bedraagt het verschil in risico tussen de RS en de situatie zonder maatregelen ongeveer een factor 6. Aangenomen is dat het risico vanaf 2030 met deze factor wordt verlaagd. Dit resulteert in de oranje lijn in **Error! Reference source not found.** Hetzelfde is gedaan voor de VKS. De afname is hier nog veel groter. Dit is ook te zien aan de groene lijn in Figuur 3.3.
- Het oppervlak onder de verschillende functies bepaalt de contante waarde.

¹ Langs de Maas in Limburg is reeds een aantal rivierverruimende maatregelen voorzien om een groot deel van de klimaatopgave op te lossen. Deze maatregelen bestaan onder meer uit een aantal Vlaamse maatregelen en Ooije-Wanssum. De maatregelen maken geen deel uit van het Maaswerkenpakket en zijn daarom niet in de referentiesituatie voor 2015 opgenomen. Omdat financiering voor de maatregelen al rond is en sommigen ook al richting uitvoering gaan, zijn de maatregelen opgenomen in een aangepaste referentiesituatie. We noemen deze aangepaste referentiesituatie Ref+.

² Opgemerkt wordt dat de berekende schade in buitendijkse gebieden onzeker is omdat de schade slechts bekend is bij een beperkt aantal waterstanden. Daartussen is geïnterpoleerd en geëxtrapoleerd. Ook is de schade buitendijks mogelijk overschat omdat het schademodel (HIS-SSM) vooral bedoeld is voor toepassing op bedijkte gebieden, waar men er van uit mag gaan dat inwoners bij de inrichting van woningen en bedrijven geen rekening houden met de kans op overstromen.

- Het risico is contant gemaakt naar 2030, zodat de investeringsruimte of het grensinvesteringsbedrag (risicoreductie) één op één vergeleken kan worden met de kostenramingen voor de VKS en RS.
- Het verschil in CW tussen de RS en VKS in 2030 is gelijk aan de extra kosten die gemoeid mogen zijn met de VKS ten opzichte van de RS (bezien vanuit veiligheid en zonder rekening te houden met aanvullende baten in de vorm van bijvoorbeeld natuur of ruimtelijke kwaliteit).
- Opgemerkt wordt dat alleen risicoreductie is beschouwd als extra baat van de VKS. Wanneer ook de zachtere baten contant zouden worden gemaakt, neemt de investeringsruimte nog iets verder toe.



Figuur 3.3 Berekend verloop van het risico langs de Limburgse Maas, zonder maatregelen (blauwe lijn) en met uitvoering van de RS (oranje lijn) of VKS (groene lijn).

3.6 Vergelijking met Deltaprogramma Veiligheid

De uitgangspunten en basisgegevens van WV21 vormen het vertrekpunt van deze studie. Zoals eerder vermeld is er onvoldoende tijd om de ontwikkelde instrumenten aan te passen aan gebruik van de VNK2-gegevens zoals die momenteel gebruikt worden door DPV. DPV heeft de volgende aanpassingen doorgevoerd in de database (januari 2014) ten opzichte van de WV21 database:

- Nieuwe overstromingssimulaties: er zijn enkele overstromingssimulaties toegevoegd en/of aangepast;
- Enkele overstromingssimulaties zijn gecorrigeerd;
- Evacuatiefracties zijn aangepast: bij WV21 is voor het rivierengebied uitgegaan van een evacuatiepercentage van 75%. DPV gaat nu echter niet meer uit van de centrale schatting voor de evacuatiefracties, maar van de ondergrens van de bandbreedte. Hierdoor is de evacuatiefractie in het bedijkte deel van het rivierengebied 55%. Doordat het aantal achterblijvers verdubbelt, verdubbelt ook het aantal slachtoffers. In Limburg varieert de evacuatiefractie tussen de 50% en 82%, afhankelijk van de ligging van de dijkkring. Voor dijkkringen die grenzen aan hoge gronden is een percentage van 82% gebruikt. Voor de overige dijkkringen is uitgegaan van 50%;
- Aanpassing trajectindeling: sommige dijktrajecten zijn aangepast (opgesplitst of samengevoegd of ander begin en/of eindpunt);

- **Aanpassing referentiesituatie:** voor de overstromingskansen in de referentiesituatie wordt niet de 2^e referentie uit WV21 als uitgangspunt gebruikt, maar is zo veel mogelijk uitgegaan van de kansen berekend in VNK2. Voor een aantal dijkkringen in het rivierengebied betekent dit een twee tot vijf maal grotere overstromingskans. Aanpassing van de overstromingskansen heeft de grootste invloed op de berekende risico's.

De in deze studie uitgevoerde berekeningen zijn niet herhaald met de DPV database van 2014. Wel wordt globaal aangegeven welk effect wordt verwacht van aanpassing van de basisgegevens op de berekende risico's. Voor een indruk van de verdeling van de huidige overstromingsrisico's binnen Nederland is wel gebruik gemaakt van de database van DPV (februari 2014). Deze database bevat risico's per dijkkringdeel (in plaats van per bres).

4 Resultaten

4.1 Inleiding

In dit hoofdstuk rapporteren we de berekende risico's voor de huidige situatie en in 2050. De baten van de RS en de VKS worden besproken. Voordat we de risicoreductie per regio presenteren gaan we eerst kort in op de verdeling van het huidige risico over heel Nederland en binnen het rivierengebied.

Opgemerkt wordt dat de hier getoonde risico's vrijwel steeds berusten op de gegevens zoals gebruikt in WV21. Deze wijken af van de data die gebruikt zijn bij het meest recente normeringsvoorstellen van DPV (vanaf januari 2014). Voor de verdeling van het landelijke risico en het risico binnen het rivierengebied voor de huidige situatie, wordt een vergelijking gemaakt tussen het risico berekend met de WV21 gegevens en de meest recente gegevens van DPV (februari 2014).

4.2 Het huidige risico

4.2.1 Verdeling van het landelijke overstromingsrisico

Op basis van de WV21 data (2^e referentie), is door DPV het landelijke risico berekend. Uit die gegevens bleek dat 90% van het totale risico in het rivierengebied zat (Figuur 4.1.a). Het risico behorend bij de riviergedomineerde delen van het benedenrivierengebied is toebedeeld aan rivieren. Het gaat onder meer om dijkkring 15 (Lopiker- en Krimpenerwaard) bovenstrooms van Schoonhoven. Trajecten verder benedenstrooms zijn toebedeeld aan Rijnmond-Drechtsteden.

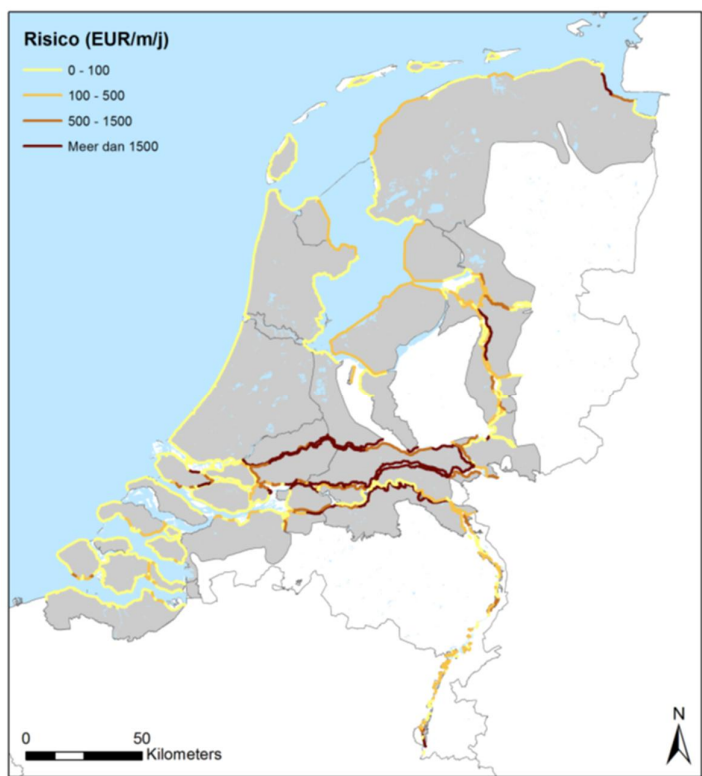
In januari 2014 heeft DPV het risico opnieuw berekend met de nieuwe gegevens (o.a. overstromingskansen conform VNK2, zie hoofdstuk 3.6). Het totale risico wordt veel groter geschat (1,4 miljard euro per jaar in plaats van 0,6 miljard euro per jaar). Ook het risico in het rivierengebied wordt groter geschat (ruim 1 miljard euro per jaar, in plaats van bijna 600 miljoen euro per jaar). Toch neemt het aandeel van het rivierengebied in het totale risico af van 90% tot 75% (Figuur 4.1.b).



Figuur 4.1 Landelijke verdeling van het overstromingsrisico (a) op basis van de gegevens uit WV21 en (b) op basis van de gegevens van DPV januari 2014

Het grote risico in het rivierengebied komt deels doordat het rivierengebied ook de meeste kilometers dijk kent. Echter, ook wanneer daar voor gecorrigeerd wordt door te kijken naar

het risico per meter dijk, blijft het risico het grootst in het rivierengebied. Dit blijkt ook uit Figuur 4.2.

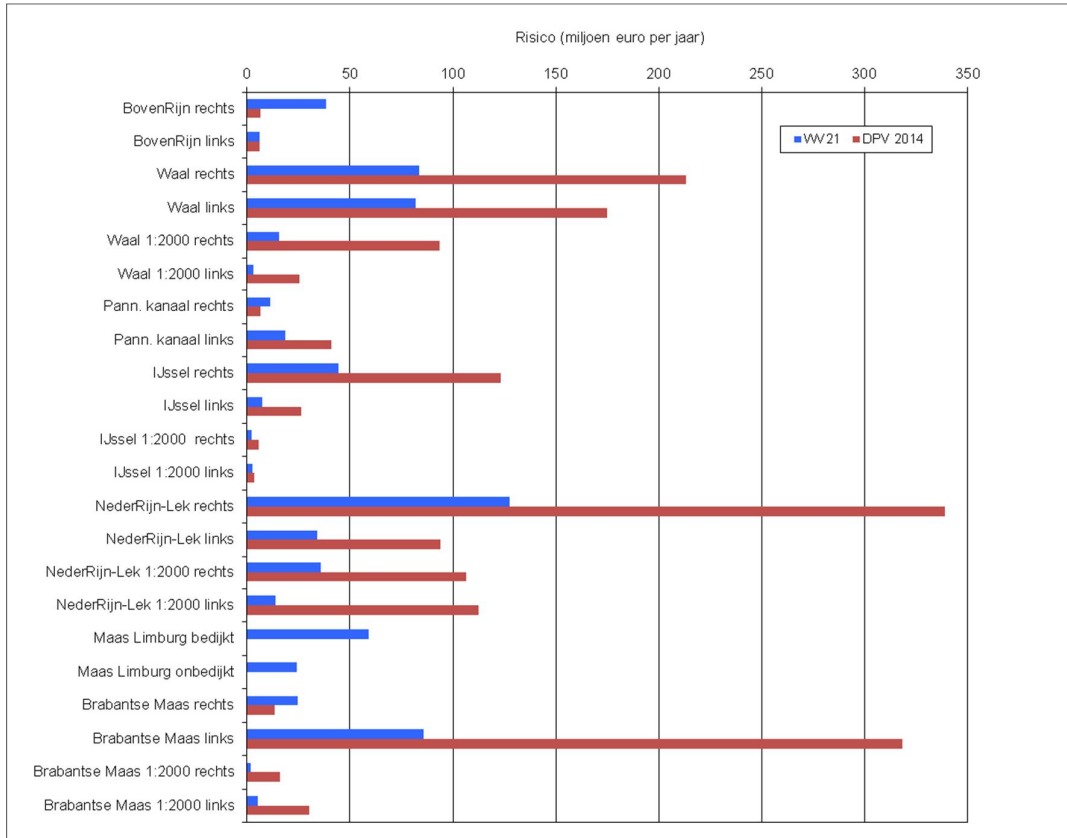


Figuur 4.2 Overstromingsrisico per meter dijk (gebaseerd op gegevens van DPV, februari 2014)

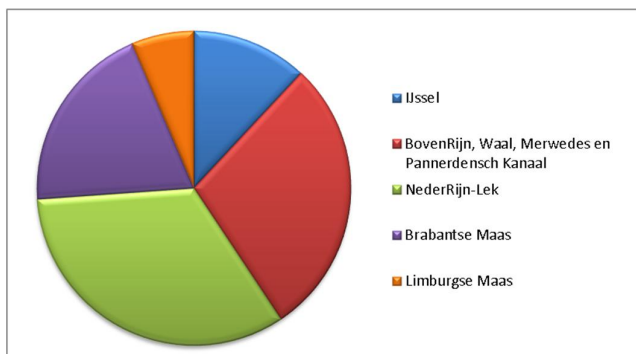
4.2.2 Verdeling van het overstromingsrisico binnen het rivierengebied

De verdeling van het risico binnen het rivierengebied is te zien in Figuur 4.3 en Figuur 4.4. Figuur 4.3 toont de absolute risico's berekend op basis van de WV21 gegevens en op basis van de gegevens van DPV uit 2014. Het valt op dat de aangepaste gegevens resulteren in een forse toename van het risico. Dit komt voor een groot deel door de aangepaste overstromingskansen. Immers, wanneer de overstromingskans volgens VNK2 twee keer groter is dan de kans volgens de 2^e referentie WV21, dan verdubbelt ook het risico. De evacuatiefractie heeft echter ook invloed. In de risico's berekend met de gegevens uit WV21 was ongeveer 10 tot 20% van de het risico gerelateerd aan slachtoffers (zie Kind, 2013). Doordat het aantal achterblijvers is verdubbeld, verdubbelt ook het slachtofferrisico. Zonder toename van de overstromingskans, zou dit dus al resulteren in een toename van het risico in het rivierengebied met 10 tot 20%. De toename als gevolg van de lagere aangenomen evacuatiefractie is echter ondergeschikt aan de toename als gevolg van de aangepaste kansen. Zo is de overstromingskans van dijkkring 36 (Brabantse Maas links) volgens DPV ongeveer 4 keer groter dan volgens de 2^e referentie WV21. Het risico berekend voor de Brabantse Maas links is daarmee ook vier keer groter volgens de nieuwe DPV berekeningen.

