

Addendum I
bij de Leidraad Rivieren
t.b.v. het ontwerpen van rivierdijken



Ministerie van Verkeer en Waterstaat



Addendum I
bij de Leidraad Rivieren
t.b.v. het ontwerpen van rivierdijken

Inhoudsopgave

- 1. Algemeen 4**
 - 1.1 Aanleiding opstellen addendum 4
 - 1.2 Wettelijke status ontwerpleidraden 4
 - 1.3 De Leidraad Rivieren 4
 - 1.4 Inhoudelijke wijzigingen in ontwerptechnieken 5
 - 1.5 Vragen over toepassing Leidraad Rivieren 6
 - 1.6 Afbakening addendum 6
 - 1.7 Status addendum 7
 - 1.8 Leeswijzer addendum 7

- 2. Robuust Ontwerpen 8**
 - 2.1 Inleiding 8
 - 2.2 Toeslag op de ontwerpwaterstand 8
 - 2.3 Invulling van het begrip uitbreidbaarheid 9

- 3. Sterkteregels 10**
 - 3.1 Inleiding 10
 - 3.2 Actualisatie van de partiële factoren 10
 - 3.2.1. Achtergrond 10
 - 3.2.2. Toepassing van de schematiseringsfactor 11
 - 3.3 Ontwerpmethode voor grasbekleding op buitentalud 12
 - 3.3.1. Aanleiding 12
 - 3.3.2. Functies van bekledingen op het buitentalud 13
 - 3.3.3. Ontwerpregel 13
 - 3.3.4. Onderbouwing 15
 - 3.3.5. Grasbekleding op zandige ondergrond 15
 - 3.4 Toelaatbaar overslagdebiet 16
 - 3.5 Kruinbreedte 17

- 4. Ontwerpbelastingen 18**
 - 4.1 Inleiding 18
 - 4.2 Algemene lijn voor ontwerpbelastingen 18
 - 4.3 Overzicht van toekomstige ontwikkelingen 19
 - 4.3.1. Toeslagen voor klimaatontwikkelingen 19
 - 4.3.2. Toeslagen voor autonome ontwikkelingen 21
 - 4.3.3. (Negatieve) toeslagen voor maatregelen in het kader van Ruimte voor de Rivier 21
 - 4.3.4. Extra toeslagen voor robuust ontwerpen 21
 - 4.4 Werkwijze voor het bepalen van ontwerpbelastingen 21

- Bijlage A Ontwerpwaterstanden op de as van de rivier 24**
 - A.1 Uitgangspunten bij de bepaling van ontwerpwaterstanden 24
 - A.2 Ontwerpwaterstanden op de as van de rivier 24

1. Algemeen

1.1 Aanleiding opstellen addendum

Eind 2007 is de Leidraad Rivieren vastgesteld. Deze leidraad geldt als ontwerpleidraad voor de maatregelen die onder andere in het kader van Ruimte voor de Rivier en het Hoogwaterbeschermingsprogramma worden voorbereid. Bij een eerste toepassing van de Leidraad Rivieren op een aantal dijkversterkingprojecten zijn vragen omtrent de toepassing van de Leidraad Rivieren ontstaan. Dit addendum beoogt deze vragen te beantwoorden en geeft daar waar nodig een aanscherping op de Leidraad Rivieren.

1.2 Wettelijke status ontwerpleidraden

In de Wet op de Waterkering staat dat de Minister van Verkeer en Waterstaat zorg draagt voor de totstandkoming en het aanbieden van technische leidraden voor het ontwerp, het beheer en het onderhoud van primaire waterkeringen. Deze technische leidraden strekken tot aanbeveling ten behoeve van degenen die met het beheer en het toezicht zijn belast. Het onverkort volgen van de leidraden is niet verplicht, onder andere omdat al te stringent vasthouden aan de leidraad ertoe kan leiden dat mogelijkheden voor optimaal maatwerk onbenut blijven. Wel is het aan te bevelen leidraden zoveel mogelijk te volgen bij het ontwerpen van maatregelen. De leidraden bevatten namelijk de beste algemeen geaccepteerde technische kennis.

1.3 De Leidraad Rivieren

De rivierdijken moeten voldoen aan de wettelijke normen voor de bescherming tegen overstromingen. Om uniformiteit te brengen in het ontwerpen en versterken van dijken heeft de voormalige Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen (TAW) leidraden voor het ontwerpen van rivierdijken uitgebracht. In 1985 is de leidraad voor het bovenrivierengebied (TAW, 1985) gereedgekomen en vier jaar later de leidraad voor het benedenrivierengebied (TAW, 1989). In 1994 is de Handreiking Constructief ontwerpen (TAW, 1994) uitgebracht, waarin reeds op enkele aspecten van het ontwerpen van rivierdijken nader is ingegaan. In 2001 is het Technisch Rapport Waterkerende Grondconstructies (TAW, 2001) uitgebracht, waarin de technische kennis voor het ontwerpen van dijken is gebundeld. De twee leidraden en de handreiking zijn in de afgelopen twintig jaar de basis geweest voor versterking van bijna alle rivierdijken in Nederland.

Sinds het uitbrengen van de twee leidraden en de handreiking is nieuwe kennis beschikbaar gekomen over dijkversterkingen. Ook zijn

de maatschappelijke wensen en het beleid voor de bescherming tegen overstromingen veranderd: een veiligheidsprobleem leidt niet meer automatisch tot dijkversterking maar bij voorkeur tot rivierverruiming. Bij het oplossen van veiligheidsproblemen is het verbeteren van de ruimtelijke kwaliteit tegenwoordig vaak een tweede doelstelling. Inmiddels zijn de normen voor de bescherming tegen overstromingen in de Wet op de waterkering (Staatsblad, 1996 en aanpassing in 2005) vastgelegd. Door deze veranderingen waren de twee leidraden en de handreiking toe aan herziening.

De Leidraad Rivieren is eind 2007 vastgesteld door de staatssecretaris van Verkeer en Waterstaat. Bij de Leidraad Rivieren horen:

- Technisch Rapport ontwerpbelastingen voor het rivierengebied (TROB)
- Technisch Rapport Ruimtelijke Kwaliteit (TRRK)
- Addendum op het Technische Rapport Waterkerende Grondconstructies (Addendum TRWG)

De belangrijkste veranderingen in de nieuwe leidraad zijn:

- *Dijkversterking én ruimte voor de rivier*
Verruiming van het rivierbed is een volwaardig alternatief voor dijkversterking geworden. De nieuwe leidraad behandelt beide typen maatregelen.
- *Veiligheid én ruimtelijke kwaliteit*
Veiligheidsmaatregelen moeten tegenwoordig ook vaak verbetering van de ruimtelijke kwaliteit opleveren (integrale gebiedsontwikkeling). De nieuwe leidraad geeft daar handvatten voor.
- *Actuele informatie*
De nieuwe leidraad bevat actuele informatie over beleid, wetgeving en ontwerptechnieken. In § 1.4 wordt nader ingegaan op de wijzigingen in ontwerptechnieken
- *Van verkenning tot en met beheer*
De opzet van de nieuwe leidraad is systeemgericht en biedt richtlijnen voor het gehele traject van verkenning tot en met beheer en onderhoud. Details staan in technische rapporten.

De Leidraad Rivieren strekt dus tot aanbeveling bij het ontwerpen van rivierdijken. Bij discrepantie met oudere en of bestaande leidraden prevaleert altijd de nieuwste.

1.4 Inhoudelijke wijzigingen in ontwerptechnieken

De belangrijkste wijzigingen in ontwerptechnieken in de Leidraad Rivieren hebben betrekking op:

- *De implementatie van het concept Robuust Ontwerpen*
Volgens dit concept wordt in het ontwerp rekening gehouden met toekomstige ontwikkelingen en onzekerheden, zodat het uitgevoerde ontwerp tijdens de planperiode blijft functioneren zonder dat ingrijpende en kostbare aanpassingen noodzakelijk zijn, en wordt er voor gezorgd dat het ontwerp uitbreidbaar is

indien dat economisch verantwoord is. Op dit concept wordt verder ingegaan in hoofdstuk 2.

- *De actualisatie van de partiële factoren ten behoeve van het geotechnische ontwerp*

In het verleden bestonden verschillende sets partiële factoren die gebruikt werden om de vereiste geotechnische stabiliteit van dijken te bepalen. In het Addendum op het Technische Rapport Waterkerende Grondconstructies wordt een nieuwe methodiek beschreven en zijn de verschillende sets partiële factoren vervangen door één set.

Om de impact van de bovengenoemde wijzigingen te kunnen inschatten is voor vaststelling van de Leidraad Rivieren een aantal cases uitgewerkt. Hieruit volgde dat toepassing van het concept robuust ontwerpen meestal leidt tot omvangrijkere dijken en dat bij de juiste toepassing van de nieuwe set partiële factoren er geen sprake hoeft te zijn van een trendbreuk (lees; verzwaring) ten opzichte van de vroegere ontwerpmethodes.

1.5 Vragen over toepassing Leidraad Rivieren

Naar aanleiding van een eerste toepassing van de Leidraad Rivieren bij het ontwerpen van rivierdijken in de praktijk is de indruk ontstaan dat de inhoudelijke wijzigingen ten opzichte van de voorheen gebruikte ontwerpmethodes leiden tot een significante verzwaring van dijkontwerpen. De oorzaak van deze verzwaring wordt met name gezocht in de hierboven beschreven wijzigingen van robuust ontwerpen en partiële factoren in combinatie met de volgens het TROB te hanteren uitgangspunten voor het bepalen van ontwerpbelastingen. Dit beeld klopt voor wat betreft het concept robuust ontwerpen. Bij nadere beschouwing blijkt dat met name onduidelijkheden over de juiste toepassing van de nieuwe set partiële factoren bij de geotechnische ontwerpmethodes alsmede onduidelijkheid over het afleiden van ontwerpbelastingen leidt tot onnodig zwaardere dijkontwerpen. Daarbij blijkt dat de methode voor het ontwerp van grasbekledingen en kleilagen op buitentaluds niet toereikend is doordat door rivierverruiming er meer golfaanval kan optreden op de dijken dan waar in het verleden rekening mee werd gehouden.

