

VEILIGHEIDSBENADERING REGIONALE KERINGEN

CASUS GROOTE OF ACHTERWATERSCHAP - ALBLASSERWAARD VIJFHEERENLANDEN



RAPPORT

2021
06

VEILIGHEIDSBENADERING REGIONALE KERINGEN

CASUS GROOTE OF ACHTERWATERSCHAP - ALBLASSERWAARD
VIJFHEERENLANDEN

RAPPORT

2021

06

ISBN 978.90.5773.931.6



stowa@stowa.nl www.stowa.nl

TEL 033 460 32 00

Stationsplein 89 3818 LE Amersfoort

POSTBUS 2180 3800 CD AMERSFOORT

Publicaties van de STOWA kunt u bestellen op www.stowa.nl

COLOFON

UITGAVE Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer
Postbus 2180
3800 CD Amersfoort

AUTEUR Bob Maaskant
Jakolien Leenders

DRUK Kruyt Grafisch Adviesbureau
STOWA STOWA 2021-06
ISBN 978.90.5773.931.6

Copyright Teksten en figuren uit dit rapport mogen alleen worden overgenomen met bronvermelding.
Disclaimer Deze uitgave is met de grootst mogelijke zorg samengesteld. Niettemin aanvaarden de auteurs en de uitgever geen enkele aansprakelijkheid voor mogelijke onjuistheden of eventuele gevolgen door toepassing van de inhoud van dit rapport.

TEN GELEIDE

EEN DOELMATIGE VEILIGHEIDSBENADERING VOOR DE REGIONALE KERINGEN

Uit dit onderzoek naar de normsystematiek van regionale keringen in de Alblasserwaard blijkt dat de schade bij een overstroming daar relatief klein is. De casus laat zien dat het in dat geval niet altijd doelmatig is de keringen te versterken.

De hoofdvraag voor het ontwikkelingsprogramma regionale keringen (ORK-IV) is of de huidige veiligheidsbenadering aangepast moet worden zodat de regionale keringen doelmatiger, pragmatischer en beter uitlegbaar bescherming kunnen geven. Om antwoord te kunnen geven op deze vraag worden verschillende pilots uitgevoerd die bouwstenen leveren voor de uiteindelijke besluitvorming. Dit rapport beschrijft een van deze pilots.

In de pilot Alblasserwaard is samen met waterschap Rivierenland gekeken of de huidige norm voor de regionale keringen nog steeds passend is bij een veranderd watersysteem en bij de nieuwste inzichten van schadebepaling. Hiervoor is een analyse naar de actuele faalkans gedaan en ontstaat inzicht in de kosten en baten van de investeringen bij versterkingen van keringen. Voor vier van de vijf polders in de Alblasserwaard is de potentiële schade relatief klein. Strikt geredeneerd vanuit deze schade zou een verlaging van de veiligheidsnorm mogelijk zijn. In dit geval is het handhaven van het huidige profiel in combinatie met goed beheer en onderhoud waarschijnlijk doelmatiger dan het versterken van de keringen.

Om te werken met de door de STOWA geadviseerde kosten-baten analyse is een overstromingskans nodig. Uit dit onderzoek blijkt dat ook met de (huidige) overschrijdingskansbenadering gewerkt kan worden. Hiervoor is echter wel een expliciete relatie tussen de overschrijdings- en overstromingskans noodzakelijk. In het verleden is een omrekeningsfactor bepaald, het beter onderbouwen en eenduidig vaststellen van de omrekeningsfactor is noodzakelijk en zal in een toekomstige pilot opgepakt worden.

Tot slot wordt opgemerkt dat het voor keringen met een lage norm, oftewel een hoge overstromingskans vanuit een geringere te beschermen waarde, juist de eisen vanuit dagelijks beheer maatgevend zijn in plaats van de sterkte eisen van de kering. Ook dit aspect dient bij toekomstige pilots te worden verkend.

Joost Buntsma
Directeur STOWA

DE STOWA IN HET KORT

STOWA is het kenniscentrum van de regionale waterbeheerders (veelal de waterschappen) in Nederland. STOWA ontwikkelt, vergaart, verspreidt en implementeert toegepaste kennis die de waterbeheerders nodig hebben om de opgaven waar zij in hun werk voor staan, goed uit te voeren. Deze kennis kan liggen op toegepast technisch, natuurwetenschappelijk, bestuurlijk-juridisch of sociaalwetenschappelijk gebied.

STOWA werkt in hoge mate vraaggestuurd. We inventariseren nauwgezet welke kennisvragen waterschappen hebben en zetten die vragen uit bij de juiste kennisleveranciers. Het initiatief daarvoor ligt veelal bij de kennisvragende waterbeheerders, maar soms ook bij kennisinstellingen en het bedrijfsleven. Dit tweerichtingsverkeer stimuleert vernieuwing en innovatie.

Vraaggestuurd werken betekent ook dat we zelf voortdurend op zoek zijn naar de 'kennisvragen van morgen' – de vragen die we graag op de agenda zetten nog voordat iemand ze gesteld heeft – om optimaal voorbereid te zijn op de toekomst.

STOWA ontzorgt de waterbeheerders. Wij nemen de aanbesteding en begeleiding van de gezamenlijke kennisprojecten op ons. Wij zorgen ervoor dat waterbeheerders verbonden blijven met deze projecten en er ook 'eigenaar' van zijn. Dit om te waarborgen dat de juiste kennisvragen worden beantwoord. De projecten worden begeleid door commissies waar regionale waterbeheerders zelf deel van uitmaken. De grote onderzoeklijnen worden per werkveld uitgezet en verantwoord door speciale programmacommissies. Ook hierin hebben de regionale waterbeheerders zitting.

STOWA verbindt niet alleen kennisvragers en kennisleveranciers, maar ook de regionale waterbeheerders onderling. Door de samenwerking van de waterbeheerders binnen STOWA zijn zij samen verantwoordelijk voor de programmering, zetten zij gezamenlijk de koers uit, worden meerdere waterschappen bij één en het zelfde onderzoek betrokken en komen de resultaten sneller ten goede aan alle waterschappen.

De grondbeginselen van STOWA zijn verwoord in onze missie:

Het samen met regionale waterbeheerders definiëren van hun kennisbehoeften op het gebied van het waterbeheer en het voor én met deze beheerders (laten) ontwikkelen, bijeenbrengen, beschikbaar maken, delen, verankeren en implementeren van de benodigde kennis.

VEILIGHEIDSBENADERING REGIONALE KERINGEN CASUS GROOTE OF ACHTERWATERSCHAP - ALBLASSERWAARD VIJFHEERENLANDEN

INHOUD

	TEN GELEIDE	
	DE STOWA IN HET KORT	
1	INLEIDING	1
	1.1 Veiligheidsbenadering regionale keringen	1
	1.2 Pilot Groote of Achterwaterschap – Alblasserwaard Vijfheerenlanden	2
	1.3 Doelstelling	3
2	AANPAK	4
	2.1 Inundatiepatroon, gevolgbe­paling en be­palen IPO-norm­klasse	4
	2.1.1 Uitgangspunten gevolgbe­paling	5
	2.2 Actuele faalkans	6
	2.3 Kosten-baten analyse	6
3	NORMSTELLING	7
	3.1 Vak- en gebiedsindeling	7
	3.2 Evenwichtswaterstand per gebied	7
	3.3 Schadecurve per gebied en berekende schade­klasse bij evenwichtswater­stand	9
	3.4 Bepalen norm­klasse	10
4	ACTUELE FAALKANS	11
	4.1 Inleiding	11
	4.2 Overstromingskans vs overschrijdingskans	11
	4.3 Lengte-effect	12
	4.4 Macro­stabiliteit	13
	4.4.1 Werken met scenario's	13
	4.5 Hoogte	16
	4.6 Discussie	17

5	KOSTEN-BATEN ANALYSE	18
5.1	Schade	18
5.2	Faalkansen	18
5.3	Kosten	19
5.4	Kosten-baten (NCW)	20
5.4.1	Polder 1	21
5.4.2	Polder 2	24
5.4.3	Polder 3	26
5.4.4	Polder 4	27
5.4.5	Polder 5	29
5.5	Kosten-baten Grootte of Achterwaterschap	30
6	CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	31
7	REFERENTIES	32

1

INLEIDING

1.1 VEILIGHEIDSBENADERING REGIONALE KERINGEN

In de derde fase van het ‘Ontwikkelingsprogramma Regionale Waterkeringen’ (ORK-III) wordt aandacht besteed aan de uitwerking van een beleidsagenda. Eén van de onderwerpen op deze agenda is de toekomstige besluitvorming over de veiligheidsbenadering van regionale keringen.

Op dit moment is de veiligheidsnorm voor boezemkaden en keringen langs regionale rivieren uitgedrukt in een gemiddelde overschrijdingskans per jaar waarop elk dijkvak afzonderlijk moet zijn berekend. Deze benadering met afzonderlijke dijkvakken betreft de zogenaamde dijkvakbenadering. De benadering is beschreven in de Richtlijn Normering Keringen langs Regionale Rivieren (STOWA, 2008). Deze richtlijn is gebaseerd op de IPO-systematiek voor boezemkaden uit 1998 (IPO, 1998).

Sinds 1998 zijn er vele ervaringen en kennisontwikkelingen op het gebied van waterveiligheid en keringen (Deltaprogramma, overstap naar nieuwe normen voor de primaire keringen, meerlaagsveiligheid etc.). In 2016 is een nieuwe visie op de regionale waterkeringen uitgebracht (UvW, IPO, STOWA, 2006). In deze visie is een aantal vraagstukken benoemd op gebied van normeren in het licht van de actuele ontwikkelingen en de doorwerking daarvan op regionale waterkeringen:

- Evalueren van de IPO systematiek uit 1998 op basis van de kennis van nu;
- Uitzoeken of, vergelijkbaar met het primaire systeem, de normering gebaseerd dient te worden op het overstromingsrisico. Daarbij moeten ook de consequenties in beeld gebracht worden.
- Opstellen van een MKBA voor dijkversterkingen.

In de visie is benoemd om in ieder geval tot 2023 de huidige veiligheidsbenadering toe te passen en in 2023 te besluiten of ook voor regionale keringen een overstap naar een overstromingskansbenadering gewenst is. De periode tot 2023 kan worden gebruikt om toekomstige besluitvorming hierover voor te bereiden.

In de periode 2018-2019 zijn door de STOWA verschillende onderzoeken gedaan, naar deelaspecten van de vraag of er voor de regionale keringen ook aanleiding is voor een overgang van de overschrijdings- naar de overstromingskansbenadering en wat daarvan de consequenties zijn.

STOWA heeft HKV gevraagd op basis van de reeds uitgevoerde analyses en een uitwerking van waterveiligheidsvraagstukken in twee casusgebieden technisch-inhoudelijke argumenten te leveren voor de besluitvorming over de toekomstige veiligheidsbenadering voor de regionale keringen. Op basis van deze analyse zal de begeleidingsgroep VISIE een advies opstellen over de te hanteren veiligheidsbenadering voor de regionale keringen. Dit advies wordt aan de stuurgroep voorgelegd voor een besluit.

De twee casusgebieden die door HKV zijn uitgewerkt zijn:

1. Groote of Achterwaterschap in de Alblasserwaard Vijfheerenlanden (Zuid-Holland)
2. Sallandse Weteringen bij Zwolle (Overijssel).

Dit rapport beschrijft de casus **Groote of Achterwaterschap in de Alblasserwaard Vijfheerenlanden**.

1.2 PILOT GROOTE OF ACHTERWATERSCHAP – ALBLASSERWAARD VIJFHEERENLANDEN

De Groote of Achterwaterschap is een waterloop, gelegen in de Alblasserwaard Vijfheerenlanden (Figuur 1). Het Achterwaterschap is een 16 km lange watergang in de Alblasserwaard die loopt van de Ammerse Boezem tot aan het boezemgemaal in Kinderdijk. Het Achterwaterschap is gegraven in 1366 en zorgt voor tijdelijke berging van polderwater voordat dit op de Lek kan worden geloosd. Het Achterwaterschap wordt ook wel eens Groote Waterschap genoemd¹. De waterloop het Nieuwe Waterschap ligt ten zuiden van de Groote of Achterwaterschap. Deze waterlopen staan in de huidige situatie niet in open verbinding met elkaar, waarbij dat in de toekomst mogelijk wel gerealiseerd gaat worden.

FIGUUR 1

LIGGING GROOTE OF ACHTERWATERSCHAP



Langs de waterloop liggen regionale keringen met een norm van een overschrijdingskans van 1/100 per jaar (IPO klasse III). De keringen zijn in 2004 aangewezen als regionale kering.