Op een aantal locaties is de overstromingskans volgens VNK kleiner dan volgens de 2^e referentie WV21. Dit is onder meer de oorzaak voor de lagere risico's bij DPV in 2014 op de rechter oever van de Brabantse Maas.



Figuur 4.3 Overstromingsrisico's berekend voor het rivierengebied uitgaande van de data uit WW21 (blauw) en DPV januari 2014 (rood)



Figuur 4.4 Verdeling van het overstromingsrisico binnen het rivierengebied op basis van de gegevens van DPV januari 2014³

³ De basisgegevens van DPV (ontvangen februari 2014) bevatten geen risico's voor de Limburgse Maas. Schattingen voor de Limburgse Maas in deze figuur zijn gebaseerd op de gegevens uit WW21.

4.3 Veranderingen in het overstromingsrisico als gevolg van klimaatverandering, economische groei en de implementatie van maatregelen

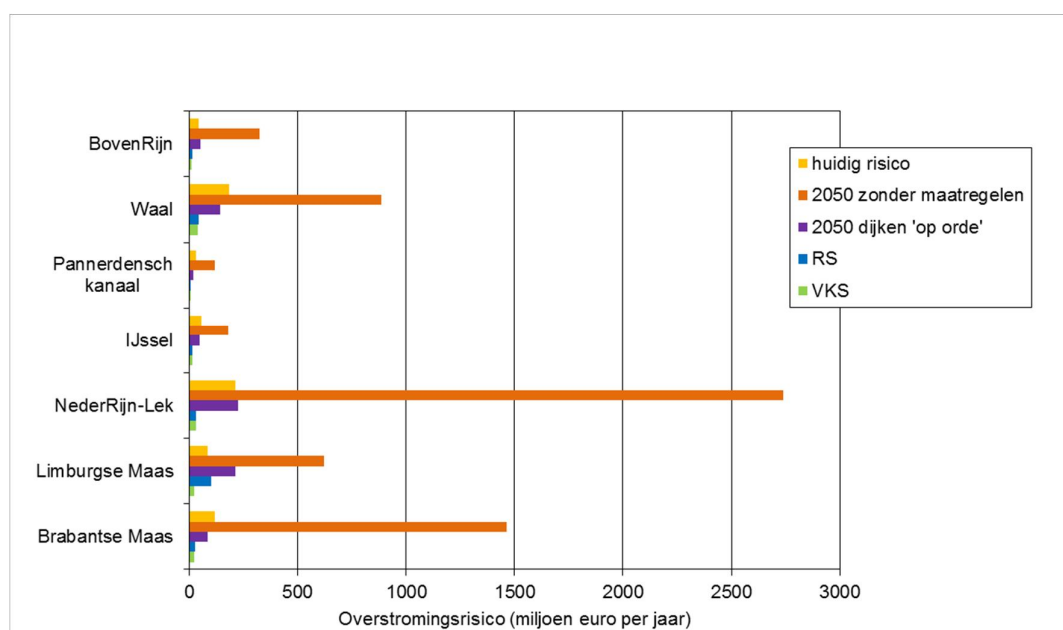
4.3.1 Inleiding

In onderstaande tekst wordt per regio in beeld gebracht hoe het overstromingsrisico toeneemt tot 2050 als gevolg van klimaatverandering en economische groei. Vervolgens wordt het risico berekend dat over zou blijven wanneer de dijken worden versterkt (RS), of wanneer rivierverruimingsmaatregelen worden uitgevoerd in combinatie met dijkversterking (VKS). Ter vergelijking is ook het risico gegeven wanneer de normen niet worden aangescherpt, maar alleen de nieuwe inzichten in het lengte-effect en piping worden doorgevoerd in het huidige beleid. De overstromingskans wordt dan min of meer gelijk aan de huidige normen in termen van overschrijdingkans. In de figuren in dit hoofdstuk is deze variant aangeduid met 'dijken op orde'.

Alle getoonde risico's berusten op de gegevens uit WV21. Deze wijken dus af van de risico's zoals DPV ze momenteel berekent (zie de verschillen in Figuur 4.3). Dit heeft consequenties voor de absolute waarden van het risico, maar niet (of in mindere mate) voor de relatieve verschillen tussen het risico nu en in 2050, en tussen de risico's bij de RS en de VKS.

De risico's die resteren na het behalen van de analysenorm wijken af van de risico's na het behalen van het normvoorstel van DPV 2014. De analysenorm is voorgesteld door DPR in april 2013 en gebruikt door de regio's bij het opstellen van hun VKS. De waarden wijken af van de meest recente voorstellen van DPR en van DPV. Een vergelijking is gegeven in Bijlage D. In onderstaande figuren is uitgegaan van de analysenorm van DPR.

4.3.2 Overstromingsrisico's in het rivierengebied – een overzicht



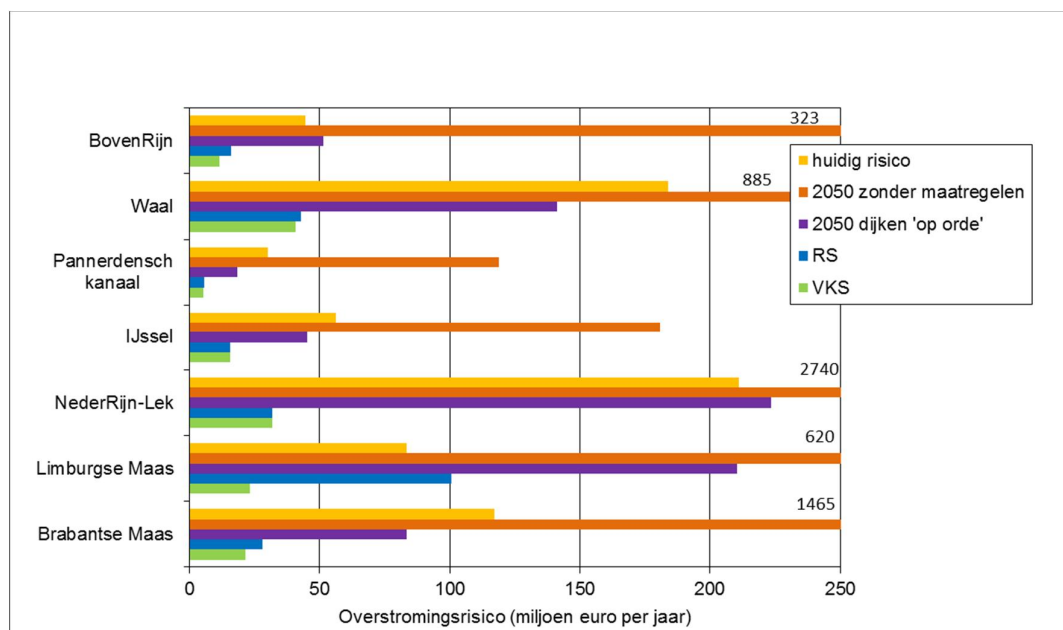
Figuur 4.5 Berekende overstromingsrisico's

Figuur 4.5 toont de berekende overstromingsrisico's langs de verschillende takken. De huidige risico's zijn het grootst langs de Waal en langs de Nederrijn/Lek (lichtoranje balkjes).

Wanneer we geen maatregelen treffen, dus ook geen dijkversterkingen uitvoeren, dan nemen de risico's zeer sterk toe. In 2050 zullen de risico's het grootst zijn langs de Nederrijn/Lek en de Brabantse Maas (donkeroranje balkjes). Wanneer er voor wordt gezorgd dat het piping-probleem wordt opgelost (bredere bermen) en de overstromingskans van de dijkringen in 2050 gelijk is aan de huidige norm in termen van overschrijdingskans (1:1250 in het bovenrivierengebied, 1:2000 in de overgangsgebieden en 1:250 langs de Maas in Limburg), dan neemt het risico af. Het risico is dan in 2050 van dezelfde orde grootte als het huidige risico (vergelijk lichtoranje en paarse balkjes). Wanneer de RS wordt uitgevoerd is het risico nog kleiner (blauwe balkjes). De VKS leidt tot het kleinste risico. De Nederrijn/Lek vormt hierop een uitzondering omdat de RS en de VKS hier identiek zijn. Ook bij een aantal andere riviertakken is het verschil tussen de RS en de VKS klein. Dit betekent dat de VKS qua doelbereik iets beter scoort dan de RS, maar dat het verschil beperkt is.

4.3.3 Overstromingsrisico's per riviertak

De resultaten worden kort per riviertak besproken. Hiervoor wordt verwezen naar Figuur 4.6. Deze figuur is identiek aan Figuur 4.5, alleen de schaal is aangepast om de verschillen tussen de RS en de VKS beter te kunnen laten zien.



Figuur 4.6 Berekende overstromingsrisico's. Figuur is identiek aan Figuur 4.5, maar dan ingezoomd.

Brabantse Maas

Figuur 4.5 laat zien dat het risico langs de Brabantse Maas met meer dan een factor 10 toeneemt. Economische groei zorgt voor een toename met een factor 2. De resterende factor 5 hangt samen met een toename van de overstromingskans en een toename van de gevolgen binnendijks als gevolg van grotere waterdieptes en een groter overstroomd oppervlak.

Het treffen van maatregelen heeft het volgende effect (Figuur 4.6 en Tabel 4.1):

- Wanneer de dijken zo worden versterkt dat de overstromingskans gelijk worden aan 1:1250 of 1:2000 per jaar, dan is het risico in 2050 kleiner dan het huidige risico.

- Realisatie van de RS leidt tot nog kleinere risico's.
- Bij realisatie van de VKS is het risico nog kleiner. Het verschil bedraagt in 2050 ongeveer 7 miljoen euro per jaar (21 in plaats van 28 miljoen euro per jaar).
- Het verschil in doelbereik tussen de RS en de VKS is relatief groot. Dit komt doordat:
 - Het pakket rivierverruimende maatregelen omvangrijk is. Het pakket is immers gericht op het oplossen van de klimaatopgave tot 2100 en resulteert in ongeveer 0,5 tot 0,8 m waterstands­daling.
 - Een lagere buitenwaterstand in dijkkring 36 (Land van Heusden/de Maaskant) tot een kleiner overstroomd oppervlak leidt en geringe waterdieptes. Er is hier dus duidelijk sprake van kleinere gevolgen bij een lagere buitenwaterstand. Een hogere buitenwaterstand met 0,8 m (klimaatopgave tot 2100) resulteert hier in 25% tot meer dan 100% grotere gevolgen (afhankelijk van de breslocatie).

Tabel 4.1 Overstromingsrisico langs de Brabantse Maas (miljoen euro per jaar)

	Risico Brabantse Maas
huidig risico	120
2050 zonder maatregelen	1465
2050 dijken 'op orde'	83
RS	28
VKS	21

Limburgse Maas

Klimaatverandering en economische groei zorgen voor een toename van het overstromingsrisico met ongeveer een factor 7. Economische groei zorgt voor een toename met een factor 2. De resterende factor 3 à 4 hangt samen met een toename van de overstromingskans en een toename van de gevolgen.

Tabel 4.2 Overstromingsrisico langs de Limburgse Maas (miljoen euro per jaar)

	Risico Limburgse Maas
huidig risico	80
2050 zonder maatregelen	620
2050 alleen maatregelen uit referentie plus	350
2050 dijken 'op orde'	210
RS	100
VKS	20

Het treffen van maatregelen heeft het volgende effect (Tabel 4.2):

- Wanneer de maatregelen uit de referentie plus worden uitgevoerd, neemt het risico langs de Limburgse Maas met bijna de helft af.
- Het op orde brengen van de dijken, zodat de overstromingskans in 2050 gelijk is aan 1:250 per jaar, resulteert in een verdere afname van het risico.
- Versterking van dijken tot deze voldoen aan de analysenorm (RS) zorgt voor een verdere afname van het risico tot ongeveer 100 miljoen euro per jaar. In de onbedijkte (buitendijkse) gebieden langs de Limburgse Maas heeft dit geen effect. Hier blijft het risico gelijk. De reductie is dus alleen het gevolg van een afname van het risico in de gebieden achter de Maaskades.
- Dijkversterking in combinatie met rivierverruiming (VKS) verkleint het risico nog verder. De sterke afname is vooral het gevolg van een afname van het overstromingsrisico in de buitendijkse gebieden (het winterbed buiten de kades)!

