

Opdrachtgever: **RWS WVL**

Hoogwaterreferentie

Een nieuwe hoogwaterreferentie voor
Rijkswaterstaat



Opdrachtgever: **RWS WVL**

Hoogwaterreferentie

Een nieuwe hoogwaterreferentie voor
Rijkswaterstaat



Auteurs

Sonja Ouwerkerk
Saskia van Vuren
Guus Rongen
Geerten Horn

Samenvatting

Achtergrond

De primaire waterkeringen krijgen per 1 januari 2017 nieuwe waterveiligheidsnormen. De nieuwe normering is gebaseerd op een overstromingsrisicobenadering, waarbij de nieuwe normen zijn uitgedrukt in een jaarlijkse overstromingskans per dijktraject. Met de overstap naar de nieuwe normen krijgen de dijken langs de rivieren een overstromingskansnorm variërend tussen de 1/100^{ste} tot 1/30.000^{ste} per jaar (maximaal toelaatbare overstromingskans).

Tot 2017 zijn de normen gebaseerd op een overschrijdingskans van waterstanden. In het huidige rivierbeheer worden de zogenaamde maatgevende hoogwaterstanden (MHW) als hoogwaterreferentie gebruikt. Dit zijn de waterstanden bij een overschrijdingskans gelijk aan de normfrequentie van de aangrenzende dijkkring. De overstap van normen op basis van overschrijdingskansen naar overstromingskansen heeft consequenties voor de huidige hoogwaterreferentie. Bij een overstromingskansbenadering is er per definitie geen sprake van één MHW.

Doel van dit project is het ontwikkelen van een nieuwe hoogwaterreferentie voor het rivierengebied, gebaseerd op de overstromingskansbenadering. De nieuwe hoogwaterreferentie wordt ontwikkeld voor de vergunningverlening en projectplannen Waterwet (het toetsen van initiatieven in het rivierengebied van derden en van RWS zelf) en voor het beheer van het winterbed (het toetsen van autonome ontwikkelingen, zoals ontwikkeling van uiterwaardbegroeiing en het dichtslibben van geulen).

Wensen, eisen en uitgangspunten

De nieuwe hoogwaterreferentie wordt ontwikkeld voor de Rijkswateren in het rivierengebied, waar de Beleidslijn Grote Rivieren van toepassing op is. Dit betekent dat de nieuwe hoogwaterreferentie gebruikt moet kunnen worden bij de vergunningverlening en het beheer van het winterbed in de Maas, de Rijntakken, de Rijn-Maasmonding, het Zwarte Water en het Zwarte Meer. Op basis van overleg met RWS-WVL en interviews met gebruikers van de hoogwaterreferentie zijn de volgende wensen, eisen en uitgangspunten gedefinieerd:

- De huidige hoogwaterreferentie is gericht op het voorkomen van onacceptabele veranderingen van de hoogwaterstanden als gevolg van ingrepen of ontwikkelingen in het rivierengebied. Ook onder het nieuwe waterveiligheidsbeleid is de rivierbeheerder verantwoordelijk voor het niet laten toenemen van de waterstanden (voor zover dat binnen zijn invloedssfeer ligt). De sterkte van de waterkering wordt – net als in de huidige hoogwaterreferentie – buiten beschouwing gelaten. Om te bepalen bij welke waterstanden getoetst wordt op de effecten van een ingreep, kan dijksterkte wel een rol spelen. Hier zal in dit rapport nader op ingegaan worden.
- De uitwerking van de nieuwe hoogwaterreferentie wordt gebaseerd op de maximaal toelaatbare overstromingskans (ook wel aangeduid met de ondergrens).
- De nieuwe hoogwaterreferentie moet binnen en buiten RWS eenvoudig uitlegbaar zijn. Uit interviews met de verschillende gebruikers is de wens naar voren gekomen te streven naar een eenvoudige toets op een enkelvoudige parameter (bijvoorbeeld waterstand) met zo weinig mogelijk ruimtelijke differentiatie.
- De hoogwaterreferentie dient aan te sluiten bij het WBI2017; dit betekent dat de nieuwe hoogwaterreferentie geldig is voor de periode 2017 – 2023 en dat geen rekening wordt

gehouden met toekomstige wijzigingen in afvoer, zeewaterstand, meerpeil en wind, die niet zijn meegenomen in het WBI2017. In de huidige semi-probabilistische beoordeling binnen het WBI 2017 wordt echter gebruik gemaakt van één toetswaterstand, dit is de waterstand die overschreden wordt met een kans gelijk aan de overstromingskansnorm van het dijktraject. De nieuwe hoogwaterreferentie richt zich op een beperkt aantal omstandigheden, zodanig dat de kans klein is dat een eventueel opstuwend effect van initiatieven op de waterstanden in het gehele relevante bereik van falen onopgemerkt blijft.

- De nieuwe hoogwaterreferentie richt zich – net als de huidige hoogwaterreferentie – op de waterstanden op de as van de rivier. Een hoogwaterreferentie met waterstanden aan de teen van de dijk is wellicht meer in de geest van de overstromingskansbenadering, maar gezien de discussie die nog loopt met betrekking tot de verantwoordelijkheid van het beheer van voorlanden wordt deze stap (nog) niet gezet. Dit betekent ook dat golfbelasting niet wordt meegenomen in de uitwerking van de nieuwe hoogwaterreferentie.

Varianten nieuwe hoogwaterreferentie

Rekening houdend met bovenstaande wensen, eisen en uitgangspunten stellen wij voor om een ingreep of ontwikkeling te toetsen bij een beperkt aantal omstandigheden, zodanig dat de kans klein is dat een eventueel opstuwend effect op de waterstanden onopgemerkt blijft. Wij stellen voor om te toetsen bij (1) een lage representatieve waterstand L, (2) een hoge representatieve waterstand H, en (3) eventueel een situatie daartussen in. De waterstanden L en H zijn in een doorsnede van een typisch Nederlandse rivier in onderstaande figuur schematisch weergegeven.



Figuur i-1: Schematische doorsnede van een Nederlandse rivier met winter- en zomerdijken, uiterwaarden en een stroomgeul. De lijn L markeert de ondergrens en de lijn H markeert de bovengrens.

Rekening houdend met bovenstaande wensen, eisen en uitgangspunten hebben wij de volgende twee varianten ontwikkeld (elk gebaseerd op andere uitgangspunten):

Variant 1 – beoordeling van het waterstandseffect bij overschrijdingskansen gekozen op basis van de fysica van het systeem

Deze variant is gebaseerd op de grenzen van de fysica van het riviersysteem: er wordt gekeken naar de hoogteniveaus waarop de ingreep en/of ontwikkeling invloed uitoefent en er wordt getoetst op een waterstandseffect bij de overschrijdingskansen behorende bij waterstanden:

- die de kruinhoogten van de waterkeringen naderen (waterstand H);
- waarbij de uiterwaarden redelijk mee stromen en ongeveer 0,5m onder water staan (waterstand L).

De waterstand die de kruinhoogte nadert, is in algemene zin een waterstand die in de buurt ligt van de waterstand behorende bij de overstromingskansnorm. Om deze reden wordt in variant 1 voor waterstand H de waterstand behorende bij de overstromingskansnorm aangehouden.

Voor de lage representatieve waterstand L gaan we uit van een waterstand die een factor 10 kleinere kans van voorkomen heeft dan de waterstand waarbij het instromen van uiterwaarden begint. Uitgangspunt is dat de uiterwaarden gemiddeld eens per jaar instromen. Dit is gebaseerd op ervaringsgetallen en een memo van Sieben (2010).

Variante 2 - beoordeling van het waterstandseffect bij overschrijdingskansen gekozen op basis van de omstandigheden die bepalend zijn voor het falen van waterkeringen.

Deze variant gaat uit van de omstandigheden die representatief worden verondersteld voor het waterstandsbereik waarbij de kans dat keringen falen het grootst is. Informatie over dijksterkte wordt gebruikt om te bepalen welke hydraulische omstandigheden belangrijk zijn voor het falen van de kering. De hypothese is dan dat de overstromingskansen van de kering niet toeneemt als de waterstandseffecten door de ingrepen en/of ontwikkelingen bij deze omstandigheden niet toenemen. Er wordt getoetst bij de overschrijdingskansen van waterstanden die een belangrijke bijdrage leveren aan falen door:

- overloop en golfoverslag (waterstand H);
- piping & macrostabiliteit (waterstand L).

Voor overloop en golfoverslag geldt dat de waterstand die representatief is voor falen in de buurt ligt van de waterstand behorende bij de overstromingskansnorm. Om deze reden wordt bij variant 2 (net als bij variant 1) de waterstand behorende bij de overstromingskansnorm aangehouden.

Voor piping en macrostabiliteit geldt dat een groot bereik van de waterstanden ($1/10^6$ – $1/10.000^{\text{ste}}$ per jaar) bijdragen aan falen en allemaal ook in redelijk dezelfde mate. Lagere waterstanden zijn medebepalend en spelen dus bij deze faalmechanismen ook een belangrijke rol (zeker ook omdat deze waterstanden nu eenmaal vaker voorkomen). In hoofdstuk 4 in het hoofdrapport is per riviertak bepaald welke omstandigheden de grootste bijdragen leveren aan de faalkans per faalmechanisme. Voor de locaties waar deze informatie niet beschikbaar was, is gebruik gemaakt van ervaringsgetallen uit VNK.

Voor beide varianten geldt dat indien het noodzakelijk wordt geacht door de rivierbeheerder een analyse op een derde waterstandsniveau kan worden uitgevoerd. Hierbij kan specifiek gekeken worden naar het hoogteniveau van de betreffende ingreep of ontwikkeling.

Advies nieuwe hoogwaterreferentie

Op basis van de uitwerking en toepassing van varianten (zie hoofdrapport) adviseren wij een eenvoudige beoordelingsregel te definiëren als invulling van de nieuwe hoogwaterreferentie. We stellen de volgende beoordelingsregel voor:

"Ingrepen in het rivierengebieden en autonome ontwikkelingen, zoals ontwikkeling van uiterwaardbegroeiing en het dichtslibben van geulen) moeten beoordeeld worden op het waterstandseffect bij waterstanden bij twee overschrijdingskansen. Indien een beoordeling bij deze bovengenoemde herhalingstijden geen waterstandsverhogingen laat zien, en er twijfel is of er in de tussenliggende niveaus een stijging plaatsvindt, dan adviseren we een aanvullende beoordeling bijvoorbeeld bij een waterstand op het hoogteniveau van de ingreep.

Uit de toepassingen van de varianten op de cases blijkt dat er weinig verschil is in de uitkomst van de beoordeling op basis van de twee varianten. De herhalingstijd van waterstanden die belangrijk zijn voor het falen door de faalmechanismen overloop en overslag komt redelijk

overeen met de herhalingstijd van de nieuwe normen voor waterveiligheid. Daarnaast komen de waterstanden waarbij verondersteld wordt dat de uiterwaarden beginnen mee te stromen vaak redelijk overeen met de ondergrens van de waterstanden die leiden tot falen door piping.

Wij adviseren daarom om per watersysteem een keuze te maken voor een beoordelingsregel gebaseerd op een beperkt aantal herhalingstijden op basis van beide variantuitwerkingen. Zo doet de nieuwe hoogwaterreferentie recht aan de fysica van het riviersysteem én aan de overstromingskansbenadering. Dit advies betekent een uitbreiding op de huidige methode: er wordt niet alleen bij een herhalingstijd gerelateerd aan de norm beoordeeld, maar ook bij een kleinere herhalingstijd.

Onderstaande tabel bevat een voorstel voor de herhalingstijden voor de beoordeling van het waterstandseffect van ingrepen of ontwikkelingen. Voor het Rijntakkensysteem en het Maassysteem is ook het afvoerniveau bij deze herhalingstijden in de tabel opgenomen.

Watersysteem	Herhalingstijd [jaar]	Afvoerniveau [m ³ /s]
Rijntakkensysteem	~ 10.000 jaar	16.000 m ³ /s
	~ 100 jaar	10.000 m ³ /s
Maassysteem	3.000 jaar (voor Bedijkte Maas)	4.110 m ³ /s
	300 jaar (voor Maasvallei)	3.570 m ³ /s
	100 jaar	3.220 m ³ /s
Rijnmaasmonding	3.000 jaar	Lokaal te bepalen met methode CIP
	100 jaar	Lokaal te bepalen met methode CIP
IJsselvechtdelta	1.000 jaar	Lokaal te bepalen met methode CIP
	100 jaar	Lokaal te bepalen met methode CIP

Tabel i-1: Voorstel ten aanzien van herhalingstijden voor de beoordeling van het waterstandseffect van ingrepen of ontwikkelingen per riviersysteem. Voor het Rijntakkensysteem en het Maassysteem is ook het afvoerniveau bij deze herhalingstijden in de tabel opgenomen.

In het benedenrivierengebied is een hoogwaterstand vaak een combinatie van rivierafvoer, zeewaterstand of meerpeil, stormomstandigheden (windsnelheid en -richting) en de toestand van eventuele beweegbare keringen. Een bepaalde waterstand op een locatie kan op meerdere manieren (omstandigheden) tot stand komen. Om in het benedenrivierengebied te bepalen bij welke combinatie van omstandigheden het waterstandseffect van ingrepen en/of ontwikkelingen moet worden bepaald, wordt gekeken naar de combinatie die het meest waarschijnlijk is (methode conditionele illustratiepunten, zie bijlage C voor een uitgebreide uitleg).

In de bergingsgebieden in het benedenrivierengebied is een beoordeling van het waterstandseffect niet altijd nodig. Vaak kan daar volstaan worden met een eenvoudige beoordeling van het eventuele verlies aan kombergend volume als gevolg van de ingreep en/of ontwikkeling. We adviseren deze beoordeling uit te voeren bij de voorgestelde herhalingstijden in bovenstaande tabel.

Tot slot adviseren wij te beoordelen op het principe 'one-out-all-out'. Het principe 'one-out-all-out' wil zeggen dat als één van de omstandigheden (herhalingstijden) waarop beoordeeld wordt een – voor RWS - onacceptabele waterstandsverhoging oplevert, de ingreep of ontwikkeling moet worden afgekeurd. Dit betekent weliswaar dat de beoordeling strenger wordt dan nu het

geval is, maar op deze manier wordt het meeste recht gedaan aan de basisprincipes waarop de beoordelingsregel gebaseerd is en dat is dat beoordeeld wordt bij herhalingstijden die representatief zijn voor de omstandigheden die het meest bijdragen aan falen bij sterkte- en belastinggerelateerde faalmechanismen.

Inhoud

Samenvatting	i
1 Inleiding	1
1.1 Algemeen	1
1.2 Doel van het project	1
1.3 Leeswijzer	1
2 Implicaties van nieuwe normen voor de hoogwaterreferentie.....	3
2.1 Nieuwe normen.....	3
2.2 Hoogwaterreferentie	3
2.3 Gebruikers van de hoogwaterreferentie.....	7
2.4 Wensen, eisen en uitgangspunten	8
3 Varianten nieuwe hoogwaterreferentie	13
3.1 Redeneerlijnen nieuwe hoogwaterreferentie.....	13
3.2 Varianten voor de nieuwe hoogwaterreferentie.....	15
4 Uitwerking nieuwe hoogwaterreferentie	17
4.1 Inleiding.....	17
4.2 Rijntakkensysteem	18
4.3 Maassysteem.....	23
4.4 Rijn-Maasmonding.....	27
4.5 IJssel-Vechtdelta	34
5 Toepassing nieuwe hoogwaterreferentie.....	39
5.1 Beschrijving van de cases.....	39
5.2 Algemene bevindingen	39
5.3 Regiospecifieke aandachtspunten bij beoordeling	40
6 Advies nieuwe hoogwaterreferentie	43
6.1 Advies beoordelingsregel	43
6.2 Aanbevelingen	45
7 Referenties	46
Bijlage A Verslag interviews	49
Bijlage B Rivierkilometers	58
Bijlage C Methode conditionele illustratiepunten.....	59
Bijlage D Grade werklijn	60
Bijlage E Toepassing nieuwe hoogwaterreferentie op cases.....	61
E.1 Inleiding	61
E.2 Case Scherpekamp	61
E.3 Case Lus van Linne	64
E.4 Case Bergambacht.....	67

E.5 Fictieve case vegetatieontwikkeling 70

1 Inleiding

1.1 Algemeen

De primaire waterkeringen krijgen per 1 januari 2017 nieuwe waterveiligheidsnormen. De nieuwe normering is gebaseerd op een overstromingsrisicobenadering, waarbij de nieuwe normen zijn uitgedrukt in een jaarlijkse overstromingskans per dijktraject. Met de overstap naar de nieuwe normen krijgen de dijken langs de rivieren een overstromingskansnorm variërend tussen de 1/100^{ste} tot 1/30.000^{ste} per jaar (maximaal toelaatbare overstromingskans).

Tot 2017 zijn de normen gebaseerd op een overschrijdingskans van waterstanden. In het huidige rivierbeheer worden de zogenaamde maatgevende hoogwaterstanden (MHW) als hoogwaterreferentie gebruikt. Dit zijn de waterstanden bij een overschrijdingskans gelijk aan de normfrequentie van de aangrenzende dijkkring. De rivierbeheerder is verantwoordelijk voor het handhaven van deze hoogwaterreferentie. Ingrepen en/of ontwikkelingen in het rivierengebied, bijvoorbeeld nieuwe ingrepen, ontwikkeling van uiterwaardbegroeiing en het dichtslibben van geulen, kunnen leiden tot een verhoging van de MHW-standen. Er zijn dan maatregelen nodig, zoals compenserende ingrepen, vegetatiebeheer, of sedimentbeheer om de maatgevende hoogwaterstanden te handhaven.

Bij een overstromingskansbenadering is er per definitie geen sprake van één MHW. De overstap van normen op basis van overschrijdingskansen naar overstromingskansen heeft daardoor consequenties voor de huidige hoogwaterreferentie. Dit heeft gevolgen voor het rivierbeheer omdat veel RWS-processen gebruik maken van de huidige hoogwaterreferentie op basis van MHW. Het is daarom nodig om waterstanden die passen bij een nieuwe hoogwaterreferentie, gebaseerd op een overstromingsrisicobenadering, te bepalen.

1.2 Doel van het project

Doel van dit project is het ontwikkelen van een nieuwe hoogwaterreferentie voor het rivierengebied, gebaseerd op de overstromingskansbenadering. De nieuwe hoogwaterreferentie wordt ontwikkeld voor de vergunningverlening (het toetsen van initiatieven in het rivierengebied van derden en van RWS) en voor het beheer van het winterbed (het toetsen van autonome ontwikkelingen, zoals ontwikkeling van uiterwaardbegroeiing en het dichtslibben van geulen). Het doel is om te komen tot een eenvoudige beoordelingsregel op basis waarvan nieuwe initiatieven en ontwikkelingen beoordeeld kunnen worden.

De focus van de hoogwaterreferentie ligt op veiligheid. Andere functies, zoals scheepvaart of het gebruik van uiterwaarden worden buiten beschouwing gelaten. Het Rivierkundig Beoordelingskader geeft aan op welke wijze nieuwe initiatieven en ontwikkelingen voor deze functies beoordeeld moeten worden. Daarnaast geldt dat de acceptatie van het effect van ingrepen/ontwikkelingen buiten deze studie valt – het is aan RWS om te beoordelen of een bepaald effect acceptabel is of niet.

1.3 Leeswijzer

Het rapport is als volgt opgebouwd: hoofdstuk 2 beschrijft de wensen, eisen en uitgangspunten ten aanzien van de nieuwe hoogwaterreferentie. In hoofdstuk 3 zijn mogelijke scenario's voor

de uitwerking van de nieuwe hoogwaterreferentie beschreven. Er is gekozen om de nieuwe hoogwaterreferentie te baseren op het scenario 'doelmatig beheer van de waterstanden over het frequentiebereik'. Om te bepalen welk deel van het frequentiebereik van waterstanden doelmatig beheerd moet worden, zijn twee varianten uitgewerkt. Hoofdstuk 4 geeft inzicht in de uitwerking van deze varianten voor de verschillende riviertakken en de ruimtelijke variatie binnen de riviertakken. De varianten zijn vervolgens toegepast op een aantal cases en de belangrijkste bevindingen hiervan zijn samengevat in hoofdstuk 5. Het rapport sluit af in hoofdstuk 6 met een voorstel voor een eenvoudige beoordelingsregel als invulling van de nieuwe hoogwaterreferentie om nieuwe initiatieven en ontwikkelingen te beoordelen.

2 Implicaties van nieuwe normen voor de hoogwaterreferentie

2.1 Nieuwe normen

Tot 2017 zijn de normen gebaseerd op een overschrijdingskans van waterstanden. Vanaf 2017 wordt de nieuwe norm uitgedrukt in een overstromingskans. Bij de overstap naar de nieuwe normen op basis van een overstromingskans is naast belasting op de dijk ook de sterkte van de dijk belangrijk. In algemene zin kan de waterveiligheid worden vergroot door de hydraulische belasting (waterstand, golven) op de waterkeringen te verlagen of de sterkte van de waterkeringen te vergroten.

De overstap op nieuwe normen heeft niet alleen gevolgen voor het toetsen en ontwerpen van waterkeringen. Het heeft ook invloed op het rivierbeheer en de beoordeling van ingrepen en/of ontwikkelingen in het rivierengebied, bijvoorbeeld de ontwikkeling van uiterwaardbegroeiing en het dichtslibben van geulen. De rivierbeheerder is nu verantwoordelijk voor het handhaven van maatgevende hoogwaterstanden (MHW's). Ingrepen en/of ontwikkelingen in het rivierengebied, worden nu nog beoordeeld op hun effecten op deze MHW-standen. De overstap op de nieuwe normen vraagt om een nieuwe hoogwaterreferentie ter vervanging van de huidige aanpak met maatgevende hoogwaterstanden.

2.2 Hoogwaterreferentie

Van overschrijdingskans... (hoe doen we het nu?)

In het huidige rivierbeheer worden de zogenaamde maatgevende hoogwaterstanden (MHW) als hoogwaterreferentie gebruikt. De MHW's zijn in het bovenrivierengebied direct te relateren aan afvoeren. In de Rijn-Maasmonding en de IJssel-Vechtdelta zijn combinaties van rivierafvoer, zeestand of meerpeil, stormomstandigheden (windsnelheid en -richting) en de toestand van beweegbare keringen belangrijk voor het optreden van hoge waterstanden, en komt het MHW tot stand uit een combinatie van deze factoren. Figuur 2-1 toont een kaart met de ligging en begrenzing van het bovenrivierengebied (Rijntakkensysteem & Maassysteem) en het benedenrivierengebied (Rijn-Maasmonding en IJssel-Vechtdelta).

In het bovenrivierengebied geldt momenteel veelal een overschrijdingskans van 1/1250^{ste} per jaar. De invloed van een ingreep en/of een ontwikkeling in het rivierengebied wordt getoetst aan de waterstand bij de normaafvoer: de afvoer met een overschrijdingskans gelijk aan de normfrequentie. Voor het bovenrivierengebied geldt dat de toetsing plaatsvindt met een waterbewegingsmodel (WAQUA). De ingreep en/of ontwikkeling wordt daarin geschematiseerd. Met een simulatie van de situatie voor en na de ingreep en/of ontwikkeling kan het verschil in waterstand worden bepaald. Het Rivierkundig Beoordelingskader beschrijft op welke wijze het waterstandseffect beoordeeld moeten worden, en in hoeverre deze verhogingen toelaatbaar zijn.

In het benedenrivierengebied kan in de gebieden waar vooral berging een rol speelt, kan volstaan worden met een eenvoudige beoordeling van het eventuele verlies aan kombergend volume als gevolg van de ingreep en/of ontwikkeling. Het verlies aan kombergend volume in de nabijheid van de ingreep/en of ontwikkeling moet gecompenseerd worden. Bij grotere ingrepen/ontwikkelingen moet ook het waterstandseffect worden beoordeeld. Conform het Rivierkundig Beoordelingskader betreft dit een beoordeling met een waterbewegingsmodel (WAQUA) en wordt gebruik gemaakt van conditionele illustratiepunten (CIP's) (zie paragraaf 3.2).



Figuur 2-1: Ligging en begrenzing van het bovenrivierengebied (Rijntakkenstelsel & Maasstelsel), en het benedenrivierengebied (Rijn-Maasmonding en IJssel-Vechtdelta).

... naar overstromingskans (hoe zou het in de toekomst moeten?)

Door de overstap op de nieuwe normering wordt een aantal nieuwe aspecten belangrijk bij het bepalen van de nieuwe hoogwaterreferentie.

Ten eerste zijn de nieuwe normen uitgedrukt in een andere maat: de overstromingskans. Belasting op de dijk en sterkte van de dijk bepalen samen de overstromingskans. De

overstromingskansnorm kan in lengterichting van de rivier verschillen en bovendien kan voor de dijken aan de rechterzijde van de rivier een andere norm gelden dan aan de linkerzijde. De variatie in normen aan weerszijden en in de lengterichting van de rivier, en de variatie in condities die bepalend zijn voor het optreden van hoogwateromstandigheden zijn daarom aandachtspunt bij het ontwikkelen van een nieuwe hoogwaterreferentie. Het doel van dit rapport is te bepalen bij welke omstandigheden getoetst moet worden.

Ruimtelijke variatie in normen

De ruimtelijke variatie is binnen de nieuwe normering groter dan bij de oude normen. Waar voorheen de normen per dijkkring bepaald werden en uniform waren langs grote delen van de rivier, is er nu meer variatie. Figuur 2-2 geeft een overzicht van de nieuwe normen voor geheel Nederland; het betreft de ondergrens. Te zien is dat langs sommige riviertakken de variatie in de norm vrij groot is, zoals langs de IJssel waar op een stuk van 30 km een norm van 1/300^{ste}, 1/1.000^{ste}, 1/3.000^{ste} en 1/10.000^{ste} per jaar voorkomt. Langs andere takken is minder ruimtelijke differentiatie in normen, zoals langs de Waal en de bedijkte Maas met normen variërend tussen 1/3.000^{ste} en 1/10.000^{ste} per jaar.



Figuur 2-2: Maximaal toelaatbare kans per normtraject (bron: wetsvoorstel, Kamerstuknummer 34436 met voorstel wijzigingen van de Waterwet en enkele andere wetten (nieuwe normering primaire waterkeringen)).

Daarnaast is een belangrijk aandachtspunt dat meerdere omstandigheden bijdragen aan de overstromingskans. Dit komt onder andere doordat de overstromingskans van waterkeringen in het rivierengebied bepaald wordt door de combinatie van belasting op en de sterkte van de waterkering. Voor de faalmechanismen overloop en overslag zijn vooral de waterstanden bij extreme omstandigheden bepalend voor het optreden van falen. Naast de faalmechanismen overloop en overslag wordt de overstromingskans van waterkeringen in het rivierengebied in belangrijke mate bepaald door de faalmechanismen piping en macrostabiliteit. Bij geotechnische faalmechanismen dragen naast hoge waterstanden ook lagere waterstanden (met grotere kans van voorkomen), in belangrijke mate bij aan de faalkans. Daarnaast kan de tijdsduur van een hoogwatergolf belangrijk zijn (projectbureau VNK2, 2011). Als een ingreep niet tot waterstandsverhoging leidt bij extreme omstandigheden, maar wel bij minder extreme omstandigheden de waterstanden beïnvloedt, kan dit toch een negatief effect hebben op de faalkans.

2.3 Gebruikers van de hoogwaterreferentie

De nieuwe hoogwaterreferentie wordt toegepast in verschillende processen van RWS die hieraan mogelijk verschillende eisen stellen. Afspraken ten aanzien van de nieuwe hoogwaterreferentie krijgen hun beslag in de volgende projecten en producten:

- Beleidslijn Grote Rivieren;
- Rivierkundig Beoordelingskader;
- Jaarlijks Monitoring Hoogwaterveiligheid;
- Indicator (IN) Hoogwaterafvoer Rivieren SLA HWS 2017 – 2020;
- Ontwikkeling SLA HWS 2021-2024;
- 12-jarige wettelijke toets op de rivierbak;
- Richtlijn overstromingsrisico's.

In het kader van deze studie zijn verschillende gebruikers van de nieuwe hoogwaterreferentie (alle van RWS) geïnterviewd om te inventariseren hoe zij de huidige hoogwaterreferentie gebruiken en welke wensen zij hebben met betrekking tot de nieuwe hoogwaterreferentie. Het verslag van de interviews is opgenomen in bijlage A. Het volgende kader laat de belangrijkste uitkomsten zien.