Sinds 2004 zijn er veel ontwikkelingen in het gebied en op gebied van waterveiligheid. In dit rapport is voor het Groote of Achterwaterschap de gevolgbeplanning en normstelling beschreven conform de huidige normeringssystematiek voor regionale keringen. Dit is gedaan om te bekijken of de huidige norm voor deze waterkeringen van 1/100 per jaar nog steeds passend is gegeven de verandering van het watersysteem en de nieuwste inzichten op het gebied van

1 Bron: website waterschap rivierenland. www.waterschaprivierenland.nl

schadebepaling. Ook is een analyse gedaan naar de actuele faalkans op basis van hoogte en sterktegegevens van de keringen.

1.3 DOELSTELLING

De analyse dient drie doelen:

1. inzicht krijgen in het inundatiepatroon bij het falen van de keringen langs Groote of Achterwaterschap, de bijbehorende schadeklasse en de daarbij passende regionale IPO norm.
3. inzicht te krijgen in de actuele faalkans van de keringen langs de Groote of Achterwaterschap.
4. inzicht krijgen in de kosten-baten van investeringen in de keringen van het Groote of Achterwaterschap.

FIGUUR 2

SITUATIESCHETS GEBIED.



2

AANPAK

2.1 INUNDATIEPATROON, GEVOLGBEPALING EN BEPALEN IPO-NORMKLASSE

De aanpak voor het bepalen van het inundatiepatroon en de gevolgen bij een doorbraak van de kering langs het Grootte of Achterwaterschap is geschetst in Figuur 3. De aanpak volgt 4 stappen:

FIGUUR 3

AANPAK IN VIER STAPPEN



STAP 1 - VAK- EN GEBIEDSINDELING

De vakindeling vormt dijkvakken waarbinnen een doorbraak leidt tot hetzelfde overstromde gebied. De gebiedsindeling geeft weer welk gebied overstroomt bij een doorbraak in het aangrenzende vak.

STAP 2 - BEPALEN SCHADECURVE PER OVERSTROMINGSGBIED

Per overstromingsgebied is een schadecurve bepaald. Hiervoor is voor waterstanden van 2,3 m+NAP tot een maximale waterstand van 1,0 m+NAP met stappen van 10 centimeter de inundatiediepte per overstromingsgebied bepaald. De inundatiediepte is de waterstand minus de bodemhoogte. Als de bodemhoogte hoger is dan de waterstand is de resulterende inundatiediepte 0 meter. Resultaat van deze stap is een waterstand (of inundatiediepte)-schade relatie per overstromingsgebied.

STAP 3 - BEREKENING EVENWICHTS WATERSTAND PER OVERSTROMINGSGBIED

Voor elk overstromingsgebied uit stap 1 is een resulterende waterstand in het overstromde gebied bepaald op basis van de T100 waterstand in de boezem. Voor de Grootte of Achterwaterschap is dit -0,74 m+NAP en voor de Nieuwe Wetering is dit -0,64 m+NAP.

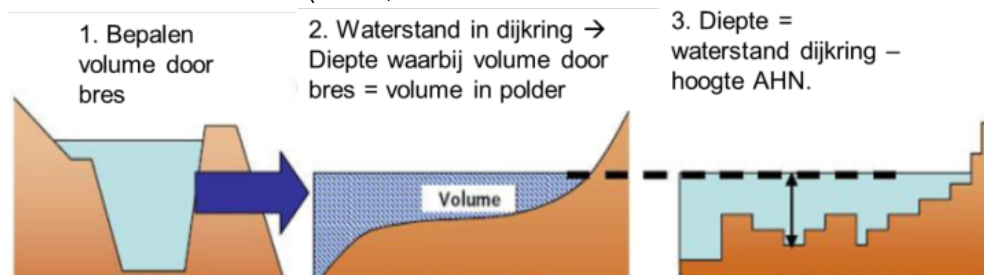
Het evenwichtspeil is bepaald voor twee situaties:

- Bepaling waterstand onder de aanname dat het volume uit de Grootte of Achterwaterschap en de Nieuwe Wetering het gebied in zal stromen.
- Bepaling waterstand onder de aanname dat alleen het volume uit de Grootte of Achterwaterschap het gebied in zal stromen. De waterloop is daarmee afgesloten.

De evenwichtswaterstand voor deze twee situaties is per inundatiegebied berekend met behulp van een hoogte & oppervlaktecurve (ook wel maaiveldcurve genoemd). Dit is gedaan door het afleiden van de oppervlakten onder deze maaiveldcurve en het volume water dat het overstromingsgebied binnenstroomt bij een daling van de waterstand in het boezemsysteem (Zie Figuur 4).

FIGUUR 4

SCHEMATISCHE WEERGAVE BAKJESMETHODE (UIT STOWA, 2008)



STAP 4 - BEPALING NORMKLASSEN PER KERING

De laatste stap is het koppelen van een normklasse aan de verschillende vakken voor de berekende evenwichtswaterstanden. We doen dit op basis van de schadecurve en de richtlijn normering regionale keringen (STOWA, 2008). In de richtlijn is beschreven dat er vijf normklassen worden onderscheiden, variërend van 1/10 per jaar tot 1/1.000 per jaar (Figuur 5).

De grenswaarden voor de gevolgschade per normklasse zijn overgenomen van de IPO-normering van boezemkades (STOWA, 1999). Voor toepassing in deze studie zijn de normklassen geïndexeerd naar het prijspeil van 2011. De indexatie is gedaan op basis van een inflatiepercentage van 2%. Reden om de schadegrenzen te indexeren naar 2011 is dat het peiljaar van de schadeberekeningen in SSM2017 (versie 2) 2011 is. Daarmee zijn de geïndexeerde schadegrenzen vergelijkbaar met de berekende schade met SSM2017 versie 2.

FIGUUR 5

NORMKLASSEN

	Klasse	Veiligheidsnorm	Schade grenzen 2000 [Mln Euro] (Stowa, 2008)	Schade grenzen 2011 [Mln Euro]
	I	1/10 per jaar	< 8	< 10
	II	1/30 per jaar	< 25	10 – 31
	III	1/100 per jaar	25 - 80	31 – 99
	IV	1/300 per jaar	80 - 250	99 – 311
	V	1/1000 per jaar	> 250	> 311

2.1.1 UITGANGSPUNTEN GEVOLGBEPALING

De volgende uitgangspunten zijn bij de gevolgbepaling gehanteerd:

- Voor de hoogtegegevens van het maaiveld is gebruik gemaakt van de maaiveldhoogtegegevens van AHN3 op 5x5 m.
- De waterdieptes worden berekend met een bakjesbenadering waarbij rekening is gehouden met het ontstaan van een evenwichtspeil. Een bakjesmodel is eenvoudiger toe te passen dan een overstromingsmodel, maar het bakjesmodel houdt geen rekening met het overstromingspatroon en de verplaatsing van water in het gebied.
- Het evenwichtspeil is bepaald voor een T100 waterstand op het boezemsysteem. De waterstanden op het boezemsysteem zijn door het waterschap aangeleverd.
- Schadeberekeningen zijn gedaan met de Schade en Slachtoffer Module voor het bepalen van de gevolgen van een overstroming (SSM2017 versie 2 module 'Regionaal' (RWS-WVL, 2018). Er zijn geen slachtofferberekeningen gedaan.
- De grenzen van schadeklassen zijn gebaseerd op de methodiek van de 'richtlijn normeren Keringen langs regionale rivieren' (STOWA, 2008). In deze richtlijn bepaalt de omvang van de gevolgschade bij het doorbreken van een kering de veiligheidsklasse. Hoe groter de gevolgschade, hoe hoger de veiligheidsklasse.

2.2 ACTUELE FAALKANS

Voor een inschatting van de actuele faalkans is gebruik gemaakt van de aanwezige analyses uit de uitgevoerde toetsing. Hierbij is gekeken naar twee faalmechanismen, hoogte en stabiliteit.

Om een daadwerkelijke faalkans van dit traject te bepalen dient er expliciet rekening te worden gehouden met alle van belang zijnde onzekerheden, zowel aan de sterkte als belastingkant en het lengte-effect. Een volledige probabilistische berekening voor de bepaling van de faalkans voor dit traject is binnen dit project niet haalbaar. Er zijn in de uitgevoerde analyse eerste stappen gezet richting de overstromingskans. Daarnaast worden aanbevelingen gedaan over de vervolgstappen die nodig zijn om meer inzicht te krijgen in de faalkans van de regionale kering.

In de het geval van de casus A5H is voor de bepaling van de actuele faalkans gekeken naar de dijkstrekking langs gebied 4, zie Figuur 6. Voor deze kering is een analyse uitgevoerd om gevoel te krijgen bij de actuele faalkans en wat daarbij de belangrijkste aandachtspunten zijn.

2.3 KOSTEN-BATEN ANALYSE

Voor de kosten-baten analyse wordt op basis van de gevolgbeoordeling en de actuele faalkans bekeken hoe twee investeringsstrategieën zich van elkaar onderscheiden. De twee strategieën zijn:

- Investering voor versterking van de waterkering inclusief een jaarlijkse investering voor beheer en onderhoud
- Jaarlijkse investering voor beheer en onderhoud met als doel instandhouding huidige waterkering

De kosten-baten worden inzichtelijk gemaakt door middel van het netto contant maken van de investeringen en de economische risico's over de periode tot 2075. Dit geeft een beeld van de totale risicokosten voor de twee strategieën die onderling worden vergeleken.

Hierbij wordt bekeken wat de investeringsruimte is voor versterking van de waterkering gegeven budgetten voor beheer en onderhoud.

3

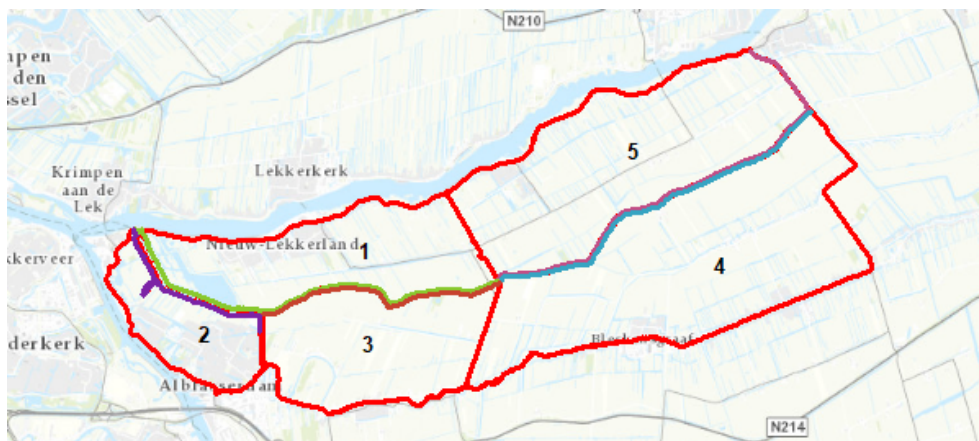
NORMSTELLING

In onderstaande paragrafen is stapsgewijs de gevolgbeplanning en normstelling weergegeven.

3.1 VAK- EN GEBIEDSINDELING

De vakindeling en indeling in overstromingsgebieden is opgenomen in Figuur 6. Er zijn vijf vakken onderscheiden met vijf overstromingsgebieden.