In de Leidraad Rivieren wordt geen maat gegeven voor de minimale kruinbreedte. En tenslotte laat de ontwerpmethodes ter bepaling van het toelaatbare overslagdebiet ruimte voor verschillende keuzes.

1.6 Afbakening addendum

Dit addendum beoogt de vragen, zoals beschreven in de vorige paragraaf, te beantwoorden en geeft daar waar nodig een aanscherping op de Leidraad Rivieren.

Dit addendum is:

- *Uitsluitend bedoeld voor toepassing bij het ontwerpen van rivierdijken;*

-
- *Bedoeld om te gebruiken in combinatie met de Leidraad Rivieren en andere vigerende leidraden. Bij discrepantie tussen dit addendum en een van de leidraden prevaleert dit addendum;*
 - *Gebaseerd op de Leidraad Rivieren en andere vigerende leidraden en gaat dus uit van het huidige beleid, de huidige normen en bestaande kennis en modellen:*
 - *uitgegaan wordt van het beleid dat in de nabije en verdere toekomst waterstandverhogingen zoveel mogelijk gecompenseerd worden door rivierverruiming en andere maatregelen;*
 - *uitgegaan wordt van het beleidsvoornemen om de spuicapaciteit in de Afsluitdijk te verhogen;*
 - *Niet van toepassing voor het ontwerpen van de Maaskaden;*
 - *Bedoeld als verduidelijking en aanscherping op alleen die punten waarbij dat nodig is gebleken: robuust ontwerpen, sterkere regels en ontwerpbelastingen.*

1.7 Status addendum

Dit addendum heeft dezelfde status als vigerende ontwerp leidraden en strekt dus tot aanbeveling voor het ontwerp. De uitgangspunten die in dit addendum worden beschreven, worden ook gebruikt door Rijkswaterstaat om dijkontwerpen te beoordelen in het kader van het programma Ruimte voor de Rivier en het Hoogwaterbeschermingsprogramma. Bij deze beoordeling is het belangrijk dat, als bij het ingediende dijkontwerp wordt afgeweken van uitgangspunten in dit addendum, dit ontwerp kan worden vergeleken met een dijkontwerp dat strikt volgens de uitgangspunten in dit addendum is opgesteld. Wanneer wordt afgeweken van deze uitgangspunten dan dienen de afwijkingen ten opzichte van een ontwerp volgens de uitgangspunten in dit addendum derhalve te worden gekwantificeerd en gemotiveerd.

1.8 Leeswijzer addendum

In het vervolg van dit addendum wordt op de benoemde vragen ingegaan:

- *Toepassing concept robuust ontwerpen, hoofdstuk 2*
- *Toepassing nieuwe geotechnische ontwerp methode, i.c. de toepassing van de schematiseringfactor, paragraaf 3.2*
- *Voorlopige ontwerp regel voor grasbekleding, paragraaf 3.3*
- *Keuze tussen verschillende toelaatbare overslagdebieten, paragraaf 3.4*
- *Afleiding ontwerpbelastingen, hoofdstuk 4*

2. Robuust Ontwerpen

2.1 Inleiding

De Nederlandse samenleving en het landschap veranderen voortdurend en het tempo van die veranderingen lijkt steeds hoger te worden. Inschattingen van het verloop van deze veranderingen zijn omgeven met onzekerheden. Een goed ontwerp van een dijkversterking is voldoende 'robuust' om dit soort onzekerheden op te vangen.

In hoofdstuk 5 van deel 1 van de Leidraad Rivieren wordt het concept robuust ontwerpen dan ook als volgt verwoord:

'Goed (robuust) ontwerpen betekent: in het ontwerp rekening houden met toekomstige ontwikkelingen en onzekerheden, zodat het uitgevoerde ontwerp tijdens de planperiode blijft functioneren zonder dat ingrijpende en kostbare aanpassingen noodzakelijk zijn, en dat het ontwerp uitbreidbaar is indien dat economisch verantwoord is.'

De aspecten waar voor wat betreft de toekomstige ontwikkelingen rekening mee moet worden gehouden, worden uitgewerkt in de Leidraad Rivieren. De aspecten die betrekking hebben op ontwerpbelastingen worden verder gekwantificeerd in het TROB.

De uitwerking van het concept robuust ontwerpen in de Leidraad Rivieren wordt door gebruikers over het algemeen helder ervaren. In dit addendum worden de volgende aspecten verduidelijkt:

- Toeslag op de ontwerpwaterstand;
- Invulling van het begrip uitbreidbaarheid.

2.2 Toeslag op de ontwerpwaterstand

Het concept robuust ontwerpen gaat uit van het rekening houden met onzekerheden in de huidige en toekomstige ontwikkelingen in de planperiode van het ontwerp (minimaal 50 jaar). Het meenemen van onzekerheden in het ontwerp leidt over het algemeen tot een verzwarende van het ontwerp. De mate van verzwarende, uitgedrukt in een hogere ontwerpwaterstand, kan worden bepaald door een goed onderbouwde analyse van de onzekerheden.

Omdat dit zeer specialistische kennis vereist, wordt in het TROB voor het rivierengebied een toeslag op de ontwerpwaterstand voorgeschreven van 30 cm. Deze toeslag is onafhankelijk van de planperiode van het dijkontwerp. De ontwerper kan van deze toeslag afwijken als uit een probabilistische analyse, waarin alle relevante onzekerheden omtrent het bepalen van ontwerpwaterstanden zijn meegenomen, blijkt dat de toeslag niet passend is. Tevens wordt voor

het benedenrivierengebied ruimte gegeven om de toeslag te baseren op de zgn. dijkkringbenadering voor de bepaling van de dijktafelhoogte, zoals beschreven in de Leidraad voor het rivierengebied, deel 2 – benedenrivierengebied (LOR2).

De robuustheidtoeslag van 30 cm staat los van de bij het ontwerp te hanteren waakhogte.

Het toepassen van de robuustheidtoeslag betekent niet dat het onderhoud van het doorstroomprofiel van de rivier minder belangrijk is. Het op diepte houden van nevengeulen en verlaagde uiterwaarden is essentieel voor de levensduur van de te ontwerpen waterkering en houdbaarheid van de veiligheid in zijn algemeenheid.

Met nadruk wordt gesteld dat het niet de bedoeling is dat de toeslag van 30 cm opgeteld wordt bij een toeslag bepaald door een onzekerhedenanalyse of de dijkkringbenadering.

2.3 Invulling van het begrip uitbreidbaarheid

In paragraaf 5.4 van deel 1 van de Leidraad Rivieren wordt het begrip uitbreidbaarheid behandeld. De essentie van uitbreidbaarheid is dat er altijd rekening mee moet worden gehouden dat in de toekomst een 'zwaarder' ontwerp voor de waterkering nodig is. Redenen voor een zwaarder ontwerp kunnen bijvoorbeeld versnelde klimaatsverandering, scherpere normen of nieuwe inzichten zijn. Het is maatschappelijk ongewenst dat het oorspronkelijke ontwerp deze verzwarende omstandigheden onmogelijk of onevenredig duur maakt. Voor een goed (robuust) ontwerp is het nodig te onderzoeken of het economisch en maatschappelijk aantrekkelijk is het ontwerp zo uit te voeren dat het in de toekomst gemakkelijk uit te breiden is om aan de zwaardere eisen te voldoen.

Het zal duidelijk zijn dat deze invulling veel ruimte laat. Essentieel is echter dat in de uitwerking rekening wordt gehouden met economische en/of maatschappelijke belangen.

Het ontwerp dient onderbouwd in te gaan op de economische en maatschappelijke afweging tussen investeren op de korte en investeren op de lange termijn.

Tot slot wordt opgemerkt dat uitbreidbaarheid van kunstwerken zeer belangrijk is. Daarom wordt vaak voor kunstwerken een planperiode van 100 jaar (zie par. 5.2.2 in de Leidraad Rivieren) aangehouden.

3. Sterkteregels

3.1 Inleiding

Ten opzichte van de eerder vigerende Leidraden voor het ontwerp van rivierdijken deel 1 en 2, de Handreiking Constructief Ontwerpen en het Technisch Rapport Waterkerende Grondconstructies zijn er op het gebied van sterkteregels voor het ontwerp van rivierdijken slechts enkele wijzigingen doorgevoerd met het uitbrengen van de Leidraad Rivieren.

In dit addendum worden vier aspecten nader ingevuld ten opzichte van de Leidraad rivieren en andere vigerende leidraden.

De belangrijkste daarvan is de actualisatie van de partiële factoren.

Daarnaast wordt in het vervolg ingegaan op de ontwerpmethode voor grasbekleding op het buitentalud van rivierdijken, de ontwerpmethode voor de bepaling van het toelaatbare overslagdebiet en de eisen die met betrekking tot de veiligheid aan de kruinbreedte worden gesteld.

3.2 Actualisatie van de partiële factoren

3.2.1. Achtergrond

De aanleiding voor het actualiseren van de partiële factoren (materiaalfactoren, schadefactor, modelfactor en schematiseringsfactor) is het verschil in gemeten schuifsterkte met behulp van celproeven en met behulp van triaxiaalproeven. In de Leidraden voor het ontwerpen van rivierdijken werd hiermee rekening gehouden door enigszins verschillende sets materiaalfactoren voor de schuifsterkte, afhankelijk van het voor de bepaling ervan gebruikte proeftype.

Uit een later uitgevoerd vergelijkend onderzoek, naar aanleiding van het afschaffen van celproeven, bleek dat de verschillen tussen uitkomsten van deze proeftypen groter zijn dan vermoed werd bij het opstellen van de Leidraden voor het ontwerpen van rivierdijken. Met als gevolg dat de verschillen in materiaalfactoren in de Leidraden voor het ontwerpen van rivierdijken niet het werkelijke verschil in proefuitkomsten (kunnen) verdisconteren. In het benedenriviergebied is de ontwerppraktijk bij dijkversterking gestoeld op empirie met celproeven, terwijl die in het bovenriviergebied gestoeld is op empirie met triaxiaalproeven. Omdat de partiële factoren in beide delen van de Leidraden voor het ontwerpen van rivierdijken afgeijkt zijn aan de empirie in deze gebieden, moet derhalve geconcludeerd worden dat in de loop der tijd verschillende ontwerpbenaderingen voor de twee gebieden zijn ontstaan.