Een aantal relevante citaten uit de interviews:

- *'Laat de nieuwe hoogwaterreferentie zoveel mogelijk overeenkomen met de huidige methodiek';*
- *'Werk met de ondergrensnorm¹, niet de signaleringswaarde' – dit is een citaat van de meerderheid van de gebruikers, een enkele gebruiker had als voorkeur de signaleringswaarde te gebruiken;*
- *'Werk bij voorkeur met een set van (maximaal) drie vooraf gedefinieerde afvoerniveaus';*
- *'Ga uit van een groeimodel (start simpel en biedt de mogelijkheid om later eventueel uit te breiden)';*
- *'Toets niet bij de kering, maar op de waterstand op de as van de rivier';*
- *'Reken stationair m.u.v. grote ingrepen in de Maas, die gelegen zijn in de nabijheid van retentiegebied';*
- *'Gebruik de methode van conditionele illustratiepunten voor het benedenrivierengebied (Rijn-Maasmonding en IJssel-Vechtdelta, incl. het Zwarte Water)';*

¹ Dit wordt in het rapport ook wel maximaal toelaatbare overstromingskans genoemd (zie ook paragraaf 2.4)

Een terugkerend thema tijdens de interviews was hoe om te gaan met verschillen in resultaten (waterstandseffecten) als ingrepen of veranderingen in het rivierengebied bij meerdere omstandigheden beoordeeld worden. Ter illustratie: het kan zo zijn dat het effect van de ontwikkeling van uiterwaardvegetatie (en de toename van de vegetatieruwheid door verruwing) op de waterstanden die optreden bij de afvoeren waarbij de uiterwaarden net onderstromen groter is dan het waterstandseffect bij extreme afvoeren.

Een aantal gebruikers wil dat beoordeeld wordt volgens het principe 'one-out-all-out'. Dit wil zeggen dat als één van de omstandigheden waarop getoetst wordt een onacceptabel waterstandseffect oplevert, de maatregel moet worden afgekeurd. Op deze manier wordt vastgehouden aan de huidige regel dat een ingreep of ontwikkeling geen onacceptabel waterstandseffect mag opleveren.

Andere gebruikers zijn van mening dat beoordeeld moet worden op basis van het gemiddelde waterstandseffect van alle omstandigheden waarop beoordeeld wordt. In dat geval zal een ingreep of ontwikkeling minder snel worden afgekeurd dan bij het one-out-all-out principe.

2.4 Wensen, eisen en uitgangspunten

Op basis van overleg met RWS-WVL en interviews met gebruikers van de hoogwaterreferentie (zie hierboven en bijlage A) is een aantal wensen, eisen en uitgangspunten gedefinieerd. Deze zijn hieronder samengevat.

Gebruiksdoel

De nieuwe hoogwaterreferentie wordt ontwikkeld voor:

- vergunningverlening en projectplannen Waterwet: het toetsen van initiatieven in het rivierengebied van derden en van RWS zelf; en
- beheer van het winterbed: het toetsen van autonome ontwikkelingen, zoals ontwikkeling van uiterwaardbegroeiing en het dichtslibben van geulen.

De methode om de nieuwe hoogwaterreferentie te bepalen moet ervoor zorgen dat veranderingen in hoogwaterstanden door ingrepen of ontwikkelingen kunnen worden gesignaleerd. Met het instrument van vergunningverlening en door adequaat rivierveher kan de rivierbeheerder voorkomen dat onacceptabele veranderingen van de hoogwaterstanden optreden.

De nieuwe hoogwaterreferentie wordt ontwikkeld voor de Rijkswateren in het rivierengebied, waar de Beleidslijn Grote Rivieren van toepassing op is. Dit betekent dat de nieuwe hoogwaterreferentie gebruikt moet kunnen worden bij de vergunningverlening en het beheer van het winterbed in de Maas, de Rijntakken, de Rijn-Maasmonding, het Zwarte Water en het Zwarte Meer.

Nieuwe normering als vertrekpunt

De overstap op de nieuwe normen vormt de aanleiding om de huidige hoogwaterreferentie te herzien. Bij de uitwerking van de nieuwe hoogwaterreferentie vormen de nieuwe normen op basis van overstromingskans een vertrekpunt.

De nieuwe normen voor de waterkering worden uitgedrukt in overstromingskansen per jaar. De wet maakt onderscheid in een ondergrens en een signaleringswaarde. De ondergrens is de maximaal toelaatbare overstromingskans of faalkans: aan deze kans moet een waterkering minimaal voldoen. Aangezien het enige tijd duurt voordat een afgekeurde kering versterkt is, is er naast de ondergrens een signaleringswaarde gespecificeerd. Als de overstromingskans van een normtraject de signaleringswaarde overschrijdt, dan ontstaat een recht op financiering vanuit het Deltafonds om maatregelen te treffen, en zal de dijkversterking voorbereid moeten worden. Na overschrijding van de signaleringswaarde is er in praktijk nog voldoende tijd om de dijkversterking uit te voeren voordat de maximaal toelaatbare overstromingskans wordt bereikt.

Bij overstap naar de nieuwe normen blijft de rivierbeheerder verantwoordelijk voor het signaleren van veranderingen in hoogwaterstanden en moet ze voorkomen dat geen onacceptabele veranderingen optreden. Bij de vergunningverlening en het beheer van uiterwaarden zal dit een centraal beoordelingsaspect blijven. De rivierbeheerder is ook na overstap op de nieuwe normen niet verantwoordelijk voor de sterkte van de kering. De actuele dijksterkte en het overschrijden van de signaleringwaarde is dus niet relevant voor het rivierbeheer. Het geeft aan wanneer de voorbereiding van dijkversterkingen moet worden gestart. Bij het ontwerp van dijkversterkingen wordt rekening gehouden met de belasting op de waterkering bij de maximaal toelaatbare overstromingskans. Daarom moet de uitwerking van de nieuwe hoogwaterreferentie gebaseerd worden op de maximaal toelaatbare overschrijdingskans: de ondergrens.

Sterkte van de waterkering buiten beschouwing

Bij de huidige hoogwaterreferentie speelt de actuele dijksterkte geen rol. De toetsing bij vergunningverlening en rivierbeheer is uitsluitend gericht op de hydraulische belasting. Het maakt daarbij niet uit of de waterkering wel of niet aan de vereiste sterkte voldoet.

De sterkte van de waterkering wordt ook in de nieuwe hoogwaterreferentie buiten beschouwing gelaten. Ook onder het nieuwe waterveiligheidsbeleid is de rivierbeheerder alleen verantwoordelijk voor het niet laten toenemen van de waterstanden voor zover dat binnen haar invloedssfeer ligt.

Om te bepalen bij welke overschrijdingskansen een eventueel waterstandseffect van een initiatief getoetst moet worden, kan dijksterkte wel een rol spelen. Zoals al is aangegeven zijn er verschillende omstandigheden die bepalend zijn voor het optreden van falen bij geotechnische en hoogtegerelateerde faalmechanismen. De omstandigheden die bepalend zijn voor falen door overloop en overslag betreffen vooral extreme hoogwateromstandigheden. Bij piping en macrostabiliteit geldt dat een groot bereik van de waterstanden ($1/10^e - 1/10.000^{ste}$ per jaar) bijdraagt aan falen en allemaal ook in redelijk dezelfde mate. Lagere waterstanden zijn daardoor medebepalend en spelen dus bij deze faalmechanismen ook een belangrijke rol (zeker ook omdat deze waterstanden nu eenmaal vaker voorkomen). Een beeld van de herhalingstijden van waterstanden die een hoge kansbijdrage hebben voor falen bij de verschillende faalmechanismen, kan gebruikt worden om af te leiden welk deel van het frequentiebereik van waterstanden doelmatig beheerd moet worden.

Eenvoudige, uniforme en uitlegbare methode

Een eenvoudige uniforme methode heeft de voorkeur. Gestreefd wordt naar een eenvoudige toets op een enkelvoudige parameter en met zo weinig mogelijk ruimtelijke differentiatie. Daarbij dient bekeken te worden hoe rekening gehouden moet worden met de variatie in

normen aan weerszijden en in de lengterichting van de rivier. De methode moet in de basis uniform zijn voor het bovenriviereengebied en het benedenriviereengebied.

In vergelijking met de huidige normen komt er met de nieuwe normering een grote verscheidenheid aan normen in het riviereengebied. Dit leidt in principe tot twee mogelijkheden bij het toepassen van de nieuwe hoogwaterreferentie; de invloed van ingrepen en/of ontwikkelingen op de waterstand wordt getoetst bij (1) één of meerdere herhalingstijden behorende bij de lokaal geldende normen, dus afhankelijk van de locatie van de ingreep, of (2) één of meerdere herhalingstijden die representatief zijn voor een riviertak en per riviertak gekozen kunnen worden. Uit de interviews is gebleken dat de voorkeur uitgaat naar optie 2, waarbij per riviertak of watersysteem één of meerdere herhalingstijden worden gekozen. Deze optie biedt meer uniformiteit.

Sommige geïnterviewde RWS-ers/gebruikers gaven de voorkeur aan het toetsen aan een waterstand bij één herhalingstijd. Anderen gaven aan dat het beter is om meerdere herhalingstijden te beschouwen, waarbij de gekozen herhalingstijden een goede dekking moeten geven van waterstanden die belangrijk zijn met betrekking tot het handhaven van de overstromingskans. Het aantal door te rekenen herhalingstijden moet beperkt zijn.

De nieuwe hoogwaterreferentie moet binnen en buiten RWS eenvoudig uitlegbaar zijn. Dit betekent dat ook belanghebbenden die inhoudelijk verder van de materie af staan, de hoogwaterreferentie moeten kunnen begrijpen en gebruiken.

Aansluiten bij WBI 2017

De hoogwaterreferentie moet het WBI 2017 volgen. Dit betekent dat de nieuwe hoogwaterreferentie geldig is voor de periode 2017 – 2023. Het betekent ook dat geen rekening wordt gehouden met toekomstige wijzigingen in afvoer, zeewaterstand, meerpeil en wind, die niet zijn meegenomen in het WBI 2017.

De enige afwijking ten opzichte van het WBI 2017 is dat we in de nieuwe hoogwaterreferentie de beleidsmatige vastgelegde afspreken met betrekking tot de afvoerverdeling volgen. Dit betekent dat bij Bovenrijnafvoeren groter dan 16.000 m³/s bij Lobith de afvoer via de Lek niet verder mag toenemen. Het surplus moet verdeeld worden over Waal en IJssel. Dit is namelijk nog steeds beleid. Daarbij gaan we voorbij aan de eventuele praktische uitvoerbaarheid van het handhaven van de afvoerverdeling en het feit dat in het WBI 2017 een andere uitgangspunt geldt.

Focus op handhaven waterstanden in plaats van hydraulische belastingen

Een hoogwaterreferentie gericht op het handhaven van de hydraulische belastingen (en niet a priori alleen de waterstanden) aan de teen van de dijk is het meest in de geest van de overstromingskansbenadering. Golfbelasting is afhankelijk van de dijkgeometrie en de eventuele aanwezigheid van voorlanden. Gezien de discussie die nog loopt met betrekking tot de verantwoordelijkheid van het beheer van voorlanden is de wens geuit om een nieuwe hoogwaterreferentie te ontwikkelen met de focus op het handhaven van waterstanden.

Binnen de huidige hoogwaterreferentie zijn de MHW's gedefinieerd op de as van de rivier en niet aan de teen van de dijk. Ook de nieuwe hoogwaterreferentie richt zich op waterstanden op de as van de rivier. Het volgende tekstblok geeft een beschouwing of het terecht is dat windgolven buiten beschouwing worden gelaten en wat de consequenties ervan zouden zijn als er voor een

hoogwaterreferentie gericht op hydraulische belastingen in plaats van waterstanden wordt gekozen.

Eén van de discussiepunten in het ontwikkelen van de nieuwe hoogwaterreferentie is het uitgangspunt om windgolven niet mee te nemen in bepaling van de hoogwaterreferentie. Uiteindelijk is het een keuze of dit aspect wel of niet wordt meegenomen. De overwegingen bij deze keuze zijn:

- In het bovenriviereengebied wordt de maatgevende belasting gekenmerkt door hoge waterstanden als gevolg van hoge rivierafvoeren, met daarnaast nog een beperkte bijdrage van windgolven voor de bepaling van de kerende hoogte van de waterkeringen.
- In het bovenriviereengebied wordt de maatgevende belasting gekenmerkt door hoge waterstanden als gevolg van hoge rivierafvoeren, met daarnaast nog een beperkte bijdrage van windgolven voor de bepaling van de kerende hoogte van de waterkeringen.
- De windgolven spelen voor het bovenriviereengebied alleen een rol bij extreme afvoerniveaus. Bij lagere afvoerniveaus, die wel van belang zijn voor de sterkte van de kering, zijn de windgolven niet tot nauwelijks van belang omdat de waterstanden dan nog relatief laag zijn ten opzichte van de hoogte van de waterkering.
- In het benedenriviereengebied hebben de golven waarschijnlijk een grotere bijdrage in de maatgevende belasting dan in het bovenriviereengebied, maar is het nog steeds de vraag in hoeverre deze worden beïnvloed door de maatregelen waarvoor de hoogwaterreferentie is bedoeld.
- De windgolven zijn belangrijk voor bepaling van de hoogte van de waterkering, voor de sterktemechanismen van de waterkering wordt uitgegaan van waterstanden en worden golven niet meegenomen.
- De vergunningsbeslissingen en het beheer van het winterbed voor zowel het boven- als benedenriviereengebied zullen hoogstwaarschijnlijk niet of nauwelijks worden beïnvloed door het wel of niet meenemen van windgolven. Mogelijke uitzonderingen zijn maatregelen die erop gericht zijn om de golfbelasting op rivierdijken te reduceren. De effecten van deze maatregelen worden echter niet in de beheerfase meegenomen, maar vooral bij het ontwerp.
- Het niet meenemen van de windgolven geeft een vereenvoudiging van de praktijk voor vergunningverlening en het beheer.

Alles overwegende stellen we voor om windgolven niet mee te nemen in de hoogwaterreferentie voor het boven- en benedenriviereengebied. Uit de interviews kwam naar voren dat gestreefd moet worden naar een eenvoudige methode. Ook speelt een rol dat naar onze inschatting de beslissingen ten aanzien van vergunningen en beheer van winterbed niet of nauwelijks zullen worden beïnvloed door het wel meenemen van deze windgolven. Om de mogelijke twijfel op dit punt helemaal weg te nemen kan eraan gedacht worden om deze inschatting via een beperkt aantal principeberekeringen te toetsen. Deze principeberekeringen kunnen bestaan uit de volgende stappen:

- 1) Bepaal de situatie zonder maatregel in de as van de rivier en ook de bijbehorende waterstand aan de teen van de dijk voor twee of meerdere afvoerniveaus.
- 2) Bekijk de windgolven die kunnen ontstaan en bepaal eventueel het hydraulisch belastingniveau (HBN) met bijvoorbeeld een standaard bovenrivierenprofiel (1-op-3) of een werkelijk profiel als de situatie daarom vraagt (bv. situatie met een berm).
- 3) Doorloop dezelfde stappen in de situatie met een maatregel en bekijk waar de verschillen optreden (alleen in de waterstanden of ook in de windgolven).

3 Varianten nieuwe hoogwaterreferentie

Het uitgangspunt van de nieuwe hoogwaterreferentie is dat de huidige waterstanden worden gehandhaafd. Dit is in lijn met de wensen, eisen en uitgangspunten in paragraaf 2.4 om een hoogwaterreferentie te kiezen, waarbij ingrepen en/of ontwikkelingen in het riviereengebied (conform de huidige hoogwaterreferentie) alleen beoordeeld worden op hun waterstandseffect. Hierbij is het vooral belangrijk om te bepalen bij welke waterstanden een initiatief getoetst moet worden.

Indien het effect van ingrepen en/of ontwikkelingen in het riviereengebied beoordeeld wordt bij een groot aantal waterstanden, dan weten we zeker dat een eventueel opstuwend effect op waterstanden in beeld wordt gebracht. Dit is echter een bewerkelijke en tijdrovende analyse, en sluit niet aan bij de wens om de hoogwaterreferentie te baseren op een beperkt aantal omstandigheden op basis waarvan initiatieven in het riviereengebied worden beoordeeld.

3.1 Redeneerlijnen nieuwe hoogwaterreferentie

Het voorstel is daarom om een beperkt aantal omstandigheden te kiezen, zodanig dat de kans klein is dat een eventueel opstuwend effect van initiatieven op de waterstanden in het relevante bereik onopgemerkt blijft. We stellen voor om te toetsen bij (1) een lage representatieve waterstand, (2) een hoge representatieve waterstand, en (3) eventueel een situatie daartussen in. De lage representatieve waterstand L en de hoge representatieve waterstand H zijn in een doorsnede van een typisch Nederlandse rivier in Figuur 3-1 schematisch weergegeven. De grenzen kunnen op basis van twee redeneerlijnen gekozen worden.



Figuur 3-1: Schematische doorsnede van een Nederlandse rivier met winter- en zomerdijken, uiterwaarden en een stroomgeul. De lijn L markeert de lage representatieve waterstand en de lijn H markeert de hoge representatieve waterstand.

Redeneerlijn 1: grenzen op basis van fysica riviersysteem

Het moment waarop ingrepen en/of ontwikkelingen in het riviereengebied daadwerkelijk de waterstanden beïnvloeden is afhankelijk van het hoogteniveau waarop de ingreep plaatsvindt. Dit zal per ingreep/en of ontwikkeling verschillen, en is dus niet eenduidig vooraf vast te stellen. In algemene zin kan wel gezegd worden dat ingrepen en/of ontwikkelingen in het riviereengebied pas effect kunnen hebben als de uiterwaarden instromen en onder water komen te staan. Om deze reden wordt op basis van fysica gekeken naar een lage representatieve waterstand L die aansluit bij een niveau waarbij het hoogwater zorgt voor een beperkte waterdiepte in de uiterwaarde en een waterstand die net boven de buitenteen van de dijk uitkomt. Dit niveau verschilt per locatie.

Als hoge representatieve waterstand kan gekozen worden voor beoordeling van effecten bij waterstanden die de kruinhoogte van de waterkeringen naderen. Waterstanden met een overschrijdingskans die getalsmatig gelijk zijn aan de lokale geldende overstromingskansnorm,

vormen hier een indicatie voor. Toetsing bij iets grotere of kleinere overschrijdingskansen zal een vergelijkbaar algemeen beeld geven: wel of geen toename van waterstanden. Het maakt dus niet zoveel uit welke overschrijdingskans precies als bovengrens gekozen wordt. In plaats van een bovengrens die gebaseerd is op een lokale overstromingskansnorm kan daarom ook gekozen worden voor een overschrijdingskans per riviertak of wellicht per riviersysteem.

De vraag is of het voldoende is om waterstandseffecten bij de overschrijdingskansen van deze onder- en bovengrens te beoordelen, of dat een extra punt nodig is. Het kan zo zijn dat ingrepen en/of ontwikkelingen vooral of alleen maar effect hebben op waterstanden in het middenbereik, en dat er nauwelijks effect is op waterstanden bij omstandigheden waarbij de uiterwaarden net of volledig onderwater staan. Dan kan een mogelijk opstuwend effect met een hoge en lage representatieve waterstande worden gemist. Dit kan ondervangen worden door het toevoegen van een extra punt waarop een ingreep en/of ontwikkeling beoordeeld wordt. Er kan bijvoorbeeld gekozen worden voor een beoordeling van effecten op waterstanden waarbij het lokale maaiveld van de ingreep en/of ontwikkeling met een paar decimeter onder water staat (dit geldt alleen als het niveau van het lokale maaiveld afwijkt van het niveau van de uiterwaarden).

Redeneerlijn 2: grenzen op basis van hydraulische omstandigheden die bepalend zijn voor falen van waterkeringen

De beoordeling kan ook gebeuren op basis van omstandigheden die representatief worden verondersteld voor de waterstanden waarbij de kans dat keringen falen het grootst is. Informatie over dijksterkte kan gebruikt worden om te bepalen welke hydraulische omstandigheden (afvoeren) belangrijk zijn voor het falen van de kering. De hypothese is dan dat de overstromingskans van de kering niet toeneemt als de waterstandseffecten door de ingrepen en/of ontwikkelingen bij deze omstandigheden binnen – voor RWS - acceptabele grenzen blijven (geen of een beperkte verhoging).

De hydraulische omstandigheden die bepalend zijn voor het falen van keringen verschillen per faalmechanisme, en kunnen bovendien per dijktraject verschillen. De omstandigheden die bepalend zijn voor falen door overloop en overslag betreffen vooral extreme hoogwateromstandigheden. Bij piping en macrostabiliteit geldt dat een groot bereik van de waterstanden ($1/10^e$ – $1/10.000^{ste}$ per jaar) bijdraagt aan falen en allemaal ook in redelijk dezelfde mate. Lagere waterstanden zijn daardoor medebepalend en spelen dus bij deze faalmechanismen ook een belangrijke rol (zeker ook omdat deze waterstanden nu eenmaal vaker voorkomen). Inzicht in de overschrijdingskans van waterstanden die een hoge kansbijdrage hebben aan het falen door overslag/overloop dan wel piping, kan gebruikt worden om af te leiden welk deel van het frequentiebereik van waterstanden doelmatig beheerd moet worden. In hoofdstuk 4 wordt per riviertak gekeken welke omstandigheden bepalend zijn voor het falen van keringen.

Hierbij dient te worden opgemerkt dat de kans dat een kering bij een bepaald belastingniveau (buitenwaterstand) bezwijkt als gevolg van een bepaald faalmechanisme, verandert als een kering versterkt wordt. De omstandigheden die belangrijk zijn voor het falen van keringen waarbij uit wordt gegaan van de aanwezige sterkte zijn anders dan wanneer ervan wordt uitgegaan dat de keringen voldoen aan de vereiste sterkte. Dit wordt echter ondervangen door onze aanpak, waarbij we kijken naar de hele range van lage en hoge waterstanden: een eventuele verschuiving naar hogere waterstanden als gevolg van de versterking wordt hierin meegenomen.

Tot slot geldt dat het doel van de studie niet is om ingrepen en/of ontwikkelingen te beoordelen op basis van hun effect op faalkansen, maar om een indicatie te krijgen bij welke overschrijdingskansen onacceptabele waterstandseffecten van ingrepen en/of ontwikkelingen voorkomen worden, om een toename van de overstromingskans van de kering te voorkomen.

3.2 Varianten voor de nieuwe hoogwaterreferentie

De overstromingskans is afhankelijk van een relatief grote range aan waterstanden. Op basis van de redeneerlijnen uit paragraaf 3.1 kan uiteindelijk een eenvoudige beoordelingsregel worden gedefinieerd. De beoordelingsregel zou er als volgt uit kunnen zien:

"Ingrepen en/of ontwikkelingen in het rivierengebied (initiatieven van anderen en autonome ontwikkelingen, zoals ontwikkeling van uiterwaardbegroeiing en het dichtslibben van geulen) moeten beoordeeld worden op het waterstandseffect bij waterstanden met een overschrijdingskans P_i ".

De redeneerlijnen uit paragraaf 3.1 zijn gebruikt om de keuze voor een beoordeling van ingrepen en/of ontwikkelingen bij bepaalde overschrijdingskansen voor de hoogwaterreferentie te onderbouwen. Basis van beide redeneerlijnen is, dat het vrijwel uitgesloten is dat een opstuwend effect op waterstanden in het relevante bereik onopgemerkt blijft. Er zijn twee varianten uitgewerkt.

Variante 1 - beoordeling van het waterstandseffect bij overschrijdingskansen gekozen op basis van de fysica van het riviersysteem.

Deze variant is gebaseerd op de grenzen van de fysica van het riviersysteem: er wordt gekeken naar de hoogteniveaus waarop de ingreep en/of ontwikkeling invloed uitoefent en er wordt getoetst op een waterstandseffect bij de overschrijdingskans behorende bij waterstanden:

- die de kruinhoogten van de waterkeringen naderen (waterstand H in Figuur 3.1);
- waarbij de uiterwaarden redelijk meestromen en de waterstand ongeveer 0,5m hoger is dan de buitenteen van de dijk (waterstand L in Figuur 3.1).

De waterstand die de kruinhoogte nadert is in algemene zin een waterstand die in de buurt ligt van de waterstand behorende bij de overstromingskansnorm. Om deze reden wordt in variante 1 voor waterstand H de waterstand behorende bij de overstromingskansnorm aangehouden.

Voor de lage representatieve waterstand L is uitgegaan van een waterstand die een factor 10 kleinere kans van voorkomen heeft dan de waterstand waarbij het instromen van uiterwaarden begint. Uitgangspunt is dat de uiterwaarden gemiddeld eens per jaar instromen. Dit is gebaseerd op ervaringsgetallen en een memo van Sieben (2010). In praktijk dient per initiatief gekeken te worden welke herhalingstijd overeenkomt met een waterstand waarbij de uiterwaarden circa 0,5 m onder water staan.

Variante 2 - beoordeling van het waterstandseffect bij overschrijdingskansen gekozen op basis van de omstandigheden die bepalend zijn voor het falen van waterkeringen:

Deze variant gaat uit van de omstandigheden die representatief worden verondersteld voor het waterstandsbereik waarbij de kans dat keringen falen het grootst is. Informatie over dijksterkte wordt gebruikt om te bepalen bij welke hydraulische omstandigheden belangrijk zijn voor het falen van de kering. De hypothese is dan dat de overstromingskans van de kering niet toeneemt

als de waterstandseffecten door de ingrepen en/of ontwikkelingen bij deze omstandigheden niet toenemen. Er wordt getoetst bij de overschrijdingskansen van waterstanden die een belangrijke bijdrage leveren aan falen door:

- overloop en golfoverslag (waterstand H);
- piping & macrostabiliteit (waterstand L).

Uit de studie Veiligheid Nederland in Kaart weten we dat de faalkans voor geotechnische faalmechanismen bij relatief lage hoogwaterstanden niet meer verwaarloosbaar is. Falen door piping kan al op treden bij relatief lage waterstanden met een overschrijdingskans variërend van een $1/10^e$ en $1/100^{ste}$ per jaar (VNK2). Voor piping en macrostabiliteit geldt dat een groot bereik van de waterstanden ($1/10^e$ – $1/10.000^{ste}$ per jaar) bijdragen aan falen en allemaal ook in redelijk dezelfde mate. Lagere waterstanden zijn medebepalend en spelen dus bij deze faalmechnismen ook een belangrijke rol (zeker ook omdat deze waterstanden nu eenmaal vaker voorkomen). Falen door overloop en overslag treedt pas op bij waterstanden met een veel kleinere overschrijdingskans.

Voor beide varianten geldt dat indien het noodzakelijk wordt geacht door de rivierbeheerder een analyse op een derde waterstandsniveau kan worden uitgevoerd. Hierbij kan specifiek gekeken worden naar het hoogteniveau van het betreffende initiatief.

Omgaan met verschillen in boven- en benedenrivierengebied

In het bovenrivierengebied zijn waterstanden bij deze overschrijdingskansen direct te relateren aan de waterstanden die horen bij afvoeren met deze overschrijdingskansen. In het benedenrivierengebied is een hoogwaterstand vaak een combinatie van rivierafvoer, zeewaterstand of meerpeil, stormomstandigheden (windsnelheid en -richting) en de toestand van eventuele beweegbare keringen. Om in het benedenrivierengebied te bepalen bij welke combinatie van omstandigheden het waterstandseffect van ingrepen en/of ontwikkelingen moet worden bepaald, wordt in de huidige situatie gebruik gemaakt van de methode conditionele illustratiepunten (voor een uitgebreide uitleg van deze methode wordt verwezen naar bijlage C). De methode zal ook bij de nieuwe hoogwaterreferentie van toepassing blijven. Hierbij dient te worden opgemerkt dat het gebruik van conditionele illustratiepunten losstaat van de keuze bij welke herhalingstijden wordt getoetst.

In de zeewaterstandgedomineerde delen van de riviersystemen is voornamelijk de bergingscapaciteit bepalend voor de beoordeling van ingrepen en/of ontwikkelingen. In de huidige situatie voldoet het om in deze gebieden een volumebenadering toe te passen. Ook in het zeegedomineerde gebied is er een sterke ruimtelijke variatie in normen. De beoordeling van het effect op het kombergend volume kan uitgevoerd worden bij de overschrijdingskansen die in de twee varianten worden genoemd.

4 Uitwerking nieuwe hoogwaterreferentie

4.1 Inleiding

De nieuwe normen vertonen – meer dan in de huidige situatie - een sterke ruimtelijke variatie (zie Figuur 2-2). De overstromingskansnorm kan in lengterichting van de rivier verschillen. Bovendien kan voor de dijken aan de rechterzijde van de rivier een andere norm gelden dan aan de linkerzijde. Ook de overschrijdingskansen die gebruikt kunnen worden bij de beoordeling van het waterstandseffect van ingrepen of ontwikkelingen in het rivierengebied (zie hiervoor de twee varianten in paragraaf 3.2) kunnen ruimtelijk variëren.

In dit hoofdstuk is per riviertak afgebeeld welke herhalingstijden representatief zijn voor beide varianten. Voor elk van de riviertakken geldt dat de linker- en rechteroever apart zijn afgebeeld, zodat er een duidelijk beeld ontstaat van de verschillen in overschrijdingskansen langs beide zijden van de rivier. Voor het bovenrivierengebied is ook het afvoerniveau bij Borgharen en Lobith bij deze herhalingstijden gepresenteerd. Om de afvoerniveaus te bepalen is gebruik gemaakt van de afvoerstatistiek van de GRADE werklijn (zie ook bijlage D). Omdat in het benedenrivierengebied meerdere omstandigheden een rol spelen, kunnen de herhalingstijden daar niet gekoppeld worden aan één variabele, zoals de afvoer, en presenteren we voor het benedenrivierengebied alleen herhalingstijden.