FIGUUR 6 VAKINDELING EN GEBIEDSINDELING KERINGEN LANGS GROOTE OF ACHTERWATERSCHAP



3.2 EVENWICHTSWATERSTAND PER GEBIED

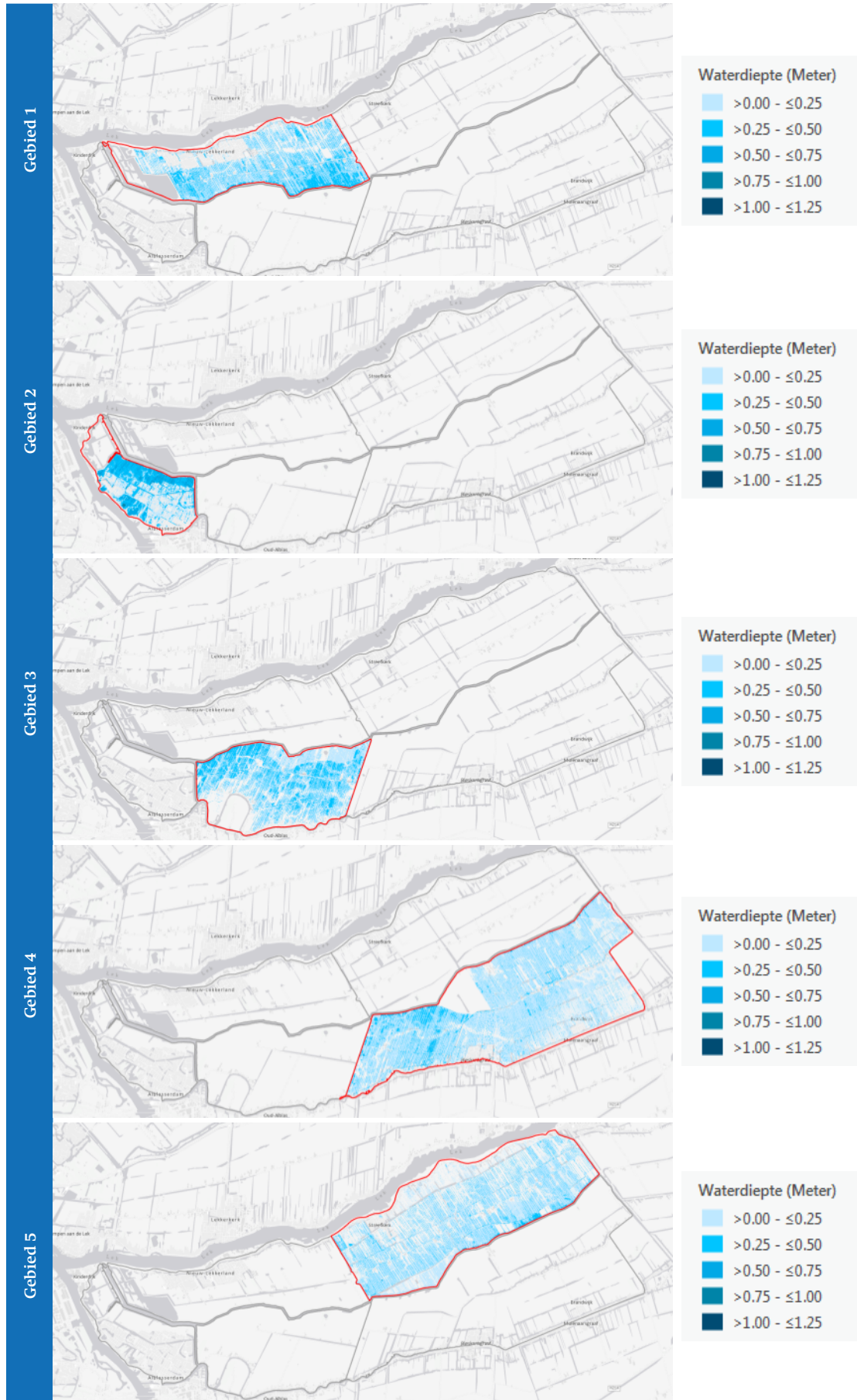
De evenwichtswaterstand in de vijf overstromingsgebieden voor de twee scenario's is weergegeven in Tabel 1. Inundatiekaarten van het evenwichtspeil bij een inundatie met volume uit de Groote of Achterwaterschap en Nieuwe Wetering zijn weergegeven in Figuur 7.

TABEL 1 EVENWICHTSWATER-STANDEN PER INUNDATIEGEBIED

Gebied	Inundatie met volume uit Groote of Achterwaterschap	Inundatie met volume uit Groote of Achterwaterschap en Nieuwe Waterschap
Gebied 1	-1,6 m+NAP	-1,5 m+NAP
Gebied 2*	-1,4 m+NAP	-1,2 m+NAP
Gebied 3	-1,7 m+NAP	-1,6 m+NAP
Gebied 4	-1,7 m+NAP	-1,6 m+NAP
Gebied 5	-1,5 m+NAP	-1,4 m+NAP

Gebied 2 ligt in de huidige situatie alleen aan het nieuwe waterschap, de waterstanden in de eerste kolom zijn de gevolgen vanuit alleen dit systeem.

FIGUUR 7 INUNDATIEKAARTEN EVENWICHTSPEIL BIJ INUNDATIE MET VOLUME UIT GROOTE OF ACHTERWATERSCHAP EN NIEUWE WETERING



3.3 SCHADECURVE PER GEBIED EN BEREKENDE SCHADEKLASSE BIJ EVENWICHTSWATERSTAND

Figuur 8 geeft de schadecurves per overstromingsgebied. De schadecurve geeft op de horizontale as de waterstand (in m+NAP) en op de verticale as de schade (in miljoenen €). De blauwe stippen in Figuur 8 geven de berekende schade bij de betreffende waterstand in het gebied weer. De waterstand van het evenwichtspeil voor beide situaties is met een rood vierkant weergegeven. Als achtergrond zijn de schadeklassen opgenomen uit de 'richtlijn normeren regionale waterkeringen (STOWA, 2008). Door middel van de schadecurves per gebied is er ook een gevoel van de robuustheid van de berekende schadeklasse per gebied.

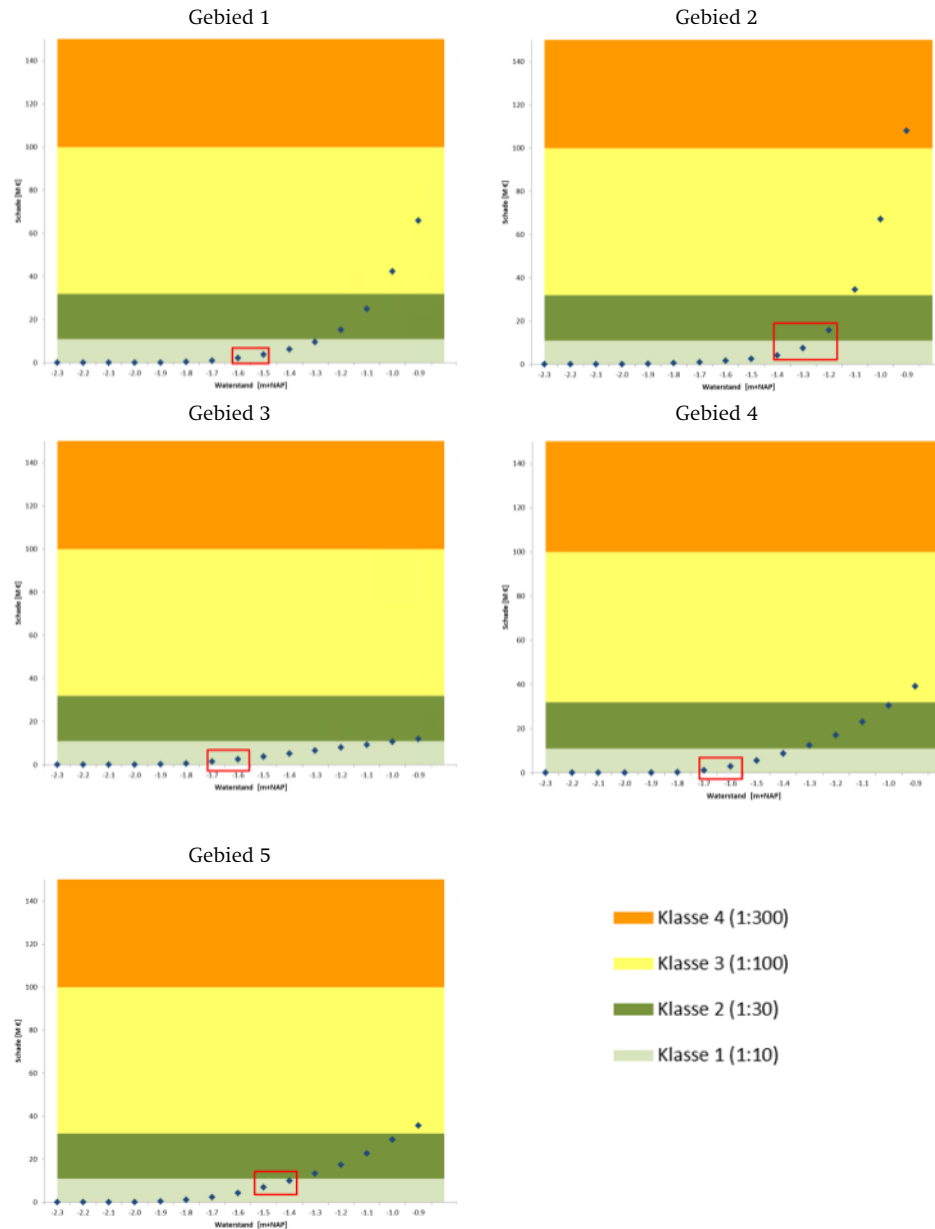
Figuur 8 laat zien dat de berekende schadeklassen bij een T100 waterstand een T10 of T30 klasse betreffen:

- Voor gebied 1, 3, 4 en 5 zijn de berekende schades in beide scenario's kleiner dan 10 miljoen euro. Dit komt overeen met schadeklasse 1 (normklasse 1/10 per jaar).
- Voor gebied 2 wordt voor het scenario met een inundatie met alleen het volume van de Groote of Achterwaterschap schadeklasse 1 (normklasse 1/10 per jaar) berekend. Voor een inundatie met volume vanuit de Groote of Achterwaterschap en de Nieuwe Wetering wordt een schadeklasse 2 (normklasse 1/30 per jaar) berekend. Vanuit oogpunt van de richtlijn zou voor het bepalen van een normklasse voor de kering dan ook nog de schade moeten worden bepaald bij een waterstand van 1/30 per jaar op het boezemwatersysteem.

In gebied 2 heeft de schadecurve het steilste verloop van alle gebieden. Dit wordt verklaard door het stedelijk gebied van Alblasterdam. Bij het meer inunderen van stedelijk gebied (meer waterdiepte of omvang) neemt de schade sterker toe dan bij het meer inunderen van landelijk gebied. Zo wordt in gebied 2 bij een 10 cm hogere waterstand in het gebied al een schadeklasse 3 (normklasse 1/100 per jaar berekend). In de andere gebieden is dit effect minder sterk, omdat er minder stedelijk gebied in deze gebieden is gelegen. Gebied 2 is daarmee wel gevoelig voor variaties in waterdiepten in het gebied. Voor dit gebied kan een overstromings-simulatie mogelijk meer inzichten geven in de berekende schade.

FIGUUR 8

SCHADECURVE PER OVERSTROMINGSGBIED



3.4 BEPALEN NORMKLASSE

Voor vier van de vijf gebieden leidt de technische analyse tot een soepelere norm dan de momenteel geldende norm van 1/100 per jaar. Een norm van 1/10 per jaar zou op basis van de technische analyse passend kunnen zijn. Voor gebied 2 is dit niet direct af te leiden vanwege de gevoeligheid van de schade bij toenemende inundatiediepte. Bij een eventuele heroverweging van de norm voor dit gebied, is een nadere analyse zeker aan te bevelen. Ook vanwege de bebouwing in dit gebied en de NBW normering in het achterhoofd is het advies voor dit gebied de norm niet aan te passen.

4

ACTUELE FAALKANS

4.1 INLEIDING

De huidige toets- en ontwerpsystematiek voor regionale keringen is gebaseerd op de overschrijdingskans. Dit houdt in dat de kering standzeker moet zijn bij de maatgevende waterstand die hoort bij de norm.

Vanuit de overstromingskans gedachte beschrijft de overstromingskans de kans dat er een overstroming kan optreden.

De huidige definitie van beide type kansen als norm voor regionale kering is als volgt:

- De normoverschrijdingskans beschrijft de kans van optreden van de maximale waterstand bij de norm die een doorsnede van de waterkering veilig moet kunnen keren.
- De normoverstromingskans beschrijft de kans op het optreden van een overstroming in het gebied dat de regionale kering beschermt.

In de definitie is direct te zien dat de overschrijdingskans betrekking heeft op de waterkering zelf en de overstromingskans op het te beschermen gebied.

Ook de lengte-eenheid waarop de norm op van toepassing is, is verschillend. Zo geldt de overschrijdingskans voor elke doorsnede in een waterkering en geldt de overstromingskans voor een deel van de waterkering dat ongeveer hetzelfde gebied beschermt tegen een overstroming.

4.2 OVERSTROMINGSKANS VS OVERSCHRIJDINGSKANS

De overschrijdingskans is een afgeleide van de overstromingskans, waarbij op basis van (conservatieve) keuzes een verdeling over de mechanismen en de lengte wordt gemaakt. Indien met de overschrijdingskansbenadering een berekening wordt uitgevoerd dan kan met dezelfde gegevens ook een overstromingskans berekend worden.