Om deze verschillen te verdisconteren, is onder auspiciën van de toenmalige Technische Adviescommissie voor Waterkeringen (TAW) en

later het Expertise Netwerk Waterveiligheid (ENW) voor rivierdijken een eenduidige set partiële factoren afgeleid, gebaseerd op triaxiaalproeven.

Om rekening te kunnen houden met de complexiteit van de ondergrond versus de beschikbare kennis en informatie erover is in het bij de Leidraad Rivieren behorende Addendum bij het Technische Rapport Waterkerende Grondconstructies, aanvullend de schematiseringsfactor geïntroduceerd.

3.2.2. Toepassing van de schematiseringsfactor

De bodemopbouw en waterspanningen dienen dusdanig te worden geschematiseerd, dat de kans op afwijkingen klein is. Bij de schematisatie van de bodemopbouw en waterspanningen blijven altijd restonzekerheden over. Deze hangen onder andere samen met het uitgevoerde grondonderzoek, de complexiteit van de ondergrond ter plaatse en de effecten van variaties in de schematisering op de stabiliteit.

De verwachting is dat de schematiseringsfactor, afhankelijk van de beschikbare informatie, tussen de waarden 1,3 en 1,0 ligt (des te nauwkeuriger de beschikbare informatie, des te lager de schematiseringsfactor).

Bij de keuze van de schematiseringsfactor dient te worden uitgegaan van het volgende stappenplan:

1. *In eerste instantie dient voor het ontwerp uitgegaan te worden van een schematiseringsfactor van 1,30*

De schematiseringsfactor kan gereduceerd worden als expliciet aangetoond wordt dat de schematisering van ondergrond en waterspanningen zodanig is dat denkbare afwijkingen die ongunstiger zouden uitpakken met voldoende betrouwbaarheid kunnen worden uitgesloten. In de volgende stappen wordt richting gegeven aan de mate van betrouwbaarheid:

2. *Maak het ontwerp, bijvoorbeeld op basis van een schematiseringsfactor van 1,20.*
3. *Bedenk mogelijke/denkbare ongunstige afwijkingen in de schematisering van ondergrond en waterspanningen (scenario's) ten opzichte van de gekozen schematisering.*
4. *Ga na tot welke reducties van de stabiliteitsfactor die scenario's leiden.*
5. *De reductie tot 1,20 is gerechtvaardigd indien scenario's die tot een ca 0,10 lagere stabiliteitsfactor leiden, met grote waarschijnlijkheid kunnen worden uitgesloten o.b.v. het grondonderzoek en de gekozen (voorzichtige) schematisering. En scenario's die tot een 0,20 lagere stabiliteitsfactor vrijwel uitgesloten geacht kunnen worden.*

6. *De schematiseringsfactor kan verder gereduceerd worden door de stappen 1 t/m 5 te herhalen met wederom een lagere schematiseringsfactor*

Conform deze lijn is een reductie van de schematiseringsfactor tot 1,10 gerechtvaardigd, indien scenario's die tot een 0,10 lagere stabiliteitsfactor leiden al vrijwel uitgesloten geacht kunnen worden.

Overigens kan bij het doorlopen van de bovenbeschreven stappen ook worden geconcludeerd dat reductie van de schematiseringsfactor niet mogelijk is.

Een verstandig ontwerper, met kennis van de grondslag in een gebied, zal altijd een schematisering kiezen waarbij de kans heel klein is dat de "werkelijkheid" zoveel ongunstiger is dat het ontwerp van de dijk niet voldoet aan de veiligheidseis.

Wat nu extra gevraagd wordt aan de ontwerper is om dat laatste expliciet aannemelijk te maken door het bovengenoemde stappenplan te doorlopen. Ter vergelijking: bij het ontwerp van belangrijke bouwconstructies wordt nu vaak een expliciete risicoanalyse gemaakt. Aangenomen mag worden dat een consciëntieus ontwerper vroeger ook over risico's van het ontwerp nadacht, maar dat niet expliciet hoefde te verantwoorden. De veiligheidsnormen worden daarmee niet zwaarder, wel wordt zwaarder getild aan het verantwoorden dat ze juist zijn toegepast.

Bij het doorlopen van het stappenplan kan het uitvoeren van extra grondonderzoek om de onzekerheden te verkleinen lonend blijken te zijn.

Bij de uitwerking van bovenstaand stappenplan wordt geadviseerd gebruik te maken van de ervaringen die zijn opgedaan bij eerdere dijkontwerpen waarbij het stappenplan is gebruikt. Om voor het omgaan met de schematiseringsfactor meer kwantitatieve handvatten te geven is een vervolgtraject opgezet waarin een aantal voorbeeldcases gedetailleerd worden uitgewerkt. De resultaten hiervan komen in 2009 beschikbaar.

3.3 Ontwerpmethode voor grasbekleding op buitentalud

3.3.1. Aanleiding

De Leidraad Rivieren geeft geen rekenregels voor het ontwerpen van een grasbekleding op het buitentalud. In verschillende TAW/ENW-Leidraden en -Technische Rapporten wordt wel op aspecten van het ontwerpen van dergelijke bekledingen ingegaan. De richtlijnen die hieruit voortkomen zijn echter onvoldoende toegesneden op het ontwerpen op erosiebestendigheid van een gras-/kleibekleding op het buitentalud van een rivierdijk. Om deze reden zal Deltares op korte termijn starten met een onderzoek dat moet leiden tot een op rivierdijken toegesneden ontwerpmethode. In afwachting van de

resultaten van dit onderzoek wordt in dit addendum een ontwerpmethodologie gegeven. Deze ontwerpmethodologie wordt geacht voor dit moment voldoende robuust te zijn.

3.3.2. Functies van bekledingen op het buitentalud

Bekleding op het buitentalud van rivierdijken vervult een aantal functies, waaronder:

- Waterdichtheid;
- Erosiebestendigheid;
- Stabiliteit van de bekleding (afschuiven langs kern);
- Kunnen volgen van vervormingen van de ondergrond;
- Voorkomen van uitspoeling van onderliggende gronddeeltjes;
- Stabiliteit buitenwaarts van de dijk bij snelle val van de waterstand.

Bij een grasbekleding op klei op het buitentalud van een rivierdijk verzorgt vooral de grasbekleding de functie erosiebestendigheid en verzorgt de onderliggende kleilaag vooral de overige functies.

In dit addendum worden richtlijnen gegeven voor het ontwerpen van een grasbekleding op klei op het buitentalud van rivierdijken voor de functies waterdichtheid, erosiebestendigheid en stabiliteit van de bekleding.

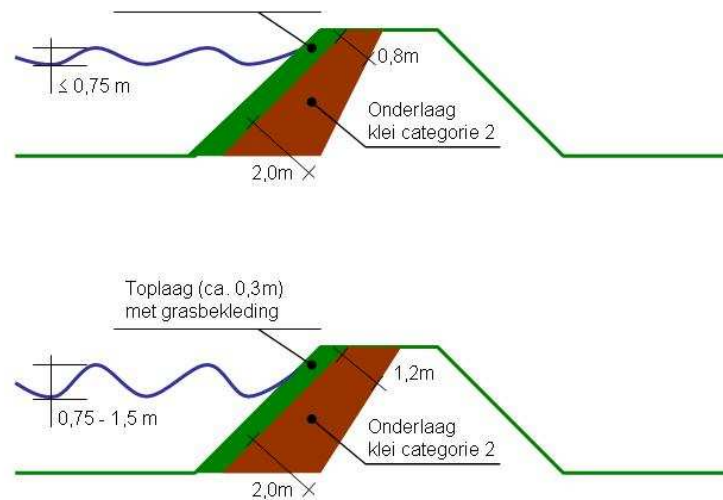
3.3.3. Ontwerpregel

Een deklaag bestaande uit klei met een graslandbekleding is een eenvoudige en in veel situaties (vooral bij rivierdijken) doeltreffende bekledingsconstructie. De functie van de deklaag is het beschermen van de kern tegen aantasting. Aan deze functie wordt voldaan door een goede erosiebestendigheid van het oppervlak van het talud. De erosiebestendigheid wordt geleverd door de interactie van de klei en de vegetatie, waarbij diversiteit aan vegetatie een sterke zode bewerkstelligt. Dit is te bereiken door de wijze van beheren. Er lijkt een tegenspraak aanwezig, doordat een vette klei erosiebestendiger is, terwijl een sterke zode zich beter ontwikkelt op een armere klei. Om deze reden wordt de deklaag wel opgebouwd uit een toplaag en een onderlaag. De toplaag van ca. 0,3 m bestaat dan uit materiaal waarop de vegetatie zich goed ontwikkelt en de onderlaag bestaat uit erosiebestendige klei. Klei van de categorie 2 voldoet voor zowel de toplaag als de onderlaag, zodat volstaan kan worden met één kleilaag. Hiermee neemt de stabiliteit van de taludbekleding toe, omdat de kans afneemt dat de toplaag afschuift over de onderlaag vanwege een slechte aanhechting.

De geometrie van de onderlaag is vaak wigvormig, zodat op plaatsen waar relatief frequent en langdurig belasting aanwezig is, een grotere weerstand tegen infiltratie en erosie aanwezig is (zie figuur).

Klei van de categorie 2 is in het algemeen voldoende waterdicht, maar om hiervan zeker te zijn wordt een minimum lutumgehalte van 20% aanbevolen. Om structuurvorming tegen te gaan wordt een lutumgehalte van maximaal 35% aanbevolen. In klei van de categorie 2

met een lutumgehalte van 20-35% kan zich een erosiebestendige grasmat ontwikkelen; dit vergt echter het nodige van het beheer.



Op grond van het voorgaande is de ontwerpregel voor een deklaag bij rivierdijken als volgt:

Bij golfhoogte $H_s \leq 0,75$ m

- Onderlaag:
 - klei van de categorie 2 met een lutumgehalte van 20-35%;
 - dikte bij de teen van het buitentalud: 2,0 m loodrecht op het talud;
 - dikte bij de buitenkruinlijn: 0,8 m loodrecht op het talud;
- Toplaag:
 - klei van de categorie 2 met een lutumgehalte van 20-35%;
 - dikte van circa 0,3 m.