Voor variant 2 geldt dat de omstandigheden die een (redelijke) bijdrage leveren aan het optreden van falen van keringen rekenkundig zijn afgeleid met behulp van de methodiek van Van der Meij et al. (2016). De methodiek is toegepast op het bovenrivierengebied: het Maassysteem (Levelt et al., 2016) en het Rijntakkensysteem (Van Vuren et al., 2016). Met de methodiek kan de overstromingskans worden bepaald door de kans op voorkomen van verschillende belastingniveaus (buitenwaterstanden), te combineren met de kans dat de dijk bij dit belastingniveau (buitenwaterstand) bezwijkt. Dit gebeurt voor drie faalmechanismen: (1) overslag en overloop, (2) piping en (3) macrostabiliteit. Met de methodiek kan ook per dijktraject bepaald worden welke omstandigheden de grootste bijdragen leveren aan de faalkans per faalmechanisme. Deze informatie wordt indien beschikbaar gebruikt. Hierbij dient te worden opgemerkt dat deze methode een indicatie geeft van de herhalingstijden van deze relevante omstandigheden. Op basis hiervan wordt een keuze gemaakt voor herhalingstijden van een lage en hoge waterstand die het relevante bereik van waterstanden voldoende afdekken. Indien verhoging van waterstanden bij deze herhalingstijden wordt voorkomen, dan is redelijk waarschijnlijk dat de overstromingskans door de ingrepen en/of ontwikkelingen nauwelijks wordt beïnvloed.

Voor de overige riviertakken is deze informatie niet beschikbaar en is gebruik gemaakt van ervaringsgetallen uit VNK. Daaruit blijkt dat de omstandigheden die een belangrijke bijdrage leveren aan falen van geotechnische faalmechanismen variëren tussen $1/10^{\text{ste}}$ en $1/10.000^{\text{ste}}$ per jaar.

Figuur 4-1 geeft een overzicht van de riviertakken, die zijn beschouwd in de paragrafen 4.2 tot en met 4.5. Een overzicht van de rivierkilometers per riviertak is opgenomen in Bijlage B.



Figuur 4-1: Riviertakken waarvoor de varianten ruimtelijk zijn uitgewerkt.

4.2 Rijntakkenstelsel

De varianten voor de nieuwe hoogwaterreferentie zijn voor de volgende riviertakken in het Rijntakkenstelsel uitgewerkt: Bovenrijn & Waal, Pannerdensch Kanaal & IJssel en Nederrijn & Lek.

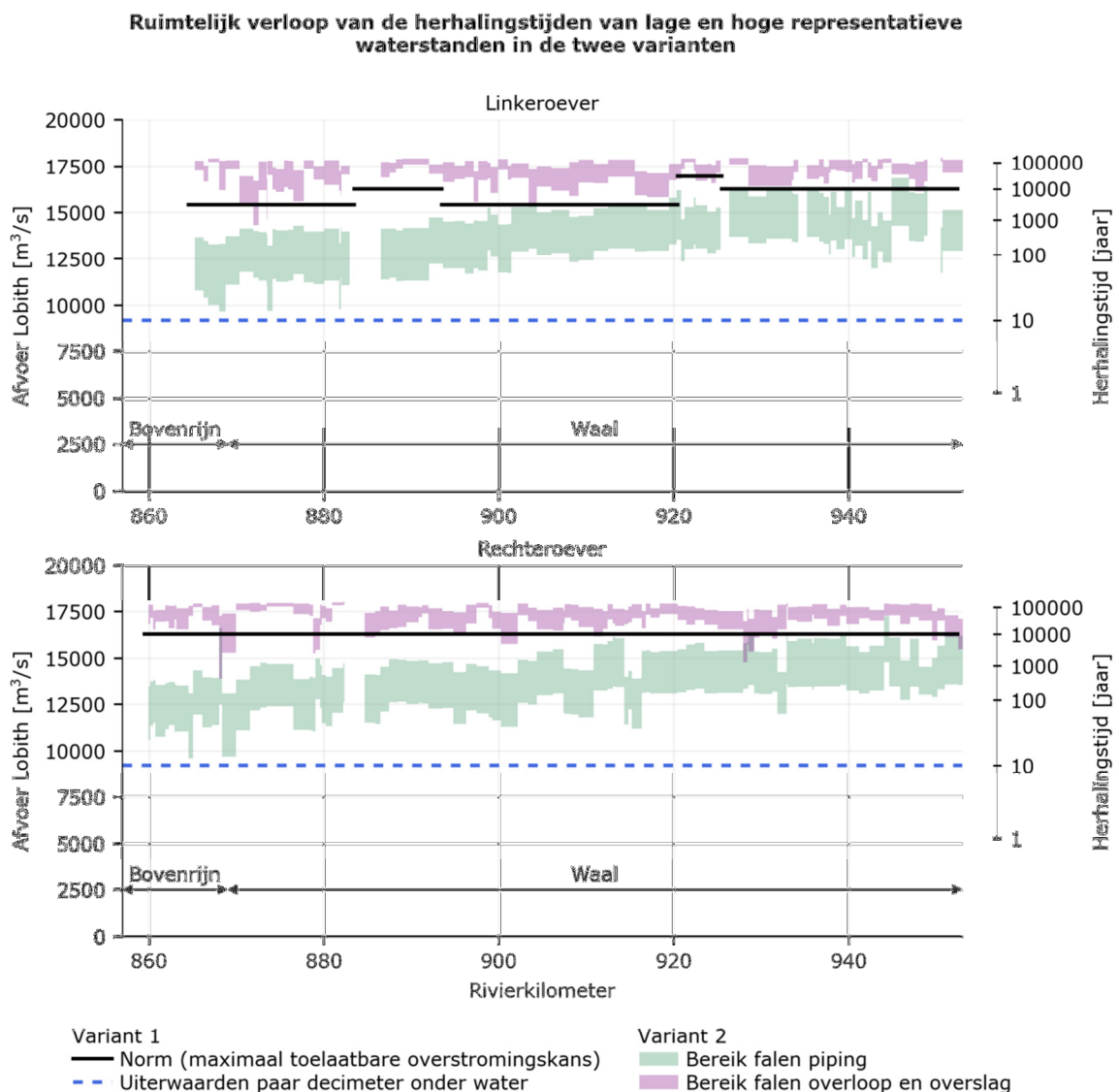
4.2.1 Bovenrijn en Waal

Figuur 4-2 laat voor de Bovenrijn & Waal de ruimtelijke variatie in herhalingstijden van twee varianten zien. De linker- en rechteroever zijn apart afgebeeld, zodat er een duidelijk beeld ontstaat van de verschillen in herhalingstijden langs beide zijden van de rivier.

De zwarte en blauw-gestippelde lijn hebben betrekking op variant 1. De zwarte lijn geeft een maximale overstromingskansnorm in dit gebied van 1/30.000^{ste} per jaar; deze norm geldt slechts over een klein traject van de Waal (dijktraject 16-1 Gorinchem). Langs de rest van de Bovenrijn & Waal is de norm lager, veelal 1/3.000^{ste} of 1/10.000^{ste} per jaar. De Bovenrijnafvoer met een overschrijdingskans gelijk aan deze normen varieert tussen 15.520 en 16.960 m³/s. De

blauwe lijn is de lage representatieve waterstand – aangenomen op een herhalingstijd van 10 jaar, overeenkomend met een waterstand die een factor 10 kleinere kans van voorkomen heeft dan de waterstand waarbij het instromen van uiterwaarden begint (zie ook paragraaf 3.2).

De groene en paarse blokjes hebben betrekking op variant 2. De groene blokjes laten zien dat de herhalingstijden van waterstanden die belangrijk zijn voor het optreden van falen door geotechnische faalmechanismen rond de 100 jaar liggen, met een spreiding variërend tussen 20 en 1.000 jaar (met uitschieters naar boven). De paarse blokjes laten zien dat de herhalingstijden van waterstanden die voor het optreden van falen door overloop en overslag belangrijk zijn veelal net boven de norm liggen: herhalingstijden variërend tussen 10.000 en 100.000 jaar.



Figuur 4-2: Ruimtelijk verloop van de herhalingstijden en omstandigheden van de twee variantuitwerkingen voor de dijken langs de Bovenrijn en Waal

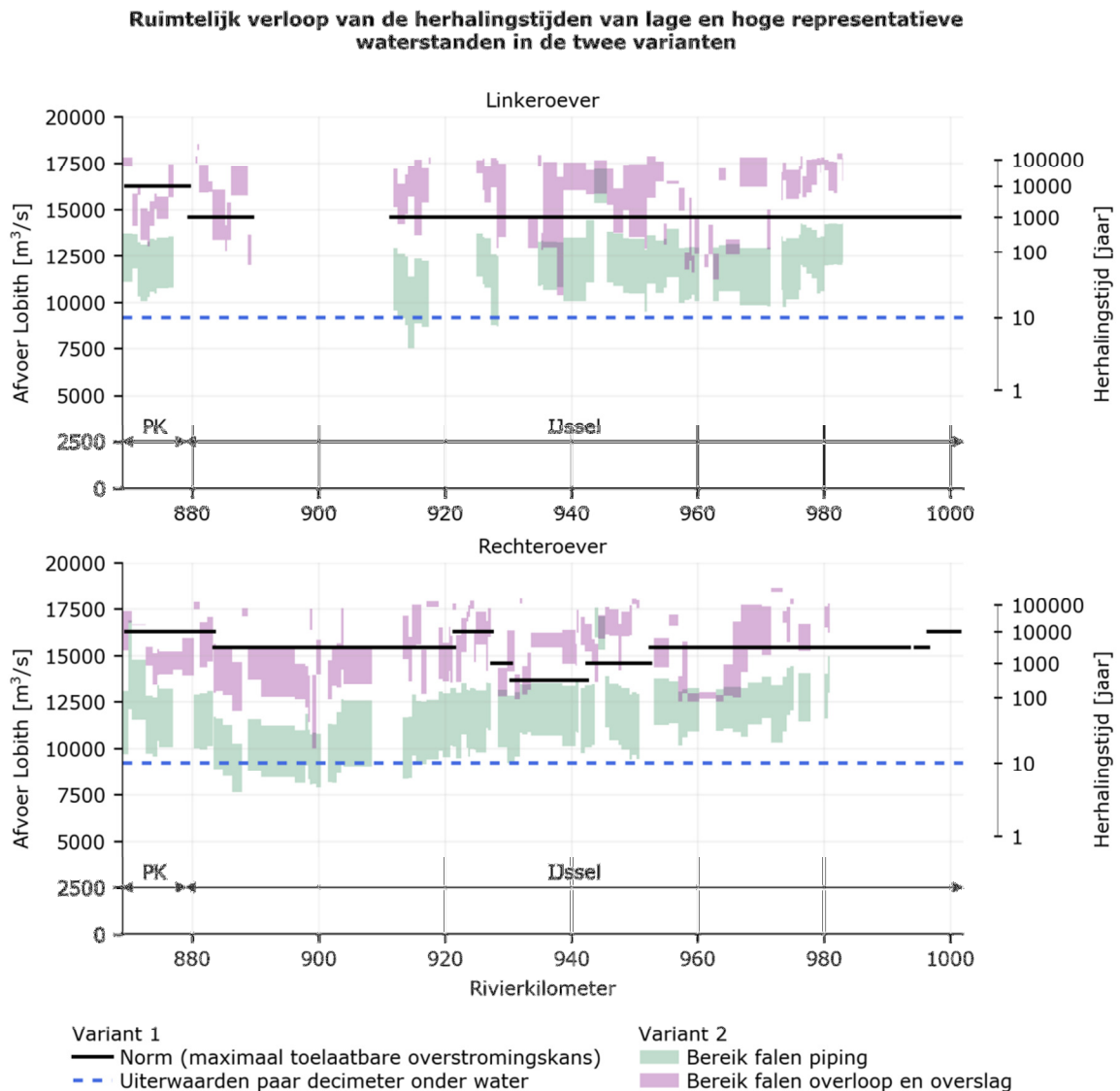
4.2.2 Pannerdensch Kanaal en IJssel

Figuur 4-3 laat voor het Pannerdensch Kanaal en de IJssel de ruimtelijke variatie in herhalingstijden van de twee varianten zien. De linker- en rechteroever zijn apart afgebeeld,

zodat er een duidelijk beeld ontstaat van de verschillen in herhalingstijden langs beide zijden van de rivier.

De zwarte en blauw-gestippelde lijn hebben betrekking op variant 1. De zwarte lijn laat zien dat de overstromingskansnorm langs het gehele Pannerdensch kanaal gelijk is aan $1/10.000^{\text{ste}}$ per jaar. Er is geen verschil tussen de normen voor de dijken aan de linker- en rechteroever. De overstromingskansnorm van de dijken langs de gehele linkeroever van de IJssel is gelijk aan $1/1.000^{\text{ste}}$ per jaar. Langs de rechteroever is er een grotere ruimtelijke variatie in de overstromingskansnorm. Het merendeel van deze dijken heeft een overstromingskansnorm van $1/3.000^{\text{ste}}$ per jaar, met over kleine trajecten wat uitschieters naar $1/300^{\text{ste}}$, $1/1.000^{\text{ste}}$ en $1/10.000^{\text{ste}}$ per jaar. De Bovenrijnafvoer met een overschrijdingskans gelijk aan deze normen varieert tussen 14.000 en 16.270 m^3/s . Voor de lage representatieve waterstand geldt hetzelfde als voor de Bovenrijn en de Waal: de blauwe lijn is aangenomen op een herhalingstijd van 10 jaar, waarbij is uitgegaan van een waterstand die een factor 10 kleinere kans van voorkomen heeft dan de waterstand waarbij het instromen van uiterwaarden begint.

De groene en paarse blokjes hebben betrekking op variant 2. De groene blokjes laten zien dat de herhalingstijden van waterstanden die belangrijk zijn voor het optreden van falen door geotechnische faalmechanismen liggen rond de 100 jaar, met een redelijke spreiding variërend tussen 10 en 1.000 jaar. De paarse blokjes laten zien dat de herhalingstijden van waterstanden die voor het optreden van falen door overloop en overslag belangrijk zijn, variëren tussen 100 en 100.000 jaar.



Figuur 4-3: Ruimtelijk verloop van de herhalingstijden en omstandigheden van de twee variantuitwerkingen voor de dijken langs het Pannerdensch Kanaal en de IJssel.

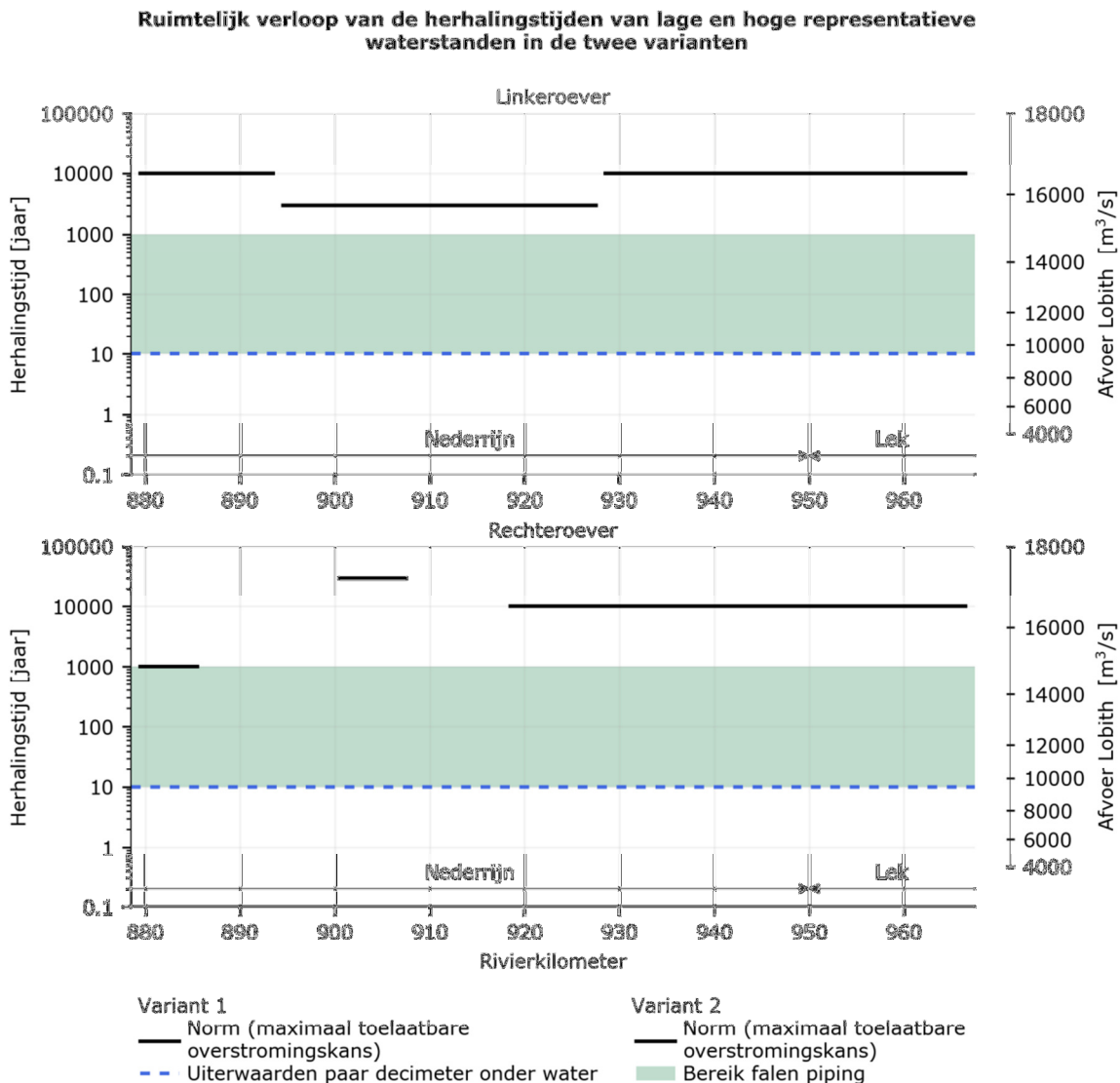
4.2.3 Nederrijn en Lek

Figuur 4-4 laat voor de Nederrijn en de Lek de ruimtelijke variatie in herhalingstijden van de twee varianten zien. De zwarte en de blauwgestippelde lijn hebben betrekking op variant 1. Hierbij dient te worden opgemerkt dat de Lek niet meer afvoergedomineerd is; de rechter y-as is dus alleen van toepassing op de Nederrijn.

De zwarte lijn laat zien dat de overstromingskansnormen van de dijken langs de rechteroever van de Nederrijn en de Lek variëren tussen de $1/1.000^{\text{ste}}$ tot $1/30.000^{\text{ste}}$ per jaar. Langs de linkeroever zijn de verschillen in normen iets kleiner en variëren de normen tussen de $1/10.000^{\text{ste}}$ en $1/30.000^{\text{ste}}$ per jaar. De Bovenrijnafvoer met een overschrijdingskans gelijk aan deze normen varieert tussen 14.840 en $16.270 \text{ m}^3/\text{s}$. De lage representatieve waterstand is aangenomen op een herhalingstijd van 10 jaar.

De groene vlakjes hebben betrekking op variant 2; hierin blijkt dat de herhalingstijden van waterstanden die belangrijk zijn voor het optreden van falen door geotechnische

faalmechanismen liggen rond de 100 jaar, met een redelijke spreiding variërend tussen 10 en 1.000 jaar. De omstandigheden die het meest bijdragen aan falen bij verschillende faalmechanismen gebaseerd is op ervaringsgetallen uit het project VNK. Waterstanden met overschrijdingskansen die getalsmatig in de buurt liggen van de lokale geldende overstromingskansnormen (de zwarte lijnen in Figuur 4-4), zijn belangrijk voor het optreden van falen door faalmechanismen gerelateerd aan hoogte.



Figuur 4-4: Ruimtelijk verloop van de herhalingstijden en omstandigheden van de twee variantuitwerkingen voor de dijken langs de Nederrijn en de Lek.

4.2.4 Discussie

De variantuitwerkingen laten zien dat de kleinste en grootste overschrijdingskansen waarvoor het waterstandseffect van ingrepen of ontwikkelingen in het Rijntakkenstelsel beoordeeld kunnen worden, per variant niet enorm verschillen.

Voor de hoge representatieve waterstand geldt dat de kleinste overschrijdingskansen van waterstanden voor de beoordeling liggen tussen 1/1.000^{ste} en 1/100.000^{ste} per jaar. De bijbehorende Bovenrijnafvoer bij Lobith varieert tussen de 14.840 en 17.710 m³/s. Een representatieve keuze voor de bovengrens zou hier 16.000 m³/s zijn, overeenkomend met een

overschrijdingskans van 1/6.500^{ste} per jaar. Dit is de afvoer waar het huidige Rivierkundige Beoordelingskader op is afgestemd. Daarnaast is het riviereengebied de afgelopen jaren ingericht om deze afvoer veilig te accommoderen. Dit zou continuïteit bieden in de overgang van de huidige naar de nieuwe hoogwaterreferentie.

Voor de lage representatieve waterstand geldt dat de grootste overschrijdingskansen van waterstanden voor de beoordeling liggen tussen 1/10^e en 1/100^{ste} per jaar. De afvoer waarbij de uiterwaarden redelijk meestromen heeft een overschrijdingskans van eens per 10 jaar en komt overeen met een Bovenrijnafvoer bij Lobith van 9.130 m³/s. De Bovenrijnafvoer bij Lobith met een overschrijdingskans 1/100^{ste} per jaar is gelijk aan 12.770 m³/s.

Varianten	Herhalingstijd [jaar]	Afvoerniveau [m ³ /s]
Variant 1	6.500 jaar	16.000 m ³ /s
	10 jaar	9.130 m ³ /s
Variant 2	10.000 jaar	16.270 m ³ /s
	100 jaar	12.770 m ³ /s
Voorstel keuze hoge representatieve waterstand H	~ 10.000 jaar	16.000 m ³ /s
Voorstel keuze lage representatieve waterstand L	~ 100 jaar	10.000 m ³ /s

Tabel 4-1: Overzicht voor de Rijntakken van herhalingstijden en afvoerniveaus voor de twee varianten en een voorstel voor een keuze.

Bovenstaande overwegende adviseren wij om het waterstandseffect van ingrepen of ontwikkelingen in het Rijntakkenstelsel te beoordelen bij een Bovenrijnafvoer van 16.000 m³/s (met een overschrijdingskans van 1/6.500^{ste} per jaar) en 10.000 m³/s (met een overschrijdingskans van ongeveer 1/100^e per jaar). Een waterstandsverhoging bij deze afvoerniveaus (overschrijdingskansen) zal in vrijwel alle gevallen ook een waterstandsverhoging betekenen bij iets lagere of hogere afvoerniveaus (overschrijdingskansen). Toetsing bij iets lagere of hogere afvoerniveaus (overschrijdingskansen) zal dan ook een vergelijkbaar algemeen beeld geven: wel of geen toename van waterstanden.

4.3 Maassysteem

De varianten voor de nieuwe hoogwaterreferentie zijn voor het Maassysteem uitgewerkt voor de Maasvallei en de Bedijkte Maas.

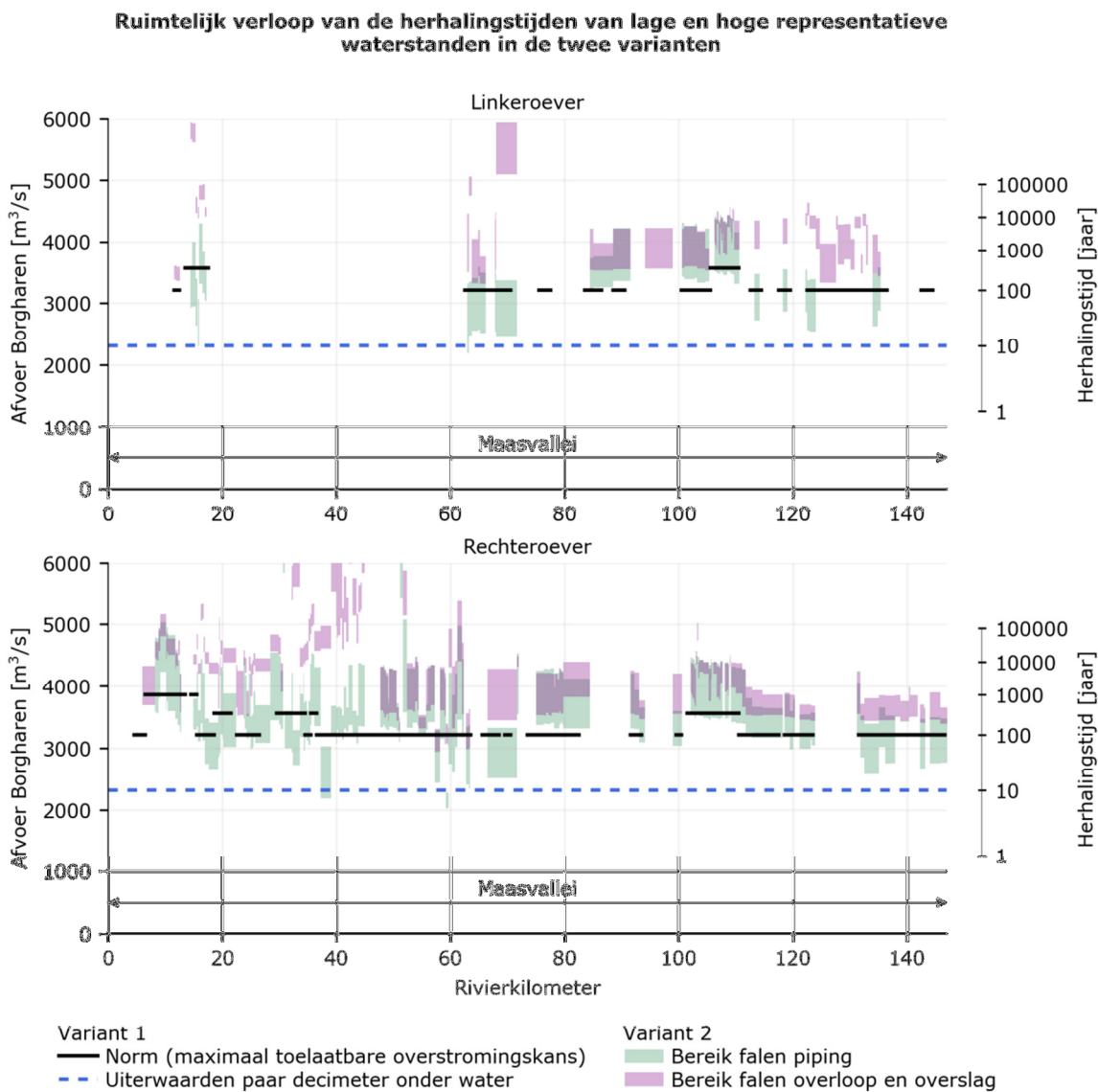
4.3.1 Maasvallei

Figuur 4-6 toont de ruimtelijke variatie in herhalingstijden van de twee varianten voor de Maasvallei. De linker- en rechteroever zijn apart afgebeeld, zodat er een duidelijk beeld ontstaat van de verschillen in herhalingstijden langs beide zijden van de rivier.

De zwarte en blauwgestippelde lijn hebben betrekking op variant 1. De zwarte lijn laat zien dat het merendeel van de dijken in de Maasvallei een maximaal toelaatbare overstromingskansnorm heeft van 1/100^{ste} per jaar. Dijken die grenzen aan dichtbevolktere gebieden hebben soms een strengere norm van 1/300^{ste} of 1/1.000^{ste} per jaar. Deze normen zijn relatief laag vergeleken met de normen in de andere riviertakken, dit is het gevolg van de kleine impact van een

overstroming. De Maasafvoer bij Borgharen met een overschrijdingskans gelijk aan deze normen varieert tussen 3.220 en 3.860 m³/s. De lage representatieve waterstand is ook voor de Maasvallei gelijk gesteld aan een herhalingstijd van 10 jaar, overeenkomend met een waterstand die een factor 10 kleinere kans van voorkomen heeft dan de waterstand waarbij het instromen van uiterwaarden begint.

De paarse en groene blokjes representeren variant 2. De groene blokjes laten zien dat de herhalingstijden van waterstanden die belangrijk zijn voor het optreden van falen door geotechnische faalmechanismen liggen rond de 100 jaar, met een redelijke spreiding variërend tussen 10 en 1.000 jaar. De paarse blokjes tonen dat de herhalingstijden van waterstanden die voor het optreden van falen door overloop en overslag belangrijk zijn, variëren tussen 100 en 100.000 jaar.