BovenRijn, Waal en Merwedees

Tabel 4.3 toont de berekende risico's langs de BovenRijn, Waal en Merwedees. De volgende conclusies kunnen worden getrokken:

- Wanneer geen maatregelen worden getroffen, neemt het risico tot 2050 met ongeveer een factor 5 toe.
- Versterking van de dijken tot de overstromingskans gelijk is aan de huidige overschrijdingskans, zorgt voor een forse afname van het risico (factor 6).
- Versterking van de dijken tot deze voldoen aan de analyse norm (RS) zorgt voor een nog verdere afname van het risico.
- Dijkversterking in combinatie met rivierverruiming verkleint het risico nog iets verder (VKS). De afname is met slechts ruim 10% kleiner dan langs de Brabantse en Limburgse Maas. Dit komt doordat:
 - de waterstandsverlaging op de meeste plekken minder is dan langs de Maas (het pakket met rivierverruimende maatregelen resulteert in een waterstandsval van 0,2 tot 0,4 m);
 - de dijkringen langs de Waal vrijwel geheel overstromen. Een verandering in waterdiepte heeft minder effect op de schade dan een verschil in overstroomd oppervlak.

Tabel 4.3 Overstromingsrisico langs de BovenRijn, Waal en Merwedees (miljoen euro per jaar)

	Risico BovenRijn, Waal en Merwedees
huidig risico	230
2050 zonder maatregelen	1210
2050 dijken 'op orde'	195
RS	59
VKS	52

Nederrijn/Lek

Tabel 4.4 toont de berekende risico's langs de Nederrijn/Lek. De volgende conclusies kunnen worden getrokken:

- Als er geen maatregelen worden getroffen, neemt het risico zeer sterk toe (met meer dan een factor 10). De toename is vooral het gevolg van een toename op de rechteroever van de Nederrijn/Lek.
- Economische groei zorgt voor een toename met een factor 2. De rest (ongeveer een factor 6) is het gevolg van een toename van de overstromingskans als gevolg van zeespiegelstijging en vooral van bodemdaling. Ook de gevolgen nemen toe bij een hogere buitenwaterstand, doordat het overstroomd oppervlak toeneemt. Dit speelt vooral op de rechter oever in het benedenstroomse deel van de Nederrijn/Lek.
- Het zo versterken van de dijken dat de overstromingskans in 2050 gelijk is aan de huidige norm in termen van overschrijdingskans, doet te toename van het risico bijna teniet.
- Dijkversterking tot de dijken voldoen aan de analysenorm (RS en VKS) verlaagt het risico tot ver beneden het huidige niveau. Dit komt door de zeer strenge normen die zijn voorgesteld voor dijkringen 15, 16, 44 en 45.

Tabel 4.4 Overstromingsrisico langs de Nederrijn/Lek (miljoen euro per jaar)

	Risico Nederrijn/Lek
huidig risico	210
2050 zonder maatregelen	2740
2050 dijken 'op orde'	225
RS	32
VKS	32

Pannerdensch Kanaal en IJssel

Tabel 4.5 toont de berekende risico's langs het Pannerdensch Kanaal en de IJssel. Dit leidt tot de volgende conclusies:

- Indien geen maatregelen worden getroffen, neemt het risico tot 2050 toe met een factor 3 à 4.
- Het op orde brengen van de dijken zodat de overstromingskans in 2050 gelijk is aan 1:1250 of 1:2000 (IJsseldelta), reduceert het risico tot beneden het huidige niveau.
- Dijkversterking tot de dijken voldoen aan de analysenorm (RS) verlaagt het risico nogmaals met een factor 3.
- De VKS (bestaande uit een combinatie van rivierverruiming en dijkversterking) resulteert in iets lager risico dan de RS. Het verschil is echter zeer gering omdat op de IJssel tot 2050 weinig rivierverruiming wordt gerealiseerd. Echter, het risico bij de RS is zo laag omdat de waterstandsval door de PKB-maatregelen met een lange-termijndoelstelling hier al wordt verzilverd. Indien maatregelen als Veessen-Wapenveld nu niet zouden worden uitgevoerd, dan zou het risico bij de RS veel groter zijn.

Tabel 4.5 Overstromingsrisico langs het Pannerdensch Kanaal en de IJssel (miljoen euro per jaar)

	Risico Pannerdensch Kanaal en IJssel
huidig risico	85
2050 zonder maatregelen	300
2050 dijken 'op orde'	65
RS	22
VKS	21

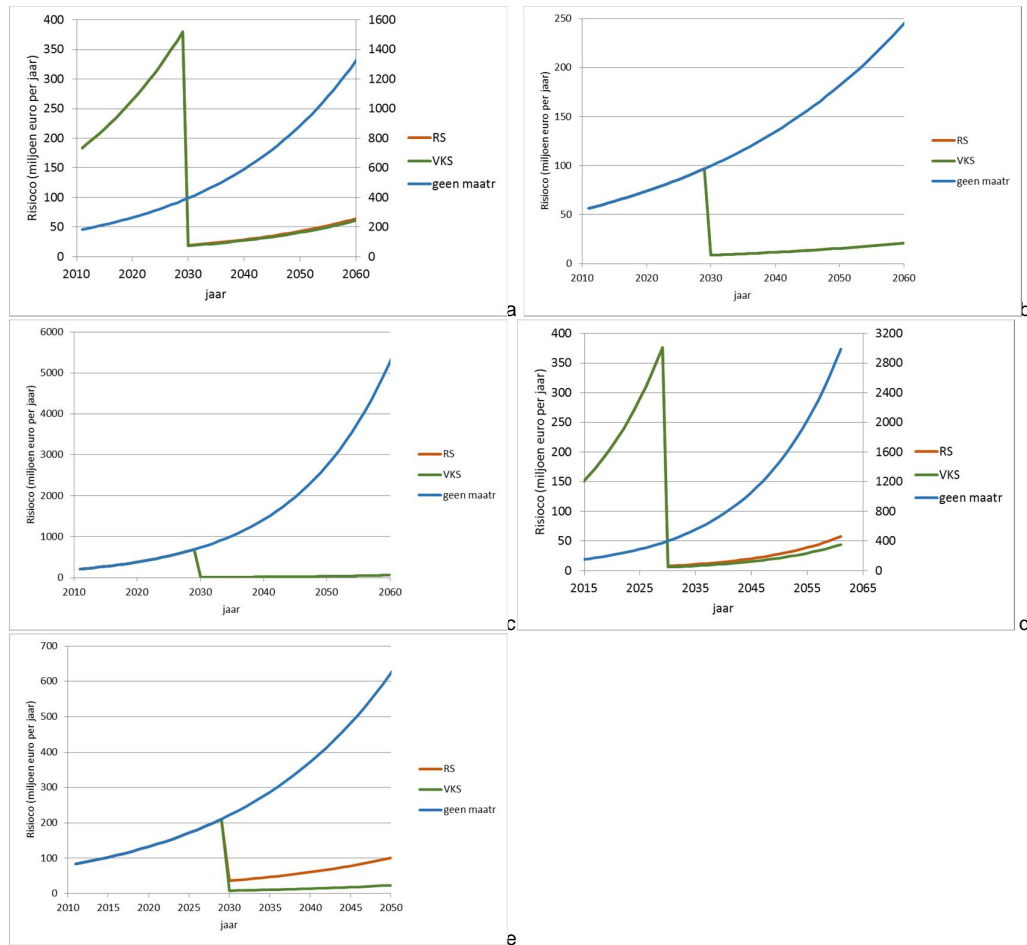
4.4 Contante waarde overstromingsrisico (grensinvesteringsbedrag)

Om na te kunnen gaan of een strategie economisch doelmatig is (baten groter dan de kosten), zijn de overstromingsrisico's contant gemaakt. Het verschil in contante waarde van het risico zonder dat er maatregelen worden getroffen en het risico na uitvoering van de RS en de VKS geeft het grensinvesteringsbedrag weer. Het gaat dan alleen om de investeringsruimte gerelateerd aan overstromingsrisico's. Eventueel aanvullende baten zijn daar niet in meegenomen.

In hoofdstuk 3.5 is uitgelegd hoe het risico contant is gemaakt. Hier worden de resultaten per riviertak getoond.

Figuur 4.7 toont het berekende verloop van het overstromingsrisico in de tijd. De blauwe lijn toont het verloop van het risico wanneer geen maatregelen zouden worden getroffen (ook geen maatregelen die deel uitmaken van de Ref+). De toename is het gevolg van

economische groei (1,9% per jaar) en van klimaatverandering en bodemdaling. Omdat het aandeel van de economische groei overal gelijk is, is het verschil in de mate waarin het risico toeneemt tussen de takken te wijten aan klimaatverandering en bodemdaling. Het effect van klimaatverandering en bodemdaling op het overstromingsrisico is op de IJssel veel kleiner dan bijvoorbeeld langs de bedijkte Maas in Brabant.



Figuur 4.7 Berekend verloop van het risico per riviertak, zonder maatregelen (blauwe lijn) en met uitvoering van de RS (oranje lijn) of VKS (groene lijn). (a) Waal, (b) IJssel, (c) Nederrijn/Lek, (d) Brabantse Maas, (e) Limburgse Maas. Voor de Waal en de Brabantse Maas is het risico zonder maatregelen ten opzichte van de rechter y-as getoond.

De oranje lijn toont het verloop van het risico wanneer in 2030 alle dijken worden versterkt zodat zij in 2050 voldoen aan de analysenorm. Dit is dus het effect van de RS. In alle riviertakken is een zeer sterke afname van het risico te zien.

De groene lijn toont het verloop van het risico wanneer in 2030 alle maatregelen uit de VKS worden uitgevoerd. Bij de Nederrijn/Lek is de VKS identiek aan de RS (daar worden immers geen rivierverruimende maatregelen genomen). De groene en oranje lijn liggen hier dus op elkaar. Bij de IJssel lijkt het alsof de lijnen ook op elkaar liggen. Dit is niet het geval. Wel is het verschil zeer klein. Dit komt doordat het VKS-pakket tot 2050 relatief weinig rivierverruimende maatregelen omvat omdat een groot deel van de klimaatopgave tot 2050 al is opgelost met de grote maatregelen die nu ingevolge de PKB worden uitgevoerd.

Tabel 4.6 toont het verschil in contante waarde van het risico na uitvoering van de RS en de VKS.

Tabel 4.6 Grensinvesteringsbedrag RS en extra investeringsruimte VKS per riviertak, gebaseerd op het verschil in contante waarde van het risico.

Riviertak	Grensinvesteringsbedrag RS (miljoen euro)	Extra investeringsruimte VKS (miljoen euro)
Pannerdensch Kanaal & IJssel	2.500	3
Boven Rijn, Waal & Merwedeb	9.000	60
Nederrijn/Lek	20.000	0
Brabantse Maas	12.000	54
Limburgse Maas	4.000 (2.100)*	656

*Voor de Limburgse Maas is uitgegaan van de huidige situatie zonder uitvoering van de maatregelen uit de Ref+. Het grensinvesteringsbedrag bedraagt dan 4 miljard euro. Wanneer uit wordt gegaan van de Ref+ als vertreksituatie, dan mogen de aanvullende dijkversterkingen maximaal 2,1 miljard euro kosten.

De CW van de risicoreductie als gevolg van het versterken van de dijken zodat deze in 2050 voldoen aan de analysenorm varieert van 2,5 miljard euro langs het Pannerdensch Kanaal en de IJssel tot 20 miljard langs de Nederrijn/Lek. Deze bedragen kunnen worden gezien als de baat van de RS. De kosten zijn vermeld in Tabel 4.7. Omdat de kosten voor dijkversterking langs alle takken kleiner zijn dan de baten getoond in Tabel 4.6, kan worden geconcludeerd dat de RS overal kosteneffectief.

Voor de Limburgse Maas zijn 2 waarden opgenomen in Tabel 4.6. De eerste waarde (4 miljard euro) geeft het grensinvesteringsbedrag ten opzichte van de huidige situatie, dus nog zonder uitvoering van de maatregelen die deel uitmaken van de Ref+. Wanneer de Ref+ als vertrekpunt wordt genomen, mogen de aanvullende kosten voor dijkversterking 2,1 miljard euro bedragen.