De overschrijdingskansbenadering en de overstromingskansbenadering zijn eigenlijk twee manieren om met onzekerheden om te gaan bij de beoordeling van de sterkte van waterkeringen. Hoewel de overschrijdingskansbenadering eenvoudiger is in het gebruik, maakt de overstromingskansbenadering het mogelijk om een bepaald beschermingsniveau gerichter en dus tegen lagere kosten te bereiken.

De inhoudelijke verschillen tussen de overschrijdings- en overstromingskansbenadering hebben vooral betrekking op de manier waarop met de onzekerheden over de belastingen en sterkte-eigenschappen wordt omgegaan: impliciet (via karakteristieke waarden en veiligheidsfactoren) of expliciet (via de kansen op de verschillende waarden die de belastingen en de sterkte kunnen hebben).

In de overstromingskansbenadering worden de onzekerheden over de belastingen en sterkte-eigenschappen tot uitdrukking gebracht in de kans dat de belasting groter is dan de sterkte, zodat er een overstroming plaatsvindt. Dat wordt gedaan door alle mogelijke belastingen en sterkte-eigenschappen met hun kans van voorkomen te wegen.

Bij de overschrijdingskansbenadering lijkt er daarentegen sprake te zijn van een 'deterministische aanpak' waarbij kansen en onzekerheden geen rol spelen. Echter bij de overschrijdingskansbenadering spelen precies dezelfde onzekerheden een rol als bij de overstromingskansbenadering. Door op een andere manier met onzekerheden om te gaan, gaan ze namelijk niet weg.

De onzekerheden ten aanzien van de belastingen en de sterkte-eigenschappen worden binnen de overschrijdingskansbenadering afgedekt door middel van karakteristieke waarden en veiligheidsfactoren. Dergelijke karakteristieke waarden en veiligheidsfactoren worden idealiter zodanig gekozen dat de kans op een dijkdoorbraak voldoende klein is als uit het toetsvoorschrift het oordeel 'voldoet' volgt. Hieruit blijkt wel dat de overschrijdingskansbenadering en de overstromingskansbenadering, nauw met elkaar zijn verbonden. Bij de overstromingskansbenadering wordt gekeken naar de kans dat de belasting groter is dan de sterkte. Bij de overschrijdingskansbenadering wordt gekeken of de rekenwaarde van de belasting groter is dan de rekenwaarde van de sterkte. Een rekenwaarde is een karakteristieke waarde, eventueel na toepassing van een veiligheidsfactor.

In de volgende paragrafen wordt voor de mechanismen macrostabiliteit en hoogte nader ingegaan op de mogelijkheden die de huidige systematiek van de overschrijdingskans biedt om scherper te toetsen en meer richting de overstromingskans op te schuiven. Ook worden de beperkingen en aandachtspunten beschreven. Eerst wordt nader ingegaan op het lengte-effect omdat dit ook een belangrijk verschil is tussen de huidige overschrijdingskans en overstromingskans.

4.3 LENGTE-EFFECT

Zoals eerder al gesteld geldt de norm bij de overschrijdingskans voor een doorsnede en geldt de overstromingskans voor een traject dat een bepaald gebied beschermt.

Stel dat er twee gebieden zijn die bij een overstroming ongeveer dezelfde gevolgen hebben. Echter het ene gebied heeft een regionale kering van 1km die het gebied beschermt en het andere gebied heeft een kering van 10km. Vanuit de huidige normeringssystematiek krijgen ze beide een norm van bijvoorbeeld 1/100 per jaar die op doorsnedeniveau geldt. Echter vanwege de lengte van de keringen zal de overstromingskans van de 10km lange regionale kering groter zijn.

In de huidige systematiek van toetsen en ontwerpen van regionale waterkeringen zijn daarin keuzes en aannames gedaan rondom het verdisconteren van dit lengte-effect. Gegeven de ontwikkeling van kennis rondom het lengte-effect is het de vraag hoe deze keuzes en aannames zich verhouden tot deze kennisontwikkeling.

Dit is ook een vraag die voor de primaire kering speelt en waar veel aandacht voor is. De inzichten vanuit het primaire systeem laten zien dat de werkwijze rondom het lengte-effect tamelijk conservatief is en dat daar nog optimalisaties mogelijk zijn om niet onnodig conservatief te zijn in de vertaling van een kans op trajectniveau naar een doorsnede-eis.

Binnen deze studie gaan we hier niet nader op in, maar is voor eventuele vervolgacties wel heel relevant.

4.4 MACROSTABILITEIT

Een volledige faalkans analyse voor macrostabiliteit voor dit traject is niet haalbaar binnen dit project, mede vanwege de complexiteit rondom het lengte-effect. Er is daarom een pragmatische invulling gegeven om vanuit de huidige werkpraktijk (de overschrijdingskans) op te schuiven richting een overstromingskans.

Dit is gedaan door de huidige werkwijze binnen de overschrijdingskans-benadering uit te breiden met scenario's. In de huidige werkwijze wordt momenteel gewerkt met één scenario met relatief conservatieve keuzes voor freatische lijnen en verkeersbelastingen.

Gegeven de huidige ervaringen blijkt dat dit de twee belangrijkste factoren zijn die de berekende veiligheid beïnvloeden. Indien voor deze twee factoren meerderde scenario's worden meegenomen, elk met een bepaalde kans van voorkomen geeft dit een realistischer beeld van de actuele veiligheid.

4.4.1 WERKEN MET SCENARIO'S

Voor het traject langs gebied 4 is de kering binnen de toetsing op macrostabiliteit opgedeeld in zes representatieve delen. Deze zes locaties zijn nader geanalyseerd. In Figuur 9 zijn de strekkingen weergegeven waarop de verschillende berekening op van toepassing zijn.

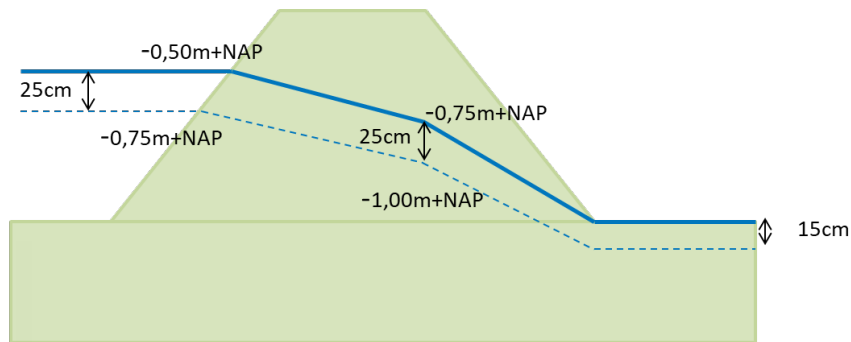
FIGUUR 9

VAKINDELING MACROSTABILITEIT



In de toetsing van de kering is het volgende gehanteerd:

- IPO-klasse III: overschrijdingskans 1/100 per jaar
- Waterstand 1/100 per jaar
- Freatische lijn conservatief ingeschat o.b.v. peilbuismetingen



- Verkeersbelasting Groene kade: 6kN/m^2
Combinatie van grote tractor met gevulde dumper en minikraan
- Verkeersbelasting Verharde kade: $15,4\text{kN/m}^2$
Rij van aaneengesloten 50 ton zandauto's

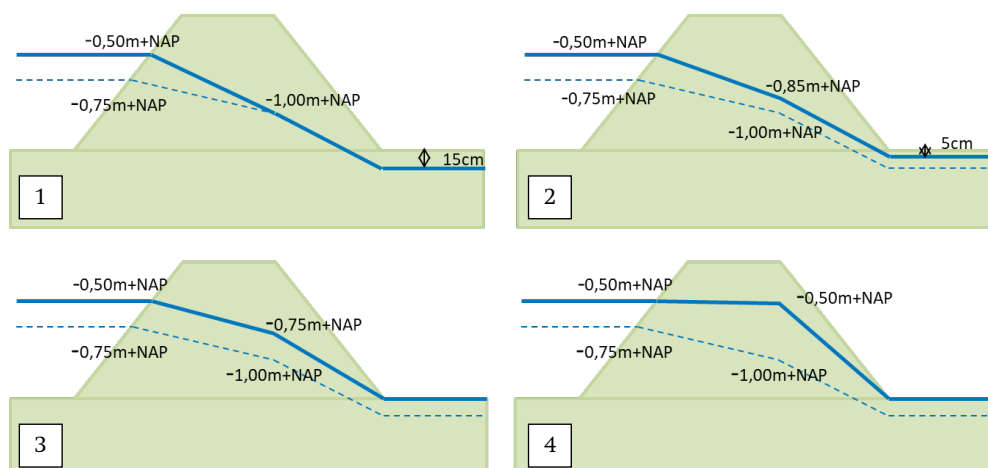
Als de overschrijdingskansbenadering met de maatgevende waterstand vast wordt gehouden, dan zijn er bij die waterstand verschillende combinaties van freatische lijnen en verkeersbelastingen mogelijk.

In Figuur 10 zijn verschillende mogelijkheden van de freatische lijn weergegeven. Op basis van de peilbuismetingen zijn vier scenario's van freatische lijnen die bij een waterstand van 1/100 per jaar op kunnen treden opgesteld. Hierbij is de stippellijn de freatische lijn onder dagelijkse omstandigheden. De overwegingen van de vier scenario's zijn als volgt.

- FL1: de freatische lijn loopt vanaf buitenwaterstand naar de dagelijkse freatische lijn bij binnenkruin.
- FL3: dit is de freatische lijn zoals gehanteerd in de reguliere beoordeling. De verhoging van de freatische lijn bij de binnenkruin (25cm) is even groot als de verhoging van de buitenwaterstand.
- FL2: dit scenario ligt tussen FL1 en FL3 in.
- FL4: een extreem scenario waarbij het toetspeil is doorgetrokken naar binnenkruinlijn.
-

FIGUUR 10

VARIATIE FREATISCHE LIJNEN



Voor de verkeersbelasting zijn er ook scenario's mogelijk. De klassen die gehanteerd worden zijn 0, 1, 6 en 15,4 kN/m². Die vier klassen zijn te vergelijken met:

- Geen verkeersbelasting, of een normale auto (0 kN/m²)
- Lichte kraan en pickup voor werkzaamheden, of zwaarder dagelijks verkeer (1 kN/m²)
- Combinatie van grote tractor met gevulde dumper en minikraan, of één 50 ton zandauto (6 kN/m²)
- Rij van aaneengesloten 50 ton zandauto's (15,4 kN/m²)

Door nu voor zowel de freatische lijn als de verkeersbelasting kansen in te schatten is het mogelijk de verschillende scenario's te wegen om tot een gewogen stabiliteitsfactor te komen. In onderstaande tabel zijn de kansinschattingen weergegeven. Deze kunnen uiteraard aangepast worden op basis van inschattingen van de beheerder.

Freatische lijn	Kans-bijdrage	Verkeersbelasting	Verharde kering	Onverharde kering
1	20%	0	45%	45%
2	60%	1	45%	50%
3	19%	6	9,5%	5%
4	1%	15,4	0,5%	0%

Voor elk van deze combinaties is een stabiliteitsberekening uitgevoerd met als resultaat een stabiliteitsfactor. Deze stabiliteitsfactor middels de kalibratieformule uit het WBI2017 omgerekend tot een faalkans. Deze faalkansen zijn vervolgens gewogen op basis van de kansinschattingen op een scenario. De gewogen faalkans is daarna weer teruggerekend tot een stabiliteitsfactor middels dezelfde formule. Ook al is de kalibratieformule afgeleid voor de primaire keringen en daarmee niet direct toepasbaar voor regionale kering is deze naar verwachting goed genoeg voor deze analyse omdat uiteindelijk weer wordt terugvertaald naar een stabiliteitsfactor.

In het geval van een verharde kering is er een grote toename van de stabiliteitsfactor, Tabel 2. Dit is ook te verklaren omdat in de standaard toetsaanpak voor verharde kades met name voor de verkeersbelasting zeer conservatief wordt gerekend. Door te werken met scenario's wordt expliciet zichtbaar hoe groot dat effect is en hoe aanscherpingen in de huidige aanpak mogelijk zijn.

TABEL 2

STABILITEITSFACTOR VERHARDE KADE

Profiel	SF regulier	SF aanscherping
AC 134	0.85	1.14
AC 151	0.63	0.95
AC 168	0.67	0.95
AC 173+1	0.63	1.02
AC 193+60	0.74	1.03
AC 199+35	0.44	0.76

Voor de onverharde kade is het effect ook zichtbaar maar is dit effect kleiner omdat voor de onverharde kade in de basis al met lagere verkeersbelasting rekening wordt gehouden. Daarmee is in de standaard aanpak de stabiliteitsfactor al hoger.