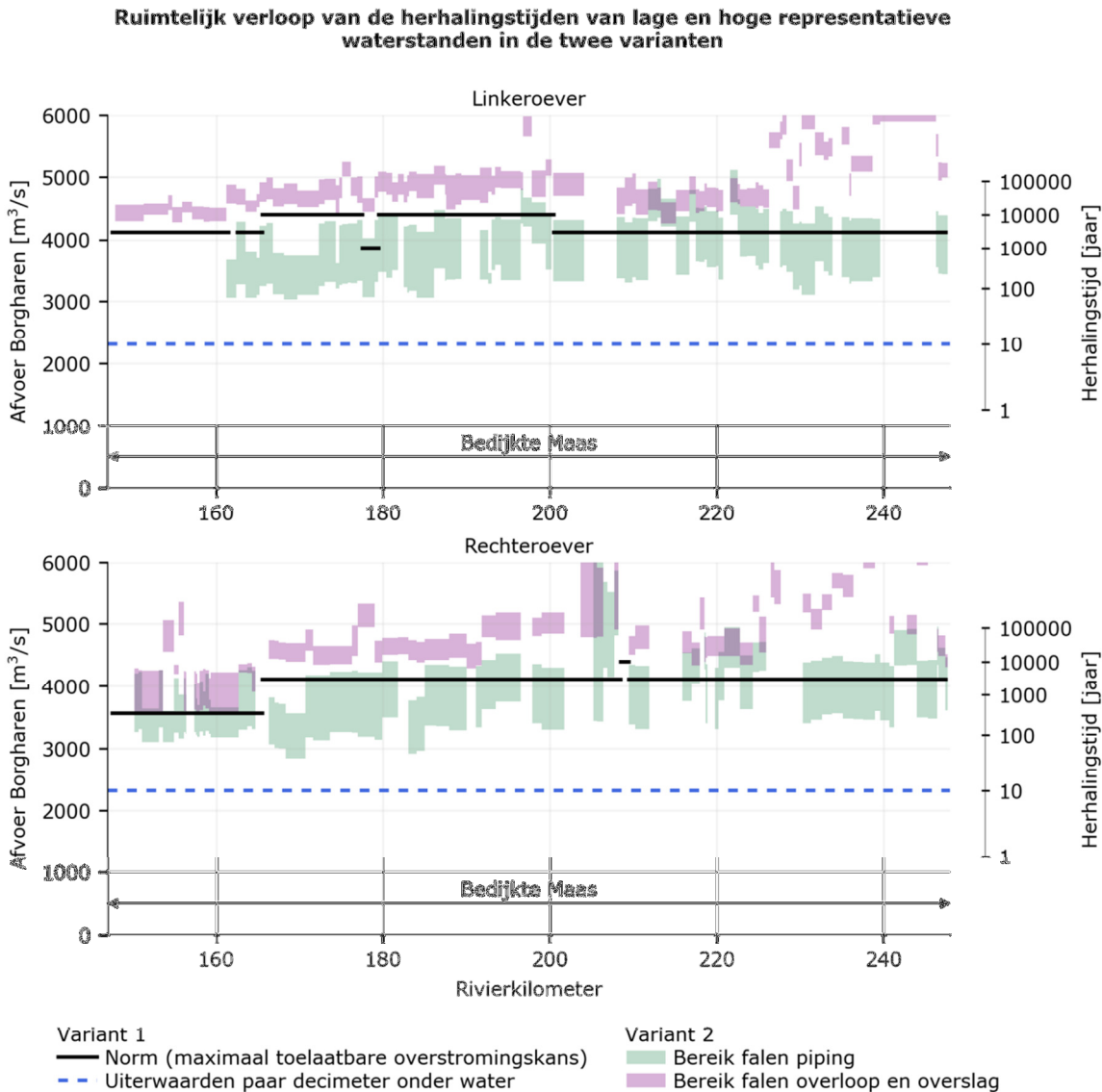
Figuur 4-5: Ruimtelijk verloop van de herhalingstijden en omstandigheden van de twee variantuitwerkingen voor de dijken langs de Maasvallei.

4.3.2 Bedijkte Maas

Figuur 4-6 toont de ruimtelijke variatie in herhalingstijden van de twee varianten voor de Bedijkte Maas. De linker- en rechteroever zijn apart afgebeeld, zodat er een duidelijk beeld ontstaat van de verschillen in herhalingstijden langs beide zijden van de rivier.

De Bedijkte Maas verandert stroomafwaarts van de Maasvallei in een typische Nederlandse laaglandrivier met strengere normen. De zwarte en blauwgestippelde lijnen tonen de uitwerking van variant 1. De zwarte lijn laat zien dat het merendeel van de dijken langs de Bedijkte Maas een overstromingskansnorm heeft van $1/3.000^{\text{ste}}$ per jaar. Op een aantal dijktrajecten geldt een iets strengere norm van $1/10.000^{\text{ste}}$ per jaar. Op een aantal dijktrajecten geldt een iets soepelere norm van $1/100^{\text{ste}}$ tot $1/1.000^{\text{ste}}$ per jaar. De Maasafvoer bij Borgharen met een overschrijdingskans gelijk aan deze normen varieert tussen 3.220 en 4.400 m³/s. De lage representatieve waterstand is wederom aangenomen op een herhalingstijd van 10 jaar.

De groene en paarse blokjes representeren variant 2. De groene blokjes laten zien dat de herhalingstijden van waterstanden die belangrijk zijn voor het optreden van falen door geotechnische faalmechanismen rond de 1.000 jaar liggen, met een redelijke spreiding variërend tussen 100 en 10.000 jaar. De paarse blokjes tonen dat de herhalingstijden van waterstanden die voor het optreden van falen door overloop en overslag belangrijk zijn, over het algemeen variëren tussen 1.000 en 100.000 jaar.



Figuur 4-6: Ruimtelijk verloop van de herhalingstijden en omstandigheden van de twee variantuitwerkingen voor de dijken langs de bedijkte Maas.

4.3.3 Discussie

De uitwerking voor de Maasvallei en de Bedijkte Maas laat voor het merendeel van de dijken zien dat de overschrijdingskans van waterstanden waarbij falen optreedt door faalmechanismen gerelateerd aan hoogte variëren tussen $1/100^{\text{ste}}$ en $1/100.000^{\text{ste}}$ per jaar. Deze overschrijdingskansen zijn voor de dijken langs de Bedijkte Maas gemiddeld kleiner dan voor de dijken langs de Maasvallei. De overschrijdingskans van waterstanden waarbij falen optreedt door geotechnische faalmechanismen variëren voor de Maasvallei in het algemeen tussen de $1/10^{\text{e}}$ en $1/1.000^{\text{ste}}$ per jaar, en voor de Bedijkte Maas tussen een $1/100^{\text{e}}$ en $1/10.000^{\text{ste}}$ per jaar.

De variantuitwerkingen laten zien dat voor de Maasvallei de grootste overschrijdingskans van variant 1 ($1/100^{\text{ste}}$ per jaar) ongeveer gelijk is aan de kleinste overschrijdingskans van variant 2. Daarnaast zien we dat de kleinste overschrijdingskans van variant 1 voor de bedijkte Maas ($1/3.000^{\text{ste}}$ per jaar) mooi tussen de bandbreedte valt van de grootste overschrijdingskans van variant 2. De Maasafvoer bij Borgharen met een overschrijdingskans van $1/100^{\text{ste}}$ per jaar is

gelijk aan 3.220 m³/s. De Maasafvoer bij Borgharen met een overschrijdingskans van 1/3.000^{ste} per jaar is gelijk aan 4.110 m³/s.

In het Maassysteem is het verschil in overstromingskansnormen tussen de dijken in de Maasvallei en Bedijkte Maas erg groot. Er kan overwogen worden om in plaats van een uniforme keuze voor de hele Maas, te differentiëren per riviertak. Dan ligt als keuze voor de kleinste overschrijdingskans een 1/3.000^{ste} per jaar voor de bedijkte Maas en 1/300^{ste} per jaar voor de Maasvallei voor de hand.

Varianten	Herhalingstijd [jaar]	Afvoerniveau [m ³ /s]
Variant 1	3.000 jaar	4.110 m ³ /s
	100 jaar	3.220 m ³ /s
Variant 2	1.000 jaar (Maasvallei)	3.860 m ³ /s (Maasvallei)
	10.000 jaar (Bedijkte Maas)	4.400 m ³ /s (Bedijkte Maas)
	300 jaar (Maasvallei)	3.570 m ³ /s (Maasvallei)
	3.000 jaar (Bedijkte Maas)	4.110 m ³ /s (Bedijkte Maas)
Voorstel keuze hoge representatieve waterstand H	300 jaar (Maasvallei)	3.570 m ³ /s (Maasvallei)
	3.000 jaar (Bedijkte Maas)	4.110 m ³ /s (Bedijkte Maas)
Voorstel keuze lage representatieve waterstand L	100 jaar	3.220 m ³ /s

Tabel 4-2: Overzicht voor het Maassysteem van de herhalingstijden en afvoerniveaus voor de twee varianten en een voorstel voor een keuze.

Op basis van bovenstaande adviseren wij het waterstandseffect van ingrepen of ontwikkelingen in het Maassysteem te beoordelen bij waterstanden met een overschrijdingskans van 1/100^{ste} per jaar en daarnaast een 1/300^{ste} per jaar voor de Maasvallei en 1/3.000^{ste} per jaar voor de Bedijkte Maas. De Maasafvoer bij Borgharen bij deze overschrijdingskansen is gelijk aan respectievelijk 3.220 m³/s, 3.570 m³/s en 4.110 m³/s.

Een waterstandsverhoging bij deze afvoerniveaus (overschrijdingskansen) zal in vrijwel alle gevallen ook een waterstandsverhoging betekenen bij iets lagere of hogere afvoerniveaus (overschrijdingskansen). Toetsing bij iets lagere of hogere afvoerniveaus (overschrijdingskansen) zal een vergelijkbaar algemeen beeld geven: wel of geen toename van waterstanden.

4.4 Rijn-Maasmonding

De varianten voor de nieuwe hoogwaterreferentie zijn de Rijnmaasmonding uitgewerkt voor de volgende riviertakken:

- Bergsche Maas;
- Nieuwe Merwede, Hollands Diep & Haringvliet;
- Boven Merwede, Beneden Merwede, Oude Maas;
- Lek, Nieuwe Maas & Nieuwe Waterweg.

In de Rijnmaasmonding is combinatie van omstandigheden (een combinatie van rivierafvoer, zeewaterstand of meerpeil, stormomstandigheden (windsnelheid en -richting) en soms ook de toestand van eventuele beweegbare keringen) bepalend voor het optreden van waterstanden bij een bepaalde overschrijdingskans. Daarom presenteren we in de figuren voor de Rijnmaasmonding alleen de herhalingstijden van waterstanden. Om in de Rijnmaasmonding te

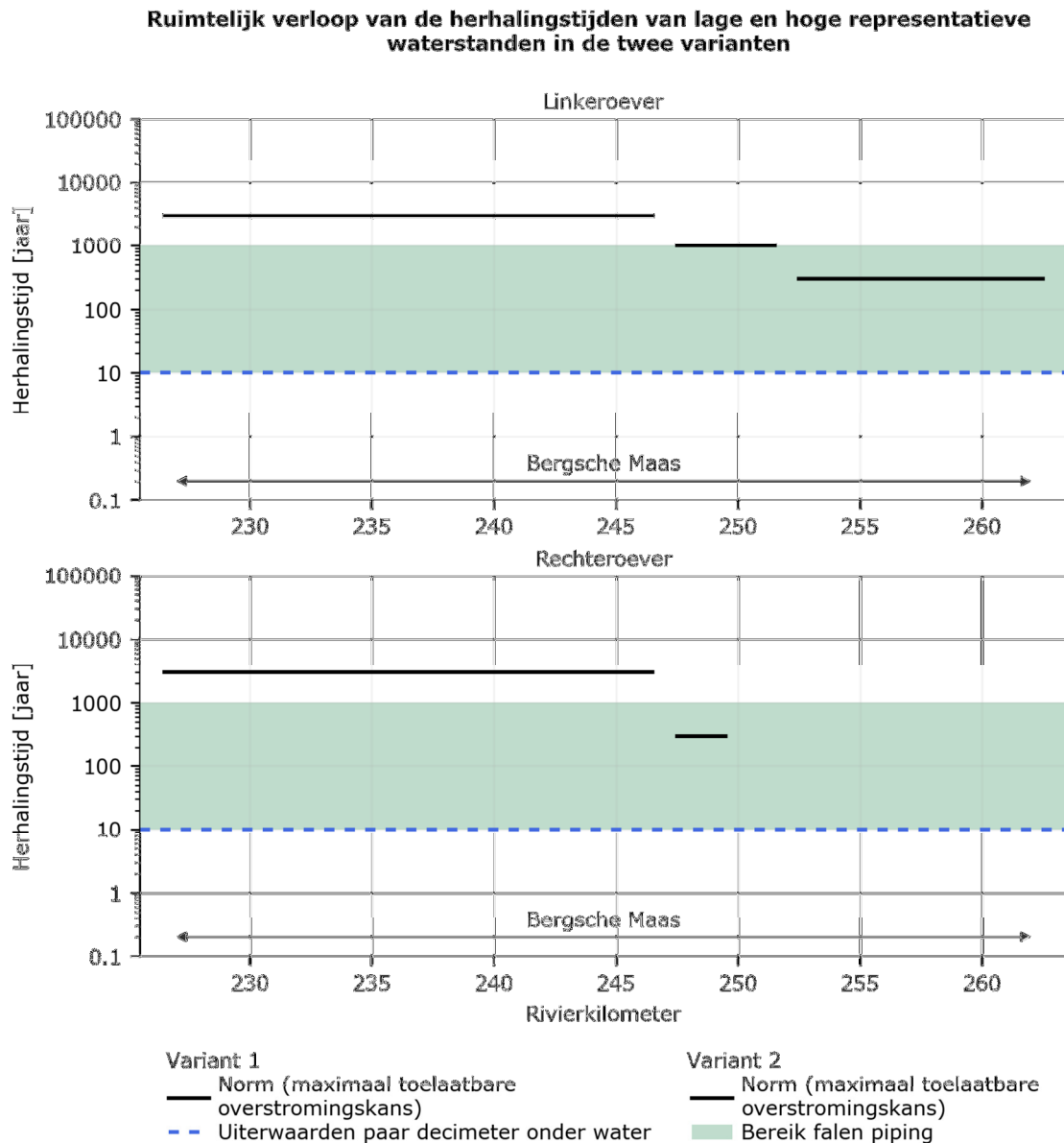
bepalen bij welke combinatie van omstandigheden het waterstandseffect van ingrepen en/of ontwikkelingen moeten worden bepaald, zal conform de huidige aanpak ook voor de nieuwe hoogwaterreferentie gebruik gemaakt worden van de methode conditionele illustratiepunten (zie bijlage C).

De omstandigheden die het meest bijdragen aan falen bij verschillende faalmechanismen zijn gebaseerd op ervaringsgetallen uit het project VNK.

4.4.1 Bergsche Maas

Figuur 4-7 toont de ruimtelijke variatie van de twee varianten voor de dijken langs de Bergsche Maas. De zwarte en blauwgestippelde lijn hebben betrekking op variant 1. De zwarte lijnen laten zien dat de normen langs de Bergsche Maas variëren tussen $1/300^{\text{ste}}$ en $1/3.000^{\text{ste}}$ per jaar. De lage representatieve waterstand is gelijk gesteld aan een herhalingstijd van 10 jaar (de blauwgestippelde lijn), overeenkomend met een waterstand die een factor 10 kleinere kans van voorkomen heeft dan de waterstand waarbij het instromen van uiterwaarden begint (zie ook paragraaf 3.2).

De groene vlakjes hebben betrekking op variant 2. De groene vlakjes laten zien dat voor de dijken langs de Bergsche Maas geldt dat de herhalingstijden van waterstanden die belangrijk zijn voor het optreden van falen door geotechnische faalmechanismen variëren tussen 10 en 1.000 jaar. Waterstanden met overschrijdingskansen die getalsmatig in de buurt liggen van de lokale geldende overstromingskansnormen (de zwarte lijnen in Figuur 4-7), zijn belangrijk voor het optreden van falen door faalmechanismen gerelateerd aan hoogte.



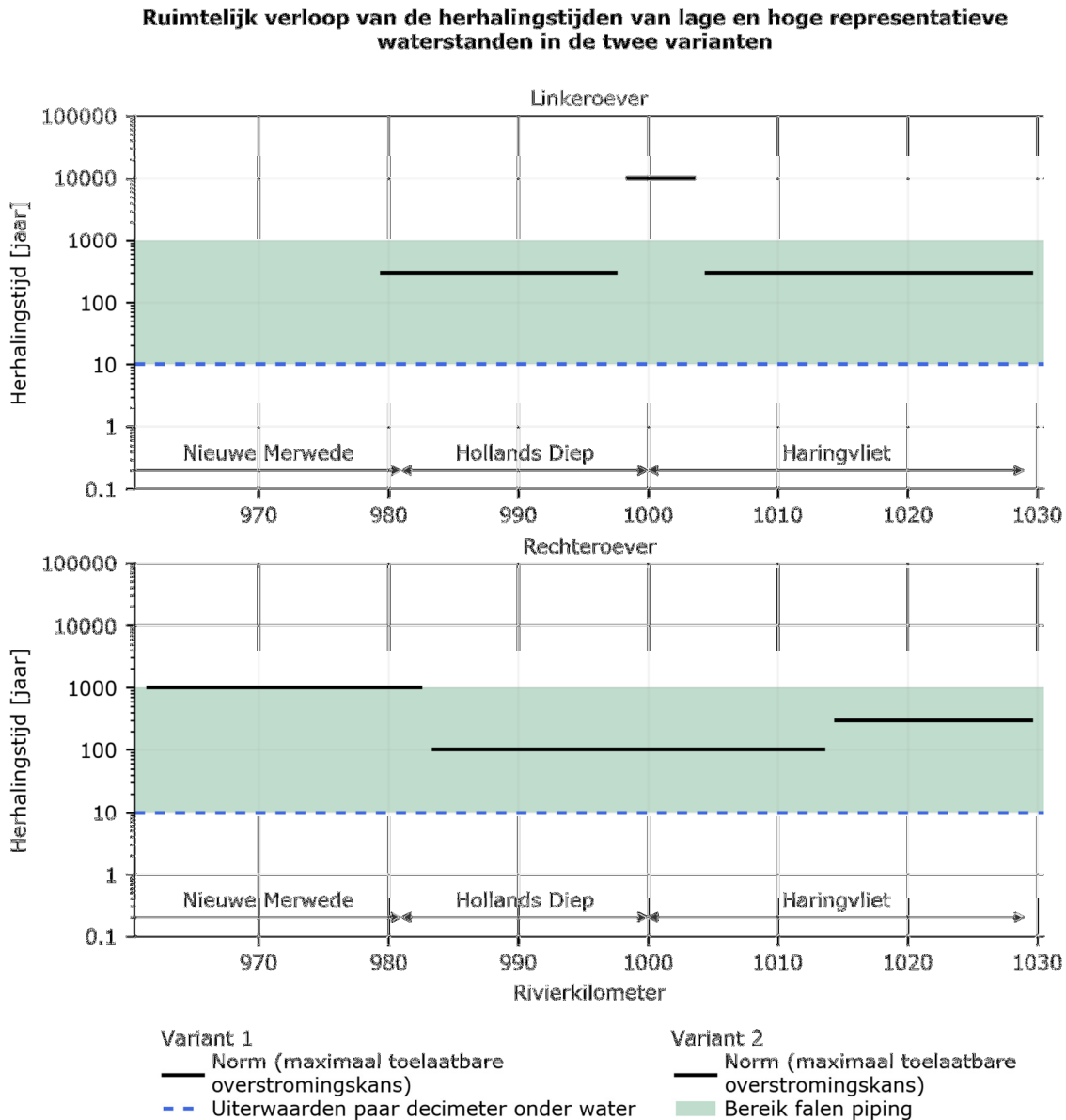
Figuur 4-7: Ruimtelijk verloop van de herhalingstijden en omstandigheden van de twee variantuitwerkingen voor de dijken langs de Bergsche Maas.

4.4.2 Nieuwe Merwede, Hollands Diep & Haringvliet

Figuur 4-8 toont de ruimtelijke variatie in herhalingstijden van de twee varianten voor de dijken langs de Nieuwe Merwede, het Hollands Diep en het Haringvliet. De linker- en rechteroever zijn apart afgebeeld, zodat er een duidelijk beeld ontstaat van de verschillen in herhalingstijden langs beide zijden van de rivier.

De zwarte en blauw-gestippelde lijn hebben betrekking op variant 1. De zwarte lijn laat zien dat de normen langs de Nieuwe Merwede, het Hollands Diep en het Haringvliet variëren tussen $1/100^{\text{ste}}$ en $1/10.000^{\text{ste}}$ per jaar. De lage representatieve waterstand is gelijk gesteld aan een herhalingstijd van 10 jaar (de blauwgestippelde lijn), overeenkomend met een waterstand die een factor 10 kleinere kans van voorkomen heeft dan de waterstand waarbij het instromen van uiterwaarden begint (zie ook paragraaf 3.2).

De groene vlakjes hebben betrekking op variant 2. De herhalingstijden van waterstanden die belangrijk zijn voor falen bij verschillende faalmechanismen zijn gebaseerd op ervaringsgetallen uit het project VNK. De groene vlakjes laten zien dat voor de dijken langs de Nieuwe Merwede, het Hollands Diep en het Haringvliet geldt dat de herhalingstijden van waterstanden die belangrijk zijn voor het optreden van falen door geotechnische faalmechanismen variëren tussen 10 en 1.000 jaar. Waterstanden met overschrijdingskansen die getalsmatig in de buurt liggen van de lokale geldende overstromingskansnormen (de zwarte lijnen in Figuur 4-8), zijn belangrijk voor het optreden van falen door faalmechanismen gerelateerd aan hoogte.



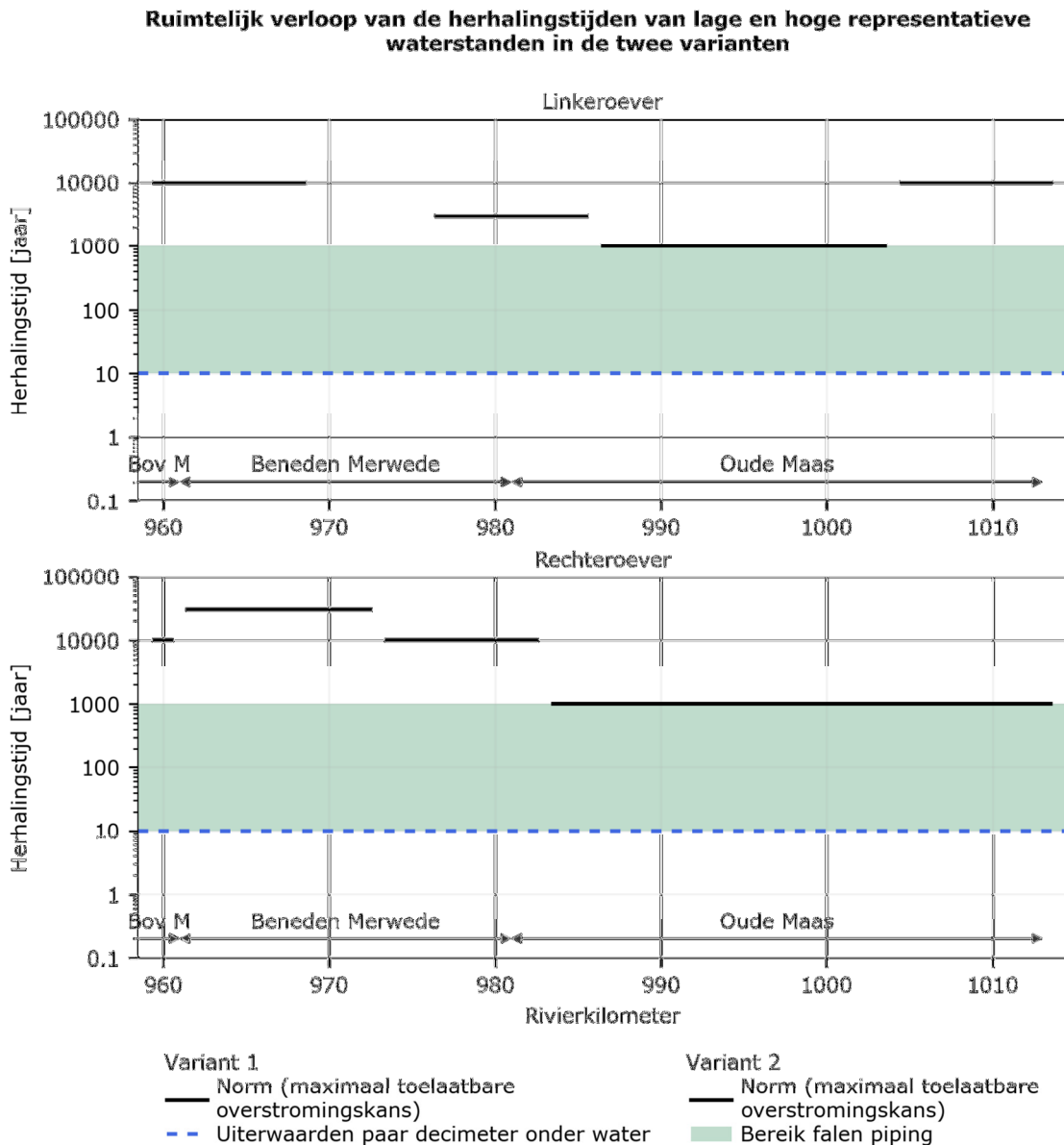
Figuur 4-8: Ruimtelijk verloop van de herhalingstijden en omstandigheden van de twee variantuitwerkingen voor de dijken langs de Nieuwe Merwede, het Hollands Diep en het Haringvliet.

4.4.3 Boven Merwede, Beneden Merwede & Oude Maas

Figuur 4-9 toont de ruimtelijke variatie in herhalingstijden van de twee varianten voor de dijken langs de Boven Merwede, de Beneden Merwede, de Oude Maas en de Nieuwe Waterweg. De zwarte en blauwgestippelde lijn hebben betrekking op variant 1. De zwarte lijnen laten zien dat

de normen variëren langs de Boven Merwede, de Beneden Merwede, de Oude Maas en de Nieuwe Waterweg tussen $1/1.000^{\text{ste}}$ en $1/30.000^{\text{ste}}$ per jaar. De lage representatieve waterstand is gelijk gesteld aan een herhalingstijd van 10 jaar (de blauwgestippelde lijn), overeenkomend met een waterstand die een factor 10 kleinere kans van voorkomen heeft dan de waterstand waarbij het instromen van uiterwaarden begint (zie ook paragraaf 3.2).

De groene vlakjes hebben betrekking op variant 2. De herhalingstijden van waterstanden die belangrijk zijn voor falen bij verschillende faalmechanismen zijn gebaseerd op ervaringsgetallen uit het project VNK. De groene vlakjes laten zien dat voor de dijken langs de Boven Merwede, de Beneden Merwede, de Oude Maas en de Nieuwe Waterweg de herhalingstijden van waterstanden die belangrijk zijn voor het optreden van falen door geotechnische faalmechanismen variëren tussen 10 en 1.000 jaar. Waterstanden met overschrijdingskansen die getalsmatig in de buurt liggen van de lokale geldende overstromingskansnormen (de zwarte lijnen), zijn belangrijk voor het optreden van falen door faalmechanismen gerelateerd aan hoogte.



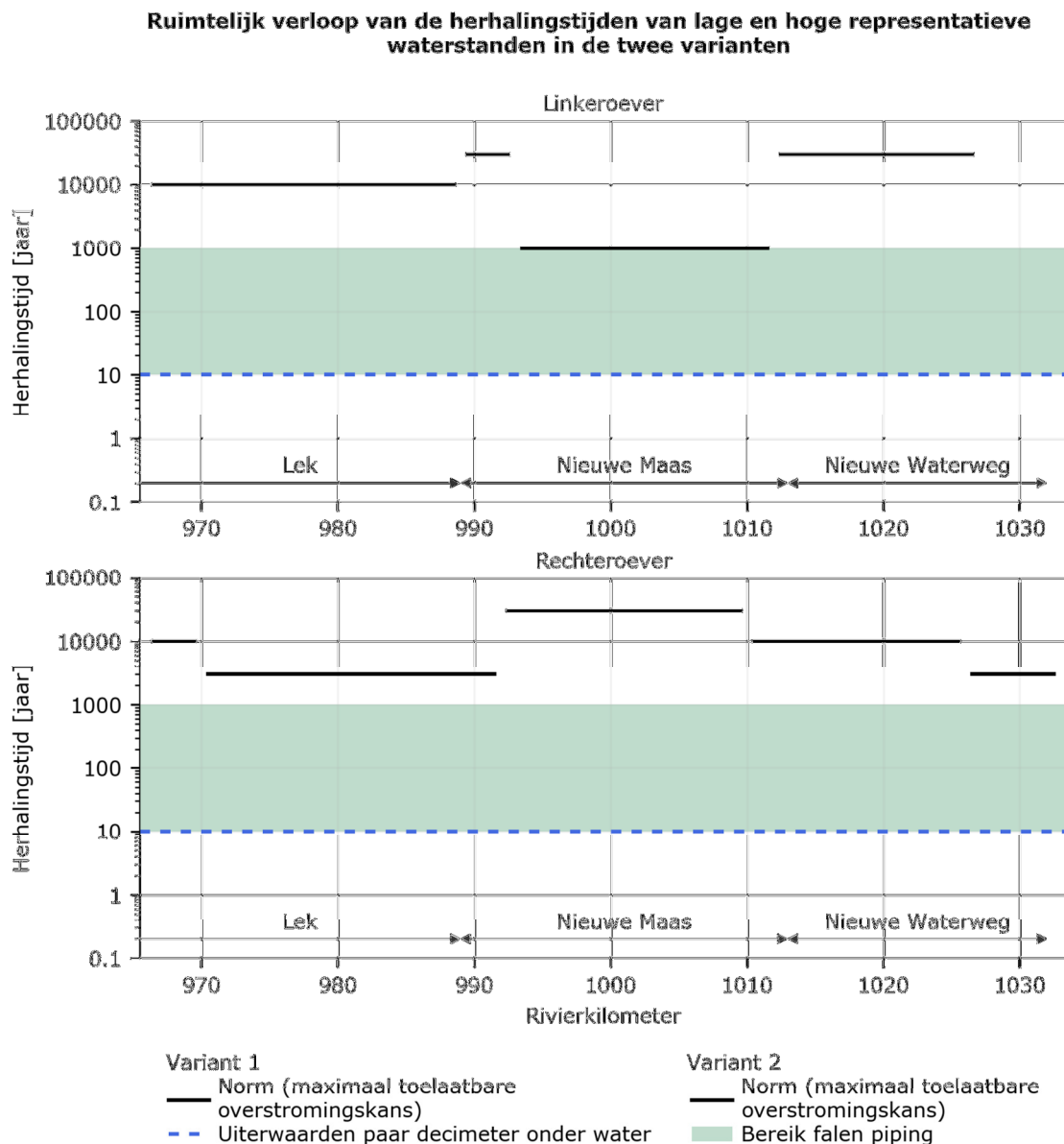
Figuur 4-9: Ruimtelijk verloop van de herhalingstijden en omstandigheden van de twee variantuitwerkingen voor de dijken langs de Boven Merwede, de Beneden Merwede en de Oude Maas.