Tabel 4.7 Investeringskosten VKS en RS, inclusief overhoogte en exclusief robuustheidstoelag en kosten van beheer en onderhoud (in miljoen euro, prijspeil 2013, inclusief BTW). (Levelt, 2014)

	RS	VKS		
		Deel Dijkversterking	Deel rivier verruiming	Totaal
Boven-Rijn, P-Kanaal, Waal	1300 - 1900	1100 - 1500	1300	2400 - 2800
Nederrijn/Lek	450-750	450-750	--	450-750
IJssel	700 - 1000	700 - 1000	400	1100 - 1400
Limburgse Maasvallei*	300 - 500	200	2200	2400
Brabantse Maas	700 - 1200	500 - 800	1250	1750 - 2050
DPR-gebied	3450 - 5350	2950 - 4250	5150	8100 - 9400

*Kosten voor Limburgse Maasvallei zijn excl. maatregelen die deel uitmaken van Ref+. Deze kosten ongeveer 400 miljoen euro.

Het verschil in CW van de RS en de VKS geeft de extra investeringsruimte voor de VKS. Ofwel: de VKS mag duurder zijn dan de RS omdat de VKS tot een iets grotere reductie van het risico leidt en daarmee tot een iets grotere baat. De totale investeringskosten voor de VKS staan in de laatste kolom in Tabel 4.7. Met uitzondering van de Limburgse Maas, zijn de investeringskosten voor de VKS kleiner dan de CW van de VKS (som van beide kolommen in Tabel 4.6). Dit betekent dat de baat bijna overal groter is dan de kosten en dat de VKS

economisch gezien uit kan. Alleen langs de Limburgse Maas zijn de kosten groter dan de baten. Hier is de VKS economisch dus (net) niet rendabel.

Hoewel de totale baat van de VKS op de meeste trajecten groter is dan investeringskosten voor de VKS, neemt de economische effectiviteit van de VKS wel af ten opzichte van die van de RS. Het verschil in geraamde kosten voor de RS en de VKS (Tabel 4.7) is immers veel groter dan de extra investeringsruimte in Tabel 4.6. Een overzicht van de verschillen is gegeven in Tabel 4.8. Voor de IJssel zou de VKS 3 miljoen euro duurder mogen zijn dan de RS. Het verschil in werkelijke kosten bedraagt echter ongeveer 400 miljoen euro (zie Tabel 4.7). Bij de Limburgse Maas zou de VKS maximaal 656 miljoen duurder mogen zijn. Het werkelijke verschil bedraagt echter circa 2 miljard euro.

Tabel 4.8 Meerkosten VKS (Tabel 4.7) t.o.v. extra investeringsruimte VKS (Tabel 4.6)

Riviertak	Meerkosten VKS t.o.v. RS (miljoen euro)	Extra investeringsruimte VKS (miljoen euro)
Pannerdensch Kanaal & IJssel	400	3
Boven Rijn, Waal & Merwedede	1.000	60
Nederrijn/Lek	0	0
Brabantse Maas	950	54
Limburgse Maas	2.000	656

5 Discussie

5.1 Inleiding

In dit rapport zijn de veranderingen in het overstromingsrisico langs de verschillende riviertakken berekend onder een aantal aannames. Deze aannames zijn van invloed op de berekende risico's en daarmee ook op het berekende grensinvesteringsbedrag. Hier worden de belangrijkste aannames en hun invloed op de berekende risicoreductie besproken.

5.2 Relatie tussen decimeringshoogte en overstromingskans

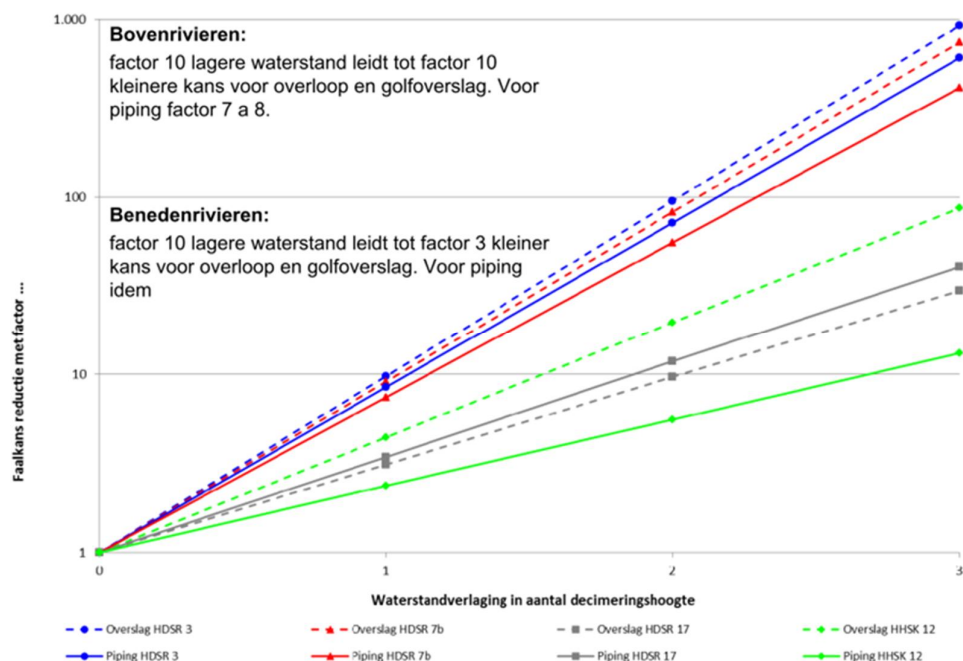
Om te kunnen beoordelen hoe de overstromingskansen in de toekomst zullen veranderen als gevolg van klimaatverandering, is gebruik gemaakt van de decimeringshoogte. De decimeringshoogte is het verschil tussen waterstanden met een factor 10 verschil in overschrijdingskans (bijvoorbeeld het verschil tussen een 1:1000 waterstand en een 1:10.000 waterstand). Aangenomen is dat wanneer de maatgevende waterstand met 1 decimeringshoogte toeneemt, dit resulteert in een toename van de overstromingskans met eveneens een factor 10.

Deze relatie is ook gebruikt om het effect van rivierverruiming op de overstromingskans te berekenen. In het geval dat rivierverruiming de maatgevende waterstand met 1 decimeringshoogte laat dalen, is aangenomen dat de overstromingskans met een factor 10 afneemt.

Deze aanname lijkt terecht voor het faalmechanisme overloop/overslag. Immers, wanneer een dijk nu 1 keer per 1000 jaar overloopt en deze kritieke waterstand komt in de toekomst 10 keer vaker voor, dan lijkt het aannemelijk om te veronderstellen dat de overstromingskans als gevolg van overloop ook met een factor 10 toeneemt. Het is echter de vraag of deze relatie ook correct is bij andere faalmechanismen zoals piping. Piping lijkt immers niet 1 op 1 gerelateerd aan de overschrijdingskans van de maatgevende waterstand. Sommigen menen dat veel meer waterstandsvaling moet worden gerealiseerd om de faalkans als gevolg van piping af te laten nemen.

Er zijn weinig studies beschikbaar waarin gekeken is naar de relatie tussen de decimeringshoogte en de faalkans. **Onderstaande studies tonen aan dat de relatie mogelijk niet 1 op 1 is, maar dat de relatie qua ordegrrootte realistische uitkomsten kan geven:**

- Vergelijking met VNK2 methode: in het kader van de Proeve Maas (Asselman, 2014) is voor een aantal dijkningen langs de Brabantse Maas een vergelijking uitgevoerd tussen de veranderingen in overstromingskans gebaseerd op decimeringshoogtes en die berekend met het VNK2-instrumentarium. Toepassing van de decimeringshoogtemethode resulteerde in een factor 3 à 4 grotere faalkans tot 2050. De VNK2-gegevens resulteerden in een toename met een factor 3 (iets minder).
- Analyses werkgroep risicobenadering DPV: in 2013 toonde de projectgroep risicobenadering van DPV onderstaande figuur. Voor de meest bovenstrooms gelegen dijken geldt dat een factor 10 lagere waterstand leidt tot een factor 10 kleinere kans voor overloop en golfoverslag. Voor piping geldt een factor 7 à 8.



Figuur 5.1 Relatie tussen verandering in waterstand en faalkans voor 4 profielen langs de Nederrijn/Lek (bron: presentatie projectgroep risicobenadering DPV, 16 mei 2013)

- Bij het ramen van de kosten voor dijkversterking neemt DPV aan dat klimaatverandering leidt tot een toename van de overstromingskans met een factor 4 in 2050 (DPV, 2014b). Dat is vergelijkbaar met de gemiddelde toename van de overstromingskans in het rivierengebied waar in deze studie mee gerekend is. De toename van de overstromingskans berekend met behulp van de decimeringshoogte leidt dus tot een vergelijkbare toename van de overstromingskans als aangenomen door DPV. Wel leidt de aanpak met de decimeringshoogte ruimtelijk tot meer differentiatie.

Vaak wordt gesuggereerd dat het effect van waterstandsval op het faalmechanisme piping minder groot is dan op overloop/overslag. Uit VNK-berekeningen blijkt dat dit niet altijd het geval is. Hoewel gemaakt met een ander doel, zijn de VNK-berekeningen waarbij het effect van rivierverruiming op de overstromingskans is vastgesteld ook bruikbaar om de aanname te toetsen dat veranderingen in waterstand leiden tot een vergelijkbare verandering in overstromingskans voor verschillende faalmechanismen. Kok en Silva (2013) presenteren het effect van rivierverruiming op de overstromingskans. De berekeningen zijn uitgevoerd door VNK. De resultaten zijn te zien in Tabel 5.1. In dijkkring 38 (Bommelerwaard) is de afname van de faalkans als gevolg van rivierverruiming (PKB) een factor 1,31. De afname van de faalkans door overloop en overslag is 1,43. Voor piping is de afname sterk vergelijkbaar, namelijk 1,4. In dijkkring 42 (Ooij en Millingen) is het effect op overloop/overslag groter dan op piping (factor 1,8 respectievelijk 1,3). Er zijn echter ook dijkkringen waar het omgekeerde het geval is. Zie bijvoorbeeld dijkkring 51 (Gorssel). Rivierverruiming zorgt hier voor een afname van de overstromingskans met een factor 4,8. De afname voor overloop/overslag bedraagt een factor 3,3 terwijl de afname door piping een factor 6 is. Geconcludeerd mag worden dat de verandering in overstromingskans op dijkkringniveau niet één op één gelijk is aan de verandering in faalkans per faalmechanisme, maar dat het zeker niet zo is dat de afname van de faalkans door piping kleiner is dan de afname van de faalkans door overloop/overslag.

Tabel 5.1 Afname van faalkans (factor) als gevolg van rivierverruiming. Berekend door VNK en overgenomen uit Kok en Silva (2013)

	dkr 38 Bom- melerw.	dkr 40 Heere- waarden	dkr 41 Land v. Maas & Waal	dkr 42 Ooij en Millingen	dkr 45 Gelderse Vallei	dkr 50 Zutphen	dkr 51 Gorssel	dkr 52 Oost Veluwe	dkr 53 Salland
overstromingskans	1,31	1,43	1,28	1,46	1,8	2,81	4,81	2,7	2,2
overloop/overslag	1,43	1,29	1,13	1,8	1,48	2,31	3,29	3,11	1,78
opbarsten en piping	1,40	1,5	1,36	1,33	1,82	3,8	6,05	2,68	2,6
bekleding	1,26	1	1,14	1,43	1,71	1,71	2,18	2,22	2,55
stabiliteit	2,44	1,94	1	1,89			3,41	1,95	1,2
kunstwerken o/o	1,00			2		2,4	3,53		3,72
kw betrouwbaarheid sluiting				1		1,23	6,81		2,16
kw sterkte en stabiliteit	1,00					2,35	3,1		3,26
kw piping	1,00					2,44			4,26

Behalve de vraag of de aanname met betrekking tot de relatie tussen de decimeringshoogte en de overstromingskans correct is, doet zich de vraag voor welke decimeringshoogtes gebruikt moeten worden. Kuijper et al. (2010) hebben decimeringshoogtes afgeleid voor het project Waterveiligheid 21^e eeuw (WV21). Deze decimeringshoogtes zijn echter veelal gebaseerd op een relatief klein bereik (waterstanden met een factor 4 verschil in voorkomen in plaats van een factor 10) en bij zeer hoge afvoeren (tegen het aftopbereik aan). Dit heeft geresulteerd in relatief kleine decimeringshoogtes. Voor het project WV21 is deze werkwijze verdedigbaar, omdat daarin onderzoek is verricht naar de economische wenselijkheid om normen aan te scherpen. Deze normen zijn zo streng dat zij inderdaad bij het aftopbereik zitten. Voor onderhavige studie geldt echter de huidige situatie als vertrekpunt. VNK berekent overstromingskansen die relatief groot zijn (in het riviereengebied soms groter dan 1:100 per jaar). Dit betekent dat de kans groot is dat de dijk bezwijkt bij afvoeren die nog ver onder het fysiek maximum zitten. Het lijkt daarom wenselijker om te werken met decimeringshoogtes die niet in het aftopbereik zitten. Daarom is gekozen voor de decimeringshoogtes zoals afgeleid door Witteveen & Bos (2008). Een onderbouwing hiervoor is te vinden in Asselman (2012). Wanneer toch met de decimeringshoogtes van Kuijper et al. (2010) zou zijn gewerkt zou dit geresulteerd hebben in een veel grotere toename van de overstromingskans en daarmee van het risico tot 2050. Dit zou resulteren in een grotere baat.