Bij golfhoogte $0,75$ m $< H_s < 1,5$ m

- Onderlaag:
 - klei van de categorie 2 met een lutumgehalte van 20-35%;
 - dikte bij de teen van het buitentalud: 2,0 m loodrecht op het talud;
 - dikte bij de buitenkruinlijn: 1,2 m loodrecht op het talud;
- Toplaag:
 - klei van de categorie 2 met een lutumgehalte van 20-35%;
 - op de kleilaag wordt een deklaag aangebracht met een dikte van circa 0,3 m.

3.3.4. Onderbouwing

Uit het Technisch Rapport Erosiebestendigheid van Grasland als Dijkbekleding (TAW 1998) volgt dat een goed ontwikkelde grasmat met een dicht wortelnet voldoende weerstand levert tegen erosie tot een golfhoogte van 0,75 m.

In principe is de toepassing van een kleilaag onder de grasmat uit oogpunt van de erosiebestendigheid dus niet nodig. Een kleilaag is wel nodig voor de waterdichtheid en de stabiliteit van de bekleding. Daarom wordt voor golven kleiner dan 0,75 m een wigvormige kleilaag met een breedte van 0,8 m aan de bovenzijde toegepast. Deze laag biedt tegelijkertijd extra bescherming tegen erosie. Daarom wordt deze methode voor het moment voldoende robuust geacht in afwachting van de resultaten van bovenbeschreven onderzoek. Tevens komt deze methode overeen met in de praktijk toegepaste ontwerpmethodes bij dijkversterkingen in het kader van het Deltaplan Grote Rivieren.

Voor golven groter dan 0,7 m is in het kader van Maaswerken onderzoek gedaan naar de toe te passen kleidiktes op nieuw te ontwerpen kaden voor locaties waar door grote strijklengtes hogere golven kunnen ontstaan. Hieruit volgde een optimale kleidikte van 1,2 m. Daarom wordt in dit addendum voor golven groter dan 0,75 m de wigvormige kleilaag met een dikte van 1,2 m aan de bovenzijde gehanteerd.

Als bovengrens voor de golfhoogte waarvoor gras- kleibekledingen voldoende weerstand tegen erosie bieden wordt een golfhoogte van 1,5 m gehanteerd. Dit is in lijn met de Leidraad Zee- en Meerdijken (TAW 1999). In § B6.2 van het basisrapport bij deze leidraad wordt namelijk voorgesteld om voor belastingen door golven met $H_s < 1,5$ m uit te gaan van de systeemwerking van de grasbekleding én onderliggende kleilaag om te voldoen aan criteria voor erosiebestendigheid.

In de Leidraden voor het ontwerpen van rivierdijken (TAW 1985 & 1989) wordt voor toepassing als bekleding op het buitentalud een klei geadviseerd met een kwaliteit die vergelijkbaar is met kleicategorie 2 volgens het Technisch Rapport Klei voor Dijken (TAW 1996). Dit wordt bevestigd door de eisen die aan de klei gesteld worden bij zee- en meerdijken, waarbij geen onderscheid gemaakt wordt tussen de kleicategorieën 1 en 2 voor toepassing als bekleding op het buitentalud (zie pagina 106 en tabel B6.9.1 van de het Basisrapport bij de Leidraad Zee- en Meerdijken). Hoewel kleicategorie 1 meer weerstand tegen erosie biedt wordt het toepassen van kleicategorie 2 voldoende geacht. Bijkomend voordeel van het toepassen van kleicategorie 2 is dat deze categorie vaak beschikbaar is in het projectgebied.

3.3.5. Grasbekleding op zandige ondergrond

Het is mogelijk om een grasbekleding zich te laten ontwikkelen op een zandige ondergrond. Als dit wordt toegepast op het buitentalud van een rivierdijk heeft dit consequenties voor de te vervullen functies:

-
- Een goed ontwikkelde grasmat met een dicht wortelnet levert weerstand tegen erosie tot een golfhoogte van 0,7 m (zie het Technisch Rapport Erosiebestendigheid van Grasland als Dijkbekleding)
 - Een goed ontwikkelde grasmat met een dicht wortelnet levert weerstand tegen het uittreden van gronddeeltjes uit de ondergrond;
 - Ook een grasbekleding op zand kan vervormingen van de ondergrond volgen;
 - Bij een grasbekleding op zand is meestal geen sprake van een gelaagde opbouw van het buitentalud (het gras groeit direct op de kern), waardoor geen gevaar bestaat voor het afschuiven van de bekleding over de kern; het is dan ook niet nodig om in dit geval de stabiliteit van de bekleding te analyseren;
 - Wel dient bij toepassing van een zandkern extra aandacht te worden besteed aan de mogelijke invloed van een verhoogde freatische lijn in de kern op de faalmechanismen micro-instabiliteit, afschuiven bekleding binnenzijde en macro-instabiliteit binnenwaarts;
 - Een grasbekleding op zand is echter niet waterdicht.

Een grasbekleding op zand kan alleen worden toegepast indien geen eis gesteld wordt aan waterdichtheid van de bekleding en indien de grasbekleding erosiebestendig is, aangezien de erosiebestendigheid uitsluitend verzorgd wordt door het gras. Voor de botanische samenstelling en het te voeren beheer voor een erosiebestendige grasbekleding wordt verwezen naar het Technisch Rapport Erosiebestendigheid van Grasland als Dijkbekleding.

3.4 Toelaatbaar overslagdebiet

De eisen die aan het maximale overslagdebiet worden gesteld zijn afhankelijk van de beoogde te beheren kwaliteit van de bekleding van het binnentalud. Concreet geldt, conform paragraaf 3.2 en bijlagen 2.E en 2.F van de Handreiking Constructief ontwerpen, dat in het geval dat gekozen wordt voor een hoge dijk met een maximaal overslagdebiet van 0,1 l/s/m geen aanvullende eisen worden gesteld aan de erosiebestendigheid van het binnentalud. Maximaal toelaatbaar volgens vigerende ontwerpmethodes is 10 l/s/m¹ waarbij zwaardere eisen worden gesteld aan de kwaliteit van de grasbekleding. Deze eisen brengen intensief beheer met zich mee. De begaanbaarheid van de dijk onder maatgevende omstandigheden is ook bij een overslagdebiet van 10 l/s/m niet in het geding.

Standaard dient voor het maximaal toelaatbare overslagdebiet te worden uitgegaan van 1 l/s/m. Wanneer hier vervolgens van wordt afgeweken, dan dienen de afwijkingen in termen van dijkdimensies en bijbehorende kosten te worden gekwantificeerd. Op basis hiervan kan vervolgens de keuze voor een bepaald overslagdebiet worden gemaakt.

¹ Hoewel er aanwijzingen zijn dat met gras beklede binnentaluds tegen grotere overslagdebieten bestand zijn, gaan de ontwerpmethodes nog uit van maximaal 10 l/s/m voor grasbekledingen.

3.5 Kruinbreedte

Vanuit het oogpunt van veiligheid wordt in de vigerende ontwerpleidraden uitgegaan van een minimale kruinbreedte van 3 m. In overleg met Rijkswaterstaat en belanghebbenden kan worden afgesproken dat bijvoorbeeld voor het aanleggen van een weg op de kruin wordt uitgegaan van een grotere kruinbreedte. Voor de bepaling van benodigde wegdimensies (veelal kan worden volstaan met het zgn. wegtype Erftoegangsweg) wordt verwezen naar het Handboek Wegontwerp van het CROW. Aandachtspunt hierbij is wel dat een weg andere eisen kan stellen aan de kruin van een dijk dan vanuit veiligheid worden gesteld. Een voorbeeld hiervan is dat vanuit veiligheid het vaak nodig is dat een kruin waterdicht is terwijl het voor een weg belangrijk is dat de ondergrond juist poreus is voor de afwatering. Uiteraard staat bij het dijkontwerp de veiligheid voorop.

4. Ontwerpbelastingen

4.1 Inleiding

Het technische rapport ontwerpbelastingen (TROB) geeft een helder overzicht van de wijze waarop toekomstige ontwikkelingen in hydraulische belastingen kunnen worden gekwantificeerd.

Bij de eerste rivierdijkontwerpen in het kader van het programma Ruimte voor de Rivier (RvdR) kwam echter aan het licht dat het op grond van de Leidraad Rivieren onduidelijk is op welke wijze de ontwerpwaterstanden moeten worden bepaald en op welke wijze waterstandverlagende maatregelen, die tot 2015 in het kader van RvdR zullen worden uitgevoerd, verdisconteerd moeten worden in de ontwerpwaterstanden. Dit geldt ook voor de effecten van de ruimtelijke maatregelen, die volgens het huidige beleid op de lange termijn waterstandverhogende ontwikkelingen moeten compenseren. Dit laatste is met name bij het ontwerpen van dijken belangrijk omdat deze worden ontworpen voor een planperiode van minimaal 50 jaar.

In het vervolg zal eerst uiteengezet worden wat de algemene lijn is voor het bepalen van ontwerpbelastingen. Vervolgens wordt volledigheidshalve een overzicht gegeven van de toekomstige ontwikkelingen en de wijze waarop deze moeten worden gekwantificeerd, zoals uiteengezet in het TROB. Tot slot zal worden ingegaan op de wijze waarop ontwerpbelastingen kunnen worden bepaald.

4.2 Algemene lijn voor ontwerpbelastingen

Het TROB beschrijft, zoals gezegd, op welke wijze toekomstige ontwikkelingen in hydraulische belastingen kunnen worden gekwantificeerd. Het TROB doet echter geen uitspraak over de basisgegevens. Hierbij wordt opgemerkt dat het Rijk geen formele ontwerprandvoorwaarden vaststelt, slechts de vaststelling van toetsrandvoorwaarden behoort tot de (wettelijke) verplichting van het Rijk. Het afleiden van ontwerprandvoorwaarden is een verantwoordelijkheid van de beheerder. Basis voor ontwerprandvoorwaarden zijn de formeel vastgestelde toetsrandvoorwaarden, de Hydraulische Randvoorwaarden 2006. Daarbij worden toeslagen geteld voor de ontwikkelingen gedurende de planperiode. Korte en lange termijn effecten van maatregelen in het kader van Ruimte voor de Rivier worden in mindering gebracht. Voor de te hanteren planperiode wordt verwezen naar Tabel 5.1 (pagina 63) van het TROB.