4.4.4 Lek, Nieuwe Maas & Nieuwe Waterweg

Figuur 4-10 toont de ruimtelijke variatie in herhalingstijden van de twee varianten voor de dijken langs de Lek, de Nieuwe Maas en de Nieuwe Waterweg. De zwarte en blauwgestippelde lijn hebben betrekking op variant 1. De zwarte lijnen laten zien dat de normen variëren langs de Lek, de Nieuwe Maas en de Nieuwe Waterweg tussen 1/100^{ste} en 1/10.000^{ste} per jaar. De lage representatieve waterstand is gelijk gesteld aan een herhalingstijd van 10 jaar (de blauwgestippelde lijn), overeenkomend met een waterstand die een factor 10 kleinere kans van voorkomen heeft dan de waterstand waarbij het instromen van uiterwaarden begint (zie ook paragraaf 3.2).

De groene vlakjes hebben betrekking op variant 2. De herhalingstijden van waterstanden die belangrijk zijn voor falen bij verschillende faalmechanismen zijn gebaseerd op ervaringsgetallen uit het project VNK. De groene vlakjes laten zien dat voor de dijken langs de Lek, de Nieuwe

Maas en de Nieuwe Waterweg geldt dat de herhalingstijden van waterstanden die belangrijk zijn voor het optreden van falen door geotechnische faalmechanismen variëren tussen 10 en 1.000 jaar. Waterstanden met overschrijdingskansen die getalsmatig in de buurt liggen van de lokale geldende overstromingskansnormen (de zwarte lijnen), zijn belangrijk voor het optreden van falen door faalmechanismen gerelateerd aan hoogte.



Figuur 4-10: Ruimtelijk verloop van de herhalingstijden en omstandigheden van de twee variantuitwerkingen voor de dijken langs de Lek, de Nieuwe Maas en de Nieuwe Waterweg.

4.4.5 Discussie

De nieuwe normen voor dijken in de Rijnmaasmonding vertonen een grote ruimtelijke variatie: deze kunnen per tak en binnen een tak en tussen de linker- en de rechteroever flink variëren. Dit laten de figuren in de bovenstaande paragrafen duidelijk zien. Er zijn dijken met een soepele norm van $1/300^{\text{ste}}$ per jaar, dijken met een strenge norm van $1/30.000^{\text{ste}}$ per jaar, en alles daar tussen in. Voor overloop en golfoverslag geldt dat de waterstand die representatief is voor falen een waterstand is die in de buurt ligt van de waterstand behorende bij de overstromingskansnorm. Om deze reden wordt bij variant 2 (net als bij variant 1) de

waterstand behorende bij de overstromingskansnorm aangehouden. Ten aanzien van falen door geotechnische faalmechanismen geldt dat de herhalingsstijden variëren tussen 10 en 1.000 jaar.

Varianten	Herhalingsstijd [jaar]
Variant 1	100 – 30.000 jaar
	10 jaar
Variant 2	100 – 30.000 jaar
	10 – 1.000 jaar
Voorstel keuze hoge representatieve waterstand H	3.000 jaar
Voorstel keuze lage representatieve waterstand L	100 jaar

Tabel 4-3: *Overzicht voor de Rijn-Maasmonding van de relevante herhalingsstijden voor de twee varianten en een voorstel voor een keuze.*

Vanwege de sterkte variatie in normen in de Rijnmaasmonding is het moeilijk om een uniforme keuze te maken voor het gehele watersysteem. Er kan overwogen worden om in plaats van een uniforme keuze voor de hele Rijnmaasmonding, te differentiëren per riviertak. Ten behoeve van de uniformiteit tussen riviersystemen adviseren we toch om de beoordeling van het waterstandseffect van ingrepen of ontwikkelingen in de Rijnmaasmonding uit te voeren bij een uniforme overschrijdingskans die getalsmatig gelijk is aan een overstromingskansnorm van $1/3.000^{\text{ste}}$ per jaar. Deze valt binnen de uiteenlopende range van overstromingskansnormen van $1/300^{\text{ste}}$ en $1/30.000^{\text{ste}}$ per jaar. Een waterstandsverhoging bij deze overschrijdingskans zal in vrijwel alle gevallen ook een waterstandsverhoging betekenen bij een iets kleinere of grotere overschrijdingskans. Toetsing bij iets kleinere of grotere overschrijdingskansen zal een vergelijkbaar algemeen beeld geven: wel of geen toename van waterstanden.

Daarnaast adviseren we de beoordeling van het waterstandseffect van ingrepen of ontwikkelingen in de Rijnmaasmonding ook uit te voeren bij een grotere overschrijdingskans gelijk aan $1/100^{\text{ste}}$ per jaar. Dit betreft omstandigheden die belangrijk zijn voor het falen van dijken bij geotechnische faalmechanismen. Bovendien zullen bij deze omstandigheden de uiterwaarden goed meestromen.

In het benedenrivierengebied is er geen sprake van een afvoer horende bij de gepresenteerde herhalingsstijd; het gaat om een combinatie van rivierafvoer, zeewaterstand of meerpeil, stormomstandigheden (windsnelheid en -richting) en de toestand van eventuele beweegbare keringen. Met de methode conditionele illustratiepunten zal voor de desbetreffende locatie een aantal combinaties van omstandigheden gekozen worden die het meeste bijdragen aan de waterstand horende bij de gepresenteerde herhalingsstijd.

4.5 IJssel-Vechtdelta

De varianten voor de nieuwe hoogwaterreferentie zijn de IJssel-Vechtdelta (IJVD) uitgewerkt voor de volgende riviertakken:

- IJssel vanaf Olst;
- Vecht, Zwarte Water & Zwarte Meer.

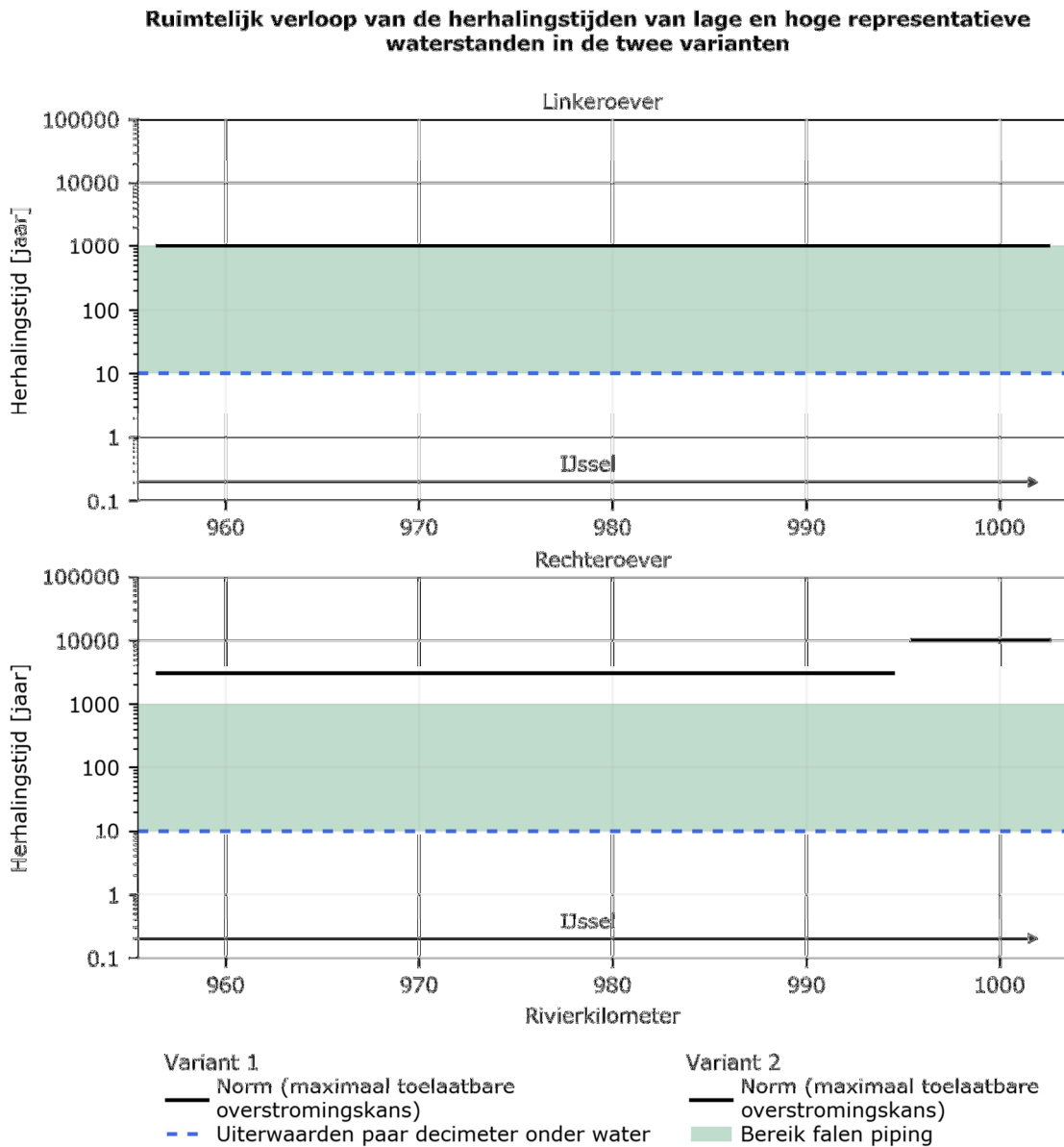
In de IJssel-Vechtdelta is een combinatie van omstandigheden (een combinatie van rivierafvoer, IJsselmeerpeil, stormomstandigheden (windsnelheid en -richting) en soms ook de toestand van eventuele beweegbare keringen) bepalend voor het optreden van waterstanden bij een bepaalde overschrijdingskans. Daarom presenteren we in de figuren voor de IJssel-Vechtdelta alleen de herhalingstijden van waterstanden. Om in de IJssel-Vechtdelta te bepalen bij welke combinatie van omstandigheden het waterstandseffect van ingrepen en/of ontwikkelingen moeten worden bepaald, zal conform de huidige aanpak ook voor de nieuwe hoogwaterreferentie gebruik gemaakt worden van de methode conditionele illustratiepunten (zie bijlage C).

De omstandigheden die het meest bijdragen aan falen bij verschillende faalmechanismen zijn gebaseerd op ervaringsgetallen uit het project VNK.

4.5.1 IJssel vanaf Olst

Figuur 4-11 toont de ruimtelijke variatie in herhalingstijden van de twee varianten voor de dijken langs de IJssel vanaf Olst. De zwarte en blauwgestippelde lijn hebben betrekking op variant 1. De zwarte lijnen laten zien dat de normen nauwelijks variëren langs dit deel van de IJssel. Het merendeel van de dijken langs de rechteroever heeft een overstromingskansnorm van $1/3.000^{\text{ste}}$ per jaar. Op een klein traject op het benedenstroomse deel van de IJssel (Zuidelijk Flevoland) hebben de dijken langs de rechteroever een overstromingskansnorm van $1/10.000^{\text{ste}}$ per jaar. De dijken langs de linkeroever hebben allemaal een overstromingskansnorm van $1/1.000^{\text{ste}}$ per jaar. De lage representatieve waterstand is gelijk gesteld aan een herhalingstijd van 10 jaar (de blauwgestippelde lijn), overeenkomend met een waterstand die een factor 10 kleinere kans van voorkomen heeft dan de waterstand waarbij het instromen van uiterwaarden begint (zie ook paragraaf 3.2).

De groene en paarse vlakjes hebben betrekking op variant 2. De groene vlakjes laten zien dat langs dit deel van de IJssel de herhalingstijden van waterstanden die belangrijk zijn voor het optreden van falen door geotechnische faalmechanismen variëren tussen 10 en 1.000 jaar. Waterstanden met overschrijdingskansen die getalsmatig in de buurt liggen van de lokale geldende overstromingskansnormen (de zwarte lijnen), zijn belangrijk voor het optreden van falen door faalmechanismen gerelateerd aan hoogte.



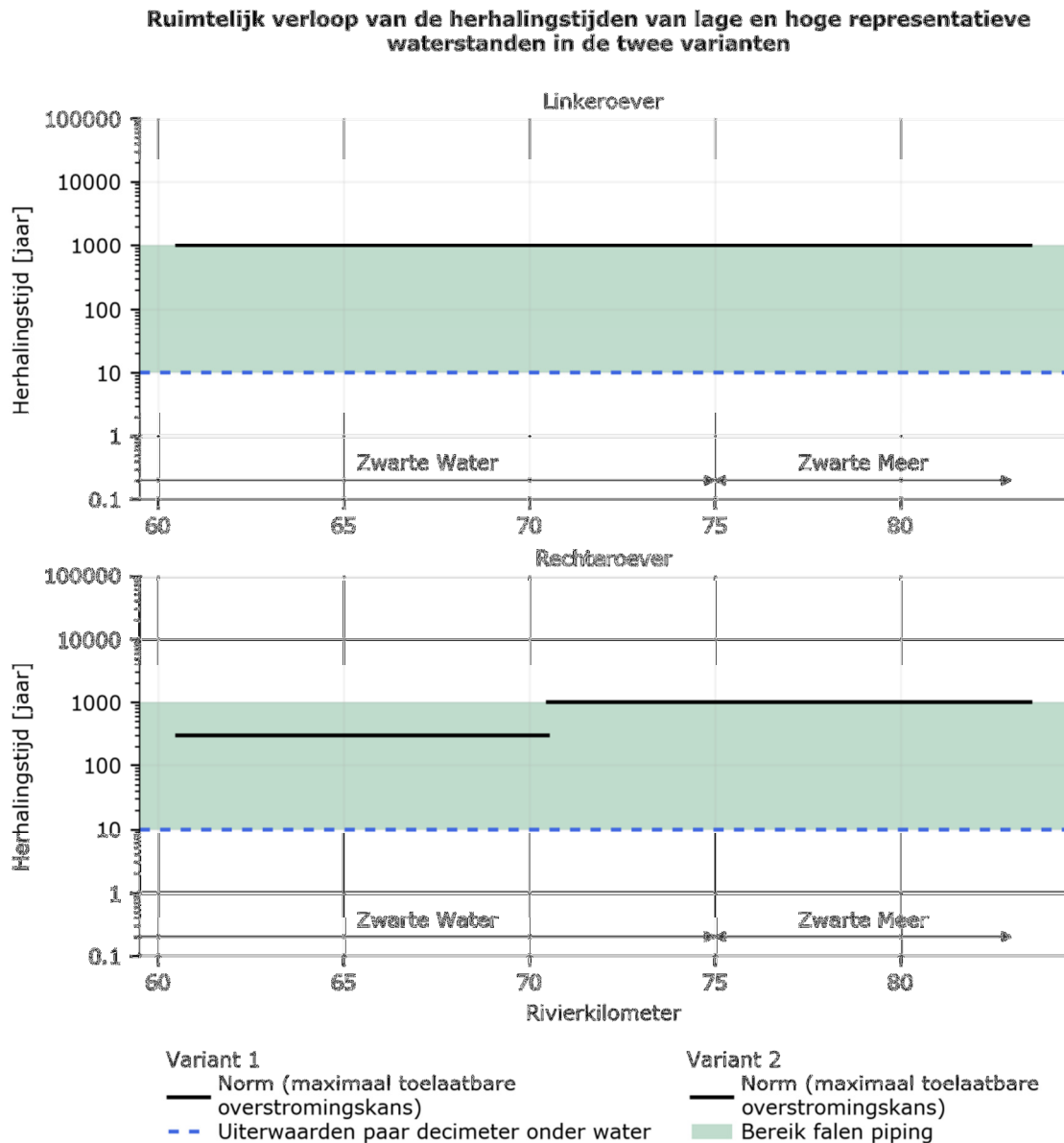
Figuur 4-11: Ruimtelijk verloop van de herhalingstijden en omstandigheden van de twee variantuitwerkingen voor de dijken langs de IJssel vanaf Olst (vanaf rkm 956).

4.5.2 Zwarte Water & Zwarte Meer

Figuur 4-12 toont de ruimtelijke variatie in herhalingstijden van de twee varianten voor de dijken langs het Zwarte Water en het Zwarte Meer. De zwarte en blauwgestippelde lijn hebben betrekking op variant 1. De zwarte lijnen laten zien dat de normen nauwelijks variëren voor de dijken langs het Zwarte Water en het Zwarte Meer. De dijken langs de linkeroever hebben allemaal een overstromingskansnorm van 1/1.000^{ste} per jaar. De dijken langs de rechteroever hebben een overstromingskansnorm variërend tussen 1/300^{ste} en 1/1.000^{ste} per jaar. De lage representatieve waterstand is wederom gelijk gesteld aan een herhalingstijd van 10 jaar (de blauwgestippelde lijn), overeenkomend met een waterstand die een factor 10 kleinere kans van voorkomen heeft dan de waterstand waarbij het instromen van uiterwaarden begint (zie ook paragraaf 3.2).

De groene hebben betrekking op variant 2. De groene vlakjes laten zien dat voor de dijken langs dit deel van de IJssel geldt dat de herhalingstijden van waterstanden die belangrijk zijn

voor het optreden van falen door geotechnische faalmechanismen variëren tussen 10 en 1.000 jaar. Waterstanden met overschrijdingskansen die getalsmatig in de buurt liggen van de lokale geldende overstromingskansnormen (de zwarte lijnen), zijn belangrijk voor het optreden van falen door faalmechanismen gerelateerd aan hoogte.



Figuur 4-12: Ruimtelijk verloop van de herhalingstijden en omstandigheden van de twee variantuitwerkingen voor de dijken langs het Zwarte Water en het Zwarte Meer.

4.5.3 Discussie

Voor de hoge representatieve waterstand geldt dat de normen van de dijken in de IJssel-Vechtdelta een beperkte ruimtelijke variatie vertonen: ze variëren tussen $1/300^{\text{ste}}$ en $1/3.000^{\text{ste}}$. Voor de lage representatieve waterstand geldt in de IJssel-Vechtdelta dat de herhalingstijden van waterstanden die belangrijk zijn voor het optreden van falen door geotechnische faalmechanismen variëren tussen 10 en 1.000 jaar.

Varianten	Herhalingstijd [jaar]
Variant 1	300 – 3.000 jaar
	10 jaar
Variant 2	300 – 3.000 jaar
	10 – 1.000 jaar
Keuze hoge representatieve waterstand H	1.000 jaar
Keuze lage representatieve waterstand L	100 jaar

Tabel 4-4: Overzicht voor de IJssel-Vechtdelta van de herhalingstijden voor de twee varianten en een voorstel voor een keuze.

Op basis van bovenstaande adviseren wij de beoordeling van het waterstandseffect van ingrepen of ontwikkelingen in de IJssel-Vechtdelta uit te voeren bij een overschrijdingskans die getalsmatig gelijk is aan een overstromingskansnorm van $1/1.000^{\text{ste}}$ per jaar. Deze valt binnen de range van overstromingskansnormen van $1/300^{\text{ste}}$ en $1/3.000^{\text{ste}}$ per jaar. Een waterstandsverhoging bij deze overschrijdingskans zal in vrijwel alle gevallen ook een waterstandsverhoging betekenen bij een iets kleinere of grotere overschrijdingskans. Toetsing bij iets kleinere of grotere overschrijdingskansen zal een vergelijkbaar algemeen beeld geven: wel of geen toename van waterstanden.

Daarnaast wordt geadviseerd de beoordeling van het waterstandseffect van ingrepen of ontwikkelingen in de IJssel-Vechtdelta ook uit te voeren bij een grotere overschrijdingskans gelijk aan $1/100^{\text{ste}}$ per jaar. Dit betreft omstandigheden die belangrijk zijn voor het falen van dijken bij geotechnische faalmechanismen. Bovendien zullen bij deze omstandigheden de uiterwaarden goed meestromen.

We plaatsen bovenstaande nog even in de context van de huidige hoogwaterreferentie. In de huidige hoogwaterreferentie moeten ingrepen of ontwikkelingen in de IJssel-Vechtdelta beoordeeld worden bij een maatgevende hoogwaterstand die hoort bij een overschrijdingskans van $1/1.250^{\text{ste}}$ of $1/2.000^{\text{ste}}$ per jaar afhankelijk van de locatie in de IJssel-Vechtdelta.

5 Toepassing nieuwe hoogwaterreferentie

5.1 Beschrijving van de cases

Dit hoofdstuk heeft als doel inzicht te verschaffen in de toepassing van de varianten. Ook heeft het als doel om een uiteindelijke keuze voor een eenvoudige beoordelingsregel voor de beoordeling van nieuwe initiatieven en ontwikkelingen te maken.

RWS heeft een aantal cases aangedragen. De cases zijn zodanig gekozen dat ook een aantal regio-specifieke aspecten beschouwd worden. Tabel 5-1 geeft een overzicht van de cases inclusief de regio-specifieke aspecten.

Case	Korte beschrijving case	Interessant omdat:	
1	Scherpekamp (Huissensche Waarden)	Kadeverlaging met als doel 'verbeteren van de hoogwaterveiligheid'	In de buurt van splitsingspunt
2	Lus van Linne	Vaker laten meestromen van de Lus van Linne met als doel 'verbeteren van de hoogwaterveiligheid'	In de buurt van een retentiegebied
3	Bergambacht	Uitbreiding capaciteit overnachtingshaven	In het benedenrivierengebied
4	Fictieve case	Een verruwing in het lagere deel van de uiterwaard wordt gecompenseerd met een uitdieping in een hoger gedeelte	Tegengestelde waterstandseffecten bij verschillende afvoerniveaus

Tabel 5-1: Overzicht van de regio-specifieke cases gekozen voor de toepassing van de varianten voor de nieuwe hoogwaterreferentie.

De nieuwe hoogwaterreferentie is ontwikkeld voor de vergunningverlening: het toetsen van initiatieven in het rivierengebied. Daarnaast is de nieuwe referentie ontwikkeld voor het beheer van het winterbed: het toetsen van autonome ontwikkelingen, zoals ontwikkeling van uiterwaardbegroeiing en het dichtslibben van geulen. De tabel laat zien dat de gekozen regio-specifieke cases daar niet allemaal bij aansluiten. Twee cases betreffen herinrichtingen van het rivierengebied ten behoeve van waterveiligheid (rivierverruimingen).

Bijlage C beschrijft de uitwerking van de cases. Dit hoofdstuk beschrijft algemene bevindingen en regio-specifieke aandachtspunten bij de beoordeling van ingrepen of ontwikkelingen.

5.2 Algemene bevindingen

Uit de toepassingen van de varianten op de cases blijkt dat er weinig verschil is in de uitkomst van de beoordeling op basis van de twee varianten. De herhalingstijd van waterstanden die belangrijk zijn voor het falen door de faalmechanismen overloop en overslag komen redelijk overeen met de herhalingstijd van de nieuwe normen voor waterveiligheid. Daarnaast komen de waterstanden waarbij verondersteld wordt dat de uiterwaarden beginnen mee te stromen en de waterstand ongeveer 0,5m hoger staat dan de buitenteen van de dijk redelijk overeen met de ondergrens van de waterstanden die leiden tot falen door piping.

Dit ondersteunt het advies dat per watersysteem in hoofdstuk 4 is gedefinieerd om een keuze te maken voor een beoordelingsregel gebaseerd op een beperkt aantal herhalingstijden op basis

van beide variantuitwerkingen. Zo doet de nieuwe hoogwaterreferentie recht aan de fysica van het riviersysteem én aan de overstromingskansbenadering.

Uit de toepassingen in de cases is gebleken dat het voor een aantal cases voldoende is om de beoordeling uit te voeren bij één herhalingstijd. Ter illustratie: in de case Scherpekamp geven beoordelingen bij alle afvoerniveaus vanaf 13.000 m³/s een uniform beeld: een waterstandsverlaging bovenstrooms en een waterstandsverhoging benedenstrooms. Met andere woorden: een beoordeling bij meerdere afvoerniveaus voegt niet altijd wat toe in de vergunningprocedure. Er zijn echter ook cases waarbij het beoordelen bij meerdere herhalingstijden wel resulteert in een ander beeld. Dit is bijvoorbeeld te zien in de fictieve case over het verruwen van uiterwaardbegroeiing.

Het lijkt daardoor zinvol om een beoordeling uit te voeren bij meerdere herhalingstijden: (1) een grote herhalingstijd die markerend is voor het moment waarop dijken overstromen en overeenkomt met herhalingstijd van waterstanden die belangrijk zijn voor het falen door de faalmechanismen gerelateerd aan hoogte, (2) een kleine herhalingstijd waarbij uiterwaarden redelijk meestromen (50 cm onder water) en overeenkomt met de herhalingstijd van waterstanden die belangrijk zijn voor het falen door de geotechnische faalmechanismen, en (3) eventueel een extra herhalingstijd. Dit laatste is alleen noodzakelijk wanneer er twijfel is over de uitkomst van de beoordeling op de eerste twee herhalingstijden. In dat geval adviseren we een aanvullende beoordeling van het waterstandseffect bij een extra herhalingstijd: een herhalingstijd waarbij het lokale maaiveld van de ingreep en/of ontwikkeling net onder water staat (orde 50 cm). Dit geldt alleen indien het lokale maaiveld afwijkt van de hoogte van de uiterwaarden. Er wordt dus niet gekozen voor één variant, maar er worden twee herhalingstijden gekozen (een hoge representatieve waterstand en een lage representatieve waterstand) die – door de oogbaren kijkend – recht doen aan beide varianten.

5.3 Regiospecifieke aandachtspunten bij beoordeling

5.3.1 Beoordeling verandering afvoerverdeling over riviertakken

In de case Scherpekamp vindt een ingreep of ontwikkeling tussen de Pannerdensche Kop en de IJsselkop plaats. Dit heeft effect op de afvoerverdeling over de splitsingspunten, omdat de waterstanden bij de splitsingspunten worden beïnvloed. Vanwege dit effect beschrijft het Rivierkundig Beoordelingskader bij vergunningaanvragen langs de Rijntakken welke veranderingen in afvoerverdeling over de Rijntakken door een ingreep of ontwikkeling nog zijn toegestaan. Daarbij wordt in het huidige Rivierkundig Beoordelingskader (versie 3.0) getoetst bij twee afvoerniveaus: 16.000 m³/s en 10.000 m³/s.

In de nieuwe hoogwaterreferentie adviseren we om conform hoofdstuk 4, de invloed van een ingreep of ontwikkeling op de afvoerverdeling te beoordelen bij de voorgestelde herhalingstijden en te bepalen of een eventuele verandering binnen de acceptabele grenzen blijft.

5.3.2 Beoordeling op basis van stationaire berekeningen, en incidenteel op basis van dynamische berekeningen

De case Lus van Linne betreft een Ruimte voor de Rivier maatregel met als doel rond Roermond de waterveiligheid te verhogen. Het plangebied kenmerkt zich door de Maasplassen en retentiegebieden, waardoor het relevant kan zijn om een golf door te rekenen in plaats van een stationaire afvoer. Om het verschil tussen stationair en dynamisch rekenen inzichtelijk te

maken, zijn met beide berekeningsmethoden berekeningen uitgevoerd voor de case Lus van Linne. Het verschil tussen de statistisch en dynamisch rekenen is significant, en het wordt dus aanbevolen om ook binnen de nieuwe hoogwaterreferentie ingrepen met een waterstandseffect bij de instroomdrempel van een retentiegebied dynamisch door te rekenen, zoals momenteel ook gangbaar is.

5.3.3 Beoordeling met aanpak conditionele illustratiepunten in benedenrivierengebied

Het plangebied van de case Bergambacht ligt in het benedenrivierengebied. De rivierafvoer is in dit gebied niet de enige variabele die de waterstanden beïnvloedt. Waterstanden zijn afhankelijk van combinatie van omstandigheden: een combinatie van rivierafvoer, zeepil, stormomstandigheden (windsnelheid en -richting) en soms ook de toestand van eventuele beweegbare keringen).