5.3 Effect rivierverruiming op overstromingskans

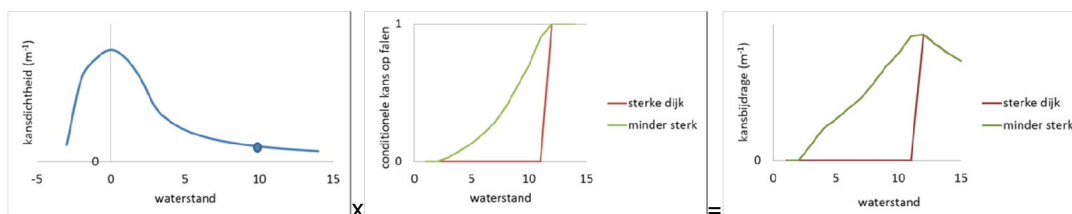
Het effect van rivierverruiming op de overstromingskans is bepaald met behulp van de decimeringshoogte. Wanneer één of meer rivierverruimende maatregelen zorgen voor waterstands daling met een decimeringshoogte, dan neemt de overstromingskans met een factor 10 af. Hierbij is geen onderscheid gemaakt naar het type maatregel. Dat is niet geheel juist. In werkelijkheid is het effect van retentiemaatregelen op de overstromingskans anders dan van uiterwaardvergravingen of dijkverleggingen.

Om te kunnen begrijpen hoe verschillende typen rivierverruimende maatregelen effect hebben op de overstromingskans, is het nodig om eerst stil te staan bij hoe de overstromingskans precies bepaald wordt.

De overstromingskans van een dijkvak is afhankelijk van de hydraulische belasting enerzijds en van de sterkte van de dijk anderzijds. De sterkte van de dijk kan worden weergegeven in een

zogenaamde *fragility curve*. Deze curve geeft per belastingniveau aan hoe groot de kans is dat de dijk bezwijkt. De middelste figuur in Figuur 5.2 geeft een fictief voorbeeld van twee *fragility curves*. De rode lijn geeft een voorbeeld van een *fragility curve* voor een relatief sterke dijk, waarbij falen alleen optreedt wanneer er water over de kruin van de dijk loopt. In dit fictieve geval is dat bij waterstanden van meer dan 11 m (de kruin van de dijk zal immers hoger zijn dan de maatgevende waterstand). Piping en macrostabiliteit spelen hier geen rol en dragen niet bij aan de faalkans. De groene lijn is een *fragility curve* voor een minder sterke dijk, waarbij de faalkans niet alleen bepaald wordt door de kans op overloop of overslag van water over de kruin van de dijk, maar ook door de kans op piping of stabiliteitsproblemen. Dit resulteert in een veel vlakker verloop van de curve.

Wanneer de kans van voorkomen van een bepaalde waterstand (linker figuur in Figuur 5.2) wordt vermenigvuldigd met de conditionele kans dat de dijk bezwijkt bij deze waterstand (middelste figuur), dan krijgt men de bijdrage aan de faalkans. Deze staat afgebeeld in het rechter figuurtje in Figuur 5.2. In deze grafiek staat per waterstand de kans dat de dijk bezwijkt, rekening houdend met de kans van voorkomen van deze waterstand. Het oppervlak onder de functies (de integraal) geeft de faalkans van dit (fictieve) dijkvak. Zoals te verwachten, is dit oppervlak veel kleiner bij de sterke dijk dan bij de zwakkere dijk.



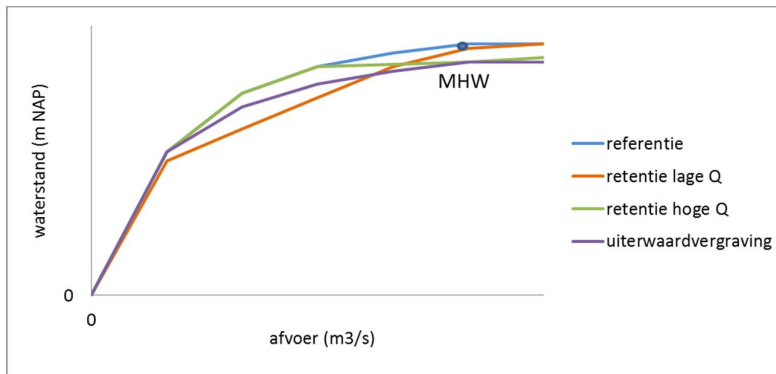
Figuur 5.2 Overstromingskans van een fictief dijkvak als functie van de hydraulische belasting (linker grafiekje) en dijksterkte (fragility curve, middelste grafiek). Het oppervlak onder de rechter grafiek geeft de faalkans van het dijkvak.

Wanneer alle dijken zo worden ontworpen dat overloop/overslag het enige faalmechanisme is dat bepalend is voor de faalkans (rode curve in het middelste grafiekje), dan is alleen de verandering in belasting bij deze kritieke waterstand van belang. In dat geval hebben retentie en uiterwaardvergraving hetzelfde effect op de faalkans.

Echter, in de praktijk leveren piping en macrostabiliteit een grote bijdrage aan de faalkans. In het OntwerpInstrumentarium 2014 (OI2014) wordt ook uitgegaan van een faalkansbegroting waarbij deze faalmechanismen een niet te verwaarlozen bijdrage leveren (slechts 24% van de kans op falen wordt veroorzaakt door overloop/overslag). De curves zullen daardoor in de praktijk vlakker liggen, met een uitloop naar links. Dit betekent dat de faalkans bij benedenmaatgevende waterstanden niet langer gelijk is aan nul en dat veranderingen in waterstanden bij beneden maatgevende afvoeren van invloed zijn op de overstromingskans. Retentiemaatregelen verlagen de waterstand alleen rond maatgevende omstandigheden. Uiterwaardvergraving resulteert ook in waterstands daling bij benedenmaatgevende situaties en heeft daarmee een groter effect op de overstromingskans dan retentie. Dit wordt nader verklaard aan de hand van een voorbeeld.

Figuur 5.3 toont een fictieve Qh-relatie. De blauwe lijn toont de Qh-relatie in de referentiesituatie. De oranje lijn toont het effect van de inzet van een retentiemaatregel bij relatief lage afvoeren. Te zien is dat de waterstanden bij relatief lage afvoeren dalen, maar dat de waterstand onder maatgevende omstandigheden weer min of meer gelijk is aan die in de referentiesituatie. Inzet van een retentiegebied bij hoge afvoeren kan resulteren in de Qh-

relatie zoals weergegeven door de groene lijn. De waterstandsval is vooral merkbaar bij hoge afvoeren. De paarse lijn geeft het effect weer van uiterwaardvergraving. In dit voorbeeld is het effect van de maatregel onder maatgevende omstandigheden gelijk aan de inzet van retentie bij hoge afvoeren. Echter, uiterwaardvergraving zorgt ook voor waterstandsval bij lagere afvoeren (vanaf het moment dat de uiterwaard mee gaat stromen).

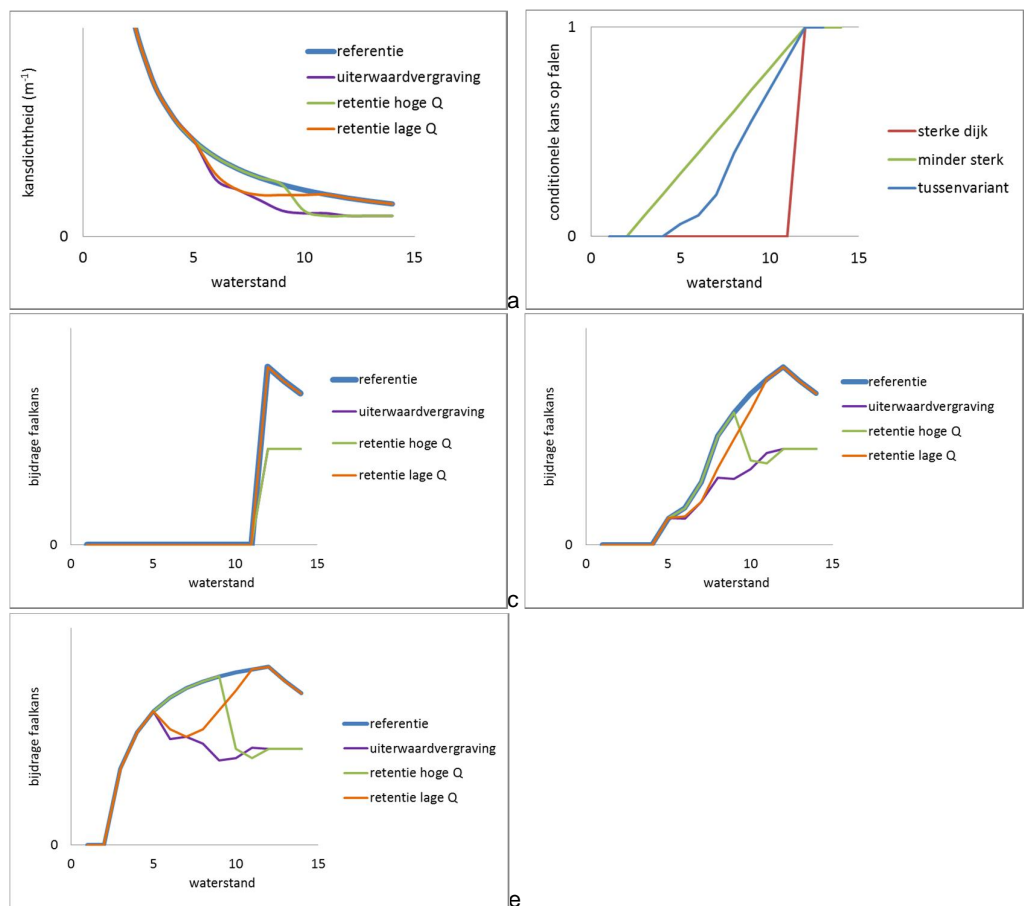


Figuur 5.3 Voorbeeld van een (fictieve) Qh-relatie zonder rivierverruimende maatregelen (referentie) en nadat een rivierverruimende maatregel is getroffen (retentie bij relatief lage afvoeren, retentie rond MHW en uiterwaardvergraving)

Figuur 5.4 geeft aan wat het effect is van de verandering in de Qh-relatie (als gevolg van rivierverruimende maatregelen) op de overstromingskans uitgaande van een relatief sterke dijk, waarbij de faalkans geheel wordt bepaald door het faalmechanisme overloop/overslag en van een wat zwakkere dijk, waar piping ook een belangrijke bijdrage levert aan de faalkans.

Figuur 5.4.a toont (indicatief) hoe de kans van voorkomen van waterstanden kan worden beïnvloed door de verschillende rivierverruimende maatregelen. De blauwe lijn toont de situatie zonder maatregelen. De oranje lijn geeft de situatie aan bij inzet van een retentiegebied bij relatief lage afvoeren. Deze maatregel verkleint de kans van voorkomen van de middenhoge waterstanden (effect bij middenhoge afvoeren), maar heeft geen effect bij hoge afvoeren en daarmee ook niet op de kans op extreem hoge waterstanden (zie ook Figuur 5.3). Inzet van retentie bij hoge afvoeren (groene lijn) heeft juist effect bij hoge afvoeren. Uiterwaardvergraving heeft effect op zowel middenhoge als zeer hoge afvoeren.

Figuur 5.4.b toont 3 (fictieve) fragility curves: voor een sterke dijk, een minder sterke dijk en een tussenvariant. Figuur 5.4.c toont het effect van de rivierverruimende maatregelen op de faalkans voor de sterke dijk. Omdat retentie bij lage afvoeren geen effect heeft in het bereik waarbij de dijk kan falen (waterstand 11 à 12 m) heeft deze maatregel geen effect op de overstromingskans (de blauwe en oranje lijn liggen op elkaar). Uiterwaardvergraving en retentie bij hoge afvoeren hebben wel effect bij waterstanden 11 à 12 m. Omdat ze in dit bereik hetzelfde effect hebben, is het effect op de overstromingskans ook hetzelfde (paarse lijn ligt onder de groene lijn). Bij de zwakkere dijk (tussenvariant uit Figuur 5.4.b) is dit niet het geval (zie faalkansen in Figuur 5.4.d). Retentie bij lage afvoeren heeft hier wel effect op de overstromingskans. Bij de nog zwakkere dijk (groene lijn in Figuur 5.4.b) is het effect nog groter. En in tegenstelling tot bij de sterke dijk, heeft uiterwaardvergraving nu een groter effect op de overstromingskans dan retentie (de paarse lijn ligt immers op of onder de groene lijn, wat betekent dat de overstromingskans kleiner is).



Figuur 5.4 Effect van rivierverruimende maatregelen op de overstromingskans (a) effect van maatregelen op kans van voorkomen van waterstanden (b) fragility curves voor dijken met verschillende sterkte (c) effect RvdR op faalkans relatief sterke dijk (d) effect RvdR op faalkans van tussenvariant (e) effect RvdR op faalkans zwakke dijk.