4.3 Overzicht van toekomstige ontwikkelingen

Toeslagen die in rekening moeten worden gebracht om toekomstige ontwikkelingen in belastingen te kwantificeren kunnen worden verdeeld in de volgende categorieën:

- *Toeslagen voor klimaatontwikkelingen:*
 - Toename van de rivierafvoer en de verdeling over de verschillende takken
 - Toename van de zeespiegel of het IJsselmeerpeil
 - Toename van de wind
- *Toeslagen voor autonome ontwikkelingen:*
 - Bodemontwikkeling zomerbed
 - Bodem- en polderpeildaling binnendijks
- *(Negatieve) toeslagen voor maatregelen:*
 - Korte en lange termijn maatregelen in het kader van Ruimte voor de Rivier
- *Extra toeslagen voor robuustheid:*
 - Onzekerheden in sterkte en belastingen
 - Uitbreidbaarheid

4.3.1. Toeslagen voor klimaatontwikkelingen

Voor het in rekening brengen van klimaatontwikkelingen dient te worden uitgegaan van het WB21 middenscenario.

Toename van de 1/1250 rivierafvoer

De huidige maatgevende afvoer voor de Rijn bedraagt 16.000 m³/s bij Lobith. Voor het jaar 2050 dient te worden uitgegaan van een maatgevende afvoer van 17.000 m³/s. Voor het jaar 2100 dient te worden uitgegaan van een maatgevende afvoer van 18.000 m³/s bij Lobith. In de langetermijnvisie van de Rijn wordt het Rijnstrangengebied ingezet als retentiegebied. Dit retentiegebied ontlast het riviersysteem bij maatgevende afvoer met orde grootte 500 m³/s; benedenstrooms van het retentiegebied wordt het riviersysteem dan nog belast met een rivierafvoer van 17.500 m³/s. Voor het jaar 2100 moet, benedenstrooms van het Rijnstrangengebied, van deze maatgevende afvoer worden uitgegaan.

De huidige maatgevende afvoer voor de Maas bedraagt 3.800 m³/s bij Borgharen. Voor de jaren 2050 en 2100 dient te worden uitgegaan van een maatgevende afvoer van 4.200 m³/s, respectievelijk 4.600 m³/s. Voor de Overijsselse Vecht bedraagt de huidige maatgevende afvoer 550 m³/s. Voor de jaren 2050 en 2100 dient te worden uitgegaan van een toename van de maatgevende afvoer met 11% (610 m³/s) respectievelijk 18% (650 m³/s). Mogelijk wordt voor de Vecht in de nabije toekomst ook beleid opgesteld om waterstandtoename te compenseren met rivierverruiming. Hierop wordt in dit addendum echter nog niet geanticipeerd.

De in deze paragraaf genoemde afvoeren gelden voor de bij deze afvoeren geldende jaartallen. Voor tussen gelegen jaartallen kan zo nodig worden geïnterpoleerd. Extrapolatie van de afvoeren na het jaar 2100 is echter niet toegestaan omdat hogere afvoeren onwaarschijnlijk zijn.

Voor de vorm van de afvoergolven hoeft geen rekening te worden gehouden met veranderingen.

De rivierafvoer wordt ook beïnvloed door zijdelingse toevoer uit bijvoorbeeld de Oude IJssel. Er wordt verondersteld dat eventuele toenames van alle dergelijke toestromingen worden gecompenseerd in het stroomgebied van de betreffende waterlopen. Hier hoeft dus geen rekening mee te worden gehouden.

Afvoerverdeling over de splitsingspunten

Door de uitvoering van Ruimte voor de Rivier wordt de vigerende afvoerverdeling in 2015, uitgaande van de maatgevende afvoer van 16.000 m³/s bewerkstelligd. Op de Neder-Rijn en Lek kan een verdere toename van de afvoer niet worden opgevangen. Op deze riviertak wordt de maximale afvoer dan ook gestabiliseerd. De te hanteren afvoeren voor de verschillende riviertakken wordt in onderstaande tabel (in m³/s) weergegeven.

Riviertak\Jaar	2015	2050	2100
Bovenrijn	16000	17000	*17500
Waal	10165	10962	11356
Pannerdensch Kanaal	5835	6038	6144
IJssel	2459	2662	2768
Neder-Rijn en Lek	3376	3376	3376

* De afvoer van de Boven-Rijn is de afvoer direct benedenstrooms van de instroom van het retentiegebied.

De onzekerheden in de afvoerverdeling zijn verdisconteerd in de robuustheidtoeslag van 30 cm (zie paragrafen 2.2 en 2.3).

Stijging van de zeespiegel

Het hanteren van het middenscenario resulteert in een zeespiegelstijging van 25 cm in het jaar 2050 en van 60 cm in het jaar 2100 (bij Hoek van Holland).

Voor wat betreft de stormopzetduur, die van invloed is op de maatgevende waterstanden in het benedenrivierengebied, moet worden uitgegaan van 35 uur.

Toename van het IJsselmeerpeil

De zeespiegelstijging heeft effecten op de handhaafbaarheid van het IJsselmeerpeil. Verwacht wordt dat door het uitbreiden van de spuicapaciteit in de Afsluitdijk de effecten van zeespiegelstijging op het IJsselmeerpeil tot het jaar 2050 nihil zijn. Voor het jaar 2100 moet rekening worden gehouden met een stijging van 23 cm.

Voor wat betreft de stormopzetduur, die van invloed is op de maatgevende waterstanden in de IJssel- Vechtdelta, moet worden uitgegaan van 48 uur.

Toename van de wind

In het ontwerp dient geen rekening te worden gehouden met toename van de wind.

4.3.2. Toeslagen voor autonome ontwikkelingen

Van nature vertoont de zomerbedligging in het bovenstroomse gedeelte van de Rijn een dalende trend. Deze autonome bodemdaling wordt gestopt door maatregelen in Duitsland en Nederland. In de benedenloop van de rivieren treedt van 'nature' juist sedimentatie op. Deze sedimentatie wordt gecompenseerd door onderhoudsbaggerwerk. Bij het afleiden van ontwerpbelastingen hoeft daarom geen rekening te worden gehouden met autonome bodemontwikkeling van het zomerbed. Wel moet rekening worden gehouden met een eventuele daling van het maaiveld en het polderpeil binnendijks.

4.3.3. (Negatieve) toeslagen voor maatregelen in het kader van Ruimte voor de Rivier

In de PKB Ruimte voor de Rivier is de waterstandverlaging, die in 2015 gehaald moet worden door uitvoering van het programma Ruimte voor de Rivier (RvdR), vastgelegd.

De waterstandverlaging dient als negatieve toeslag op de waterstand gezet te worden.

Voor de lange termijn wordt er in het bovenrivierengebied uitgegaan van het beleidsuitgangspunt dat waterstandverhogingen, t.g.v. klimaatveranderingen en/of autonome ontwikkelingen, worden gecompenseerd door extra ruimtelijke maatregelen

Voor de lange termijn is het in het benedenrivierengebied en de IJsseldelta niet overal mogelijk waterstandverhogingen geheel te compenseren met ruimtelijke maatregelen. In paragraaf 4.4 wordt nader uitgewerkt hoe hier concreet mee kan worden omgegaan. De verandering van de vorm van de afvoergolf door ruimtelijke maatregelen wordt verwaarloosbaar geacht ten opzichte van de vigerende uitgangspunten voor de belastingduur.

4.3.4. Extra toeslagen voor robuust ontwerpen

Dit onderwerp is reeds uitgewerkt in paragrafen 2.2 en 2.3.

4.4 Werkwijze voor het bepalen van ontwerpbelastingen

In deze paragraaf wordt de werkwijze voor het afleiden van ontwerpbelastingen ten behoeve van de bepaling van de aanleghoogte stap voor stap uiteengezet. De stappen 1, 2 en 3 zijn uitgewerkt in de bijlage bij dit addendum. De resulterende tabel met ontwerpwaterstanden voor verschillende zichtjaren zijn als bijlage toegevoegd aan dit addendum.

1. *Basis voor de ontwerpwaterstanden; Toetspeilen HR2006*
Uitgangspunt voor het bepalen van de ontwerpwaterstanden zijn de Toetspeilen op de as van de rivier zoals gegeven in de HR2006.
2. *Bepalen toeslagen t.g.v. klimaatontwikkeling*
Als referentiemodellen gelden de modellen die ten grondslag liggen aan de PKB Ruimte voor de Rivier. Met deze modellen

kunnen voor het gehele rivierengebied de toeslagen ten gevolge van de klimaatontwikkelingen worden berekend. Dit kan door verschilberekeningen te maken waarbij enerzijds wordt uitgegaan van de externe randvoorwaarden (rivierafvoer, zeespiegel, etc.) voor het zichtjaar waarvoor ontworpen (zoals beschreven in paragraaf 4.3.1) wordt en anderzijds wordt uitgegaan van de huidige externe randvoorwaarden.

3. *Bepalen negatieve toeslagen voor ruimtelijke maatregelen*

- a. Negatieve toeslagen t.g.v. korte termijn maatregelen. De door RvdR te realiseren waterstandverlagingen, zoals beschreven in de PKB, gelden als negatieve toeslag op de ontwerpwaterstand.
- b. Negatieve toeslagen t.g.v. lange termijn maatregelen. In het kader van de lange termijn visie van RvdR zijn indicatieve berekeningen gemaakt om na te gaan waar, en in welke mate, de waterstandverhoging na 2015 kan worden gecompenseerd door ruimtelijke maatregelen. De realiseerbare verlagingen gelden als negatieve toeslag op de ontwerpwaterstand.