In de case Bergambacht is het waterstandseffect beoordeeld bij één combinatie van omstandigheden (de combinatie met de grootste kansbijdrage) en bij een aantal combinaties van omstandigheden conform de aanpak met conditionele illustratiepunten uit het huidige Rivierkundig Beoordelingskader. De aanpak met conditionele illustratiepunten betekent dat het waterstandseffect bij meerdere combinaties van omstandigheden wordt berekend. Op basis van het gewogen gemiddelde waterstandseffect van de effecten van alle per combinaties wordt een ingreep of ontwikkeling beoordeeld (conform de huidige aanpak).

De toepassing in de case laat zien dat een beoordeling op basis van de aanpak met conditionele illustratiepunten een beter beeld geeft dan een beoordeling aan de hand van één combinatie van omstandigheden. Aanbevolen is om in het benedenrivierengebied ook voor de nieuwe hoogwaterreferentie gebruik te maken van de aanpak met conditionele illustratiepunten.

5.3.4 Beoordeling bij verruwing in lokaal afvoerbereik

In een fictieve case is het waterstandseffect van het verruwen van uiterwaardbegroeiing beoordeeld. Het effect van verruwing laat een waterstandtoename bij lagere afvoerniveaus zien. Deze case blijft een hypothetisch voorbeeld; het is in werkelijkheid onwaarschijnlijk dat een effect bij hogere afvoeren totaal niet merkbaar is. Het kan wel degelijk zo zijn dat het effect bij hogere afvoeren kleiner is dan bij lagere afvoeren. Omdat lagere afvoeren in de overstromingskansbenadering vanwege onder andere de hogere frequentie van voorkomen een belangrijke rol spelen, is het sterk aan te raden om deze ook in de hoogwaterreferentie mee te nemen. Belangrijk om op te merken is dat als het effect van deze maatregel in het kader van vergunningverlening gecompenseerd dient te worden, men een maatregel zoekt die ook bij lage afvoeren effect heeft.

6 Advies nieuwe hoogwaterreferentie

6.1 Advies beoordelingsregel

Het doelmatig beheer van de waterstanden over het relevante frequentiebereik vormt de basis voor de nieuwe hoogwaterreferentie. Om te bepalen welk deel van het frequentiebereik van waterstanden doelmatig beheerd moet worden, zijn in dit rapport varianten uitgewerkt en toegepast.

Op basis van de uitwerking en toepassing van varianten wordt geadviseerd een eenvoudige beoordelingsregel te definiëren als invulling van de nieuwe hoogwaterreferentie. We stellen de volgende beoordelingsregel voor:

“Ingrepen en/of ontwikkelingen in het rivierengebied (initiatieven en autonome ontwikkelingen, zoals ontwikkeling van uiterwaardbegroeiing en het dichtslibben van geulen) moeten beoordeeld worden op het waterstandseffect bij waterstanden bij twee herhalingstijden. Indien een beoordeling bij deze bovengenoemde herhalingstijden geen waterstandsverhogingen laat zien, en er twijfel is of er in de tussenliggende niveaus een stijging plaatsvindt, dan adviseren we een aanvullende beoordeling van het waterstandseffect bij een extra herhalingstijd, waarbij het lokale maaiveld van de ingreep en/of ontwikkeling net onder water staat”.

Zoals beschreven in paragraaf 5.2 bevelen wij aan geen keuze te maken uit één van beide varianten, maar twee herhalingstijden te kiezen die recht doen aan beide varianten. Hoofdstuk 4 laat zien dat dit geoorloofd is, aangezien de varianten redelijk goed met elkaar overeen komen. Dit betekent dat wij adviseren te toetsen bij:

- Een grote herhalingstijd (i.e. lage overstromingsfrequentie) die kenmerkend is voor het moment waarop dijken (bijna) gaan overstromen en overeenkomt met een herhalingstijd van waterstanden die belangrijk zijn voor het falen door overslag en overloop;
- Een kleine herhalingstijd waarbij uiterwaarden redelijk meestromen en die overeenkomt met waterstanden die belangrijk zijn voor het falen door geotechnische faalmechanismen (piping en macrostabiliteit).

Dit advies past bij de overstromingskansbenadering en betekent een uitbreiding op de huidige methode: er wordt niet alleen bij een grote herhalingstijd gerelateerd aan de norm beoordeeld, maar ook bij een kleinere herhalingstijd. De herhalingstijden ontsluiten het spectrum aan waterstanden die een belangrijke rol spelen bij het optreden van falen door geotechnische faalmechanismen en faalmechanismen gerelateerd aan hoogte. Dit doet recht aan de overstromingskansbenadering die daardoor impliciet onderdeel uitmaakt van de beoordeling.

Op basis van een beoordeling op basis van waterstandseffecten bij herhalingstijden die het relevante frequentiebereik ontsluiten, is het vrijwel uitgesloten dat een opstuwend effect op waterstanden in het relevante bereik onopgemerkt blijft, en resulteert in een toename van de oeverstromingskans. De eventueel aanvullende beoordeling op basis van een extra (derde) herhalingstijd moet ervoor zorgen dat deze kans zo klein mogelijk is.

Tabel 6-1 bevat een voorstel voor de herhalingstijden voor de beoordeling van het waterstandseffect van ingrepen of ontwikkelingen. Voor het Rijntakkensysteem en het Maassysteem is ook het afvoerniveau bij deze herhalingstijden in de tabel opgenomen.

Watersysteem	Herhalingstijd [jaar]	Afvoerniveau [m³/s]
Rijntakkensysteem	~ 10.000 jaar	16.000 m ³ /s
	~ 100 jaar	10.000 m ³ /s
Maassysteem	3.000 jaar (voor Bedijkte Maas)	4.110 m ³ /s
	300 jaar (voor Maasvallei)	3.570 m ³ /s
	100 jaar	3.220 m ³ /s
Rijnmaasmonding	3.000 jaar	Lokaal te bepalen met methode CIP
	100 jaar	Lokaal te bepalen met methode CIP
IJsselvechtdelta	1.000 jaar	Lokaal te bepalen met methode CIP
	100 jaar	Lokaal te bepalen met methode CIP

Tabel 6-1: Voorstel ten aanzien van herhalingstijden voor de beoordeling van het waterstandseffect van ingrepen of ontwikkelingen per riviersysteem. Voor het Rijntakkensysteem en het Maassysteem is ook het afvoerniveau bij deze herhalingstijden in de tabel opgenomen. Afvoeren zijn volgens de WTI/WBI inzichten met GRADE golven en de werklijnen voor de periode 2017-2023.

Indien een beoordeling bij deze bovengenoemde overschrijdingskansen geen waterstandsverhogingen laat zien, en er twijfel is of er in de tussenliggende niveaus een stijging plaatsvindt, dan adviseren we een aanvullende beoordeling van het waterstandseffect bij een extra overschrijdingskans, waarbij het lokale maaiveld van de ingreep en/of ontwikkeling met een paar decimeter onder water staat. We verwachten alleen dat de extra beoordeling alleen nodig zal zijn bij een iets grotere ingreep en/of ontwikkeling.

De aanbevolen beoordelingsregel bevat meerdere herhalingstijden waarop beoordeeld moet worden. Het kan zijn dat de resultaten (waterstandseffecten) bij een beoordeling van ingrepen of veranderingen in het rivierengebied bij meerdere herhalingstijden verschillen. Zo kan het zijn dat het effect van de ontwikkeling van uiterwaardbegroeiing op de waterstanden die optreden bij de omstandigheden waarbij de uiterwaarden net onderstromen groter is dan het waterstandseffect bij extremere omstandigheden.

Er zijn twee manieren om met de verschillen in beoordelingsresultaten om te gaan: (1) 'one-out-all-out' en (2) middelen. Het principe 'one-out-all-out' wil zeggen dat als één van de omstandigheden waarop beoordeeld wordt een – voor RWS - onacceptabele waterstandsverhoging oplevert, de ingreep of ontwikkeling moet worden afgekeurd. Bij middelen wordt beoordeeld op basis van het gemiddelde waterstandseffect.

Indien bij meerdere herhalingstijden geen waterstandsverhoging is toegestaan, wordt de beoordeling strenger. Er wordt immers beoordeeld bij twee herhalingstijden in plaats van één zoals in de huidige hoogwaterreferentie. Dit kan een argument zijn voor middelen. Middelen betekent dat een initiatief minder snel zal worden afgekeurd. Echter, er is niet voor niets geadviseerd te beoordelen bij meerdere herhalingstijden en dat betekent dat je een ingreep of ontwikkeling ook bij meerdere herhalingstijden zou moeten beoordelen en juist niet moet middelen. In essentie zijn de gekozen herhalingstijden voor de beoordeling representatief voor de omstandigheden die het meest bijdragen aan falen bij geotechnische faalmechanismen en faalmechanismen gerelateerd aan hoogte. Indien de waterstandseffecten worden gemiddeld,

dan doen we onvoldoende recht aan de basisprincipes waarop de beoordelingsregel gebaseerd is.

Omgaan met verschillen in boven- en benedenrivierengebied

Tot slot raden we aan om voor het benedenrivierengebied de aanpak met de conditionele illustratiepunten (zie paragraaf 3.2) te volgen. In dit deel van het rivierengebied dragen meerdere omstandigheden bij aan het optreden van waterstanden met een bepaalde herhalingstijd. Het samenspel van omstandigheden zorgt ervoor dat naast de rivierafvoer ook andere belastingparameters belangrijk zijn, zoals zeewaterstand of meerpeil, stormomstandigheden (windsnelheid en -richting) en soms ook de toestand van eventuele beweegbare keringen.

In de bergingsgebieden in het benedenrivierengebied is een beoordeling van het waterstandseffect niet altijd nodig. Vaak kan daar volstaan worden met een eenvoudige beoordeling van het eventuele verlies aan kombergend volume als gevolg van de ingreep en/of ontwikkeling. We adviseren deze beoordeling uit te voeren bij de voorgestelde herhalingstijden.

6.2 Aanbevelingen

Tot slot bevelen wij aan:

- dat het definitieve besluit ten aanzien van de hoogwaterreferentie wordt opgenomen in een nieuwe versie van het rivierkundig beoordelingskader.
- dat RWS een voorbeeldendossier aanlegt (met voorbeelden uit verleden en toekomst). Doel van dit dossier is dat men ervan leert of de voorgestelde HW referentie werkbaar is en het gewenste doel wordt bereikt.
- dat via een beperkt aantal principeberekeningen wordt gecontroleerd of onze inschatting dat beslissingen ten aanzien van vergunningen en beheer van winterbed niet of nauwelijks zullen worden beïnvloed door het wel meenemen van deze windgolven, correct is.
- dat RWS overweegt de mate van acceptatie ('hoeveel centimeter waterstandseffect wordt gedoogd') te laten verschillen per gekozen herhalingstijd. Als RWS net zoals nu in principe geen stijging van waterstanden wil accepteren, dan zou het principe 'one-out-all-out' moeten worden gevolgd. De uiteindelijke beslissing over wat acceptabel is of niet is echter aan RWS. De nieuwe hoogwaterreferentie gaat alleen over bij welke herhalingstijden ingrepen en/of ontwikkelingen beoordeeld zouden moeten worden.

7 Referenties

[Asselman, 2014]

Implicaties van de nieuwe normen voor de rivierbeheerder. N. Asselman, Deltares, 2014.

[Geerse, 2008a]

Methode effectbepaling overgangsgebieden – Afschatten effect van een maatregel op de waterstanden met conditionele illustratiepunten [HKV-rapport PR1534.10]. C.P.M. Geerse. HKV lijn in water. Lelystad, juni 2008.

[Geerse, 2008b]

Memorandum Managementsamenvatting – Uitwerken methodiek overgangsgebieden [HKV-memorandum PR1534.10] Chris Geerse. HKV lijn in water. Lelystad, 23 juli 2008.

[Hardeman, B. 2014]

Nieuwe normering en impact op beheer en onderhoud. RWS WVL memo, 2014.

[Levelt et al., 2015]

Uitwerking methode voor bepaling effectiviteit rivierverruiming. Levelt, O., N. Asselman, P. de Grave, R. van der Meij, I. van der Zwan, W. ter Horst, J. Pol, S. van Vuren, A. de Kruif & R. Vos. HKV lijn in water, Deltares en Rijkswaterstaat WVL, 2015.

[Levelt et al., 2016]

Toepassing Methodiek Kostenreductie Dijkversterking door Rivierverruiming op Maas. Levelt, O., Van Vuren, S., Pol, J., Van der Meij, R., de Grave, P., Nugroho, D., Ter Horst, W., Koopmans, R., Van der Scheer, P., Asselman, N. & de Kruif, A. Rapport Deltares en HKV, 2016.

[Projectbureau VNK2, 2011]

VNK2 – De methode Nader Verklaard, rapportnr HB1267988. Utrecht, 2011.

[Sieben, J., 2010]

Methodiek inschatting morfologische effecten in het zomerbed door lokale rivieringrepen. Update December 2011. J. Sieben. Rijkswaterstaat, 2011.

[Van der Meij et al., 2016]

Uitwerking methode voor bepaling kostenreductie rivierverruiming. Kostenreductie dijkverbeteringen door uitvoering rivierverruiming. Van der Meij, R., Ter Horst, W., Koopmans, R., Levelt, O., Asselman, N. & de Grave, P. Rapport Deltares en HKV, 2016.

[Van Vuren et al., 2016]

Toepassing Methodiek Kostenreductie Dijkversterking door Rivierverruiming op Rijn. Van Vuren, S., Levelt, O., Pol, J., Van der Meij, R., de Grave, P., Nugroho, D., Ter Horst, W., Koopmans, R., Van der Scheer, P., Asselman, N. & de Kruif, A. (2016). Rapport Deltares en HKV lijn in water, 2016.

[Wetsvoorstel, Kamerstuknummer 34436]

Voorstel wijzigingen van de Waterwet en enkele andere wetten (nieuwe normering primaire waterkeringen, 2016.

[Wijbenga et al., 2010]

Nieuw leven in de Lus van Linne; Hydraulisch morfologisch onderzoek. Wijbenga, J.H.A., J. Vieira da Silva en A.P.P Termes, rapport PR1854, HKV lijn in water, 2010.

Bijlagen

Bijlage A Verslag interviews

Project : Nieuwe hoogwaterreferentie
 Datum : 09-05, 10-05 en 12-05
 Onderwerp : Input vanuit gebruikers van de huidige hoogwaterreferentie
 Aanwezig : WVL: Max Schropp, Ilka Tanczos, Wouter Rozier,
 WNZ: Via telefoon: Arie de Gelder, Arie Broekhuizen, Ronald Struijk, Pim Neefjes
 ON: Frans Berben, Emiel kater, Corné de Leeuw, Rico Tönis
 HKV: Joost Pol, Guus Rongen, Sonja Ouwerkerk

Inleiding

In het project 'Nieuwe hoogwaterreferentie' wordt een nieuwe Hoogwaterreferentie (HWRref) ontwikkeld op basis van overstromingskansen. Bij aanvang van het project wordt een aantal interviews afgenomen om inzichtelijk te krijgen waaraan de nieuwe Hoogwaterreferentie dient te voldoen.

Dit bespreekverslag geeft een weergave van de interviews met betrokkenen van Rijkswaterstaat WVL, WNZ, ON en ZN.

Doel van de interviews

Het doel van de interviews is:

- Inventariseren hoe het proces van de verschillende gebruikers op dit moment werkt en wat de rol van de HWRref daarin is;
- Uitzoeken in hoeverre de eisen tussen de verschillende projecten (processen) van elkaar verschillen.

Structuur van de interviews

De interviews waren als volgt opgebouwd:

- Beknopte toelichting project inclusief beoogde varianten (HKV);
- Set van specifieke vragen over het huidige gebruik van de HWRref en de wensen aan de nieuwe HWRref;
- Bespreken beoordelingscriteria, waarmee HKV uiteindelijk de varianten tegen elkaar zal afwegen.

In de interviews liep de volgorde soms wat door elkaar, waardoor dit ook het geval is in het bespreekverslag.

Rijkswaterstaat West-Nederland Zuid

Aanwezigen en bijbehorende projecten	
Arie de Gelder	Algemeen
Arie Broekhuizen	Rivierkundig beoordelingskader
Ronald Struijk	Jaarlijkse monitoring hoogwaterveiligheid
Pim Neefjes	Deltaprogramma

Rijkswaterstaat WNZ gebruikt de huidige hoogwaterreferentie vooral bij toepassing van het rivierkundig beoordelingskader.

Specifieke vragen

Gebruik van de huidige HWRef en wensen aan de nieuwe HWRef

De wens van WNZ is dat de nieuwe HWRef zoveel mogelijk overeenkomt met de huidige HWRef. Dat wil zeggen dat er waterstanden worden bepaald voor alle locaties (het huidige maatgevend hoogwater) waaraan ingrepen in het stroombed kunnen worden getoetst.

In het benedenrivierengebied is er een duidelijk onderscheid te maken in het deel waar de rivierafvoer geen rol speelt en waar wel. In het eerste geval wordt er uitsluitend naar berging gekeken, zodat bij een ingreep het aantal kubieke meters dat verdwijnt moet worden gecompenseerd. Er wordt dus aan volumes getoetst, niet aan waterstanden. Deze kunnen wel aan elkaar gekoppeld worden.

Men ziet de overgang naar de nieuwe normering als een overstap van dijkring naar dijktraject, maar geen verschil in de methodiek. Er komt slechts meer verschil in normen. Indien op dit moment sprake is van verschillende normen aan weerszijden van het water, wordt alleen gekeken naar de oever waar de ingreep plaatsvindt. In de praktijk zit daar vaak maar 20 cm verschil in waterstand in.

In het gebied waar afvoer ook meespeelt wordt gekeken naar zowel het waterstandseffect als het volume-effect om te toetsen of een maatregel wel/niet vergunbaar is. Hier heeft RWS WNZ een minder sterke mening over, omdat dit soort toetsingen altijd door externe bureaus worden uitgevoerd.

RWS WNZ heeft een sterke voorkeur om het bij één waterstand te houden die overeenkomt met het maatgevend hoogwater, omdat dit een stuk makkelijker te gebruiken is dan meerdere waterstanden.

Hoe kijkt men tegen de verschillende varianten aan?

Hoe simpeler hoe beter, "variant 1 is zo gek nog niet".

Zijn er nog varianten die als cases gebruikt kunnen worden?

Overnachtingshaven Bergambacht langs de Lek. WNZ stuurt deze naar HKV en kijkt of er nog meer cases kunnen worden aangeleverd.

Stel dat we kijken naar meerdere afvoeren, hoe om te gaan met verschillende resultaten?

De keuze of verschillende afvoerniveaus kunnen worden gemiddeld of dat gelijk moet worden afgekeurd wanneer één afvoer een waterstandsverhoging veroorzaakt vindt RWS WNZ aan de beleidsmaker, niet aan henzelf (de uitvoerders). Op dit moment wordt er alleen gemiddeld wanneer de verschillende afvoeren evenveel bijdragen. Dit gaat echter over conditionele illustratiepunten, dus verschillende belastingcombinaties die tot eenzelfde waterstand leiden.

Verwachtingen / beoordelingscriteria

Hoeveel tijd mag een beoordeling met de nieuwe methodiek kosten?

RWS levert zelf vooral de randvoorwaarden (welke van de 7000 sommen moeten bekeken worden). De aanvrager rekent dan zelf het model door met en zonder maatregelen. WNZ vindt

dat het afhangt van hoe complex de ingreep is. Wanneer het iets kleins is mag het 'quick-en-dirty', maar als het wat groter is mag het ook wel wat meer kosten.

Hoe ingewikkeld mag de nieuwe methodiek zijn?

RWS beoordeelt veel aanvragen m.b.v. expert judgement, zonder berekeningen. Compensatie van bergend vermogen kan bijvoorbeeld heel snel worden bekeken. De wens vanuit WNZ is dat dit soort beoordelingen nog steeds simpel uitgevoerd moeten kunnen worden. Als het echter om de waterstand gaat in gebieden waar afvoer meespeelt dan wordt een bureau ingeschakeld. Deze beoordelingen, die sowieso al wat ingewikkelder zijn, mogen best ook wat ingewikkelder blijven.

Rijkswaterstaat WVL

Aanwezigen en projecten	
Max Schropp	Beleidslijn grote rivieren Rivierkundig beoordelingskader Richtlijn overstromingsrisico's
Wouter Rozier	Beleidslijn grote rivieren SLA Hoofdwatersysteem 2021 - 2024
Ilka Tanczos	Nieuwe normering
Robert Slomp	WTI 2017

Presentatie Wouter Rozier

Wouter presenteert de beheer- en onderhoudscyclus voor RWS vanaf 2017. Voor MHWV, SLA monitoring en Toets op de Rivierbak zal de hoogwaterreferentie gebruikt worden. Daarnaast laat Wouter zien dat de nieuwe hoogwaterreferentie veel invloed heeft op een aantal andere projecten (zie bijlage). Wouter geeft aan dat de nieuwe hoogwaterreferentie een afwijkend, negatiever, beeld kan geven voor de indicator hoogwaterafvoer rivieren.

Algemene discussie over het te maken eindproduct

Aandachtspunt voor het benedenrivierengebied is dat er veel randvoorwaarden doorgerekend moeten worden vanwege de verschillende belastingcombinaties. Momenteel worden er 7000 sommen doorgerekend.

Ilka geeft aan dat het handig is om binnen de nieuwe hoogwaterreferentie nog steeds op één waterstand als hoogwaterreferentie uit te komen. Wat daarachter zit mag ingewikkelder zijn. Ilka merkt op dat waterstanden een proxy zijn voor allerlei faalmechanismen. Deze zitten momenteel in de ontwerpregels voor de waterkeringen verwerkt.

Max brengt de kwestie van het middelen van afvoeren op. Stel je gaat meerdere afvoeren berekenen, moet je dan op basis van 'one out - all out' afkeuren, of kun je middelen? Dit is een goede vraag om te bekijken in de testcases. Hier kan namelijk worden aangetoond of middelen tot eenzelfde conclusie leidt als de benadering waarbij gekeken wordt naar het effect op de faalkans. Het makkelijkste is om alles af te keuren, maar dat betekent dat je bij 5 afvoeren dus ook 5 keer zo streng wordt.

Het stuwkromme-effect van ingrepen wordt besproken. Er moet op basis van expert judgement, of iteratief, worden bepaald bij welke afvoeren de waterstand getoetst moet worden. Het kan

handig zijn een richtlijn te geven op basis van een stuwkromme. Hiervoor moet dus ingeschat worden wat het waterstandseffect is van een ingreep.

Sonja brengt de kwestie van stationair/dynamisch op. Langs de Maas speelt berging een rol, waardoor er met golven gerekend moet worden. Voor de Rijntakken is dit niet zo, dus kan er stationair gerekend worden.

Er wordt gediscussieerd of de huidige sterkte moet worden meegenomen, of de situatie in 2050. Het is logisch om van de situatie in 2050 uit te gaan. De staat van de kering is echter alleen van belang als een volledig probabilistische aanpak wordt gekozen (variant 5). Zolang dit niet wordt gedaan wordt er een versimpelde aanpak gekozen: voor piping geldt het uitgangspunt dat de ondergrond een gegeven is en niet mee verandert met een maatregel. Voor hoogte wordt uitgegaan van de waterstand op de rivieras, bij de geldende norm, zoals dat nu ook wordt gedaan.

Robert Slomp – WTI 2017

Robert Slomp geeft aan dat de methode uniform moet zijn, gebruik dus ook conditionele illustratiepunten bij de bovenrivieren en begin bij het uitwerken van de methodiek in de benedenrivieren. Wanneer je hier een werkbare methodiek voor ontwikkeld hebt kan deze ook toegepast worden langs de bovenrivieren. Dit is dus de beste manier om tot een uniforme methodiek te komen.

Robert Slomp raadt aan om gewoon de huidige methode te blijven gebruiken, maar dan voor verschillende afvoeren. Neem dus 4 of 5 afvoerniveaus maar houdt het verhaal hetzelfde. Kies deze afvoeren zodanig dat het hele bereik in kaart wordt gebracht. Neem er één in het lage bereik (bijvoorbeeld $T = 1$ jaar), één in het bereik waarop op basis van historische data piping begint te spelen, en een paar in het extreme bereik.

Robert geeft aan dat bij Ruimte voor de Rivier de fout is gemaakt het hele project te ijkten op 16.000 m³/s bij Lobith. Bij afwijkende afvoeren kan de verdeling over de splitsingspunten anders zijn, waardoor het beoogde doel niet wordt gehaald. Zorg erop dat dit soort problemen bij de HWRref niet spelen. Gebruik dus verschillende afvoerniveaus, zodat er een constant beeld ontstaat.

Om te bepalen welke 4 of 5 afvoeren moeten worden doorgerekend: gebruik de conditionele illustratiepunten. Bastiaan Kuijper heeft hier in 2007 een studie naar gedaan met vegetatie. Robert Slomp raadt dus aan per riviertak te kijken wat de conditionele illustratiepunten zijn, dit zijn je indicatoren om te kijken wat de gevoeligheid van je rivier is voor ingrepen.

Robert raadt af om de faalkansbegroting te gebruiken. Deze is nog vrij in het WTI, je hebt dus geen kapstok om je verhaal aan op te hangen. Oftewel: 'ga niet naar de dijk, focus op de waterstand op de as en zorg dat je de hele rivier in beeld hebt'.

Schrijf een basissystematiek die iedereen moet uitvoeren: reken een aantal afvoergolven, 5 of 6 over het hele bereik door, tenzij men kan aantonen dat het niet nodig is om al die sommen te doen. Binnen de hoogwaterreferentie zou een richtlijn kunnen worden opgesteld om te kijken wanneer expert judgement voldoende is, maar dit is moeilijk te vatten in een uniforme richtlijn.

Max stelde voor om te middelen wanneer verschillende afvoeren verschillende resultaten geven. Robert stelt voor om middelen als methode te gebruiken om flexibel te zijn, om pragmatisch te

werk te kunnen gaan. De eis van 0 mm is erg streng, maar het is moeilijk om ervan af te wijken. Middelen zou hier de uitkomst kunnen zijn om wat flexibeler te zijn. Robert stelt voor om deze keuze niet binnen dit project uit te werken, maar nu de systematiek uit te werken, en in vervolgstappen aan te geven dat gekozen kan worden om een aantal millimeter of centimeter flexibiliteit in te bouwen.

Het Zwarte Water is de verantwoordelijkheid van RWS, de Vecht niet. Robert raadt aan een systematiek te ontwikkelen die door de beheerder van de Vecht overgenomen kan worden.

Rijkswaterstaat Oost-Nederland

Aanwezigen en projecten	
Frans Berben	Jaarlijkse monitoring hoogwaterveiligheid De 12-jaarlijkse wettelijke toets op de rivierbak
Emiel kater	Rivierkundig beoordelingskader Jaarlijkse monitoring hoogwaterveiligheid SLA hoofwatersysteem 2017 – 2020
Corné de Leeuw	Beleidslijn Grote Rivieren
Rico Tönis	Rivierkundig beoordelingskader

Specifieke vragen

Gebruik binnen huidige projecten

Een van de voorwaarden waaronder ON activiteiten kan vergunnen is dat de afvoercapaciteit van de rivieren niet wordt verminderd, wat vertaald wordt de eis dat er geen waterstandverhoging mag optreden. Binnen de beleidslijn grote rivieren geldt de eis dat de waterstand niet mag stijgen. Momenteel ligt de afvoerverdeling vast bij 16.000 m³/s. Bij andere afvoeren ligt deze verdeling niet vast. Dit kan problemen geven binnen de nieuwe hoogwaterreferentie: hoe ga je hiermee om bij lagere afvoerniveaus? Moet deze afvoerverdeling worden vastgelegd of niet?

Rico merkt op dat de hoogwaterreferentie ook wordt gebruikt binnen de hoogwatervoorspelling, namelijk door te kijken of waterstanden die een bepaald niveau (voorheen mhw) bereiken gevaar geven. De nieuwe hoogwaterreferentie kan in de toekomst tevens gebruikt worden door stakeholders te waarschuwen wanneer de waterstanden in de buurt komen bij bijvoorbeeld voor piping relevante hoogten.

Er moet aandachtig gekeken worden naar de splitsingspunten. Momenteel wordt bij vergunningsaanvragen eerst met een deelmodel gekeken of er een effect is bij de splitsingspunten. Indien dit het geval is wordt met het splitsingspuntenmodel gekeken of de afvoerverdeling verandert. Dit mag bij een afvoer van 16.000 m³/s namelijk niet het geval zijn. Voor monitoring hoogwaterveiligheid is er één model waarbij dit elk jaar wordt berekend, en als de afvoerverdeling niet klopt wordt het regelwerk zodanig ingesteld dat de afvoerverdeling bij 16.000 m³/s weer klopt.

De wensen aan de nieuwe HWR

De wens is om op het Zwarte Water ook met conditionele illustratiepunten te rekenen. Het plan is om een uniforme methode te ontwikkelen waarmee alle relevante wateren kunnen worden

doorgerekend. Bij het Zwarte Water is de afvoer van belang waardoor een eenvoudige bergingsmethode op basis van volumes - zoals WNZ gebruikt - niet toepasbaar is.