In het OntwerpInstrumentarium 2014 (OI 2014) wordt uitgegaan van 24% bijdrage aan de faalkans door overloop/overslag. Piping draagt ook voor 24% bij. Alle overige mechanismen samen dragen ruim 50% bij. Dit betekent dat dijken die nu ontworpen worden een vlakker verloop hebben dan de rode lijn in Figuur 5.4.b. Hoeveel vlakker is niet op voorhand te zeggen (waarschijnlijk wel minder vlak dan de overige dijken in Figuur 5.4.b). Feit is wel dat als gevolg van dit vlakkere verloop de kans van voorkomen van hoge, maar benedenmaatgevende, waterstanden van belang is. Dit betekent dat verschillende rivierverruimende maatregelen een ander effect hebben op de overstromingskans. Deze verschillen zijn niet meegenomen in deze studie. Dit vooral omdat op dit moment niet te zeggen is hoe groot het effect is op de berekende overstromingskans. Het is daarmee niet kwantificeerbaar. **Wel kan worden gesteld dat rivierverruimende maatregelen die over het hele afvoerbereik een waterstandsverlagend effect hebben (denk aan uiterwaardvergravingen en dijkverleggingen) tot een grotere afname van de overstromingskans leiden dan maatregelen die slechts op een deel van het afvoerbereik effect hebben (denk aan retentie of by passes die pas bij zeer hoge afvoeren meestromen).** De mate waarin dit effect optreedt, zou verder moeten worden onderzocht.

5.4 Overstromingsrisico's buitendijks mogelijk overschat

Het overstromingsrisico is afhankelijk van de kans op overstromen en de gevolgen bij overstromen. De gevolgen zijn bepaald met behulp van de standaard schade- en slachtoffermodule (HIS-SSM) Het HIS-SSM is ontwikkeld voor het berekenen van de gevolgschade van grootschalige overstromingen met relatief grote waterdieptes (dijkdoorbraken, geen wateroverlast door hevige regen), waarbij gebieden langdurig onder water staan (maanden) en waarbij geen voorzorgsmaatregelen zijn getroffen om de schade te beperken. Dit alles is zeker van toepassing bij een dijkdoorbraak in een grote dijkkring. De vraag is of dit ook het geval is bij buitendijkse gebieden.

Langs de Limburgse Maas is de overstromingsduur veelal in de orde van dagen tot weken. Ook mag worden aangenomen dat inwoners maatregelen treffen om de schade te beperken. Een deel van de inboedel zal naar de eerste verdieping worden verplaatst en mogelijk is gekozen voor plavuizen in plaats van parket. Huizinga en Kok (2013) beredeneren dat de overschatting van de schade in Limburgse dijkkringen ongeveer een factor 3 betreft en vooral het gevolg is van de korte overstromingsduur en geringe waterdieptes. In de onbedijkte gebieden loopt de overschatting van de schade verder op, naar verwachting tot een factor 5 à 6.

Bij het berekenen van de baten in termen van risicoreductie in de buitendijkse gebieden is geen rekening gehouden met een mogelijke overschatting. **Wanneer rekening zou worden gehouden met een mogelijke overschatting van het risico in buitendijkse gebieden, dan zou het risico, en daarmee de extra baat van de VKS ten opzichte van de RS langs de Limburgse Maas, afnemen met minimaal een factor 3.**

5.5 Scenario's voor economische groei

Bij alle berekeningen is uitgegaan van economische groei conform het Transatlantic Market (TM) scenario voor socio-economische ontwikkelingen. Dit scenario gaat uit van een economische groei van 1,9% per jaar. Dit betekent dat het overstromingsrisico tot 2050, alleen al als gevolg van economische groei, verdubbelt. Wanneer wordt uitgegaan van een ander scenario voor economische groei (zoals is voorgesteld bij de Deltascenario's) resulteert dit in een andere toename van het risico. In het geval van het scenario Regional Communities (RC), dat uitgaat van beperkte groei, is de toename een factor 1,3 (40% minder dan bij TM). Bij het scenario Global Economy (GE) is de economische groei juist veel sterker. Dit resulteert in een toename met een factor 2,7.

De gehanteerde factor voor economische groei is van invloed op het berekende overstromingsrisico in 2050, maar ook op de berekende risicoreductie en daarmee op het berekende grensinvesteringsbedrag. De waarden die berekend zijn in deze studie kunnen worden beschouwd als een soort 'centrale schatting'. Het is echter belangrijk om zich te realiseren dat er in werkelijkheid een bandbreedte is en dat het grensinvesteringsbedrag dus groter kan zijn dan hier berekend, maar ook kleiner. Uitgaande van een bandbreedte op basis van het RC en GE scenario bedraagt de bandbreedte rond de baat (en daarmee rond de berekende grensinvesteringsbedragen voor de VKS en de RS) 40% minder tot 30% meer.

Een vergelijking tussen de berekende grensinvesteringsbedragen en de geraamde investeringskosten is te zien in Tabel 5.2. De RS is kosteneffectief langs alle riviertakken, ongeacht het scenario voor economische groei. De VKS is niet altijd economisch effectief. **Langs Limburgse Maas en mogelijk ook langs de IJssel, kan de VKS niet uit wanneer de toekomstige economische groei lijkt op dat in het RC scenario (lage economische groei).**

Tabel 5.2 Indicatie grensinvesteringsbedrag (berekend voor de VKS) uitgaande van verschillende scenario's voor economische groei, vergeleken met de geraamde investeringskosten.

Riviertak	indicatie grensinvesteringsbedrag VKS afhankelijk van scenario voor economische groei (miljoen euro)			geraamde investeringskosten (miljoen euro)	
	TM	RC	GE	RS	VKS
Pannerdensch Kanaal & IJssel*	2.500	1.550	3.250	>700 - 1000	>1.100-1.400
Boven Rijn, Waal & Merwedese**	9.060	5.620	11.780	<1.300-1.900	<2.400-2.800
Nederrijn/Lek	20.000	12.400	26.000	450-750	450-750
Brabantse Maas	12.050	7.470	15.670	700 - 1200	1.750-2.050
Limburgse Maas	2.760	1.710	3.580	300 - 500	2.400

* grensinvesteringsbedrag gebaseerd op baat langs Pannerdensch Kanaal en IJssel, investeringskosten beslaan echter alleen IJssel

** grensinvesteringsbedrag gebaseerd op baat langs BovenRijn, Waal en Merwedese, , investeringskosten beslaan echter ook Pannerdensch Kanaal

5.6 Aanpassing evacuatiefractie

Bij het berekenen van het overstromingsrisico is in onderhavige studie aangesloten bij de uitgangspunten van WV21. Voor evacuatie betekent dat, dat aangenomen is dat in het bovenrivierengebied 75% van de inwoners preventief is geëvacueerd. In het benedenrivierengebied bedraagt dit percentage 15%. Het relatief hoge evacuatiepercentage leidt tot relatief geringe slachtofferaantallen. DPV is bij het bepalen van de optimale overstromingskans sinds 2014 uitgegaan van lagere evacuatiefracties (in het bovenrivierengebied vaak in de orde van 55%). Dit resulteert in grotere aantallen slachtoffers. Immers, bij WV21 is aangenomen dat 25% van de inwoners achter is gebleven, bij DPV is dat 45%. Deze (bijna) verdubbeling van het aantal achterblijvers resulteert in (bijna) een verdubbeling van het aantal slachtoffers. Omdat slachtoffers gemonetariseerd zijn heeft dit effect op het economisch risico. Het risico zal toenemen en daarmee neemt ook de baat van de RS en de VKS toe. In de meeste dijkringen in het bovenrivierengebied maken slachtoffers slechts een beperkt deel uit van de totale schade. Een (bijna) verdubbeling van het aantal slachtoffers leidt daarom langs de meeste riviertakken tot een toename van het overstromingsrisico met maximaal orde 10%. **Bij aanpassing van de evacuatiefracties conform de fracties gehanteerd in DPV zal de baat van de RS en VKS dus maximaal 10% toenemen (waarschijnlijk minder).**

5.7 Slachtofferrisico

In deze studie is alleen gekeken naar het economische risico (inclusief gemonetariseerde slachtoffers). Slachtofferrisico's zijn niet afzonderlijk in beeld gebracht. Wanneer gekeken zou worden naar het slachtofferrisico, dan zou het verschil in baat tussen de RS en de VKS iets

groter zijn dan uit het economisch risico blijkt. Dit komt doordat bij een toename van de buitenwaterstand voor veel dijkkringen het aantal slachtoffers sneller toeneemt dan de economische schade. Tabel 5.3 geeft voorbeelden van de toename van de economische schade en aantallen slachtoffers voor onderzochte mogelijke breslocaties in dijkkring 36 (Land van Heusden/de Maaskant). Er zijn locaties waar de toename van de gevolgen nagenoeg gelijk is, maar er zijn ook locaties waar de toename van het aantal slachtoffers ongeveer 50% groter is dan de toename van de economische schade. **Dit betekent dat de VKS een gunstiger effect heeft op het slachtofferrisico dan de RS. Maar ook hier zullen de verschillen gering zijn.**

Tabel 5.3 Toename van de economische schade en het aantal slachtoffers bij een bres bij toetspeil en bij één decimeringshoogte hogere waterstand (hier ongeveer 80 cm hoger)

Breslocaties	slachtoffer	economische schade	verschil
Beugen	4,37	2,92	1,50
Bokhoven	3,13	2,81	1,11
Dieden	1,66	1,58	1,05
Doeveren	2,53	1,75	1,44
Gewande	1,57	1,53	1,02
Heusden	1,65	1,31	1,25
Katwijk	3,48	2,24	1,56
Keent	1,70	1,60	1,06
Lith	1,71	1,73	0,99
Maaspoort	1,73	1,52	1,13
Oijen	1,26	1,26	1,00

5.8 Aanvullende baten

De baten en bijbehorende investeringsruimte van de VKS zoals berekend in dit rapport, bestaan alleen uit risicoreductie. Eventuele nevendoele (zoals natuurontwikkeling) of bijkomende baten in de vorm van grondstoffen of meekoppelkansen voor gebiedsontwikkeling, zijn buiten beschouwing gelaten. Ook het toewerken naar een robuuster systeem kan worden gezien als een aanvullend pluspunt. Deze aanvullende, vaak 'zachte' baten, zijn niet gekwantificeerd en niet in onderhavige studie meegenomen. **Wanneer men de aanvullende (zachte) baten wel mee zou nemen, dan kan dit het grensinvesteringsbedrag voor de VKS vergroten.**

5.9 VNK2

De overstromingsrisico's zijn berekend volgens de methode en met de gegevens zoals gebruikt in WV21. DPV heeft begin 2014 de overstap gemaakt naar de VNK2-database. Het belangrijkste verschil tussen de risico's berekend met de nieuwe gegevens van DPV en de 'oude' gegevens van WV21 is gerelateerd aan de verschillen in overstromingskansen in de huidige situatie. De overstromingskansen zoals berekend door VNK2 zijn voor veel dijkkringen beduidend groter dan de kansen die zijn aangenomen in WV21 (2^e referentie). Deze grotere overstromingskansen resulteren in grotere risico's. Voor de huidige risico's varieert het verschil van een factor 1 (gelijk) op de bovenloop van de IJssel tot meer dan een factor 20 op de Lek (Tabel 5.4).

Tabel 5.4 Indicatief verschil van het overstromingsrisico berekend met behulp van de database DPV januari 2014 en de WV21-database

Riviertak	Dijktrajecten	Toename risico (factor)
Pannerdensch kanaal	48-1; 43-3	5
Waal (bovenloop)	42-1; 41-1; 43-4	10
Waal (midden)	41-2; 43-5	13
Waal (benedenloop)	40-1; 38-1; 43-6	5
Merweddes	24-3; 16-1	2
IJssel (IJsselkop)	47; 48-2	1
IJssel (bovenloop)	49-1; 50-1; 50-2; 52-1	1
IJssel (midden)	51-1; 53-1; 52-2	2
IJssel (benedenloop)	53-2; 52-3; 52-4	6
IJssel (IJsseldelta)	10-3; 11-1; 11-2	3
Nederrijn/Lek (bovenloop)	43-2; 45-1	4
Nederrijn/Lek (midden)	44-1; 43-1	4
Nederrijn/Lek (benedenloop)	15-1; 15-2; 16-3; 16-4	26
Brabantse Maas (bovenloop)	41-4; 41-3; 36-1; 36-2; 36-3; 36a	4
Brabantse Maas (midden)	36-4; 36-5; 37; 38-2; 40-2	6
Brabantse Maas (benedenloop)	24-1; 35-1	10

Wanneer een strategie resulteert in een 10x kleinere overstromingskans, dan is de risicoreductie in absolute zin groter naarmate het overstromingsrisico groter is (1/10 deel van 10 miljoen euro per jaar is minder dan 1/10 deel van 100 miljoen euro per jaar). Dit betekent dat de grotere overstromingsrisico's zoals nu berekend door DPV resulteren in een grotere baat voor de VKS en RS van DPR. Opgemerkt wordt dat door dit andere 'startpunt' de dijken ook meer versterkt moeten worden om te voldoen aan de analysenorm die is aangehouden in deze studie. Immers, wanneer WV21 uitgaat van een overstromingskans van 1:250 per jaar terwijl VNK2 een overstromingskans van 1:100 per jaar berekent, dan moeten de dijken in het geval een factor 2,5 sterker worden gemaakt dan bij WV21. De kosten voor dijkversterking zullen dus hoger uitvallen dan nu geraamd door DPR. De verwachting is echter dat de extra baat als gevolg van het grotere risico ruimschoots opweegt tegen de extra kosten voor dijkversterking. **De economische effectiviteit van de RS en de VKS neemt bij gebruik van de overstromingskansen uit VNK, dus toe (vooral langs de Waal en de Lek).**

5.10 Moment van uitvoering

In deze studie is aangenomen dat alle maatregelen in 2030 worden uitgevoerd. Hiervoor is om pragmatische redenen gekozen. De overstromingsrisico's waren immers berekend voor de huidige situatie en voor 2050. Bij een later investeringsmoment (bijvoorbeeld 2045) zou tot ver buiten deze berekende periode moeten worden geëxtrapoleerd. Dit kan tot grote fouten leiden.