4. *Bepalen toeslagen voor robuust ontwerpen*

Zoals in hoofdstuk 2 beschreven, wordt als toeslag voor robuust ontwerpen 30 cm voorgeschreven. Deze toeslag wordt toegepast op het ontwerppeil op de as van de rivier. Van deze toeslag mag alleen van worden afgeweken in de volgende gevallen:

- Als uit een onderbouwde kwantitatieve analyse van de onzekerheden rondom de huidige en toekomstige ontwikkelingen volgt dat de toeslag van 30 cm niet passend is. De uit een dergelijke analyse resulterende toeslag mag niet worden opgeteld bij de voorgeschreven toeslag van 30 cm maar vervangt deze.
- Als in het benedenriviergebied gekozen wordt voor het toepassen van de dijkkringbenadering. Wanneer deze benadering wordt toegepast mogen andere robuustheidtoeslagen niet worden toegepast.

De eis van uitbreidbaarheid vraagt in eerste instantie niet om extra toeslagen voor het bepalen van ontwerpbelastingen (zie paragraaf 2.3).

5. *Vertaling van de ontwerpwaterstand op de as van de rivier naar ontwerpbelasting aan de teen van de dijk*

Voor de vertaling van de ontwerpwaterstand op de as van de rivier naar een ontwerpbelasting (waterstand en golven) dient rekening te worden gehouden met de (veranderde) geometrie van het voorland. Effecten van bochtwerking en opwaaiing dienen in rekening te worden gebracht. Er kan van worden uitgegaan dat de uiterwaarden met eventuele nevengeulen

worden onderhouden zodanig dat het doorstroomprofiel gelijk blijft.

Als methode om de golfhoogtes te bepalen wordt verwezen naar de eenvoudige methode zoals beschreven in bijlage E van het TROB.

Voor het afleiden van ontwerpbelastingen voor andere faalmechanismes dan hoogte gelden de volgende punten:

- *Golfbelasting voor bekledingen*
Voor bekledingen kunnen de golfbelastingen analoog aan de hierboven beschreven wijze worden afgeleid.
- *Stroming langs de waterkering*
Belasting van bekleding door stroming is over het algemeen geen maatgevende belastingsituatie ten opzichte van de stroomsnelheden die optreden door golfoploop. Slechts in geval van schaaldijken dient met langsstroming rekening te worden gehouden. Hiervoor is maatwerk nodig.
- *Macrostabieliteit bij extreme neerslag*
Voor de bepaling van de macrostabieliteit is de belasting extreme neerslag bij een lage buitenwaterstand van belang. Voor het in rekening brengen van extreme neerslag wordt rekening gehouden met een verhoging van de freatische lijn. Voor de rivierdijken in alle gebieden dient rekening te worden gehouden met een verhoging van de freatische lijn met 1,00 meter bij een lage buitenwaterstand.
- *Macro-instabiliteit buitenwaarts bij snelle val*
Voor de macro-instabiliteit buitenwaarts is één van de relevante belastingsituaties een ongunstige combinatie van hoog freatisch vlak in de dijk na een snelle daling van de buiten-waterstand. De wijze waarop hiermee om kan worden gegaan wordt beschreven in paragraaf 7.5 van het TROB.
- *Overige belastingen*
In het kader van de Leidraad Rivieren is vooral gekeken naar hydraulische belastingen (zie voor een compleet overzicht Tabel 6.1 van het TROB). Daarnaast dient in een goed ontwerp tevens rekeningen te worden gehouden met niet hydraulische belastingen zoals verkeersbelastingen.

Bijlage A Ontwerpwaterstanden op de as van de rivier

.....

A.1 Uitgangspunten bij de bepaling van ontwerpwaterstanden

In deze bijlage wordt beschreven op welke wijze de stappen 1 t/m 3 van het stappenplan ter bepaling van de ontwerpbelastingen (zie hoofdstuk 4) zijn uitgewerkt en wat het resultaat daarvan is.

De volgende uitgangspunten zijn hierbij gehanteerd:

- Basis vormen de Toetspeilen op de as van de rivier volgende de formeel vastgestelde Hydraulische Randvoorwaarden 2006.
- Bij de bepaling van de effecten van klimaatontwikkelingen is uitgegaan van de uitgangspunten zoals omschreven in het Technische Rapport Ontwerpbelastingen en samengevat in hoofdstuk 4.
- Bij de bepaling van de effecten van klimaatontwikkelingen is uitgegaan van bestaande studies en analyses:
 - De studies en analyses die in kader van de lange termijn visie van Ruimte voor de Rivier zijn uitgevoerd;
 - De studies en analyses die zijn uitgevoerd ten behoeve van de systeemanalyse Rijn-Maasmonding. Dit om ook het toekomstige effect van de hogere faalkans (in de HR2006 is uitgegaan van de verhoogde faalkans van 1/100) van de Maeslantkering in beeld te brengen;
 - De studie waarin voor het rivierengebied de aanspraak op ruimte op de lange termijn voor de veiligheid tegen overstromen in beeld is gebracht (deze studie maakte duidelijk dat op de Waal benedenstrooms Nijmegen de ruimte volgens de lange termijn visie van Ruimte voor de Rivier onvoldoende is om 17.000 en 18.000 m³/s bij Lobith te kunnen accommoderen).
- Voor de negatieve toeslagen voor de korte termijn is uitgegaan van de waterstandverlagingen die door het programma Ruimte voor de Rivier moeten worden gerealiseerd in 2015. Dit zoals vastgesteld in de PKB Ruimte voor de Rivier deel 4.
- Voor de negatieve toeslagen voor de lange termijn:
 - Is uitgegaan van de waterstandverlagingen die gehaald kunnen worden door uitvoering van de maatregelen volgens de lange termijn visie uit de PKB Ruimte voor de Rivier. Voor de benedenrivieren wordt derhalve naast de ruimtelijke maatregelen volgens de lange termijn visie ook uitgegaan van de maatregelen om door intensivering van het baggerwerk de rivierbedding op diepte te houden en een aanpassing van het beheer van de stormvloedkeringen om een deel van de zeespiegelstijging in het gebied te compenseren;
 - Wordt voor de bovenrivieren aanvullend uitgegaan van het beleidsuitgangspunt dat op de Waal benedenstrooms Nijmegen extra ruimte wordt gevonden om waterstandverhogingen vanaf 2015 te voorkomen;
 - Wordt uitgegaan van een geleidelijke uitvoering van de ruimtelijke maatregelen in de periode 2015-2100.
- Alle waarden worden afgerond op 1 dm.

Doordat gebruik is gemaakt van bestaande informatie zijn de stappen, zoals beschreven in hoofdstuk 4 niet afzonderlijk berekend. De bestaande informatie is namelijk gebaseerd op modellen waarin effecten van klimaatontwikkelingen en ruimtelijke maatregelen in combinatie zijn berekend.

A.2 Ontwerpwaterstanden op de as van de rivier

In onderstaande tabel worden de ontwerpwaterstanden, het resultaat van de stappen 1 t/m 3 uit hoofdstuk 4, op de as van de rivier voor de verschillende riviertakken gegeven. Slechts voor de

beeldvorming wordt als referentiewaarde wordt ook het Toetspeil volgens de Hydraulische Randvoorwaarden 2006 gegeven. Deze ontwerpwaterstanden zijn exclusief de robuustheidtoeslag. Om vanuit de ontwerpwaterstanden tot ontwerpbelastingen te komen dienen de laatste stappen uit het stappenplan, zoals beschreven in hoofdstuk 4 te worden doorlopen:

- Stap 4: bepalen van de toeslag voor robuust ontwerpen. Deze toeslag wordt opgeteld bij de ontwerpbelasting in onderstaande tabel.
- Stap 5: vertaling van de resulterende ontwerpwaterstand naar de ontwerpbelasting (waterstand en golven) aan de teen van de te ontwerpen dijk.

Alle waarden zijn afgerond op 1 dm.

Traject Bovenrijn-Waal

Rivierkilometer	Toetspeil HR2006 1/1250	Ontwerppeil 2050	Ontwerppeil 2100
858	18,50	18,30	18,30
859	18,40	18,20	18,20
860	18,30	18,10	18,10
861	18,20	18,00	18,00
862	18,00	17,80	17,80
863	17,70	17,40	17,40
864	17,40	17,10	17,10
865	17,20	16,90	16,90
866	17,10	16,80	16,80
867	16,90	16,60	16,60
868	16,80	16,50	16,50
869	16,80	16,40	16,40
870	16,70	16,30	16,30
871	16,60	16,20	16,20
872	16,50	16,10	16,10
873	16,40	16,00	16,00
874	16,40	16,00	16,00
875	16,30	15,90	15,90
876	16,20	15,80	15,80
877	16,00	15,60	15,60
878	16,00	15,60	15,60
879	15,90	15,50	15,50
880	15,70	15,30	15,30
881	15,70	15,30	15,30
882	15,50	15,10	15,10
883	15,40	15,00	15,00
884	15,00	14,80	14,80
885	14,90	14,70	14,70
886	14,70	14,50	14,50
887	14,70	14,50	14,50
888	14,60	14,40	14,40
889	14,40	14,20	14,20
890	14,10	13,90	13,90
891	14,00	13,80	13,80
892	13,90	13,70	13,70
893	13,70	13,50	13,50
894	13,60	13,40	13,40
895	13,50	13,30	13,30
896	13,30	13,10	13,10
897	13,20	13,00	13,00
898	13,10	12,90	12,90
899	13,00	12,80	12,80
900	12,90	12,70	12,70
901	12,80	12,60	12,60
902	12,60	12,40	12,40
903	12,50	12,30	12,30
904	12,40	12,20	12,20
905	12,40	12,20	12,20