TABEL 3

STABILITEITSFACTOR ONVERHARDE KADE

Profiel	SF regulier	SF aanscherping
AC 134	1.1	1.21
AC 151	0.87	0.97
AC 168	0.89	0.96
AC 173+1	0.99	1.10
AC 193+60	0.95	1.05
AC 199+35	0.67	0.78

De analyse laat zien dat binnen de huidige overschrijdingskansbenadering het explicieter omgaan met onzekerheden door middel van het werken met scenario's een aanmerkelijke aanscherping van het resultaat kan opleveren. Door deze aanvulling sluit het daarmee dichter aan bij de overstromingskans-benadering.

Deze doorsnederesultaten dienen vervolgens gecombineerd te worden over de lengte van het gehele traject om uiteindelijk tot een faalkans voor macrostabiliteit te komen voor het gehele traject.

Gegeven de vele discussie en de mate van conservatisme in de huidige lengte-effectaanpak is dit momenteel nog geen zinnige exercitie.

Een ander aspect dat bij macrostabiliteit een belangrijke rol speelt is het opbarsten. Het meenemen van het wel of niet opbarsten als scenario kan ook een grote impact hebben op de stabiliteitsfactor en daarmee op de actuele faalkans.

4.5 HOOGTE

Voor de toetsing van de regionale keringen op hoogte wordt gekeken naar de optredende waterstand bij de norm met daarbij de hoogte van golven. Waarbij voor de golven wordt gekeken naar het optredende overslag, de scheepsgolven en de begaanbaarheid. Het maximum van deze drie is de waarde waarmee voor de golven wordt gerekend.

Eén van de aspecten waar naar gekeken kan worden is de invloed van de scheepsgolven. Dit type golf is heel anders dan golven die veroorzaakt worden door wind. De scheepsgolven zijn heel kort van duur en treden niet continu op dezelfde plaats op, dit in tegenstelling tot golven veroorzaakt door wind. Voor scheepsgolven zou ook een hoger overslagdebiet toegestaan kunnen worden omdat deze toch korter van duur zijn.

Daarnaast is het overslagdebiet een belangrijk element. Voor het bepalen van de actuele faalkans moet meer de grens worden opgezocht, er dient dan met grotere overslagbieten gerekend te worden.

Dit alles is mogelijk binnen de huidige werkwijze van de overschrijdingskans-benadering. Echter is ook hier weer de vertaling van de doorsnede naar een traject en de specifieke bijdrage van een mechanisme belangrijk.

4.6 DISCUSSIE

De analyse naar de veiligheid van de kering laat zien dat er mogelijkheden zijn om binnen de huidige werkwijze dichter naar de overstromingskans te bewegen.

Een volledige faalkansanalyse voor een geheel traject is ook mogelijk echter de keuzes rondom het lengte-effect zijn daarin zeer belangrijk.

Belangrijkste punt rondom de overschrijdingskans en de overstromingskans is wat de achterliggende gedachte van de norm is. Wat is het doel van de normering. Afhankelijk van die keuze kan een bepaalde overstromingskans worden bepaald en kan een vertaling plaatsvinden naar een overschrijdingskans.

Deze relatie is momenteel binnen de regionale keringen niet of nauwelijks aanwezig. Deze relatie moet explicieter worden gemaakt om ook daadwerkelijk de achterliggende kans van het voorkomen van een overstroming te hanteren. Dit vraagt een kalibratie van de huidige rekenregels gebaseerd op de overschrijdingskans op de overstromingskans.

Ook de door de STOWA voorgestelde kosten-batenanalyse die geadviseerd wordt voor regionale kering werkt met overstromingskansen. Bij een eventuele afkeuring kan gewerkt worden met een kosten-batenanalyse om de doelmatigheid van een versterking te verifiëren. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van een overstromingskans.

Daarnaast geeft de overstromingskans ook meer mogelijkheden om te optimaliseren indien dit nodig is, dit kan door vanuit de overschrijdingskans terug te stappen op de overstromingskans als dat voor een lokale situatie nodig blijkt te zijn.

Bij het kijken naar een overstromingskans is de relatie met het dagelijks beheer een belangrijk aandachtspunt. Kijkend naar wat de norm zou moeten beschrijven, de kans op het optreden van een overstroming, gaat dit gepaard met faaldefinities die ook tot falen leiden. Dit betekent grote overslagdebieten en grote vervormingen van de kering. Echter voor het dagelijks beheer en de bijbehorende zorgplichttaken zijn kleine oppervlakkige vervormingen ook belangrijk, daar horen echter andere eisen bij. Het gaat hier dan om de relatie tussen de kans op een overstroming en de kans op schade aan de kering, dit zijn twee verschillende zaken die wel bij elkaar horen maar niet hetzelfde zijn. In een notendop: de norm voor de veiligheid heeft een relatief kleine kans van optreden met grote vervormingen en grote overslagdebieten met doorbraak als gevolg en de norm voor beheer heeft een relatief grote kans met daarbij kleine vervormingen (oppervlakkige glijcirkels) en weinig overslag die aantonen dat de kans op schade klein genoeg is. Bij relatief soepele eisen vanuit de overstromingskans, zou het zomaar kunnen zijn dat de eisen vanuit het dagelijks beheer van de kering maatgevend kunnen zijn voor de eisen die je aan de kering stelt.

5

KOSTEN-BATEN ANALYSE

Door middel van de kosten-batenanalyse wordt inzicht gegeven in de economische doelmatigheid van investeren in het versterken van de waterkering. Hierbij wordt bekeken in hoeverre de investering opweegt tegen het reduceren van de kans op schade als gevolg van een doorbraak. Hierbij wordt ook de relatie gelegd met de jaarlijkse kosten voor B&O.

5.1 SCHADE

Voor de schade per beschouwde polder wordt gebruik gemaakt van de resultaten uit hoofdstuk 3. Om de toename van de schade in de tijd mee te nemen wordt een percentage van 1,9% gehanteerd, conform normerings-systematiek primaire keringen. Voor de vijf polders geeft dat de volgende potentiële schade in de tijd.

TABEL 4 OVERZICHT SCHADEONTWIKKELING

Polder	2020	2025	2050	2075
1	6.0 m€	6.6 m€	10.6 m€	16.9 m€
2	15.0 m€	16.5 m€	26.4 m€	42.2 m€
3	4.0 m€	4.4 m€	7.0 m€	11.3 m€
4	5.0 m€	5.5 m€	8.8 m€	14.1 m€
5	2.0 m€	2.2 m€	3.5 m€	5.6 m€

5.2 FAALKANSEN

Voor de analyse is het belangrijk om een startpunt te hebben van de faalkans van de huidige kering. Voor deze analyse wordt uitgegaan van twee situaties:

- Huidige faalkans 1/30 per jaar
- Huidige faalkans 1/100 per jaar

Dit geeft het startpunt van de huidige situatie en daarmee kan het huidige economische risico in beeld worden gebracht.

Deze faalkansen kunnen veranderen in de tijd waarbij de twee strategieën onderscheidend zijn aan elkaar. Tabel 5 geeft de faalkansontwikkeling in tijd. De investering in een versterking resulteert in een faalkans die relatief klein is, 1/10.000 per jaar. Bij alleen B&O blijft de faalkans in de tijd constant.

TABEL 5

ONTWIKKELING FAALKANS IN DE TIJD

Strategie	2020	2025	2050	2075
Investeren + B&O	1/30 of 1/100	1/10.000	1/10.000	1/10.000
Alleen B&O	1/30 of 1/100			

Uitgangspunt bij de strategie 'investeren + B&O' is dat de kans op falen significant verkleind wordt en dat door middel van het B&O de kans daarna in de tijd gelijk blijft. Uitgangspunt hierbij is dat de faalkansreductie is gerealiseerd in een periode van vijf jaar.

Bij de strategie 'alleen B&O' is het uitgangspunt dat door intensief B&O de faalkans in de tijd constant blijft.

5.3 KOSTEN

Voor de kosten is er onderscheid tussen incidentele investeringen ten behoeve van het versterken van de waterkering en jaarlijkse investeringen ten behoeve van het beheer en onderhoud.

- Voor strategie 'investeren + B&O':
Voor deze strategie is het uitgangspunt dat de kering wordt versterkt en dat deze investering gelijkmatig over een periode van 5 jaar plaatsvindt (2020-2025). Als de kering is versterkt is de kans op falen dusdanig klein dat intensief beheer en onderhoud niet direct nodig is. De B&O kosten zullen in deze strategie relatief klein zijn.
- Voor strategie 'alleen B&O':
Voor deze strategie is het uitgangspunt dat de kering niet wordt versterkt maar dat het B&O significant wordt geïntensifieerd. Daarmee zijn de jaarlijkse B&O kosten hoger dan in de andere strategie.

Als eerste inschatting van de investeringskosten (versterkingskosten en B&O kosten) is gebruik gemaakt van inzichten van WSRL. WSRL heeft verkennende studies uit laten voeren naar deze kosten. Voor de versterkingskosten is in de rapportage 'Kostenrapportage Preverkenning 2016 regionale keringen' een eerste inzicht gegeven van deze versterkingskosten. In onderstaande tabel is per polder aangegeven wat de versterkingskosten ordegrrootte zouden zijn. Dit is wel gegeven het destijds afgekeurde areaal, nieuwe inzichten en daarmee eventueel meer afgekeurd areaal zijn hierin niet verwerkt.

TABEL 6

INVESTERINGSKOSTEN STRATEGIE 'INVESTEREN + B&O'

Polder	Totale lengte (m)	Lengte versterking (m)	Versterkingskosten	Versterkingskosten per km
1	8.300	8.040	€ 4.422.000,-	€ 550.000,-
2	7.000	1.320	€ 1.980.000,-	€ 1.500.000,-
3	6.200	2.530	€ 2.428.800,-	€ 960.000,-
4	7.300	7.090	€ 5.849.250,-	€ 825.000,-
5	7.300	6.630	€ 4.110.600,-	€ 620.000,-
Totaal	36.100	25.610	€ 18.790.650,-	€ 733.723,-

Daarnaast loopt er een studie naar de kosten voor B&O, de eerste conceptresultaten laten zien dat de B&O kosten ordegrrootte € 160.000,- per jaar zijn voor een areaal van 237 kilometer. Dit is ongeveer € 650,- per kilometer per jaar.

Omdat deze inschattingen in een preverkenning danwel in concept zijn aangeleverd wordt in de analyse gebruik gemaakt van een bandbreedte om inzicht te krijgen in de gevoeligheid.

5.4 KOSTEN-BATEN (NCW)

In de voorgaande paragrafen is inzicht gegeven in de potentiële schade, de faalkansen en de kosten. In deze paragraaf wordt deze informatie gecombineerd om inzicht te krijgen in de doelmatigheid van de investeringen.

Door het combineren van de schade- en kansontwikkeling in de tijd en de investeringskosten over de tijd (2020-2075) kan de netto-contante waarde over deze periode worden bepaald. Door dit voor de twee strategieën te doen worden deze strategieën onderling vergelijkbaar. Voor bepaling van de netto contante waarde is een discontovoet van 5,5% gehanteerd. Dit is een gebruikelijk percentage binnen de waterveiligheid.

De twee strategieën zijn onderling vergeleken door enerzijds te kijken naar wat de jaarlijkse B&O investering mag zijn voor 'alleen B&O' gegeven bepaalde versterkingskosten met bijbehorende B&O voor de strategie 'investeren + B&O'. Anderzijds wordt gekeken naar wat de investeringsruimte is voor de versterking gegeven kosten voor B&O bij 'investeren + B&O' en B&O kosten bij 'alleen B&O'.

In onderstaande tabel is een voorbeeld gegeven van varianten. Voor de eerste drie rijen geldt dat inzicht wordt verkregen in hoe groot de jaarlijkse B&O kosten moeten zijn om de NCW van beide strategieën gelijk te krijgen. Indien de daadwerkelijke B&O kosten van de strategie 'Alleen B&O' lager zijn dan hier berekend dan is de strategie 'alleen B&O' voordeliger over de levensduur van 50 jaar.

Rijen vier en vijf geven aan wat de investeringsruimte is voor de versterking gegeven ingeschatte B&O kosten. Indien de investering in de versterking onder deze waarde blijft dan is het investeren in versterking doelmatig voor de levensduur van 50 jaar.

TABEL 7 VOORBEELD VARIANTEN

Variant	Faalkans (per jaar)	'investeren + B&O'		'Alleen B&O'	
		Versterkingskosten (€)	B&O Kosten (€/km/jaar)	Versterkingskosten (€)	B&O Kosten (€/km/jaar)
1	1/30	5.000.000,-	500,-	-	?
2	1/30	5.000.000,-	2.000,-	-	?
3	1/100	5.000.000,-	500,-	-	?
4	1/30	?	1.000,-	-	2.000,-
5	1/100	?	2.000,-	-	4.000,-

Deze analyse wordt per polder uitgevoerd.