Het Deltaprogramma Rijnmond-Drechtsteden heeft uitgebreid onderzoek verricht naar de economisch gezien optimale momenten om te investeren (zie Kind, 2014). Binnen DPR is dit niet onderzocht. Wel wordt opgemerkt dat uitvoering van de VKS minder rendabel wordt wanneer eerst andere maatregelen worden uitgevoerd. Wanneer besloten wordt om eerst het

piping-probleem op te lossen en daarna pas een besluit te nemen over verdere dijkversterking en rivierverruiming, dan kan dit mogelijk niet meer uit. Oplossen van het piping-probleem leidt immers tot een afname van het risico met ongeveer een factor 3 tot 5. De baat van de resterende maatregelen neemt daarmee ook met een factor 3 tot 5 af. **Het oplossen van het piping-probleem voordat besloten wordt over het uitvoeren van de resterende maatregelen uit de VKS (verder dijkversterking en rivierverruiming), heeft tot gevolg dat de aanvullende maatregelen uit de VKS niet meer uitkunnen langs de IJssel en de Limburgse Maas. Ook langs de Waal wordt de batenkotenverhouding van de resterende maatregelen mogelijk kleiner dan 1.**

6 Conclusies

Doel van deze studie

Doel van deze studie was om het doelbereik vast te stellen van zowel de referentiestrategie (RS) als voorkeursstrategie (VKS) van het Deltaprogramma Rivieren en om na te gaan of deze economisch gezien efficiënt zijn. Doelbereik is in dit rapport gedefinieerd als de mate waarin het overstromingsrisico afneemt. Dit betekent dat de berekende baten alleen betrekking hebben op 'waterveiligheid'. Eventuele aanvullende baten in de vorm van natuurontwikkeling, winning van grondstoffen of meekoppelkansen voor gebiedsontwikkeling, zijn buiten beschouwing gelaten.

Het huidige overstromingsrisico

Het huidige overstromingsrisico is berekend op basis van de gegevens verzameld in het kader van het project Waterveiligheid 21^e eeuw (WV21). Een vergelijking is uitgevoerd met de risico's zoals berekend door DPV.

Beide wijzen uit dat het overstromingsrisico in het rivierengebied relatief groot is: op dit moment maakt het overstromingsrisico in het rivierengebied ongeveer 75% tot 90% uit van het totale landelijke risico (75% volgens gegevens DPV, 90% volgens gegevens WV21). Binnen het rivierengebied is het risico het grootst langs de Nederrijn/Lek, gevolgd door de BovenRijn, Waal/Merwedede en de Brabantse Maas. De grootste risico's zijn te vinden op de rechteroever van de Nederrijn/Lek. Op basis van de WV21 gegevens bedraagt het risico hier 125 miljoen euro per jaar. Volgens DPV is het risico nog veel groter, te weten 340 miljoen euro per jaar. Dit verschil komt vooral door een verschil in overstromingskans. Volgens WV21 variëren de overstromingskansen in het rivierengebied van 1:250 tot circa 1:1000 per jaar; alleen langs de Limburgse Maas zijn de kansen groter (1:125 per jaar voor bedijkte gebieden). Volgens DPV komen veel grotere kansen voor, in het rivierengebied lokaal oplopend tot orde 1:30 per jaar.

Overstromingsrisico's in 2050

Wanneer geen maatregelen worden getroffen, neemt het risico toe als gevolg van klimaatverandering (toename kans op hoogwater), bodemdaling en economische groei. Economische groei zorgt voor een toename van het risico met ongeveer een factor 2 (uitgaande van het socio-economische scenario Transatlantic Market). Klimaatverandering en bodemdaling zorgen voor een toename met ongeveer een factor 2,5 tot 6. De grootste toename is te verwachten langs de Nederrijn/Lek. Deze is het gevolg van zeespiegelstijging en bodemdaling. Een relatief geringe toename is te verwachten langs de IJssel. Deze toename is vooral het gevolg van een toename van de overstromingskans. De verandering in overstromingskans is berekend met behulp van de decimeringshoogte. Naast de toename van de overstromingskans resulteert klimaatverandering ook in een toename van de gevolgen doordat de hogere buitenwaterstand leidt tot een groter overstroomd oppervlak en/of grotere waterdieptes.

Doelbereik Referentiestrategie (RS)

In de referentiestrategie wordt het overstromingsrisico verkleind door de dijken te versterken zodat deze in 2050 voldoen aan de analysenorm. Voor de meeste dijkkringen in het rivierengebied komt dit overeen met een overstromingskans van 1:4000 per jaar. Deze overstromingskans is aangehouden bij het berekenen van de risico's. De gevolgen zijn hetzelfde als bij de berekening van het risico zonder maatregelen te treffen.

Door de grote afname van de overstromingskans (vaak meer dan een factor 10) neemt het risico bij de RS in 2050 af tot beneden het huidige risico. Alleen langs de Limburgse Maas blijft het risico groter dan het huidige risico. Dit komt doordat dijkversterking alleen bijdraagt aan risicoreductie in de bedijkte gebieden. In de buitendijkse gebieden blijft het risico groot.

Doelbereik Voorkeurstrategie (VKS)

In de voorkeursstrategie wordt het overstromingsrisico verkleind door rivierverruimende maatregelen in combinatie met dijkversterking. Dit resulteert in overstromingskansen die in 2050 gelijk zijn aan de analysenorm (gemiddeld ongeveer 1:4000 per jaar). Deze overstromingskans is aangehouden bij het berekenen van de risico's. Naast een afname van de overstromingskans kent de VKS ook een afname van de gevolgen. De rivierverruimende maatregelen verlagen de buitenwaterstand, waardoor het overstroomd oppervlak en/of de waterdiepte afnemen.

Net als bij de RS, zorgt de grote afname van de overstromingskans (vaak meer dan een factor 10) ervoor dat het risico in 2050 afneemt tot beneden het huidige overstromingsrisico. Doordat de gevolgen ook afnemen, is de risicoreductie van de VKS iets groter dan voor de RS. Bij de meeste takken is het verschil beperkt tot minder dan 10%. Alleen langs de Limburgse Maas is het verschil veel groter (afname met ruim 60% ten opzichte van de RS). Dit verschil is hier zo groot omdat rivierverruiming ook zorgt voor risicoreductie in de buitendijkse gebieden.

Kosteneffectiviteit

Een strategie is kosteneffectief als de baten groter zijn dan de kosten. Om de baten in termen van risicoreductie te kunnen vergelijken met de kosten zijn deze contant gemaakt. Geconcludeerd kan worden dat de RS langs alle takken kosteneffectief is: de baten overtreffen ruimschoots de investeringskosten. Ook de VKS is overall kosteneffectief (de baten van de VKS zijn groter dan de investeringskosten).

Hoewel beide strategieën kosteneffectief zijn, moet worden opgemerkt dat de RS effectiever is dan de VKS. De extra baat die de VKS oplevert in termen van risicoreductie wegen nergens op tegen de meerkosten die rivierverruiming met zich mee brengt. Met andere woorden: de baat van de RS en de VKS is ongeveer even groot, maar de VKS is duurder dan de RS. Hierbij dient wel te worden opgemerkt dat aanvullende baten, zoals ruimtelijke kwaliteit, robuustheid van het systeem en delfstoffen, niet zijn meegenomen.

Ook wordt opgemerkt dat wanneer de toekomstige economische groei lager uitvalt dan verwacht in het *Transatlantic Market* scenario (een soort middenscenario voor economische groei), de VKS niet meer uit kan langs de Limburgse Maas en mogelijk ook niet meer langs de IJssel. In dat geval zou men kunnen overwegen om de minst kosteneffectieve maatregelen te laten vervallen en een groter deel van de opgave met dijkversterking op te lossen.

7 Referenties

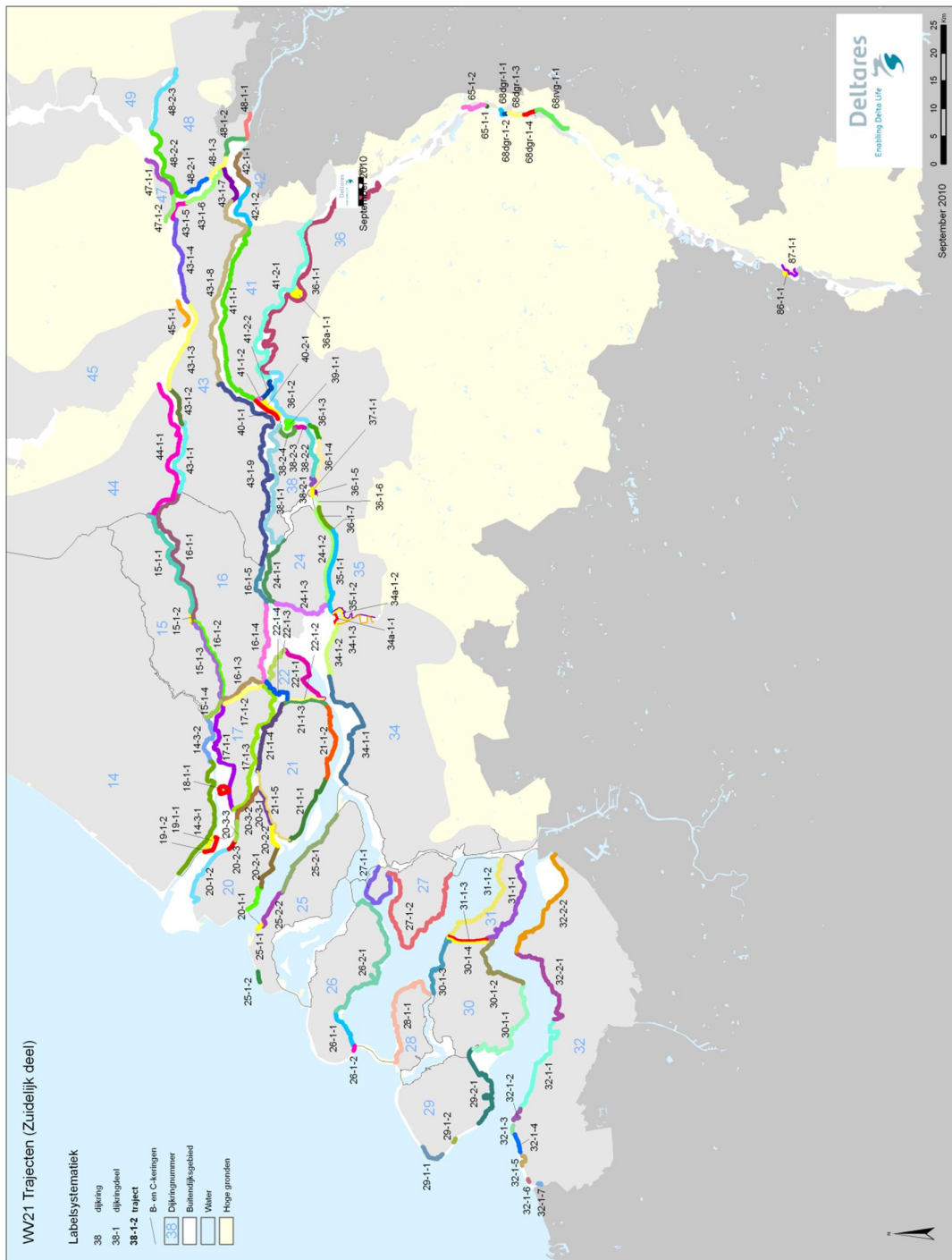
- Asselman N. (2012) Decimeringshoogtes Maas. Deltares memo 1206095-000-VEB-0032.
- Asselman, N. en Van der Zwan, I. (2014) Kostenramingen voor dijkversterking - gebruik van KOSWAT binnen het Deltaprogramma Rivieren. Deltares rapport 1209392-000-VEB-0029.
- Asselman, N. (2014) Verkenning naar de toepassing van de risicobenadering in het rivierengebied - Proeve Maas. Deltares rapport 1209392-000-VEB-0036.
- De Bruijn, K. en Van der Doef, M. (2011) Gevolgen van overstromingen - Informatie ten behoeve van het project Waterveiligheid in de 21e eeuw. Deltares rapport 1204144-004-ZWS-0001.
- De Grave, P. en Baarse, G. (2011) Kosten van maatregelen - Informatie ten behoeve van het project Waterveiligheid 21e eeuw. Deltares rapport 1204144-003-ZWS-0001.
- DPR (2014) Deltaprogramma | Rivieren: Synthesedocument DPR bij DP2015 (ABG20_2_Synthesedocument DPR bij DP2015 - 0 75 versie - ABG, 25-3-2014)
- DPV (2014a) Op weg naar nieuwe normen: technisch-inhoudelijke uitwerking DPV 2.2. Hoofdrapport.
- DPV (2014b) Technisch-inhoudelijke uitwerking DPV 2.2: Consequentieanalyse voor primaire keringen.
- Ouwerkerk, S.J. , Wojciechowska, K.A. en Barneveld, H.J. (2014) Kosten voor dijkversterking Deltaprogramma Rivieren - resultaten KOSWAT. HKV-rapport PR2680.10.
- Kind, J. (2011) Maatschappelijke kosten-batenanalyse Waterveiligheid 21^e eeuw - MKBA WV21. Deltares rapport 1204144-006-ZWS-0012.
- Kind, J. (2013) Schade Limburgse Maas - Besprekingsmemo t.b.v. Versnellingsdagen DPR advies beschermingsniveauschade Maas Limburg (9 december 2013).
- Kok, M en Silva, W. (2013) Hoogte en Breedte van dijken langs rivieren. Concept notitie HKV PR2500.10 (september 2013)
- Kuijper, B., Stijnen, J.W. en Van Velzen, E. (2010) Overstromingskansen – Informatie ten behoeve van het project Waterveiligheid 21e eeuw. Deltares rapport 1204144-002.
- Lamberigts, P., L. Bruin, H. van Duijn, B. Groffen, R. Knobben, B. Jonkman, M. Marchand, J. Kind & F. Klijn (2012). Vergelijkingsystematiek Deltaprogramma. Structuur, inrichting en gebruik, versie 1.0. Rapport 9W8366.A0/R005/412230/R'dam, Royal Haskoning & Deltares, Rotterdam.
- Levelt, O. (2014) Kostenramingen rivierverruimende maatregelen Deltaprogramma Rivieren. Deltares rapport 1209392-000-VEB-0042
- Marchand, M., F. Klijn & J. Kind (2012). Handreiking toepassing vergelijkingsystematiek Deltaprogramma. Deltaresrapport 1205040, Delft.
- Projectgroep risicobenadering DPV (2013) Presentatie sterkte inzichten. 16 mei 2013
- Witteveen & Bos (2008) Decimeringshoogten TMR2006. WiBo rapport RW1708-1/zeir/006.