906	12,20	12,00	12,00
907	12,20	12,00	12,00
908	12,10	11,90	11,90
909	12,10	11,90	11,90
910	12,00	11,80	11,80
911	11,90	11,70	11,70
912	11,80	11,60	11,60
913	11,70	11,50	11,50
914	11,60	11,40	11,40
915	11,50	11,30	11,30
916	11,30	11,10	11,10
917	11,30	11,10	11,10
918	11,10	10,90	10,90
919	10,90	10,70	10,70
920	10,80	10,60	10,60
921	10,70	10,50	10,50
922	10,60	10,40	10,40
923	10,40	10,20	10,20
924	10,30	10,10	10,10
925	10,20	10,00	10,00
926	10,10	9,90	9,90
927	10,00	9,80	9,80
928	9,80	9,60	9,60
929	9,60	9,40	9,40
930	9,60	9,40	9,40
931	9,50	9,30	9,30
932	9,40	9,20	9,20
933	9,30	9,10	9,10
934	9,10	8,90	8,90
935	8,90	8,70	8,70
936	8,80	8,60	8,60
937	8,60	8,40	8,40
938	8,50	8,30	8,30
939	8,30	8,10	8,10
940	8,20	8,00	8,00
941	8,10	7,90	7,90
942	7,90	7,60	7,60
943	7,80	7,50	7,50
944	7,60	7,30	7,30
945	7,40	7,10	7,10
946	7,30	7,00	7,00
947	7,10	6,80	6,80
948	6,90	6,60	6,60
949	6,70	6,40	6,40
950	6,60	6,30	6,30
951	6,40	6,10	6,10
952	6,30	6,00	6,00
953	6,10	5,80	5,80
954	5,90	5,60	5,60
955	5,70	5,40	5,40

Traject Waal, Nieuwe-Merwede, Hollands Diep, Haringvliet

Rivierkilometer	Toetspeil HR2006 1/2000	Toetspeil HR2006 1/4000	Ontwerppeil 2050 1/2000	Ontwerppeil 2050 1/4000	Ontwerppeil 2100 1/2000	Ontwerppeil 2100 1/4000
952	6,50		6,20		6,20	
953	6,30		6,00		6,00	
954	6,10		5,80		5,80	
955	5,90		5,60		5,60	
956	5,70		5,40		5,40	
957	5,50		5,20		5,20	
958	5,30		5,00		5,00	
959	5,10		4,80		4,80	
960	4,80		4,50		4,50	

961	4,60		4,30		4,30	
962	4,50		4,20		4,20	
963	4,40		4,20		4,20	
964	4,30		4,10		4,10	
965	4,10		3,90		3,90	
966	4,00		3,80		3,80	
967	3,90		3,70		3,70	
968	3,70		3,50		3,50	
969	3,60		3,40		3,40	
970	3,40		3,30		3,30	
971	3,30		3,30		3,30	
972	3,20		3,20		3,20	
973	3,10		3,10		3,20	
974	3,00		3,10		3,10	
975	3,00		3,10		3,10	
976	2,90		3,00		3,10	
977	2,90		3,00		3,10	
978	2,80		2,90		3,00	
979	2,80		2,90		3,00	
980	2,80		2,90		3,00	
981	2,80		2,90		3,00	
982	2,70		2,80		2,90	
983	2,70		2,80		2,90	
984	2,70		2,80		2,90	
985	2,70		2,80		2,90	
986	2,70		2,80		2,90	
987	2,70		2,80		2,90	
988	2,70		2,80		2,90	
989	2,70		2,80		2,90	
990	2,70		2,80		2,90	
991	2,70		2,80		2,90	
992	2,70		2,80		2,90	
993	2,70		2,80		2,90	
994	2,70		2,80		2,90	
995	2,70		2,80		2,90	
996	2,70		2,80		2,90	
997	2,60		2,70		2,80	
998	2,60	2,80	2,70	2,90	2,80	3,00
999	2,60	2,80	2,70	2,80	2,80	2,90
1000	2,60	2,70	2,70	2,80	2,80	2,90
1001	2,60	2,70	2,70	2,80	2,80	2,90
1002	2,60	2,70	2,70	2,80	2,80	2,90
1003	2,60	2,70	2,70	2,80	2,80	2,90
1004	2,60	2,70	2,70	2,80	2,80	2,90
1005	2,60	2,70	2,70	2,80	2,80	2,90
1006	2,60	2,70	2,70	2,80	2,80	2,90
1007	2,60	2,70	2,70	2,80	2,80	2,90
1008	2,60	2,70	2,70	2,80	2,80	2,90
1009	2,50	2,70	2,60	2,80	2,70	2,90
1010	2,50	2,70	2,60	2,80	2,70	2,90
1011	2,50	2,70	2,60	2,80	2,70	2,90
1012	2,50	2,70	2,60	2,80	2,70	2,90
1013		2,70		2,80		2,90
1014		2,60		2,80		2,90
1015		2,60		2,80		2,90
1016		2,60		2,70		2,90
1017		2,60		2,80		2,90
1018		2,60		2,70		2,90
1019		2,60		2,70		2,90
1020		2,60		2,70		2,90
1021		2,60		2,70		2,80
1022		2,60		2,70		2,80
1023		2,60		2,70		2,80
1024		2,60		2,70		2,80
1025		2,60		2,70		2,80
1026		2,60		2,70		2,80

1027		2,60		2,70		2,80
1028		2,60		2,70		2,80
1029		2,60		2,70		2,80

Traject Pannerdensch-Kanaal, Neder-Rijn Lek

Rivierkilometer	Toetspeil HR2006 1/1250	Ontwerppeil 2050	Ontwerppeil 2100
868	16,70	16,50	16,50
869	16,30	16,10	16,10
870	15,90	15,70	15,70
871	15,70	15,40	15,40
872	15,60	15,30	15,30
873	15,40	15,10	15,10
874	15,20	15,00	15,00
875	15,20	14,90	14,90
876	15,10	14,90	14,90
877	15,00	14,80	14,80
878	14,90	14,70	14,70
879	14,80	14,60	14,60
880	14,70	14,50	14,50
881	14,60	14,40	14,40
882	14,30	14,20	14,20
883	14,10	13,90	13,90
884	13,80	13,70	13,70
885	13,70	13,50	13,50
886	13,60	13,30	13,30
887	13,50	13,30	13,30
888	13,20	13,10	13,10
889	13,10	12,90	12,90
890	12,90	12,70	12,70
891	12,70	12,60	12,60
892	12,60	12,40	12,40
893	12,60	12,40	12,40
894	12,40	12,30	12,30
895	12,30	12,10	12,10
896	12,20	12,00	12,00
897	12,20	12,00	12,00
898	12,10	11,80	11,80
899	12,00	11,80	11,80
900	11,90	11,70	11,70
901	11,70	11,60	11,60
902	11,60	11,60	11,60
903	11,60	11,50	11,50
904	11,50	11,50	11,50
905	11,40	11,40	11,40
906	11,40	11,30	11,30
907	11,30	11,20	11,20
908	11,10	11,00	11,00
909	10,90	10,80	10,80
910	10,60	10,60	10,60
911	10,40	10,30	10,30
912	10,20	10,20	10,20
913	10,00	10,00	10,00
914	9,90	9,90	9,90
915	9,90	9,80	9,80
916	9,70	9,60	9,60
917	9,50	9,50	9,50
918	9,30	9,30	9,30
919	9,10	9,20	9,20
920	9,10	9,10	9,10
921	8,90	8,90	8,90
922	8,80	8,80	8,80
923	8,80	8,80	8,80
924	8,70	8,70	8,70

925	8,70	8,70	8,70
926	8,70	8,70	8,70
928	8,60	8,60	8,60
929	8,50	8,50	8,50
930	8,40	8,40	8,40
931	8,20	8,20	8,20
932	8,10	8,10	8,10
933	8,00	8,00	8,00
934	7,80	7,80	7,80
935	7,70	7,70	7,70
936	7,70	7,60	7,60
937	7,60	7,60	7,60
938	7,50	7,50	7,50
939	7,30	7,30	7,30
940	7,20	7,10	7,10
941	7,10	7,10	7,10
942	7,10	7,00	7,00
943	7,00	6,90	6,90
944	6,90	6,80	6,80
945	6,70	6,70	6,70
946	6,70	6,60	6,60
947	6,40	6,50	6,50
948	6,40	6,40	6,40
949	6,40	6,30	6,30

Traject Lek, Nieuwe-Maas, Nieuwe-Waterweg

Rivierkilometer	Toetspeil HR2006 1/2000	Toetspeil HR2006 1/4000	Toetspeil HR2006 1/10000	Ontwerppeil 2050 1/2000	Ontwerppeil 2050 1/4000	Ontwerppeil 2050 1/10000	Ontwerppeil 2100 1/2000	Ontwerppeil 2100 1/4000	Ontwerppeil 2100 1/10000
947	6,60			6,50			6,50		
948	6,60			6,50			6,50		
949	6,50			6,40			6,40		
950	6,50			6,40			6,40		
951	6,30			6,20			6,20		
952	6,20			6,10			6,10		
953	6,20			6,10			6,10		
954	6,10			6,00			6,00		
955	6,10			6,00			6,00		
956	6,10			6,00			6,00		
957	6,00			5,90			5,90		
958	5,90			5,80			5,80		
959	5,80			5,70			5,70		
960	5,80			5,70			5,70		
961	5,70			5,60			5,60		
962	5,60			5,60			5,60		
963	5,50			5,50			5,50		
964	5,40			5,40			5,40		
965	5,20			5,20			5,20		
966	5,10			5,10			5,20		
967	5,00			5,00			5,10		
968	4,80			4,80			4,90		
969	4,70			4,70			4,80		
970	4,60			4,70			4,70		
971	4,50			4,60			4,60		
972	4,40			4,50			4,60		
973	4,20			4,30			4,40		
974	4,10			4,20			4,30		
975	4,00			4,10			4,20		
976	3,90			4,00			4,10		
977	3,80			3,90			4,00		
978	3,70			3,80			3,90		
979	3,60			3,70			3,80		
980	3,50			3,60			3,70		
981	3,50			3,60			3,70		