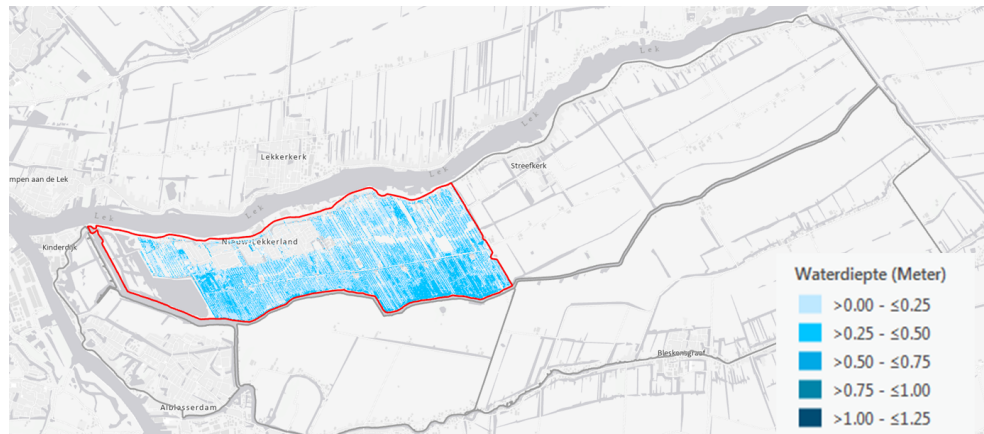
5.4.1 POLDER 1

Voor polder 1 zijn de volgende basisgegevens beschikbaar. Voor de schade bij een overstroming is de schadeontwikkeling als volgt:

Polder	2020	2025	2050	2075
1	6.0 m€	6.6 m€	10.6 m€	16.9 m€

FIGUUR 11

OVERSTROMINGS-PATROON POLDER 1



Voor de faalkans is voor de huidige situatie een faalkans aangenomen van 1/30 per jaar.

De kosten voor versterking zijn op basis van de rapportage 'Kostenrapportage Preverkenning 2016 regionale keringen' ingeschat op ongeveer € 5.000.000,- voor versterking van ongeveer 8 kilometer. Voor de B&O kosten is in eerste instantie een jaarlijkse kostenpost van € 500,- per kilometer aangehouden. Voor het totale areaal van 237 kilometer is dat € 118.500,- per jaar, voor de lengte van deze polder (8 km) komt dat neer op ongeveer € 4.000,- euro per jaar. De netto contante waarde voor deze strategie wordt dan 5,33 m€ over een periode tot 2075.

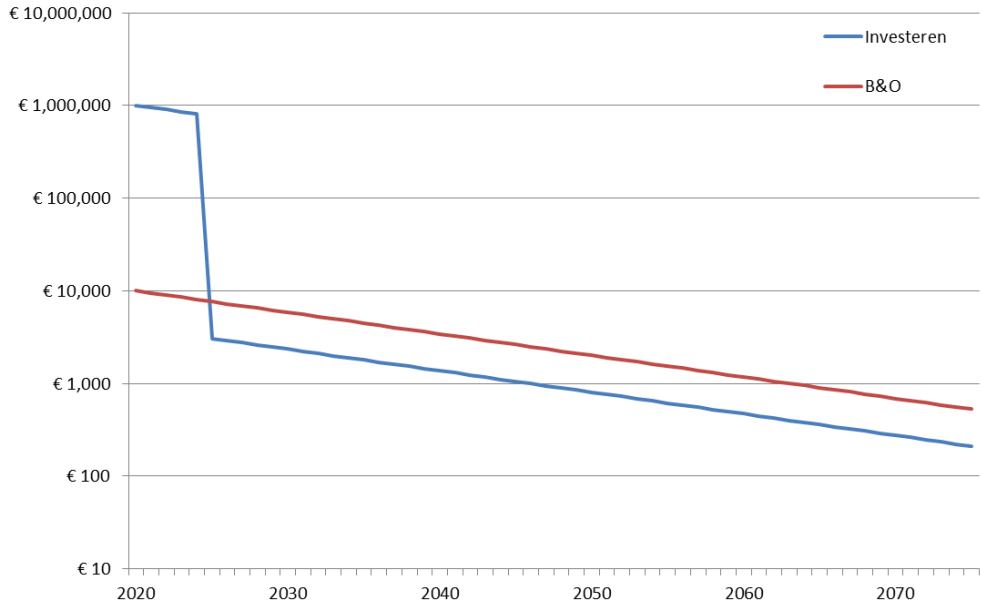
Nu kan voor de tweede strategie 'alleen B&O' bepaald worden hoe groot de jaarlijkse B&O kosten moeten zijn om op dezelfde NCW uit te komen. Dit geeft inzicht in hoe groot de jaarlijkse B&O kosten mogen zijn zonder versterking.

Bij een jaarlijkse B&O kostenpost van € 10.000,- voor dit traject is de NCW voor beide strategieën gelijk. Zolang de jaarlijkse B&O kosten voor dit traject onder de € 10.000,- blijven (€ 1.250,- per kilometer), met als doel de huidige kering op orde houden en daarmee de faalkans in de tijd gelijk, is het voordeliger om de kering in de huidige staat te houden dan € 5.000.000,- voor de versterking te investeren.

In onderstaande figuren is dit in de tijd uitgezet. In de Figuur 12 is voor beide strategieën de verdisconteerde investeringskosten weergegeven. Hierin is te zien dat bij de strategie 'investeren + B&O' in de eerste jaren een investering wordt gedaan voor de versterking. Daarna zijn er alleen nog de jaarlijkse B&O kosten, waarbij de jaarlijkse B&O kosten van de strategie 'investeren + B&O' lager liggen dan voor 'Alleen B&O'.

FIGUUR 12

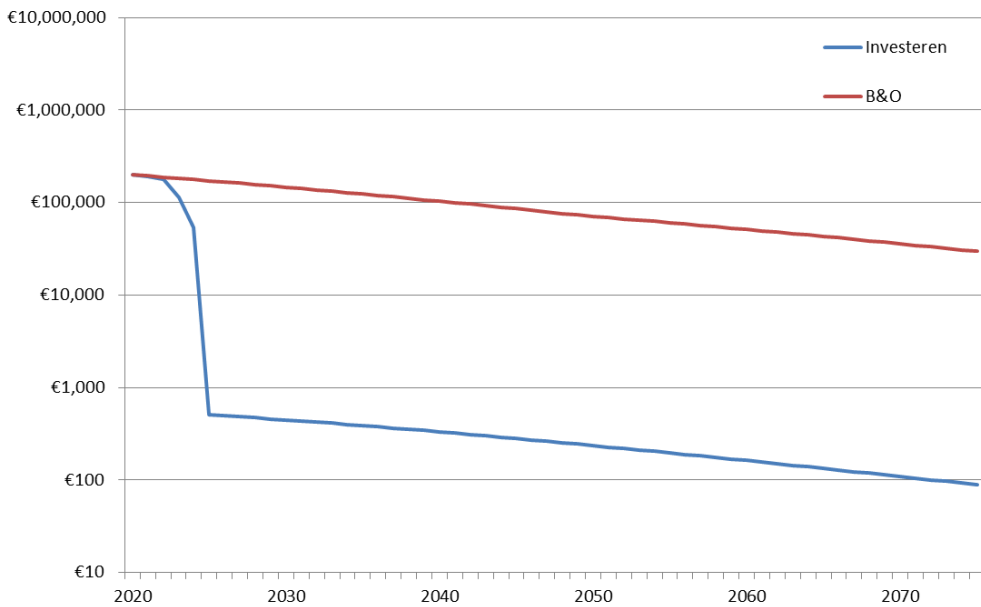
VERDISCONTEERDE INVESTERINGSKOSTEN



Figuur 13 geeft het verdisconteerde risico over de tijd. Hierin is te zien dat voor de strategie ‘investeren + B&O’ de risico’s significant dalen en dat de risico’s voor de strategie ‘alleen B&O’ groter zijn.

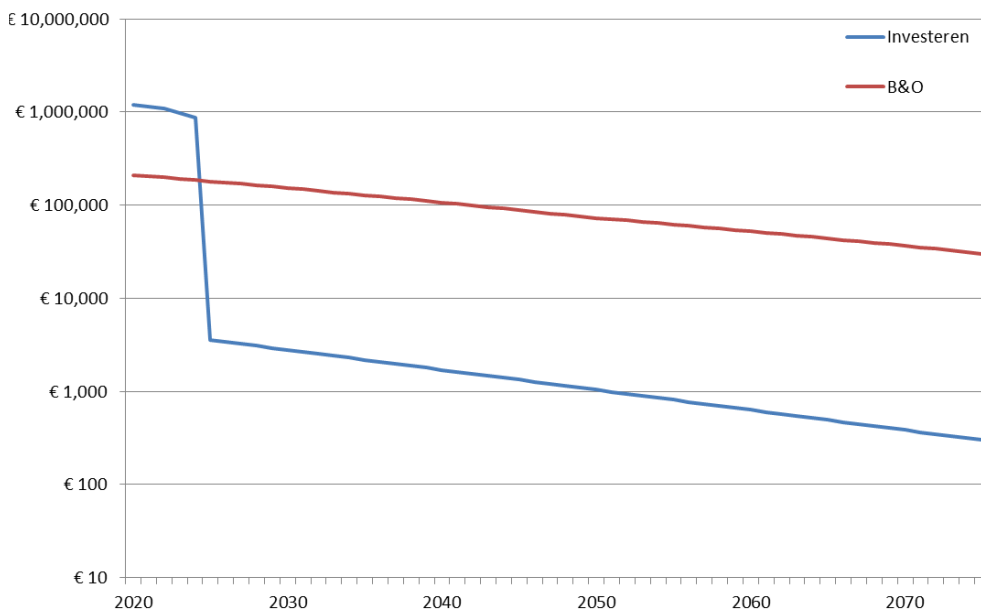
FIGUUR 13

VERDISCONTEERDE RISICOKOSTEN



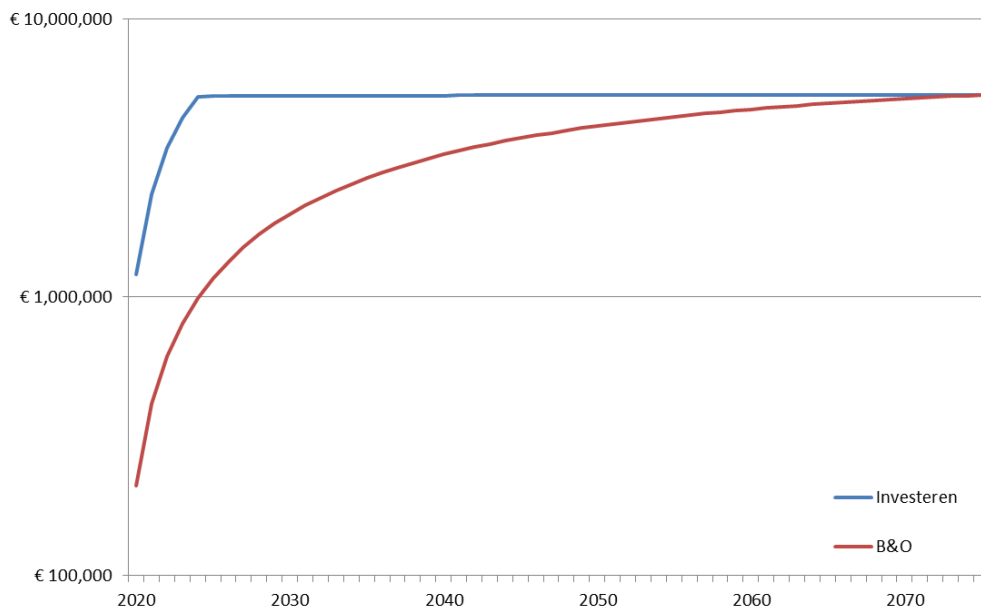
Door de investeringskosten uit Figuur 12 en de risicokosten uit Figuur 13 te combineren wordt de totale jaarlijkse verdiscontering verkregen, Figuur 14.

FIGUUR 14 VERDISCONTEERDE RISICOKOSTEN + INV KOSTEN



Door de waarden uit bovenstaande figuur jaarlijks op te tellen ontstaat er een cumulatief beeld over een periode van 50 jaar (Figuur 15). Omdat beide strategieën dezelfde NCW waarde hebben over een periode van 50 jaar liggen de punten na 50 jaar op elkaar.