Meerdere malen is de wens aangegeven om de tolerantie die je kiest als toelaatbare waterstandsverhoging aan te laten sluiten bij de nauwkeurigheid die past bij de nieuwe methodiek. Momenteel is de millimeter-eis erg streng in vergelijking met de nauwkeurigheid van de toetspeilen bijvoorbeeld.

Er wordt gediscussieerd of je de huidige dijksituatie of die in 2050 gebruikt. Vanuit de ogen van RWS wordt er gekeken naar de belasting en niet naar de sterkte. Er wordt voorgesteld om altijd nog bij de 16.000 m³/s te toetsen, om op die manier de huidige dijksituatie mee te nemen. De invalshoek hierbij is dat de huidige situatie niet verslechtert.

Bij de monitoring hoogwaterveiligheid moet in vergelijking met vergunningverlening het hele systeem, dus meer verschillende normen, worden doorgerekend. Bij monitoring hoogwaterveiligheid wordt er pas ingegrepen bij enkele centimeters toename van de waterstand, hiervoor lijkt het dus overdreven om veel verschillende afvoeren door te rekenen. Als er echter een aantal representatieve afvoeren wordt gekozen, waartussen met voldoende zekerheid geïnterpoleerd kan worden is dit probleem wel te ondervangen. Aandachtspunt is dus dat bij bepaalde projecten (zoals monitoring hoogwaterveiligheid) er minder nauwkeurigheid benodigd is dan bij bijvoorbeeld vergunningverlening.

Ander aandachtspunt is dat er een keuze moet worden gemaakt hoe hierbij gemiddeld wordt. De vraag is echter of dit binnen dit project besloten moet worden.

Welke variant heeft de voorkeur

Variant 5 klinkt mooi omdat hierin ook dijksterkte en dus faalkansen meegenomen worden, alleen deze is moeilijk uit te leggen. De voorkeur gaat duidelijk uit naar een vooraf gedefinieerde set van bijvoorbeeld (maar liever niet meer dan) 3 afvoeren, die doorgerekend moeten worden. Bij het discussiepunt of 3 afvoeren wel genoeg is wordt opgebracht dat binnen de normering sowieso al redelijk wat versimpelingen zijn verwerkt, dus dat het niet zinnig zou zijn erg veel afvoeren door te rekenen. Er moet echter wel een goede dekking van het afvoerbereik zijn, opdat er met voldoende zekerheid tussen geïnterpoleerd kan worden.

Zijn er nog varianten die als cases gebruikt kunnen worden?

RWS Oost-Nederland heeft verschillende cases die gebruikt kunnen worden. Een aantal interessante voorbeelden worden gegeven:

- Vergraving in de uiterwaarden bij een bandijk die al redelijk wordt geteisterd door kwelwater (piping);
- Een ingreep bij een splitsingspunt;
- Een simpel voorbeeld (schuurtje in de uiterwaarden);
- Een casus met vegetatie, omdat dit verruwing in een beperkt afvoerdomein geeft.

ON kiest een aantal cases en stuurt die door.

Weging van waterstandsverschillen bij het doorrekenen van verschillende afvoeren

Zoals eerder besproken is het de vraag of dit binnen dit project besproken moet worden. Binnen dit project kan wel een analyse worden gemaakt van de invloed en nauwkeurigheid van wel of niet middelen. De cases kunnen hier inzicht in geven; het is moeilijk om hier in dit stadium al iets over te zeggen.

Het effect van middelen kan verschillend zijn bij de huidige dijksterkte en dijksterkte in 2050. Het is vanuit het perspectief van RWS het meest logisch om 2050 als uitgangspunt te nemen, maar hierdoor kan een keuze worden gemaakt die de huidige waterveiligheid verslechtert, bijvoorbeeld als nu een waterstandsverhoging in een afvoerdomein wordt toegestaan die in 2050 niet meespeelt, maar waardoor met de huidige (onvoldoende) sterkte de veiligheid verslechtert.

Met een golf of stationair rekenen

Voorlopig is er geen reden om met een golf te rekenen. Wanneer er meer duidelijkheid komt over het tijdseffect van belasting, en dit belangrijk blijkt te zijn. Kan dit alsnog aangepast worden. Zoals Rico aangaf kan dit in een soort groeimodel worden gevat.

Ondergrens of signaleringswaarde

Ondergrens is de feitelijke norm, dus dat is de meest logische.

Verwachtingen

Tijd

Zo min mogelijk tijd. Veel tijd zit momenteel in de schematisering. Meerdere randvoorwaarden doorrekenen kost iets meer tijd, dit zit vooral in het verwerken van de gegevens. Het is waarschijnlijk niet zinnig om erg veel afvoeren door te rekenen, omdat op basis van een goede onderbouwing wel kan worden besloten welke nodig zijn. Keerzijde is dat dit locatiespecifiek is.

Complexiteit

De wens is om voorlopig een niet te complexe methode te ontwikkelen. Dit mag in de loop der tijd complexer worden, als gebruikers vertrouwd raken met de methode.

Nauwkeurigheid

Je mag niet afrekenen op millimeters als de rest van het proces veel grover is. Emiel geeft aan als richtlijn: binnen 1 millimeter niet kijken, 1 mm tot 1 cm effect = optimaliseren, > 1 cm compenseren. De afkeurgrens moet in verhouding zijn met de grofheid van de methode.

Ook moet het aantal afvoeren in verhouding staan met de afkeurgrens. Bij weinig afvoeren moet alles groen (± 0) zijn, terwijl bij meerdere afvoerniveaus er best één rood (verhoging of verlaging) mag zijn.

Rijkswaterstaat Zuid-Nederland

Aanwezigen en projecten	
Lianita Costongs	Algemeen
Eddy Ensink	Jaarlijkse monitoring hoogwaterveiligheid
Jan Bremer	Rivierkundig beoordelingskader
Daan Duijsings	Beleidslijn grote rivieren
Siebolt Folkertsma	Richtlijn overstromingsrisico's Jaarlijkse monitoring hoogwaterveiligheid

Specifieke vragen

Gebruik binnen huidige projecten

Advies waterveiligheid monitoring hoogwaterstanden:

De hoogwaterreferentie wordt gebruikt om de nieuwe en referentiewaterstanden te vergelijken. Hierbij wordt bij verschillende normen getoetst; dit gebeurt nu ook al (1/50, 1/250, 1/1250). Bij de nieuwe hoogwaterreferentie worden nieuwe afvoeren gedefinieerd, die ook in dit project gebruikt zullen worden.

Vergunningverlening:

Rivierkundig beoordelingskader. Bij ingrepen wordt op waterstandstoename getoetst. Er is een verschil tussen Onbedijkte en Bedijkte Maas, bij de eerste wordt getoetst alleen bij de kade (1/250 afvoer), bij de tweede in de as van de rivier en het gehele rivierbed (1/1250 afvoer).

Binnen het huidige rivierkundig beoordelingskader (RBK3.0) wordt niet voorgeschreven dat met een golf moeten worden gerekend (dynamisch). Bij grote ingrepen – waarbij het instromen van een retentiegebied verandert- is dit echter wel de wens.

Andere projecten

Andere projecten gebruiken vooral dezelfde terugkeertijden en dus dezelfde waterstandsverhanglijnen (1/50, 1/1250, 1/1250).

EU Richtlijn Overstromingsrisico's (ROR)

Binnen de ROR wordt met frequenties van 1/10, 1/100 en 1/1000 jaar gerekend. Dit komt voort uit internationale afspraken. Het is nog niet duidelijk hoe dit met de nieuwe normering wordt gecombineerd.

Specifieke eisen aan de nieuwe hoogwaterreferentie

Retentiewerking kan niet goed benaderd worden met een stationaire afvoer. De wens is dus om dynamisch te gaan rekenen. Vooral bij grote projecten vindt men dit belangrijk. Specifiek komt het erop neer dat er in die gevallen wordt gekeken of er een waterstandsverandering bij de instroom van een retentiegebied is. Als dit het geval is moet er met een golf gerekend worden.

De wens is om alleen informatie te gebruiken die binnen RWS beschikbaar is. Keringsterkte zit bij de waterschappen, dus liever geen fragility curves. Toets projecten dus niet op de kering

Verder is de wens om de nieuwe methodiek uitlegbaar en simpel te houden. Geen extra werk, geen extra modellen.

Middelen van waterstandsverschillen

De wens is om hier streng te zijn en het uitgangspunt te kiezen: één afvoer afkeuren = alles afkeuren. Middelen wordt gezien als een zwakgebod, houdt 0 mm overal aan. Daarnaast is de wens om slechts één afvoer door te rekenen, dus dan is middelen niet aan de orde.

Voorbeeldprojecten

De voorkeur vanuit HKV gaat uit naar een project waar de vorm van de golf een rol speelt. RWS ZN stelt voor de Lus van Linne te nemen. Deze toetsing heeft HKV uitgevoerd: Anne Wijbenga. Daarnaast is de wens vanuit HKV om de schematisaties van een klein project te ontvangen om te gebruiken ter illustratie van de methodiek.

Beoordelingscriteria

Tijd

Niet meer dan nu. Momenteel worden er (gemiddeld) twee afvoeren doorgerekend (1/250 of 1/1250). Wanneer niet overstroombare Maaskades worden gebruikt is één afvoer doorrekenen de wens.

Daarnaast wordt er aangegeven dat er onderscheid zou kunnen worden gemaakt tussen de te gebruiken variant op basis van het doel. Een simpele variant (1) bij vergunningsaanvragen, en één keer per jaar variant 5 doorrekenen voor de monitoring, om zo een gedetailleerd beeld te krijgen. Deze jaarlijkse monitoring is overigens niet formeel. Eens in de 12 jaar wordt een toetsing uitgevoerd waarbij formele conclusies worden getrokken.

Nauwkeurigheid

Zodanig dat de ingreep fatsoenlijk kan worden gemodelleerd. Dit aspect ziet RWS ZN vooral terugkomen in de nauwkeurigheid van de modellen. Niet meer nauwkeurigheid proberen te creëren dan met onze kennis en gegevens logisch is. Wederom geen geotechniek meenemen dus.

Complexiteit

We moeten het zelf kunnen uitvoeren, en we moeten het aan de burger uit kunnen leggen. Liefst geen sterkte aspecten dus zoals piping.

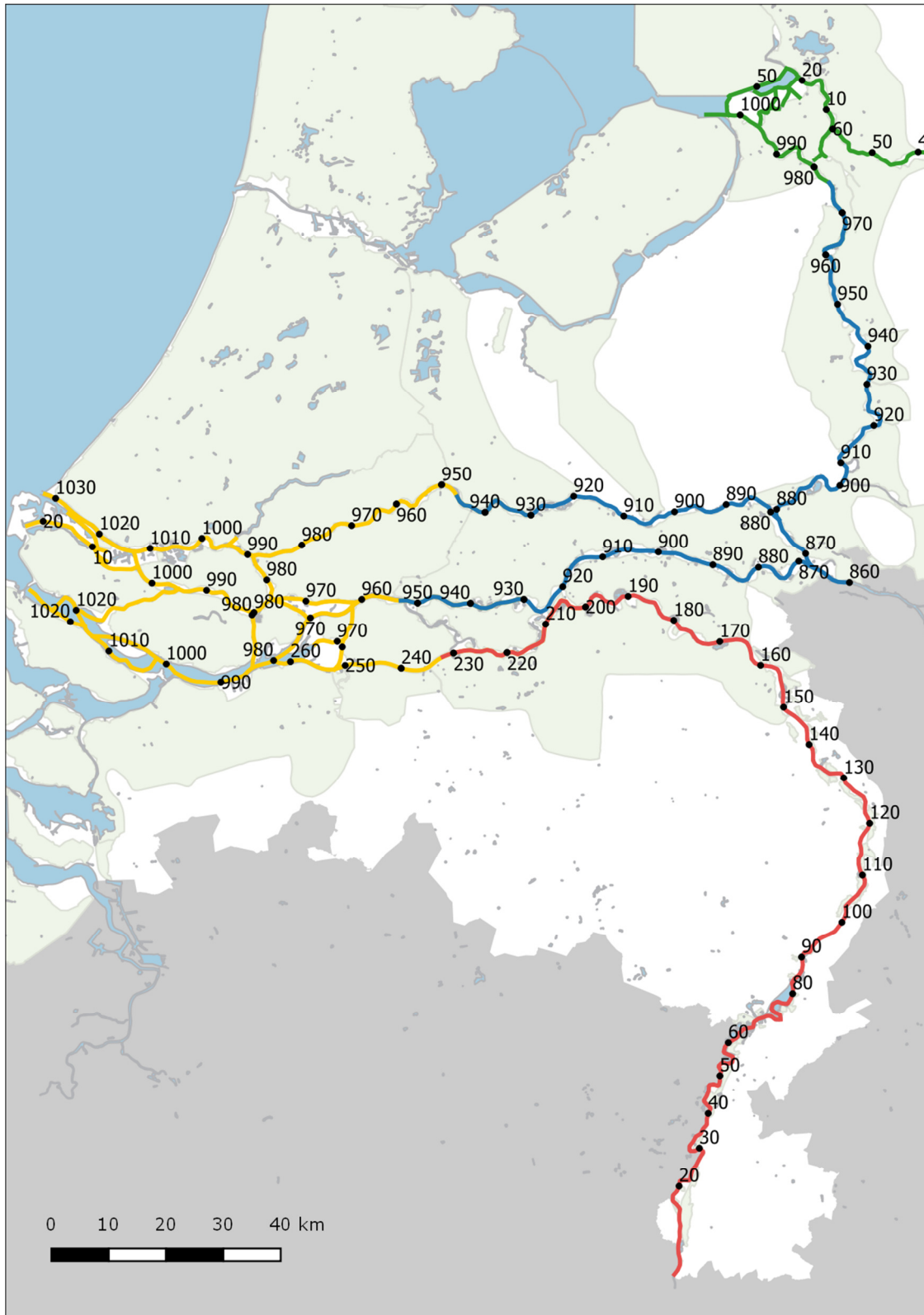
Overige vragen en opmerkingen

RWS ZN wordt graag op de hoogte gehouden van de testcasesresultaten.

Overzicht afspraken

nr:	wie	Wat	voor wie	wanneer
1	RWS WNZ	Zoekt een of meer cases uit om te behandelen als testcase en stuurt deze naar HKV	HKV	Voor 13-05 (als mogelijk)
2	RWS ON	Zoekt een of meer cases uit om te behandelen als testcase en stuurt deze naar HKV	HKV	Voor 13-05 (als mogelijk)
3	RWS ZN	Zoekt een of meer cases uit om te behandelen als testcase en stuurt deze naar HKV	HKV	Voor 13-05 (als mogelijk)

Bijlage B Rivierkilometers



Figuur B - 1: Rivierkilometers langs de binnen de nieuwe hoogwaterreferentie behandelde riviertakken

Bijlage C Methode conditionele illustratiepunten

Als onderdeel van het Rivierkundig Beoordelingskader is een beoordelingsmethode voor de overgangsgebieden ontwikkeld, waarmee relatief eenvoudig het effect van een maatregel op de toetspeilen kan worden bepaald. Het betreft hier 'kleinschalige' maatregelen die in principe de toetspeilen niet mogen veranderen. Voor grote ingrepen in het riviersysteem, bijvoorbeeld het Reevediep, biedt deze methode wiskundig gezien onvoldoende nauwkeurigheid. De methode is gebaseerd op het gebruik van aanvullende illustratiepunten, namelijk conditioneel op de afvoer. Deze berekeningswijze op basis van zogenaamde 'conditionele illustratiepunten' is beschreven in [Geerse, 2008ab].

Op dit moment kunnen met de Hydra-modellen illustratiepunten worden bepaald. Een illustratiepunt is een combinatie van hydraulische belastingen die het meest waarschijnlijk is bij het overschrijden van het toetspeil. Voor de benedenrivieren bestaat deze 'meest waarschijnlijke set van randvoorwaarden' uit een afvoerniveau, een windsnelheid, een windrichting en een zeewaterstand. Deze illustratiepunten worden per keringstoestand (van bijvoorbeeld de Europoortkering in het benedenriviereengebied, of de Ramspolkering in de Vecht-IJsseldelta) bepaald: voor een goed functionerende en voor een falende kering.

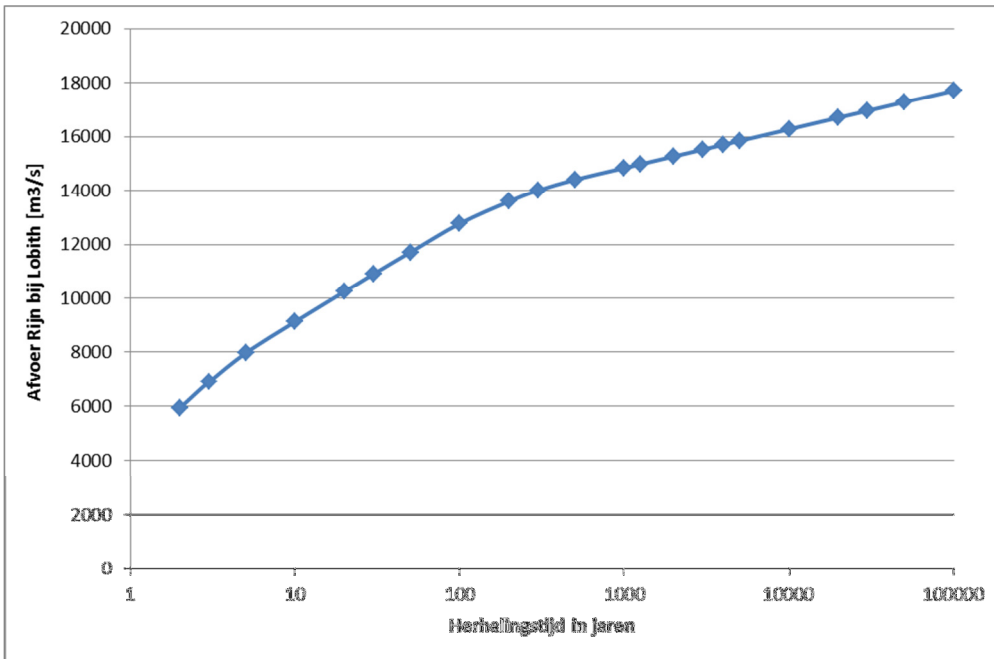
Dergelijke illustratiepunten kunnen in principe gebruikt worden om het effect van een bepaalde (waterstandsverlagende) maatregel te bepalen. Daartoe berekenen we op basis van een set hydraulische randvoorwaarden het toetspeil (tevens de waterstand in het illustratiepunt). Vervolgens wordt de berekening herhaald met dezelfde set randvoorwaarden, waarbij de maatregel is uitgevoerd. Het verschil in de toetspeilen levert (eventueel na een zekere weging over de keringtoestanden) het effect van de maatregel.

Een beperking van deze aanpak is dat een illustratiepunt gebaseerd is op die ene "meest waarschijnlijke combinatie", zodat slechts één afvoer wordt beschouwd. Zeker in de overgangsgebieden is echter bekend dat extreem hoge waterstanden kunnen optreden in het gehele afvoerbereik, waarbij zowel relatief vaak voorkomende als extreme afvoeren bedreigend zijn. Daarom is in [Geerse, 2008] een methode bedacht op basis van zogenaamde 'conditionele illustratiepunten'.

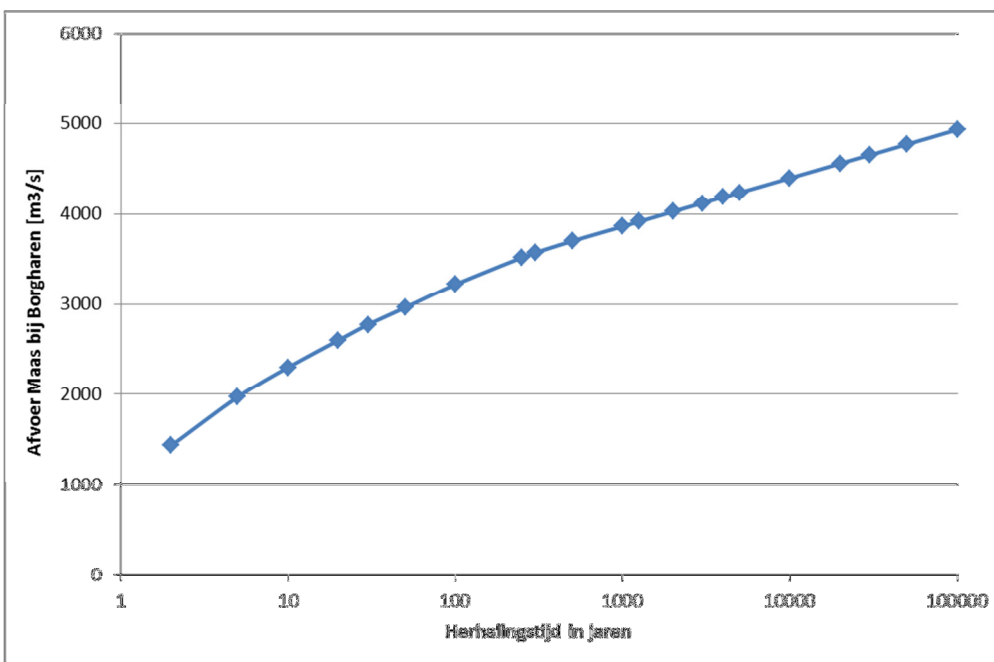
Het achterliggende idee is dat voor iedere set van randvoorwaarden het effect van een maatregel kan worden bepaald. Het uiteindelijke effect van de maatregel volgt door de effecten per afvoerklasse op de juiste manier te wegen, namelijk met de kans waarmee iedere afvoerklasse voorkomt. De methode is nadrukkelijk een benaderende methode, waarbij met een relatief klein aantal slim gekozen berekeningen het effect van een maatregel op het toetspeil kan worden bepaald. Het aantal benodigde berekeningen is weliswaar groter dan het aantal berekeningen op basis van alleen de standaard illustratiepunten uit de Hydra-modellen, maar veel kleiner dan het aantal dat nodig is voor een volledige probabilistische aanpak (waarvoor al gauw duizenden berekeningen nodig zijn).

Bijlage D Grade werklijn

De gebruikte werklijn uit GRADE is een werklijn zonder onzekerheden. Onzekerheden in de statistiek en in de gebruikte modellen worden via een onzekerheidstoeslag op de waterstanden meegenomen. De werklijn van het zichtjaar 2015 is gebruikt, omdat de hoogwaterreferentie voor de periode 2017-2023 toegepast gaat worden. Hierbij dient te worden opgemerkt dat de gebruikte werklijn nog niet officieel is vastgesteld.



Figuur D-1: Grade werklijn Rijn.



Figuur D-2: Grade werklijn Maas

Bijlage E Toepassing nieuwe hoogwaterreferentie op cases

E.1 Inleiding

Deze bijlage heeft als doel inzicht te verschaffen in de toepassing van de varianten. Ook heeft het als doel om een uiteindelijke keuze voor een eenvoudige beoordelingsregel voor de beoordeling van nieuwe initiatieven en ontwikkelingen te maken.

RWS heeft een aantal cases aangedragen. De cases zijn zodanig gekozen dat ook een aantal regiospecifieke aspecten beschouwd worden. Tabel E-1 geeft een overzicht van de cases inclusief de regiospecifieke aspecten.

Case	Korte beschrijving case	Interessant omdat:	
1	Scherpekamp (Huissensche Waarden)	Kadeverlaging met als doel 'verbeteren van de hoogwaterveiligheid'	In de buurt van splitsingspunt
2	Lus van Linne	Vaker laten meestromen van de Lus van Linne met als doel 'verbeteren van de hoogwaterveiligheid'	In de buurt van een retentiegebied
3	Bergambacht	Uitbreiding capaciteit overnachtingshaven	In het benedenrivierengebied
4	Fictieve case	Een verruwing in het lagere deel van de uiterwaard wordt gecompenseerd met een uitdieping in een hoger gedeelte	Tegengestelde waterstandseffecten bij verschillende afvoerniveaus

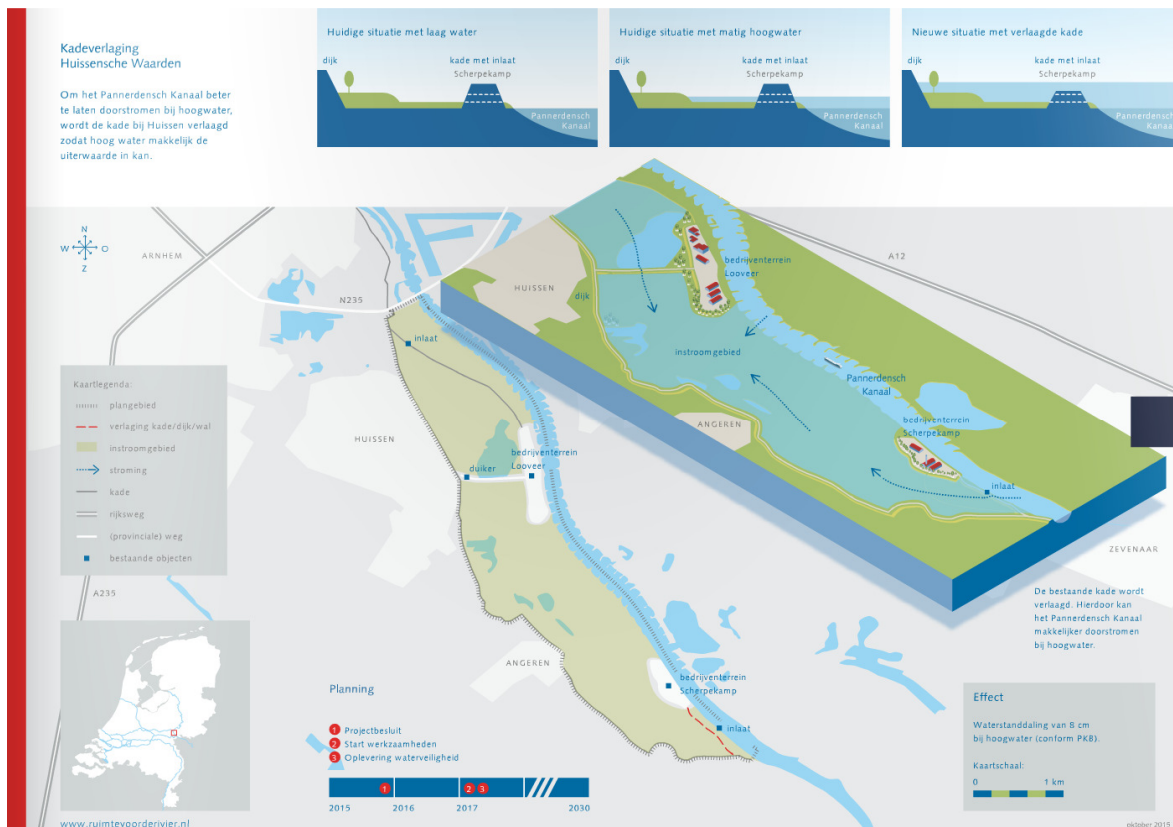
Tabel E-1: Overzicht van de regiospecifieke cases gekozen voor de toepassing van de varianten voor de nieuwe hoogwaterreferentie.

De nieuwe hoogwaterreferentie is ontwikkeld voor de vergunningverlening: het toetsen van initiatieven van anderen in het rivierengebied. Daarnaast is de nieuwe referentie ontwikkeld voor het beheer van het winterbed: het toetsen van autonome ontwikkelingen, zoals ontwikkeling van uiterwaardbegroeiing en het dichtslibben van geulen. De tabel laat zien dat de gekozen regiospecifieke cases daar niet allemaal bij aansluiten. Twee cases betreffen herinrichtingen van het rivierengebied ten behoeve van waterveiligheid (rivierverruiming).

E.2 Case Scherpekamp

E.2.1 Omschrijving

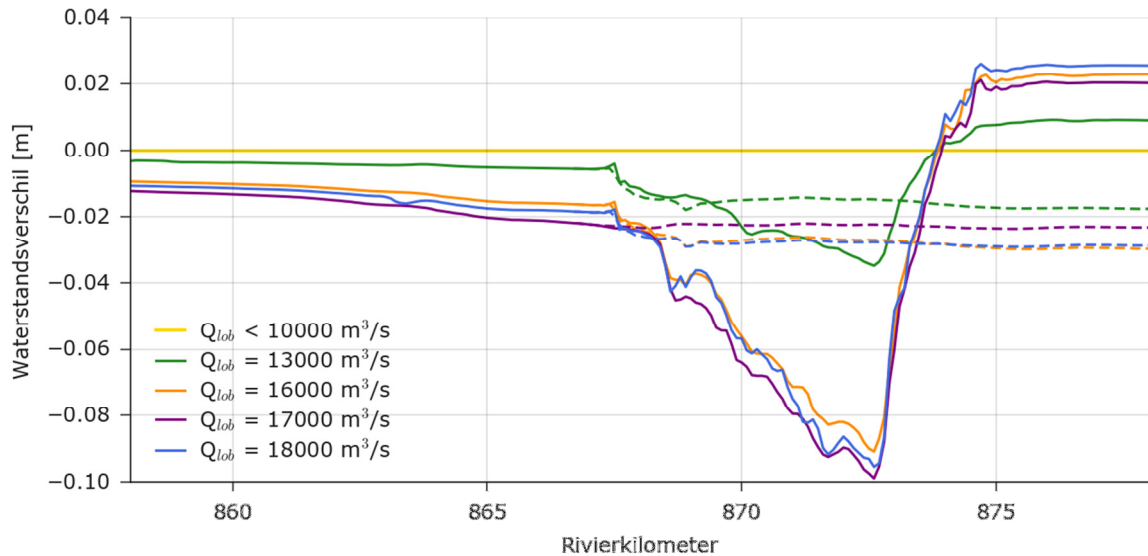
De case Scherpekamp is gelegen op de linkeroever van het Pannerdensch Kanaal, rond rivierkilometer (rkm) 873. Figuur E-3 bevat een overzichtsplaatje van de maatregel. Door de kade te verlagen wordt meer ruimte gegeven aan de rivier met als doel de hoogwaterveiligheid in het rivierengebied te garanderen. De taakstelling voor dit project is een waterstandsval van 10 centimeter op rkm 871. Deze case is gekozen vanwege de ligging vlakbij het splitsingspunt Pannerdensch Kop, waardoor het waterstandseffect van invloed is op de afvoerverdeling over het splitsingspunt.