982	3,40			3,50			3,60		
983	3,40			3,50			3,50		
984	3,30			3,40			3,40		
985	3,30			3,40			3,40		
986	3,30			3,30			3,40		
987	3,20			3,20			3,30		
988	3,20			3,20			3,30		
989	3,20	3,30		3,20	3,30		3,30	3,40	
990	3,20	3,30		3,20	3,30		3,30	3,40	
991	3,20	3,30		3,20	3,30		3,30	3,40	
992	3,20	3,30		3,20	3,30		3,30	3,40	
993	3,20	3,30		3,30	3,40		3,30	3,40	
994	3,20	3,30	3,40	3,30	3,40	3,50	3,30	3,40	3,50
995		3,30	3,40		3,40	3,50		3,50	3,60
996		3,30	3,40		3,40	3,50		3,50	3,60
997		3,30	3,50		3,40	3,60		3,50	3,70
998		3,40	3,60		3,50	3,70		3,60	3,80
999		3,40	3,60		3,50	3,70		3,60	3,80
1000		3,50	3,60		3,60	3,70		3,70	3,80
1001		3,50	3,60		3,60	3,70		3,70	3,80
1002		3,50	3,60		3,60	3,70		3,70	3,80
1003		3,40	3,60		3,50	3,70		3,60	3,80
1004		3,40	3,60		3,50	3,70		3,60	3,80
1005		3,40	3,60		3,50	3,70		3,60	3,80
1006		3,40	3,50		3,50	3,60		3,70	3,80
1007		3,40	3,50		3,50	3,60		3,70	3,80
1008		3,30	3,50		3,40	3,60		3,60	3,80
1009		3,30	3,50		3,40	3,60		3,60	3,80
1010		3,30	3,50		3,40	3,60		3,60	3,80
1011		3,30	3,50		3,40	3,60		3,60	3,80
1012		3,30	3,40		3,40	3,50		3,60	3,70
1013		3,30	3,40		3,50	3,60		3,70	3,80
1014			3,40			3,60			3,80
1015			3,40			3,60			3,80
1016			3,40			3,60			3,80
1017			3,40			3,60			3,80
1018			3,40			3,60			3,80
1019			3,40			3,60			3,80
1020			3,40			3,60			3,80
1021			3,50			3,70			3,90
1022			3,50			3,70			3,90
1023			3,50			3,70			3,90
1024			3,50			3,70			3,90
1025			3,50			3,70			3,90
1026			3,50			3,70			3,90

Traject IJssel

Rivierkilometer	Toetspeil HR2006 1/1250	Ontwerppeil 2050	Ontwerppeil 2100
879	14,30	14,30	14,30
880	13,90	13,90	13,90
881	13,70	13,70	13,70
882	13,60	13,50	13,50
883	13,30	13,20	13,20
884	13,20	13,10	13,10
885	13,10	13,00	13,00
886	12,70	12,60	12,60
887	12,60	12,40	12,40
888	12,40	12,10	12,10
889	12,30	12,00	12,00
890	12,00	11,90	11,90
891	11,90	11,80	11,80
896	11,90	11,80	11,80
897	11,70	11,60	11,60

898	11,60	11,50	11,50
899	11,50	11,40	11,40
900	11,50	11,30	11,30
901	11,50	11,30	11,30
902	11,50	11,30	11,30
903	11,30	11,10	11,10
904	11,30	11,10	11,10
905	11,20	11,00	11,00
910	11,20	11,00	11,00
911	11,10	10,80	10,80
912	10,90	10,60	10,60
913	10,80	10,50	10,50
914	10,70	10,30	10,30
915	10,60	10,20	10,20
916	10,50	10,10	10,10
917	10,40	10,00	10,00
918	10,40	10,00	10,00
919	10,20	9,80	9,80
920	10,20	9,80	9,80
921	10,10	9,70	9,70
922	10,00	9,70	9,70
923	9,90	9,60	9,60
924	9,90	9,60	9,60
925	9,70	9,40	9,40
926	9,60	9,30	9,30
927	9,50	9,20	9,20
928	9,30	8,90	8,90
929	9,10	8,70	8,70
930	9,10	8,70	8,70
931	8,80	8,40	8,40
932	8,70	8,40	8,40
933	8,60	8,30	8,30
934	8,60	8,30	8,30
935	8,50	8,20	8,20
936	8,50	8,10	8,10
937	8,50	8,10	8,10
938	8,40	8,00	8,00
939	8,40	8,00	8,00
940	8,40	8,00	8,00
941	8,40	7,90	7,90
942	8,30	7,80	7,80
943	8,30	7,80	7,80
944	8,20	7,70	7,70
945	7,90	7,50	7,50
946	7,80	7,40	7,40
947	7,70	7,30	7,30
948	7,60	7,20	7,20
949	7,50	7,10	7,10
950	7,40	7,00	7,00
951	7,40	6,90	6,90
952	7,30	6,80	6,80
953	7,20	6,70	6,70
954	7,10	6,60	6,60
955	7,00	6,40	6,40
956	6,90	6,20	6,20
957	6,80	6,10	6,10
958	6,70	6,00	6,00
959	6,70	5,90	5,90
960	6,60	5,80	5,80
961	6,60	5,80	5,80
962	6,50	5,70	5,70
963	6,40	5,60	5,60
964	6,40	5,60	5,60
965	6,20	5,40	5,40
966	6,10	5,40	5,40
967	6,00	5,30	5,30

968	5,90	5,30	5,30
969	5,80	5,20	5,20
970	5,60	5,10	5,10
971	5,50	5,10	5,10
972	5,40	5,00	5,00
973	5,30	4,90	4,90
974	5,20	4,80	4,80
975	5,20	4,80	4,80
976	5,20	4,80	4,80
977	5,10	4,70	4,70
978	5,10	4,70	4,70
979	4,90	4,50	4,50
980	4,70	4,30	4,30
981	4,60	4,10	4,10

Traject IJsseldelta

Rivierkilometer	Toetspeil HR2006 1/2000	Ontwerppeil 2050	Ontwerppeil 2100
975	5,30	4,80	4,80
976	5,30	4,80	4,80
977	5,30	4,80	4,80
978	5,20	4,70	4,70
979	5,00	4,50	4,50
980	4,80	4,30	4,30
981	4,70	4,20	4,20
982	4,60	4,10	4,10
983	4,50	4,00	4,00
984	4,40	3,90	3,90
985	4,30	3,70	3,70
986	4,20	3,50	3,50
987	4,10	3,40	3,40
988	4,00	3,30	3,30
989	4,00	3,30	3,30
990	3,90	3,20	3,20
991	3,70	3,10	3,10
992	3,60	3,10	3,10
993	3,50	3,20	3,20
994	3,30	3,30	3,30
995	3,20	3,20	3,20
996	3,10	3,10	3,20
997	3,10	3,20	3,20
998	3,00	3,10	3,20
999	3,00	3,10	3,20
1000	3,00	3,10	3,20
1001	3,00	3,10	3,20
1002	3,00	3,10	3,20

Traject Bergse-Maas, Amer

Rivierkilometer	Toetspeil HR2006 1/2000	Ontwerppeil 2050	Ontwerppeil 2100
227	5,80	5,20	5,20
228	5,70	5,00	5,00
229	5,50	4,90	4,90
230	5,40	4,80	4,80
231	5,30	4,70	4,70
232	5,20	4,60	4,60
233	5,10	4,50	4,50
234	5,00	4,40	4,40
235	4,90	4,30	4,30
236	4,80	4,30	4,30
237	4,70	4,30	4,30
238	4,60	4,20	4,20
239	4,40	4,10	4,10

240	4,30	4,00	4,00
241	4,20	4,00	4,00
242	4,10	4,00	4,00
243	4,00	4,00	4,00
244	3,90	4,00	4,00
245	3,70	3,80	3,90
246	3,60	3,70	3,90
247	3,40	3,60	3,70
248	3,30	3,40	3,60
249	3,30	3,50	3,60
250	3,20	3,40	3,50
251	3,10	3,30	3,40
252	3,00	3,20	3,40
253	3,00	3,20	3,40
254	2,90	3,10	3,30
255	2,90	3,10	3,30
256	2,90	3,10	3,30
257	2,80	3,00	3,10
258	2,80	2,90	3,10
259	2,80	2,90	3,10
260	2,80	2,90	3,00
261	2,80	2,90	3,00
262	2,80	2,90	3,00

Traject Beneden-Merwede, Oude Maas

Rivierkilometer	Toetspeil HR2006 1/2000	Toetspeil HR2006 1/4000	Ontwerppeil 2050 1/2000	Ontwerppeil 2050 1/4000	Ontwerppeil 2100 1/2000
961	4,60		4,40		4,40
962	4,50		4,30		4,30
963	4,30		4,10		4,10
964	4,10		4,00		4,00
965	3,90		3,80		3,80
966	3,70		3,70		3,70
967	3,60		3,60		3,60
968	3,50		3,50		3,50
969	3,40		3,40		3,50
970	3,30		3,30		3,40
971	3,20		3,30		3,30
972	3,10		3,20		3,30
973	3,10		3,20		3,20
974	3,10		3,10		3,20
975	3,00		3,10		3,20
976	3,00	3,10	3,10	3,20	3,20
977	3,00	3,10	3,00	3,10	3,10
978	2,90	3,00	3,00	3,10	3,10
979	2,90	3,00	3,00	3,10	3,00
980	2,90	3,00	2,90	3,00	3,00
981	2,90	3,00	2,90	3,00	3,00
982	2,90	3,00	2,90	3,00	3,00
983	2,90	3,00	2,90	3,00	3,00
984	2,90	3,00	2,90	3,00	3,00
985	2,80	2,90	2,90	3,00	3,00
986	2,80	2,90	2,90	3,00	3,00
987	2,80	2,90	2,90	3,00	3,00
988	2,90	2,90	2,90	3,00	3,00
989	2,90	2,90	2,90	3,00	3,00
990	2,90	2,90	2,90	3,00	3,00
991	2,90	3,00	2,90	3,00	3,00
992	2,90	2,90	2,90	3,00	3,00
993	2,80	2,90	2,90	3,00	3,00
994	2,80	2,90	2,90	3,00	3,00
995	2,80	2,90	2,90	3,00	3,00
996		3,00		3,00	

997		3,00		3,00	
998		3,00		3,10	
999		3,00		3,10	
1000		3,10		3,20	
1001		3,10		3,20	
1002		3,10		3,20	
1003		3,20		3,30	
1004		3,20		3,30	
1005		3,20		3,30	
1006		3,20		3,30	

Noord, Spui, Dordtse Kil

De ontwerpwaterstanden zijn, zoals vermeld bij de uitgangspunten, afgeleid op basis van resultaten van eerder uitgevoerde analyses. Bij deze analyses zijn geen specifieke resultaten afgeleid voor de Noord, het Spui en de Dordtse Kil. Om voor deze trajecten ontwerpwaterstanden af te leiden kan lineair worden geïnterpoleerd tussen de ontwerpwaterstanden op de aangrenzende riviertakken.