FIGUUR 15 VERDISCONTEERDE RISICOKOSTEN + INV KOSTEN (CUMMULATIEF)



In onderstaande tabel zijn verschillende varianten van investeringskosten en faalkansen weergegeven.

Variant	Faalkans (per jaar)	'investeren + B&O'		'Alleen B&O'	
		Versterkingskosten (€)	B&O Kosten (€)	Versterkingskosten (€)	B&O Kosten (€)
1	1/30	5.000.000,-	4.000,-	-	10.000,-
2	1/30	5.000.000,-	16.000,-	-	22.000,-
3	1/30	10.000.000,-	4.000,-	-	257.500,-
4	1/100	5.000.000,-	4.000,-	-	180.000,-
5	1/100	5.000.000,-	16.000,-	-	192.000,-
6	1/100	10.000.000,-	4.000,-	-	427.000,-

Bovenstaande tabel laat zien dat de B&O kosten van de strategie van het in stand houden van de huidige situatie 'alleen B&O' relatief hoog mogen zijn om over een periode van 50 jaar doelmatiger te zijn. Zolang de B&O kosten van het in stand houden van de kering onder de genoemde bedragen ligt is deze strategie doelmatiger.

Wat ook te zien is, is dat wanneer de huidige situatie wordt ingeschat op een faalkans van 1/100 per jaar een versterking van de kering op basis van economische gronden niet doelmatig is. Dit omdat de jaarlijkse B&O kosten voor alleen dit traject zeer ruim onder de gepresenteerde waarden zullen liggen (bv. B&O kosten van € 180.000,- per jaar komt overeen met € 22.500,- per kilometer aan B&O).

In onderstaande tabel in de investeringsruimte voor versterken verder inzichtelijk gemaakt op basis van inschattingen van de B&O kosten.

Variant	Faalkans (per jaar)	'investeren + B&O'		'Alleen B&O'	
		Versterkingskosten (€)	B&O Kosten (€)	Versterkingskosten (€)	B&O Kosten (€)
1	1/30	4.950.000,-	4.000,-	-	8.000,-
2	1/30	5.350.000,-	8.000,-	-	32.000,-
3	1/100	1.530.000,-	4.000,-	-	8.000,-
4	1/100	1.950.000,-	8.000,-	-	32.000,-

Bovenstaande tabel laat zien dat met name de faalkans in de huidige situatie bepaald wat de investeringsruimte is voor het versterken van de kering. Ook laat het zien dat de omvang van de jaarlijkse B&O kosten een relatief klein effect hebben op de investeringsruimte.

5.4.2 POLDER 2

Voor polder 2 zijn de volgende basisgegevens beschikbaar. Voor de schade bij een overstrooming is de schadeontwikkeling als volgt:

Polder	2020	2025	2050	2075
2	15.0 m€	16.5 m€	26.4 m€	42.2 m€

FIGUUR 12

OVERSTROMINGS-PATROON POLDER 2



Voor de faalkans is voor de huidige situatie een faalkans aangenomen van 1/30 per jaar.

De kosten voor versterking zijn op basis van de rapportage 'Kostenrapportage Preverkenning 2016 regionale keringen' ingeschat op € 2.000.000,- voor versterking van ongeveer 1,3 kilometer. Voor de B&O kosten is in eerste instantie een jaarlijkse kostenpost van € 500,- per kilometer aangehouden, voor de lengte van deze polder (7 km) komt dat neer op ongeveer € 3.500,- euro per jaar. De netto contante waarde voor deze strategie wordt dan 3,74 m€.

Nu kan voor de tweede strategie 'alleen B&O' bepaald worden hoe groot de jaarlijkse B&O kosten moeten zijn om op dezelfde NCW uit te komen. Voor deze polder is dit niet mogelijk. Gegeven de uitgangspunten in de vorige alinea betekent dat het niet investeren in het versterken van de keringen in geen geval doelmatiger is.

In onderstaande tabel zijn verschillende varianten van investeringskosten en faalkansen weergegeven

Variant	Faalkans (per jaar)	'investeren + B&O'		'Alleen B&O'	
		Versterkingskosten (€)	B&O Kosten (€)	Versterkingskosten (€)	B&O Kosten (€)
1	1/30	2.000.000,-	3.500,-	-	x
2	1/30	6.000.000,-	7.000,-	-	x
3	1/100	2.000.000,-	3.500,-	-	x
4	1/100	4.000.000,-	3.500,-	-	21.000,-
5	1/100	6.000.000,-	7.000,-	-	124.000,-

Bovenstaande tabel laat zien dat alleen bij veel hogere versterkingskosten de mogelijkheid ontstaat dat 'alleen B&O' doelmatiger wordt. Dit zal alleen het geval zijn als er een veel groter areaal langs polder 2 wordt afgekeurd en eventueel versterkt moet worden.

Wat ook te zien is, is dat wanneer de huidige situatie wordt ingeschat op een faalkans van 1/30 per jaar een versterking van de kering op basis van economische gronden altijd rendabeler is dan alleen het uitvoeren van intensiever B&O.

In onderstaande tabel in de investeringsruimte voor versterken verder inzichtelijk gemaakt op basis van inschattingen van de B&O kosten.

€	Variant	Faalkans (per jaar)	'investeren + B&O'		'Alleen B&O'	
			Versterkingskosten (€)	B&O Kosten (€)	Versterkingskosten (€)	B&O Kosten (€)
	1	1/30	12.300.000,-	4.000,-	-	8.000,-
	2	1/30	12.750.000,-	4.000,-	-	32.000,-
	3	1/100	3.720.000,-	4.000,-	-	8.000,-
	4	1/100	4.200.000,-	4.000,-	-	32.000,-

Bovenstaande tabel laat ook hier zien dat met name de faalkans in de huidige situatie bepaald wat de investeringsruimte is voor het versterken van de kering. Ook laat het zien dat de omvang van de jaarlijkse B&O kosten een relatief klein effect hebben op de investeringsruimte. De investeringsruimte voor deze polder ligt (ruim) boven de inschatting van de kosten vanuit de pre-verkenning, investeren in een versterking lijkt hier dan ook doelmatig.

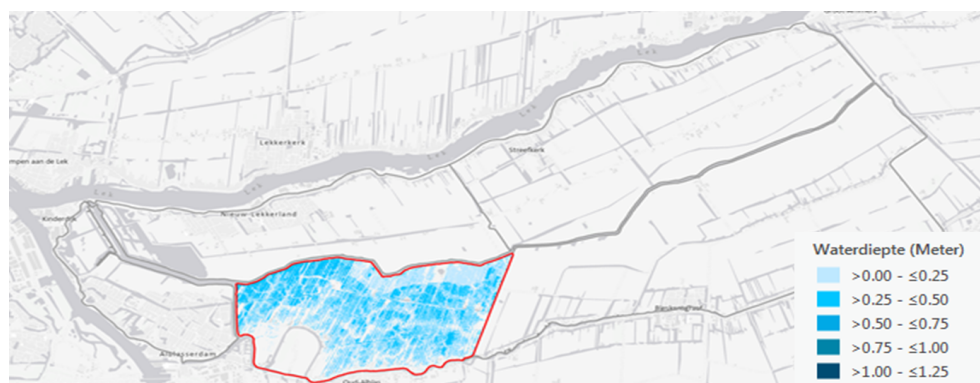
5.4.3 POLDER 3

Voor polder 3 zijn de volgende basisgegevens beschikbaar. Voor de schade bij een overstroming is de schadeontwikkeling als volgt:

Polder	2020	2025	2050	2075
3	4,0 m€	4,4 m€	7,0 m€	11,3 m€

FIGUUR 13

OVERSTROMINGS-PATROON POLDER 3



Voor de faalkans is voor de huidige situatie een faalkans aangenomen van 1/30 per jaar.

De kosten voor versterking zijn op basis van de rapportage 'Kosten-rapportage Preverkenning 2016 regionale keringen' ingeschat op 2.400.000,- voor versterking van ongeveer 2,5 kilometer. Voor de B&O kosten is in eerste instantie een jaarlijkse kostenpost van € 500,- per kilometer aangehouden, voor de lengte van deze polder (6,2 km) komt dat neer op ongeveer € 3.100,- euro per jaar. De netto contante waarde voor deze strategie wordt dan 2,72 m€.

Nu kan voor de tweede strategie 'alleen B&O' bepaald worden hoe groot de jaarlijkse B&O kosten moeten zijn om op dezelfde NCW uit te komen. Voor deze polder is dit niet mogelijk. Gegeven de uitgangspunten in de vorige alinea betekent dat het niet investeren in het versterken van de keringen in geen geval doelmatig is.

In onderstaande tabel zijn verschillende varianten van investeringskosten en faalkansen weergegeven.

Variant	Faalkans (per jaar)	'investeren + B&O'		'Alleen B&O'	
		Versterkingskosten (€)	B&O Kosten (€)	Versterkingskosten (€)	B&O Kosten (€)
1	1/30	2.500.000,-	3.000,-	-	X
2	1/30	5.000.000,-	3.000,-	-	89.000,-
3	1/30	2.500.000,-	12.000,-	-	X
4	1/100	2.500.000,-	3.000,-	-	79.000,-
5	1/100	5.000.000,-	12.000,-	-	211.000,-

Bovenstaande tabel laat zien dat wanneer de huidige faalkans 1/30 per jaar is de omvang van versterkingskosten bepalend is voor de meest doelmatige strategie. Indien de versterkingskosten hoog zijn dan is al snel de strategie 'alleen B&O' rendabeler over een periode van 50 jaar.

Wat ook te zien is, is dat wanneer de huidige situatie wordt ingeschat op een faalkans van 1/100 per jaar een versterking van de kering op basis van economische gronden niet rendabel is. Dan is de huidige faalkans klein genoeg in relatie tot de potentiële schade.

In onderstaande tabel in de investeringsruimte voor versterken verder inzichtelijk gemaakt op basis van inschattingen van de B&O kosten.

Variant	Faalkans (per jaar)	'investeren + B&O'		'Alleen B&O'	
		Versterkingskosten (€)	B&O Kosten (€)	Versterkingskosten (€)	B&O Kosten (€)
1	1/30	3.300.000,-	3.000,-	-	6.000,-
2	1/30	3.700.000,-	3.000,-	-	24.000,-
3	1/100	1.040.000,-	3.000,-	-	6.000,-
4	1/100	1.400.000,-	3.000,-	-	24.000,-

Bovenstaande tabel laat zien dat met name de faalkans in de huidige situatie bepaald wat de investeringsruimte is voor het versterken van de kering. Ook laat het zien dat de omvang van de jaarlijkse B&O kosten een relatief klein effect hebben op de investeringsruimte.

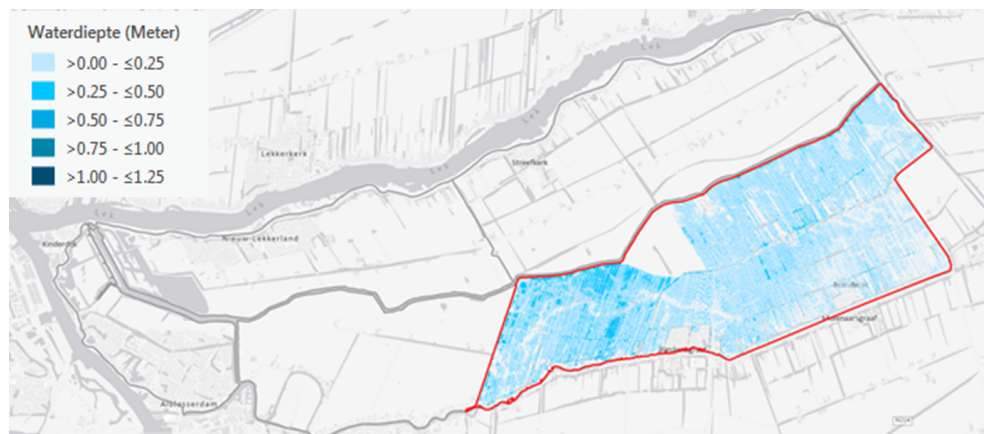
5.4.4 POLDER 4

Voor polder 4 zijn de volgende basisgegevens beschikbaar. Voor de schade bij een overstroming is de schadeontwikkeling als volgt:

Polder	2020	2025	2050	2075
4	5.0 m€	5.5 m€	8.8 m€	14.1 m€

FIGUUR 14

OVERSTROMINGS-PATROON POLDER 4



Voor de faalkans is voor de huidige situatie een faalkans aangenomen van 1/30 per jaar.