Figuur E-3: Kadeverlaging Scherpekamp (Huissensche waarden (bron: ruimtevoordrivier.nl))

Deze case heeft betrekking op rivierverruiming en valt dus niet onder het 'rivierbeheer'. Er is in dit geval een taakstelling verbonden aan de kadeverlaging. Wel gelden de regels uit het Rivierkundig Beoordelingskader: de benedenstroomse effecten van de ingreep dienen zoveel mogelijk te worden geminimaliseerd en effecten op andere takken dienen zoveel mogelijk te worden voorkomen.

Als gevolg van de kadeverlaging gaan de waterstanden op de Bovenrijn en Waal omlaag, en langs het Pannerdensch Kanaal - benedenstrooms van de ingreep - omhoog. De waterstandseffecten door de ingreep ten opzichte van de situatie zonder ingreep zijn voor vijf afvoerniveaus weergegeven in Figuur E-4.



Figuur E-4: Waterstandseffecten door de ingreep ten opzichte van de situatie zonder ingreep bij vijf verschillende afvoeren. De doorgetrokken lijn heeft betrekking op de Bovenrijn en het Pannerdensch Kanaal; de stippellijn op de Waal.

E.2.2 Toepassing van varianten

De twee varianten uit hoofdstuk 4 zijn toegepast. Op basis van Figuur 4-2 en Figuur 4-3 zijn voor elke variant Bovenrijnafvoeren gekozen. Voor deze afvoeren zijn de waterstandseffecten op de Waal, Bovenrijn en het Pannerdensch Kanaal door de ingreep beoordeeld. Tabel E-2 geeft een overzicht van de gekozen afvoerniveaus per variant en het bijbehorende waterstandseffect.

Variant	Lobithafvoer [m ³ /s]	Maximale waterstands­daling [m]	Maximale waterstands­stijging [m]
Variant 1	5.000	0,00	0,00
	16.000	0,09	0,02
Variant 2	9.000	0,00	0,00
	17.000	0,10	0,02

Tabel E-2: Afvoerniveaus waarbij ingreep is beoordeeld en het waterstandseffect per variant is berekend.

Te zien is dat beide varianten eenzelfde beeld opleveren: afvoeren van 16.000 m³/s en hoger leveren een waterstandsverlaging op van 8 à 9 cm net bovenstrooms van de ingreep en een kleine waterstandsverhoging van 2 cm benedenstrooms van de ingreep. Binnen deze case treedt het waterstandseffect pas op vanaf afvoeren tussen 10.000 en 13.000 m³/s. Het doorrekenen van een afvoer kleiner dan 16.000 m³/s heeft weinig toegevoegde waarde.

E.2.3 Effect op de afvoerverdeling

De maatregel heeft – naast een effect op de waterstand - ook een effect op de afvoerverdeling over de takken. Dit effect is weergegeven in Tabel E-3. De tabel laat per variant het effect op de afvoerverdeling over de Waal (WA) en het Pannerdensch Kanaal (PK) zien. Beide varianten leveren eenzelfde beeld op: bij lage afvoeren is er nauwelijks een effect op de afvoerverdeling; bij hogere afvoeren is het effect op de afvoerverdeling bij de doorgerekende afvoerniveaus respectievelijk 44 m³/s en 53 m³/s.

Variant	Lobithafvoer [m ³ /s]	Referentie		Ingreep		Verschil	
		PK [m ³ /s]	WA [m ³ /s]	PK [m ³ /s]	WA [m ³ /s]	Abs. [m ³ /s]	Rel. [%]
Variant 1	5.000	1.508	3.492	1.508	3.492	0	0
	16.000	5.998	10.002	6.042	9.958	44	0,73
Variant 2	9.000	3.066	5.935	3.066	5.935	0	0
	17.000	6.493	10.507	6.546	10.454	53	0,82

Tabel E-3: Afvoerverdeling over het splitsingspunt Pannerdensche Kop: afvoer op het Pannerdensch Kanaal en op de Waal.

Logischerwijs zal het effect op de afvoerverdeling gelinkt zijn aan het waterstandseffect; hoe lager de waterstand op het Pannerdensch Kanaal, hoe meer afvoer deze riviertak trekt.

E.2.4 Conclusies case Scherpekamp

Voor de case Scherpekamp geldt dat beide varianten eenzelfde beeld geven. Op basis van deze case kan er dus geen voorkeur worden uitgesproken worden voor één van de varianten. Het doorrekenen van een afvoer met een grote herhalingstijd heeft in deze case weinig meerwaarde. De ingreep heeft pas een waterstandseffect bij hogere afvoeren.

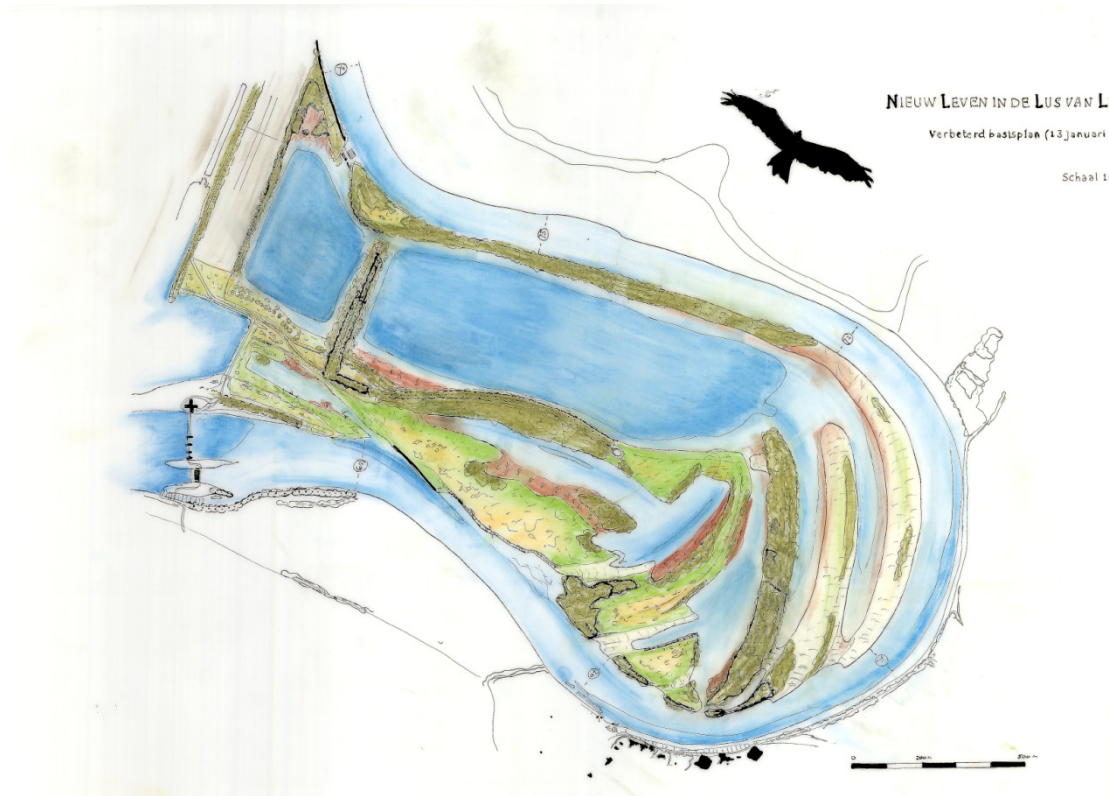
De locatie bij het splitsingspunt zorgt voor de volgende aandachtspunten:

- Er dient rekening te worden gehouden met het feit dat een ingreep effect kan hebben op de waterstanden op verschillende riviertakken en daardoor de afvoerverdeling kan beïnvloeden. In deze case geven de geselecteerde afvoerniveaus eenzelfde beeld, maar dit hoeft niet altijd het geval te zijn;
- Voor wat betreft de afvoerverdeling over het splitsingspunt geldt in de huidige vergunningverlening de eis dat de afvoerverdeling maximaal 5 m³/s mag wijzigen. In de nieuwe hoogwaterreferentie kan worden overwogen deze eis te schalen naar de afvoer waarbij getoetst wordt. Bijvoorbeeld: bij 16.000 m³/s geldt een eis van 5 m³/s en bij 10.000 m³/s kan deze eis worden aangescherpt naar 3 m³/s (grofweg drie vijfde van 16.000). Het is uiteindelijk aan Rijkswaterstaat om een keuze te maken over de te hanteren eis ten aanzien van toelaatbare wijzigingen in de afvoerverdeling.

E.3 Case Lus van Linne

E.3.1 Omschrijving

De case Lus van Linne heeft betrekking op de herinrichting van de Lus van Linne, gelegen langs de linkeroever van de Maas, rond rivierkilometer (rkm) 70 – voor een overzichtsplaatje wordt verwezen naar Figuur E-5. Het gebied zal door de ingreep al bij lagere hoogwaterstanden meestromen. De frequentie en mate van meestromen neemt toe. Door de ingreep neemt de afvoercapaciteit toe. Dit draagt bij aan de hoogwaterbescherming in het gebied. De Lus van Linne ligt naast een bestaand retentiegebied waarvan de werking van de inlaat beïnvloed wordt door de ingreep. Voor een dergelijke situatie is het van belang om effecten inzichtelijk te maken met een berekening met een dynamische afvoergolf.



Figuur E-5: Plan Lus van Linne (Wijbenga et al. 2010).

E.3.2 Toepassing van de varianten

De twee varianten uit hoofdstuk 4 zijn toegepast. Op basis van de uitwerking van de varianten in hoofdstuk 4 zijn per variant afvoeren gekozen voor de effectbepaling. Voor deze afvoeren zijn de waterstandseffecten op de Maas door de ingreep beoordeeld. Tabel E-4 geeft een overzicht van de gekozen afvoerniveaus per variant en het bijbehorende waterstandseffect.

Voor variant 1 is de beoordeling uitgevoerd voor een afvoer van 1.250 m³/s en een afvoer 3.560 m³/s. Dit komt overeen met een terugkeertijd van respectievelijk 1 en 300 jaar. Variant 2 rekent met een afvoer van 3.200 m³/s en 3.560 m³/s.

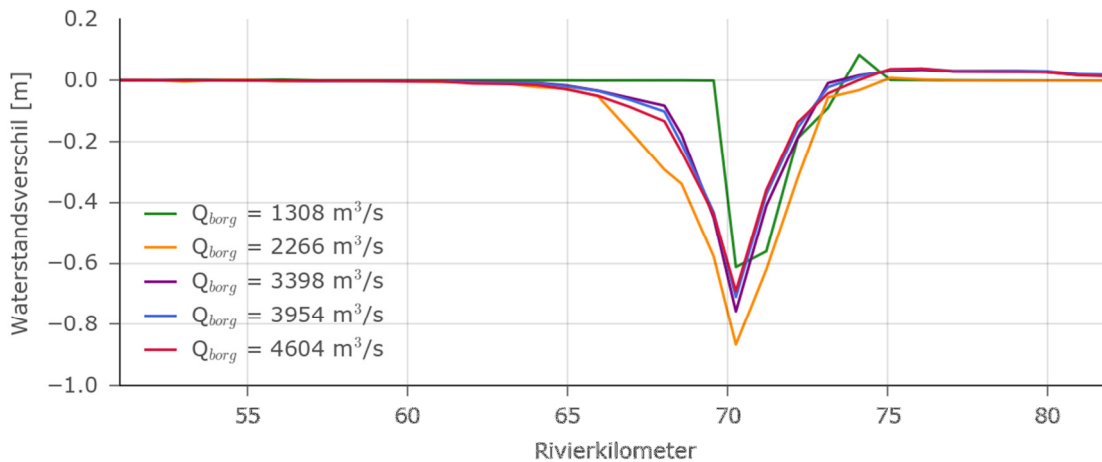
Variant	Afvoer Borgharen [m ³ /s]	Maximale waterstands­daling [m]		Maximale waterstands­stijging [m]	
		Golf	Stationair	Golf	Stationair
Variant 1	1.250	0,60	0,50	0,09	0,20
	3.560	0,74	0,70	0,04	0,11
Variant 2	3.200	0,81	0,73	0,00	0,11
	3.560	0,74	0,70	0,04	0,11

Tabel E-4: Afvoerniveaus waarbij ingreep is beoordeeld en het waterstandseffect per variant is berekend.

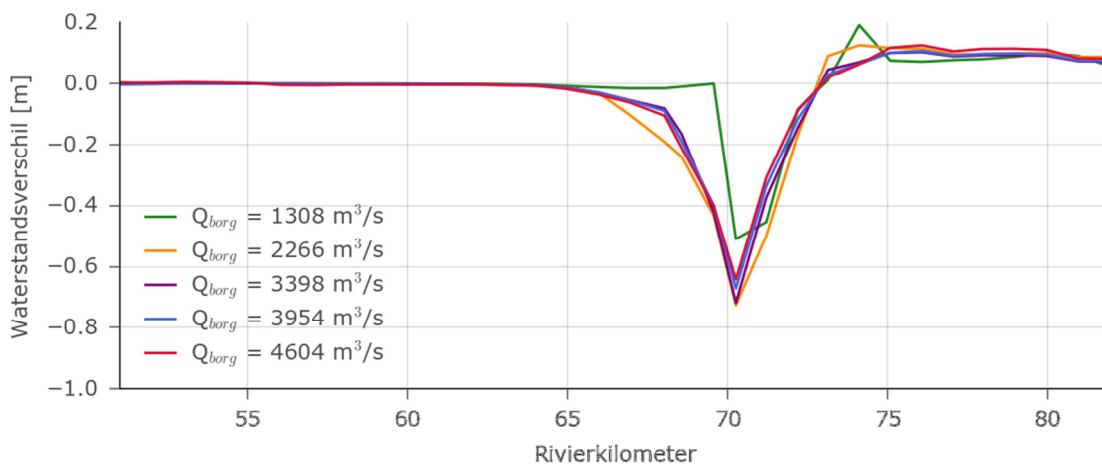
De tabel laat zien dat er al bij lagere afvoerniveaus een waterstandseffect optreedt. Dit waterstandseffect laat bij de verschillende doorgerekende afvoerniveaus eenzelfde beeld zien: een waterstandsverlaging bovenstrooms van de ingreep en een kleine waterstandsverhoging benedenstrooms van de ingreep. Voor een beoordeling van het waterstandsverhogend effect is het doorrekenen van een extra afvoerniveau niet noodzakelijk.

E.3.3 Stationair of golf

Als gevolg van de rivierverruiming in de Lus van Linne gaan de waterstanden bovenstrooms van de ingreep omlaag, en is er benedenstrooms van de ingreep een waterstandsverhoging. In het plangebied zijn redelijk wat retentiegebieden aanwezig, waarvan de werking wordt beïnvloed door de waterstandseffecten bij het instroompunt van de retentiegebieden. Om de effecten hiervan te bepalen is de case met een afvoergolf en een stationaire afvoer doorgerekend. De waterstandsverschillen bij het doorrekenen van een afvoergolf zijn weergegeven in Figuur E-6, die voor een stationaire afvoer in Figuur E-7.



Figuur E-6: Waterstandseffecten door de ingreep ten opzichte van de situatie zonder ingreep bij vijf verschillende dynamische berekeningen met een afvoergolf.



Figuur E-7: Waterstandseffecten door de ingreep ten opzichte van de situatie zonder ingreep bij vijf verschillende stationaire berekeningen met een constante afvoer.

Opvallend is dat de stationaire berekeningen kleinere waterstandsdalingen en grotere waterstandstoename laten zien. Dit is het gevolg van het opheffen van het retentie-effect in stationaire berekeningen (de retentiegebieden zitten vol). Voor een goede inschatting van de waterstand is het dus noodzakelijk om retentie mee te nemen.

E.3.4 Conclusies case Lus van Linne

Voor deze case geldt hetzelfde als voor de case Scherpekamp: beide varianten geven eenzelfde beeld. Binnen deze case treedt het waterstandseffect al wel op bij lagere afvoeren, alleen levert

dit eenzelfde op als het effect bij hogere afvoeren. Het doorrekenen van een tweede afvoer biedt dus geen nieuwe of afwijkende inzichten.

De case laat wel duidelijk zien dat de berekeningen met een afvoergolf andere resultaten geeft dan berekeningen met een stationaire afvoer. Het is aanbevolen om binnen de nieuwe hoogwaterreferentie met een afvoergolf te rekenen wanneer er een waterstandseffect bij de ingang van een retentiegebied zichtbaar is.

E.4 Case Bergambacht

E.4.1 Omschrijving

De case Bergambacht betreft een uitbreiding van de capaciteit van de overnachtingshaven Bergambacht. Deze case ligt in het benedenrivierengebied, wat betekent dat niet alleen de afvoer bepalend is voor de waterstand, maar ook de windsnelheid, windrichting, zeewaterstand en de sluitsituatie van de Europoortkeringen. Op deze case is de methode van conditionele illustratiepunten toegepast, zoals beschreven in het kader bij paragraaf 3.2. Het effect van het toepassen van de methode conditionele illustratiepunten ten opzichte van het gebruik van reguliere illustratiepunten wordt beschreven in paragraaf E.4.3.

E.4.2 Toepassing varianten

De twee varianten uit hoofdstuk 4 zijn toegepast. Op basis van de uitwerking van de varianten in hoofdstuk 4 zijn per variant herhalingstijden gekozen voor de effectbepaling. Voor deze herhalingstijden zijn de waterstandseffecten op de Lek door de ingreep beoordeeld. Tabel E-5 geeft een overzicht van de gekozen herhalingstijden per variant en het bijbehorende waterstandseffect. De combinatie van afvoer, zeewaterstand en wind horende bij de gekozen herhalingstijd is bepaald met de methode conditionele illustratiepunten (zie paragraaf E.4.3).

Variant	Herhalingstijd	Maximale waterstands­daling [m]	Maximale waterstands­stijging [m]
Variant 1	1	0,001	0,003
	6.500	0,008	0,014
Variant 2	10	0,001	0,003
	30.000	0,008	0,015

Tabel E-5: Herhalingstijden waarbij ingreep is beoordeeld en het waterstandseffect per variant is berekend.

Deze case laat een waterstandstoename tot 15 mm, en een daling tot 8 mm van de waterstand zien. De stijging is zeer lokaal, waardoor het voor de ingreep alsnog een sterk positief effect heeft op de waterveiligheid. De verschillende varianten laten een eenduidig beeld zien van de waterstandseffecten (zie Figuur E-8 en E-9).

E.4.3 Conditionele illustratiepunten

In deze case zijn conditionele illustratiepunten gebruikt om de waterstanden bij een bepaalde terugkeertijd te bepalen. Hiervoor is een Hydra-NL berekening uitgevoerd voor één locatie (DR16 Lek km 977-978 Locatie 01) nabij de overnachtingshaven. Als onderliggende database is CR2011 (Conceptrandvoorwaarden 2011) gebruikt. Verder is uitgegaan van de huidige situatie voor de statistiek. Er is dus niet met een klimaatscenario gerekend. Voor de locatie zijn de conditionele illustratiepunten berekend voor een aantal herhalingstijden, afhankelijk van de

sluitsituatie van de Europoortkeringen. De illustratiepunten zijn dus niet alleen conditioneel op de afvoer, maar ook op de sluitingssituatie van de keringen.

Ter illustratie is een overzicht van de conditionele illustratiepunten bij een herhalingstijd van 1.000 jaar gegeven in Tabel E-6. De reguliere illustratiepunten zijn ter vergelijking gegeven in tabel Tabel E-7.

		Q Lobith [m ³ /s]	Wind- richting	Zeewater- stand [m+NAP]	Wind- snelheid [m/s]	Kansbijdrage
Herhalingstijd	Europoort					
1000	open	4109	W	3,17	28	0,143
		13474	W	2,23	17	0,143
		15706	W	1,82	13	0,43
	gesloten	10607	W	2,85	23,7	0,141
		14363	W	2,24	16	0,141

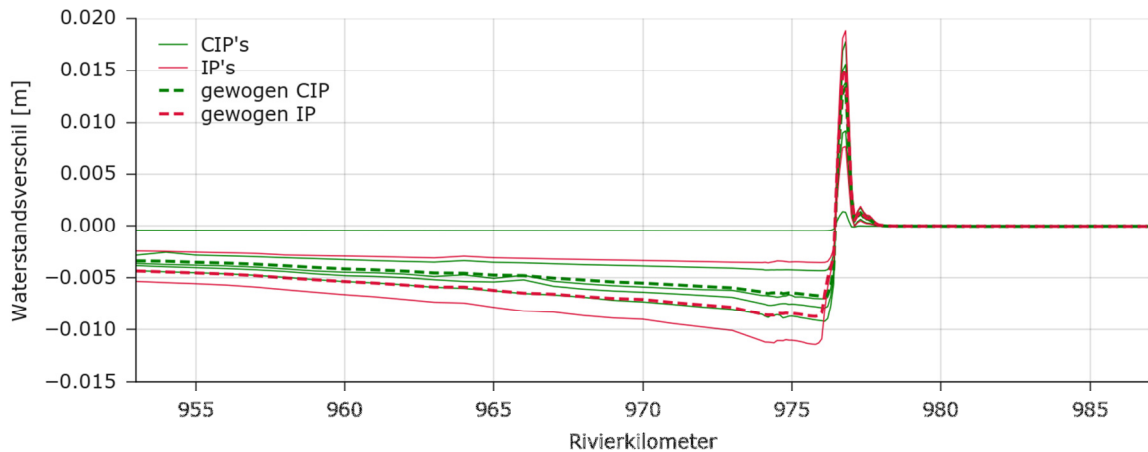
Tabel E-6: *Conditionele illustratiepunten (conditioneel op afvoer en keringssituatie).*

		Q Lobith [m ³ /s]	Wind- richting	Zeewater- stand [m+NAP]	Wind- snelheid [m/s]	Relatieve Kansbijdrage
Herhalingstijd	Europoort					
1000	open	16325	W	1.67	11	0.66
	gesloten	9750	W	3.01	24.8	0.34

Tabel E-7: *Reguliere illustratiepunten (conditioneel op keringssituatie).*

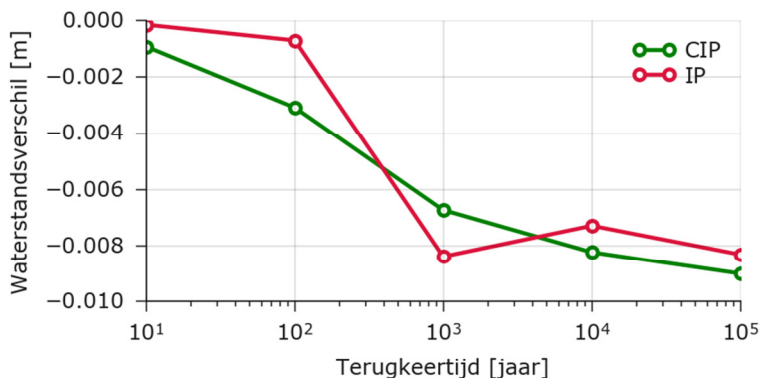
De conditionele illustratiepunten geven een breder beeld van de belastingsituaties. Bij een open kering bestaan de conditionele illustratiepunten ook uit lagere afvoeren, die ook een significante kans van voorkomen hebben.

Het waterstandsverloop uit de conditionele en reguliere illustratiepunten bij een herhalingstijd van 1.000 jaar is weergegeven in Figuur E-8. Hier geven de dunne doorgetrokken lijntjes het waterstandsverloop per (conditioneel) illustratiepunt aan, en de stippellijn het gewogen gemiddelde. In de figuur is te zien dat de conditionele illustratiepunten een beter onderbouwd beeld geven, wat in dit geval tot een lagere waterstand leidt.



Figuur E-8: Gemiddeld waterstandsverschil voor de conditionele illustratiepunten behorende bij een aantal herhalingstijden.

Voor de andere herhalingstijden is het ook duidelijk dat conditionele illustratiepunten een beter beeld geven. Zo laat Figuur E-9 de maximale waterstandsval zien bij verschillende herhalingstijden. De methode conditionele illustratiepunten geeft hier een eenduidige toename van de daling, wat conform de verwachting is. De reguliere illustratiepunten laten een grilliger beeld zien, wat fysisch niet goed verklaard kan worden.



Figuur E-9: Maximale waterstandsval voor verschillende terugkeertijden methoden.

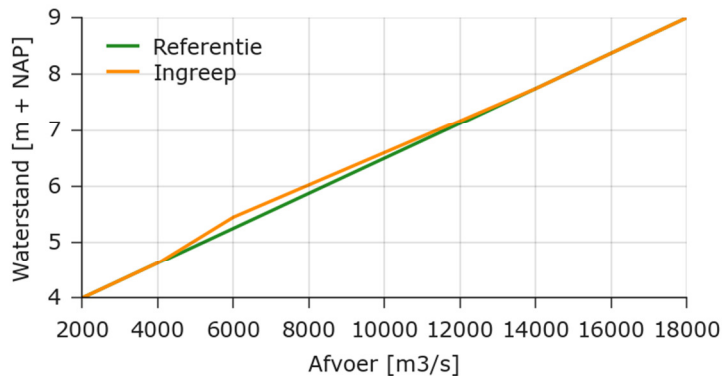
E.4.4 Conclusies

Op basis van deze case kan er geen duidelijke voorkeur uitgesproken worden voor één van de varianten. De resulterende waterstandseffecten zijn namelijk nagenoeg hetzelfde. Wat wel duidelijk naar voren komt in de case, is de voorkeur voor rekenen met conditionele illustratiepunten. De praktische invulling hiervan kan zijn dat de beheerders een aantal belastingcombinaties (laten) doorrekenen, in plaats van 'het' illustratiepunt.

E.5 Fictieve case vegetatieontwikkeling

E.5.1 Omschrijving

Binnen deze case wordt op de IJssel een fictieve maatregel toegepast die lokaal bij een lager afvoerbereik zorgt voor een waterstandsverhoging, die afneemt naarmate de afvoer toeneemt. Dit is gedaan door de afvoerwaterstandsrelatie ter hoogte van Deventer te manipuleren (Figuur E-10). In werkelijkheid kunnen dit soort situaties voorkomen door een verruwing in de uiterwaard die bij grotere waterstanden geen effect meer heeft. Dit is de reden om deze case meenemen.



Figuur E-10: Afvoerwaterstandsrelatie voor referentiesituatie en een situatie met verruwing

E.5.2 Toepassing varianten

De twee varianten uit hoofdstuk 4 zijn toegepast. Op basis van de uitwerking van de varianten in hoofdstuk 4 zijn per variant afvoerniveaus gekozen voor de effectbepaling. Voor deze afvoerniveaus zijn de waterstandseffecten door de verruwing beoordeeld. Tabel E-8 geeft een overzicht van de gekozen afvoeren per variant en het bijbehorende waterstandseffect.

Variant	Afvoer Lobith [m ³ /s]	Maximale waterstands­daling [m]	Maximale waterstands­stijging [m]
Variant 1	5.000	0.00	0.10
	16.000	0.00	0.00
Variant 2	9.000	0.00	0.13
	17.000	0.00	0.00

Tabel E-8: Afvoerniveaus waarbij ingreep is beoordeeld en het waterstandseffect per variant is berekend.

In deze case zijn er geen waterstandseffecten merkbaar bij de hogere afvoeren. Beide varianten geven wel eenzelfde beeld voor het effect bij de lagere afvoeren. Er komt dus wederom geen voorkeur voor een van de varianten uit, maar de relevantie van een lage afvoer meenemen komt in deze case wel naar voren.

E.5.3 Conclusie

Het effect van verruwing laat een waterstandtoename bij lagere afvoerniveaus zien. Deze case blijft een hypothetisch voorbeeld, het is in werkelijkheid onwaarschijnlijk dat een effect bij hogere afvoeren totaal niet merkbaar is. Het kan wel degelijk zo zijn het effect bij hogere afvoeren kleiner is dan bij lagere afvoeren. Omdat lagere afvoeren in de overstromingskansbenadering een belangrijkere rol spelen, is het sterk aan te raden om deze ook in de hoogwaterreferentie mee te nemen.



HKV lijn in water BV

Postbus 2120
8203 AC Lelystad

Botter 11-29
8232 JN Lelystad

0320 29 42 42
info@hkv.nl
www.hkv.nl