A Overstromingskansen per dijkkringdeel 2^e referentie WV21

dijkkringdeel	kans per jaar
10	1:1000
11	1:1000
15	1:1000
16	1:1000
24	1:1000
34	1:500
34a	1:500
35	1:1000
36	1:250
36a	1:500
37	1:500
38-1	1:1250
38-2	1:500
39	1:500
40-1	1:250
40-2	1:250
41-1	1:500
41-2	1:500
42	1:500
43	1:250
44	1:500
45	1:1250
47	1:500
48-1	1:500
48-2	1:500
49	1:500
50	1:500
51	1:500
52	1:250
53	1:500
Kades Limburgse Maas	1:125

B Ligging van WV21-dijktrajecten





C Lengte van WV21-dijktrajecten in het rivierengebied

Lengte van de dijktrajecten. Opbouw van de naamgeving van het dijktraject:
Dijkring-dijkringdeel-trajectnummer

Dijktraject	Lengte (km)	Dijktraject	Lengte (km)	Dijktraject	Lengte (km)
10-1-1	3,73	37-1-1	1,36	48-1-1	5,60
10-1-2	11,16	38-1-1	29,58	48-1-2	6,49
10-1-3	19,48	38-2-1	2,52	48-1-3	5,50
10-1-4	13,35	38-2-2	10,51	48-1-4	2
11-1-1	4,69	38-2-3	2,16	48-2-1	5,61
11-1-2	21,38	38-2-4	5,02	48-2-2	17,11
11-1-3	6,81	39-1-1	4,75	48-2-3	13,06
15-1-1	23,06	40-1-1	1	49-1-1	19,38
15-1-2	2,50	40-2-1	1	49-1-2	14,32
15-1-3	17,21	41-1-1	40,67	50-1-1	1,41
15-1-4	4,85	41-1-2	3	50-1-2	8,45
16-1-1	32,23	41-2-1	43,81	50-1-3	3,12
16-1-2	16,66	41-2-2	4,38	51-1-1	3,15
16-1-3	10,59	42-1-1	8,08	51-1-2	9,78
16-1-4	17,35	42-1-2	9,35	51-1-3	10,63
16-1-5	9,39	42-1-3	2	52-1-1	1,97
24-1-1	15,31	43-1-1	16,47	52-1-2	61,31
24-1-2	19,14	43-1-2	7,68	53-1-1	8,37
24-1-3	11,87	43-1-3	18,32	53-1-2	4,43
34-1-1	26,72	43-1-4	17,02	53-1-3	7,50
34-1-2	10,67	43-1-5	4,50	53-1-4	20,69
34-1-3	9,90	43-1-6	10,79	53-1-5	5,38
34a-1-1	2,76	43-1-7	7,45	53-1-6	32,12
34a-1-2	7,18	43-1-8	41,64	65-1-1	0,09
35-1-1	16,26	43-1-9	46,60	65-1-2	5,04
35-1-2	12,27	44-1-1	32,48	68dgr-1-1	1,33
36-1-1	63,24	45-1-1	5,35	68dgr-1-2	0,58
36-1-2	17,23	46-1-1	1,10	68dgr-1-3	2,48
36-1-3	3,90	46-1-2	7,31	68dgr-1-4	2,39
36-1-4	11,37	47-1-1	9,56	68rvg-1-1	8,25
36-1-5	1,00	47-1-2	5,56	86-1-1	1,52
36-1-6	2,78			87-1-1	5,48
36-1-7	5,00				
36a-1-1	4,40				

Bron: De Grave en Barse (2011)

D Vergelijking overstromingskansen volgens analysenorm DPR en normvoorstel DPV en DPR

Tabel D.1 Normvoorstel van DPV (6 januari 2014) en het normvoorstel van DPR (mei 2014) in vergelijking tot de analysenorm DPR (mei 2013)

Traject	Naam	Normvoorstel DPV (jan. 2014)	Normvoorstel DPR (mei 2014)	Analysenorm omgerekende naar DPV trajecten
10-1	Mastenbroek 1	3.000	3.000	10.000
10-2	Mastenbroek2	3.000	3.000	14.000
10-3	Mastenbroek 3	10.000	10.000	13.000
11-1	IJsseldelta 1	3.000	3.000	8.000
11-2	IJsseldelta 2	3.000	3.000	8.000
15-1	Lopiker-en Krimpenerwaard-oost	30.000	30.000	14.000
15-2	Lopiker-en Krimpenerwaard-west	3.000	10.000	34.000
16-1	Alblasserwaard Merwede	30.000	100.000	64.000
16-2	Alblasserwaard Merwede/noord/lek	10.000	30.000	27.000
16-3	Alblasserwaard Merwede-Lek west	30.000	30.000	42.000
16-4	Alblasserwaard Merwede-lek oost	30.000	30.000	42.000
24-1	Land van Altena 1	10.000	10.000	10.000
24-2	Land van Altena 2	300	1.000	14.000
24-3	Land van Altena 3	30.000	10.000	12.000
35-1	Donge 1	10.000	10.000	8.000
35-2	Donge 2	1.000	1.000	8.000
36-1	Land v Heusden/de Maaskant 1	10.000	10.000	20.000
36-2	Land v Heusden/de Maaskant 2	30.000	30.000	20.000
36-3	Land v Heusden/de Maaskant 3	30.000	30.000	16.000
36-4	Land v Heusden/de Maaskant 4	10.000	10.000	22.000
36-5	Land v Heusden/de Maaskant 5	10.000	10.000	24.000
36a-1	Keent	3.000	3.000	1.250
37-1	Nederhemert	100.000	3.000	1.250
38-1	Bommelerwaard-Waal	30.000	30.000	4.000
38-2	Bommelerwaard-Maas	10.000	10.000	4.000
39-1	Alem	3.000	3.000	1.250
40-1	Heerewarden-Waal	30.000	30.000	1.250
40-2	Heerewarden-Maas	1.000	10.000	1.250
41-1	Land van Maas en Waal-Waal	30.000	30.000	13.000
41-2	Land van Maas en Waal-Waal	10.000	10.000	6.000
41-3	Land van Maas en Waal-Maas	3.000	3.000	7.000
41-4	Land van Maas en Waal-Maas	10.000	10.000	9.000
42-1	Ooij en Millingen	10.000	10.000	4.000
43-1	Betuwe, Tieler- en Culemborgerwaarden 1	30.000	30.000	43.000
43-2	Betuwe, Tieler- en Culemborgerwaarden 2	10.000	10.000	20.000
43-3	Betuwe, Tieler- en Culemborgerwaarden 3	10.000	30.000	27.000
43-4	Betuwe, Tieler- en Culemborgerwaarden 4	30.000	30.000	26.000
43-5	Betuwe, Tieler- en Culemborgerwaarden 5	30.000	30.000	30.000
43-6	Betuwe, Tieler- en Culemborgerwaarden 6	30.000	30.000	15.000
44-1	Kromme Rijn	30.000	30.000	10.000
45-1	Gelderse Vallei	100.000	100.000	40.000
47-1	Arnhemse- en Velpsebroek	3.000	3.000	4.000
48-1	Rijn en IJssel 1	30.000	30.000	8.000
48-2	Rijn en IJssel 2	10.000	10.000	14.000
48-3	Rijn en IJssel 3	10.000	10.000	17.000
49-1?				10.000
49-2	IJsselland	1.000	1.000	2.000
50-1	Zutphen 1	30.000	30.000	8.000
50-2	Zutphen 2	3.000	3.000	8.000

51-1	Gorssel	1.000	1.000	2.000
52-1	Oost Veluwe 1	3.000	3.000	11.000
52-2	Oost Veluwe 2	3.000	3.000	11.000
52-3	Oost Veluwe 3	3.000	3.000	18.000
52a_1	Oost Veluwe-Veessen: nieuwe dijkring		3.000	
52-4	Oost Veluwe 4	1.000	3.000	80.000
53-1	Salland 1	3.000	3.000	19.000
53-2	Salland 2	10.000	10.000	12.000
53-3	Salland 3	10.000	10.000	9.000

Tabel D.2 Normvoorstel van DPV (6 januari 2014) en normvoorstel DPR (mei 2014) in vergelijking tot de analysenorm DPR (mei 2013) voor de Limburgse Maas

Traject	Naam	Normvoorstel DPV (jan. 2014)	Normvoorstel DPR (mei 2014)	Analysenorm DPR
54-1	Mook Ottersum	1.000	1.000	1.250
55-1	Gennep-Heijen	1.000	1.000	1.250
56-1	Afferden	300	300	500
57-1	Nieuw Bergen	100	300	500
58-1	Groeningen	100	300	500
59-1	Aijen-Bergen	300	300	500
60-1	Well	300	300	500
61-1 62-1	Wanssum-west en oost	300	300	500
63-1	Ooijen	300	300	500
64-1	Broekhuizenvorst	300	300	500
65-1	Arcen	300	300	1.250
66-1	Lottum	300	300	500
67-1	Grubbenvorst	300	300	500
68-1	Venlo-Velden Zuid	300	1.000	1.250
68-2	Venlo-Velden Noord	300	300	1.250
69-1	Blerick	3.000	1.000	1.250
70-1	Baarlo	300	300	500
71-1	Belfeld	100	300	500
72-1	Kessel	300	300	
73-1	Beesel	100	300	500
74-1	Neer	300	300	500
75-1	Buggenum	1.000	300	500
76-1	Roermond	300	300	1.250
76a-1	Roermond Het Ham	300	300/1.000?	500
77-1	Merum Roermond-Hambeek	300	300	500
78-1	Heel	300	300	500
79-1	Thorn - Wessem	300	300	500
80-1	Clauscentrale	100	300	500
81-1	Ohé en Laak - Stevensweert	100	300	500
82-1	Aasterberg	100	300	500
83-1 84-1	Visserweert & Nattenhoven - Roosteren	300	300	500
85-1	Urmond	300	300	500
86-1	Maasband	300	300	500
87-1	Meers	1.000	300	500
88-1	Geulle aan de Maas	300	300	500
89-1	Voulwames	300	300	500
90-1	Maastricht oost	3.000	3.000	4.000
91-1	Itteren	300	300	500
92-1	Borgharen	300	300	500
93-1	Maastricht NW	1.000	1.000	1.250
94-1	St. Pieter	100	300	500
95-1	Eijsden	100	300	500