De kosten voor versterking zijn op basis van de rapportage 'Kostenrapportage Preverkenning 2016 regionale keringen' ingeschat op € 5.860.000,- voor versterking van ongeveer 7 kilometer. Voor de B&O kosten is in eerste instantie een jaarlijkse kostenpost van € 500,- per kilometer aangehouden, voor de lengte van deze polder (7,3 km) komt dat neer op ongeveer € 3.650,- euro per jaar.

De netto contante waarde voor deze strategie wordt dan 6,07 m€.

Nu kan voor de tweede strategie 'alleen B&O' bepaald worden hoe groot de jaarlijkse B&O kosten moeten zijn om op dezelfde NCW uit te komen. Dit geeft inzicht in hoe groot de jaarlijkse kosten mogen zijn zonder versterking.

Bij een jaarlijkse B&O kostenpost van € 98.000,- voor dit traject is de NCW voor beide strategieën gelijk. Zolang de jaarlijkse B&O kosten voor dit traject onder de € 98.000,- blijven met als doel de huidige kering op orde houden en daarmee de faalkans in de tijd gelijk is het voordeliger om de kering in de huidige staat te houden dan € 5.860.000,- voor de versterking te investeren.

In onderstaande tabel zijn verschillende varianten van investeringskosten en faalkansen weergegeven

Variant	Faalkans (per jaar)	'investeren + B&O'		'Alleen B&O'	
		Versterkingskosten (€)	B&O Kosten (€)	Versterkingskosten (€)	B&O Kosten (€)
1	1/30	5.000.000,-	4.000,-	-	56.000,-
2	1/30	10.000.000,-	4.000,-	-	304.000,-
3	1/100	5.000.000,-	4.000,-	-	197.000,-

Bovenstaande tabel laat zien dat de B&O kosten van de strategie van het in stand houden van de huidige situatie 'alleen B&O' relatief hoog mogen zijn om over een periode van 50 jaar doelmatiger te zijn. Zolang de B&O kosten van het in stand houden van de kering onder de genoemde bedragen ligt is deze strategie doelmatiger.

De omvang van de versterkingskosten is relatief hoog in vergelijking tot de vermeden schade.

In onderstaande tabel in de investeringsruimte voor versterken verder inzichtelijk gemaakt op basis van inschattingen van de B&O kosten.

Variant	Faalkans (per jaar)	'investeren + B&O'		'Alleen B&O'	
		Versterkingskosten (€)	B&O Kosten (€)	Versterkingskosten (€)	B&O Kosten (€)
1	1/30	4.025.000,-	4.000,-	-	8.000,-
2	1/30	4.510.000,-	4.000,-	-	32.000,-
3	1/100	1.560.000,-	4.000,-	-	8.000,-
4	1/100	1.180.000,-	4.000,-	-	32.000,-

Bovenstaande tabel laat zien dat met name de faalkans in de huidige situatie bepaald wat de investeringsruimte is voor het versterken van de kering. Ook laat het zien dat de omvang van de jaarlijkse B&O kosten een relatief klein effect hebben op de investeringsruimte. Ook laat het zien dat de investeringsruimte lager ligt dan de inschatting van de kosten uit de preverkenning, zeker in de situatie dat de huidige faalkans wordt ingeschat op 1/100 per jaar.

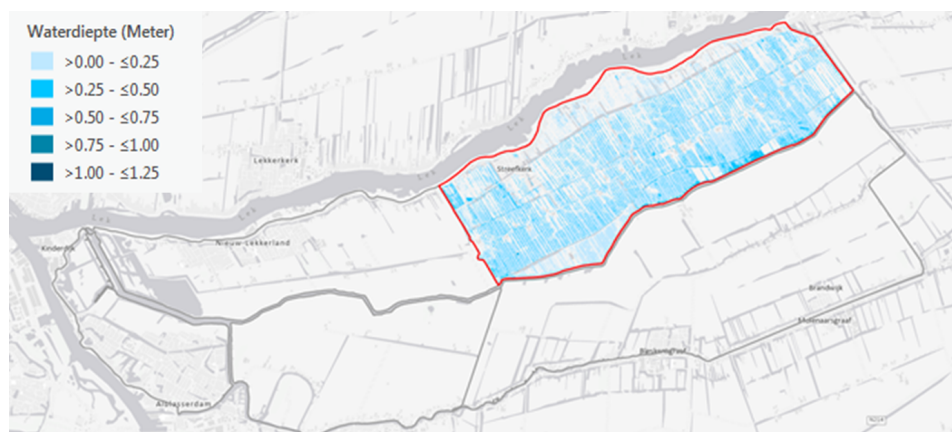
5.4.5 POLDER 5

Voor polder 5 zijn de volgende basisgegevens beschikbaar. Voor de schade bij een overstroming is de schadeontwikkeling als volgt:

Polder	2020	2025	2050	2075
5	2.0 m€	2.2 m€	3.5 m€	5.6 m€

FIGUUR 15

OVERSTROMINGS-PATROON POLDER 5



Voor de faalkans is voor de huidige situatie een faalkans aangenomen van 1/30 per jaar.

De kosten voor versterking zijn op basis van de rapportage 'Kostenrapportage Preverkenning 2016 regionale keringen' ingeschat op € 4.120.000,- voor versterking van ongeveer 6,6 kilometer. Voor de B&O kosten is in eerste instantie een jaarlijkse kostenpost van € 500,- per kilometer aangehouden. Voor het totale areaal van 237 kilometer is dat € 118.500,- per jaar, voor de lengte van deze polder (7,3 km) komt dat neer op ongeveer € 3.650,- euro per jaar. De netto contante waarde voor deze strategie wordt dan 4,03 m€.

Nu kan voor de tweede strategie 'alleen B&O' bepaald worden hoe groot de jaarlijkse B&O kosten moeten zijn om op dezelfde NCW uit te komen. Dit geeft inzicht in hoe groot de jaarlijkse kosten mogen zijn zonder versterking.

Bij een jaarlijkse B&O kostenpost van € 127.000,- voor dit traject is de NCW voor beide strategieën gelijk. Zolang de jaarlijkse B&O kosten voor dit traject onder de € 127.000,- blijven met als doel de huidige kering op orde houden en daarmee de faalkans in de tijd gelijk is het voordeliger om de kering in de huidige staat te houden dan € 4.120.000,- voor de versterking te investeren.

In onderstaande tabel zijn verschillende varianten van investeringskosten en faalkansen weergegeven

Variant	Faalkans (per jaar)	'investeren + B&O'		'Alleen B&O'	
		Versterkingskosten (€)	B&O Kosten (€)	Versterkingskosten (€)	B&O Kosten (€)
1	1/30	4.000.000,-	4.000,-	-	122.000,-
2	1/30	6.000.000,-	4.000,-	-	220.000,-
3	1/100	4.000.000,-	4.000,-	-	178.000,-

Bovenstaande tabel laat zien dat de B&O kosten van de strategie van het in stand houden van de huidige situatie 'alleen B&O' relatief hoog mogen zijn om over een periode van 50 jaar doelmatiger te zijn.

Zolang de B&O kosten van het in stand houden van de kering onder de genoemde bedragen ligt is deze strategie doelmatiger.

De omvang van de versterkingskosten is relatief hoog in vergelijking tot de vermeden schade.

In onderstaande tabel in de investeringsruimte voor versterken verder inzichtelijk gemaakt op basis van inschattingen van de B&O kosten.

Variant	Faalkans (per jaar)	'investeren + B&O'		'Alleen B&O'	
		Versterkingskosten (€)	B&O Kosten (€)	Versterkingskosten (€)	B&O Kosten (€)
1	1/30	1.700.000,-	4.000,-	-	8.000,-
2	1/30	2.200.000,-	4.000,-	-	32.000,-
3	1/100	560.000,-	4.000,-	-	8.000,-
4	1/100	1.050.000,-	4.000,-	-	32.000,-

Bovenstaande tabel laat met name zien dat gegeven de omvang van de jaarlijkse B&O kosten de investeringsruimte van deze polder relatief laag zijn. Dit wordt veroorzaakt door de relatief kleine economische schade bij een doorbraak. De investeringsruimte ligt ook ruim onder de inschatting van de kosten uit de pre-verkenning. Voor deze polder geldt waarschijnlijk dat het in stand houden van de kering de meest doelmatige strategie is.

5.5 KOSTEN-BATEN GROOTTE OF ACHTERWATERSCHAP

De analyse in de voorgaande paragrafen laat zien dat met name de faalkans in de huidige situatie bepaald hoe groot de investeringsruimte is voor een eventuele versterking. Ook is de huidige faalkans van grote invloed op hoe groot het B&O budget mag worden om over een periode van 50 jaar nog steeds doelmatiger te zijn.

Van de vijf geanalyseerde polders is het waarschijnlijk voor polder 2 doelmatig om een investering te doen in het versterken van de kering. Alleen als de versterking significant duurder wordt dan vanuit de pre-verkenning naar voren komt zou een andere strategie mogelijk zijn. Maar gegeven de omvang van de schade en de investeringskosten uit 'Kostenrapportage Preverkenning 2016 regionale keringen' is het doelmatig hier de kering te versterken.

Voor de andere vier polders is de economische schade bij een doorbraak relatief laag en zijn de versterkingskosten groter dan bij polder 2. Gegeven realistische inschattingen van de kosten en de huidige faalkans laat de analyse zien dat het handhaven van de huidige faalkans met intensiever B&O doelmatiger is. De jaarlijkse B&O kosten zouden flink hoger mogen zijn dan momenteel het geval om nog steeds doelmatiger te zijn dan een grote investering in een versterking.

6

CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

Op basis van de bevindingen uit deze studie trekken we de volgende conclusies:

- Voor vier van de vijf gebieden (gebied 1, 3, 4, 5) wordt bij T100 situatie een schadeklassen van 1/10 per jaar berekend.
- De huidige IPO norm voor deze waterkeringen is 1/100 per jaar. Op basis van de uitgevoerde analyse is vanuit een technisch oogpunt een soepelere norm passender. Voor gebieden 1, 3, 4 en 5 zou een norm van 1/10 per jaar mogelijk zijn.
- Voor één van de vijf gebieden (gebied 2) wordt bij T100 situatie met een inundatievolume van alleen het Groote of Achterwaterschap een schadeklassen van 1/10 per jaar berekend. Bij een inundatie volume van het Groote of Achterwaterschap en de Nieuwe Wetering wordt een schadeklassen van 1/30 per jaar berekend.
- In gebied 2 ligt relatief veel stedelijk gebied. In dit gebied is de schadecurve het steilst van alle gebieden. Dit betekent dat de berekende schade relatief gevoelig is voor (kleine) variaties in de waterdiepte in het gebied. Bij een eventuele heroverweging van de norm voor dit gebied, is een nadere analyse zeker aan te bevelen. Ook vanwege de bebouwing in dit gebied en de NBW normering in het achterhoofd is het advies voor dit gebied de norm niet aan te passen.
- Binnen de huidige werkwijze met overschrijdingskansen zijn er mogelijkheden om de overstromingskansen meer centraal te zetten.
- Het werken met scenario's is een pragmatische invulling hoe explicieter omgegaan kan worden met onzekerheden.
- De relatie tussen de overschrijdingskansen en overstromingskansen binnen de regionale keringen is zeer zwak. Om te werken met de door de STOWA geadviseerde KBA bij afkeuring van de kade/kering is ook een overstromingskansen nodig. De relatie moet expliciet gemaakt worden door middel van een kalibratiestudie.
- Bij het kijken naar een overstromingskansen is het belangrijk ook te kijken naar welke eisen er vanuit dagelijks beheer aan de kering gesteld worden. Bij soepele normen is het mogelijk dat de eisen vanuit dagelijks beheer maatgevend kunnen zijn voor de eisen aan de kering. Dit vraagt wel nadere uitwerking.
- Vanuit de kosten-baten analyse blijkt dat een investering in het versterken van de keringen van polder twee doelmatig is. De risicoreductie in de tijd weegt op tegen de investering.
- Voor polders 1, 3, 4 en 5, is de potentiële schade relatief klein. Het handhaven van de huidige situatie met goed beheer en onderhoud is mogelijk doelmatiger dan het versterken van de huidige keringen.

7

REFERENTIES

RWS-WVI, 2018.

Gebuikershandleiding Schade Slachtoffer Module (SSM). Versie 2. 31 oktober 2018.

STOWA, 1999.

IPO-Richtlijn ter bepaling van het veiligheidsniveau van boezemkaden, 52 blz.

STOWA, 2008.

Richtlijn Normering kering langs regionale rivieren. Rapport 2008-04 ORK