



Aan
Directoraat-Generaal Water
t.a.v. de Directeur-Generaal
De heer drs. M.E.P. Dierikx
Postbus 20906
2500 EX Den Haag

Contactpersoon
Ir. P.C. Janssen

Datum
2 september 2014

Ons kenmerk
ENW-07-29

Onderwerp

Advies over de veiligheidssituatie van de Hondsbossche en Pettemer Zeewering

Doorkiesnummer
015 - 2 518 276

Bijlage(n)
1 (Onderbouwing advies)

Uw kenmerk

Geachte heer Dierikx,

Op 5 oktober 2007 heeft DG Water advies gevraagd aan ENW over de veiligheidssituatie rond de Hondsbossche en Pettemer Zeewering betreffende het mogelijk nemen van noodmaatregelen. Achtergrond is dat het Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier en de provincie Noord-Holland aangedrongen hebben op het nog dit jaar nemen van een noodmaatregel om het veiligheidsniveau te verhogen.

Aan ENW is gevraagd een advies uit te brengen over twee vragen. In deze brief worden deze twee vragen herhaald met daarna het antwoord van ENW. De inhoudelijke onderbouwing van de antwoorden is in een bijlage weergegeven.

Alvorens deze antwoorden te presenteren merkt ENW op het te betreuren dat de suggestie is gewekt dat overschrijdingskansen van een toetsnorm een-op-een te vertalen zijn naar "faalkansen" en daarmee te beschouwen als de huidige veiligheid van de keringen. Deze suggestie heeft onterecht veel opschudding veroorzaakt. De veiligheid moet worden beoordeeld op mogelijke schade en het als gevolg daarvan standzeker zijn van de kering. Als bij de toetsing een *onderdeel* van de kering niet voldoet, dan wil dat nog niet zeggen dat de *standzekerheid van de kering* direct in het geding is. De bijlage geeft hiervoor de onderbouwing. Dit is conform de heersende veiligheidsoptiek in Nederland. De standzekerheid van afgekeurde keringen ligt namelijk volgens de vigerende wettelijke systematiek een orde hoger dan de norm. Bij afkeuren van een onderdeel worden er verbeteringswerken uitgevoerd en noodmaatregelen worden alleen overwogen als de standzekerheid van de kering in het geding is.

Tot slot is ENW zo vrij geweest in deze bijlage enkele opmerkingen te maken die kunnen worden meegenomen bij mogelijke structurele verbeteringen van de betreffende keringen.

Vraag 1 aan ENW:

Is het nemen van een noodmaatregel bij de Hondsbossche en Pettemer Zeewering nodig vanuit de heersende veiligheidsoptiek in Nederland (o.a. HWBP), daarbij rekening houdend met alle inhoudelijke feiten in en rond deze zeewering.

Het ENW deelt de conclusie dat op basis van de vigerende Hydraulische Randvoorwaarden 2006 uitgevoerde toetsing de Hondsbossche en Pettemer Zeewering niet aan de gestelde toetsnorm voor golfoverslag voldoen. Het treffen van structurele verbeteringswerken is dan ook noodzakelijk.

Het ENW acht echter op basis van de in de bijlage beschreven analyses het treffen van noodmaatregelen niet noodzakelijk. Dit omdat de standzekerheid van de Hondsbossche en Pettemer Zeewering niet direct in het geding is. Hierbij komt dat de overslaghoeveelheden onder maatgevende omstandigheden in werkelijkheid gemiddeld lager (orde 10 l/s per m) zullen zijn dan volgens de vigerende toetsvoorschriften wordt uitgerekend. Van belang is wel dat de kruin van de Pettemer zeewering voldoende beschermd is tegen overslaand water dat onder maatgevende omstandigheden over de in 2003 geplaatste damwand zal slaan.

Vraag 2 aan ENW:

Welke noodmaatregelen zijn er mogelijk, daarbij rekening houdend met kosteneffectiviteit, uitvoerbaarheid en de gegeven situatie rond deze zeewering, om de overschrijdingskans te verlagen tot een orde kleiner dan die nu is (1:1000 tot 1:5000)

Het ENW vindt het koppelen van een overschrijdingskans van een toetscriterium als 1 l/s per m golfoverslag aan veiligheid om grootschalige noodmaatregelen te rechtvaardigen niet juist. Zoals in het voorafgaande gesteld acht het ENW het treffen van noodmaatregelen niet noodzakelijk. Afgezien daarvan is het ENW van mening is dat er geen voor de handliggende noodmaatregelen zijn die de overschrijdingskans van het overslagcriterium een orde kunnen verlagen.

Tot slot wordt opgemerkt dat het aanleggen van een beperkte suppletie als noodmaatregel, zoals in de pers naar voren is gekomen, niet zinvol is. De aard en omvang van een dergelijke suppletie zijn onvoldoende om de overschrijdingskans van de overslag substantieel en permanent te verlagen.

Hoogachtend,

Ir. G. Verwolf
Voorzitter Expertise Netwerk Waterveiligheid

Bijlage bij advies over de veiligheidssituatie van de Hondsbossche en Pettemer Zeewering

Inhoudelijke onderbouwing

Achtergrond en HR2006

De Hondsbossche en Pettemer Zeewering behoren tot de hoogste keringen in Nederland met een kruinhoogte van ongeveer 12 m +NAP. In 2001 zijn deze keringen in het kader van de 5-jaarlijkse toetsing goedgekeurd. Door aanpassing van de golfrandvoorwaarden, met name een langere golfperiode, zijn in 2003 deze keringen als 'zwakke schakel' aangemerkt en zijn in 2005 noodmaatregelen getroffen (een ruwer talud bij Hondsbossche Zeewering en een damwand bij de Pettemer Zeewering). Bij het uitkomen van de nieuwe Hydraulische Randvoorwaarden 2006, op basis van uitgebreide berekeningen voor de Noord-Hollands kust, blijkt dat de golfhoogte nabij de kering behoorlijk hoger zou kunnen worden dan in 2003 werd gedacht. Deze hogere golfhoogte geeft in de nieuwe toetsing met name de forse overschrijding van het gestelde overslagdebiet van 1 l/s per m breedte.

Het is vooral de bodemligging direct voor de waterkering, die op delen aanleiding geeft tot hogere golven op de kering. Het is ENW gebleken dat de aangehouden bodemligging goed kan worden verantwoord. De beruchte 'geul' is niets anders dan de trog tussen regelmatig migrerende zandbanken.

De uitvoerpunten in HR2006 liggen minimaal 50 – 100 m uit de teen van de dijk. Uit de voor HR2006 uitgevoerde berekeningen blijkt dat met name in de laatste honderden meters tot de dijk de golfhoogte sterk reduceert. Het niet meenemen van het laatste stukje voorland, van het uitvoerpunt tot de teen van dijk, is op sommige delen daarmee een conservatieve aanname.

In het door ENW uitgebrachte advies over de HR2006 (ENW-07-16) is reeds gewezen op de mogelijkheid dat in een eventuele volgende editie van de Hydraulische Randvoorwaarden de golfrandvoorwaarden voor de hier beschouwde zeeweringen wederom kunnen wijzigen doordat geen rekening wordt gehouden met onzekerheden. Hier dient bij de afweging met betrekking tot het wel of niet nemen van noodmaatregelen rekening gehouden te worden aangezien de volgende editie van de Hydraulische Randvoorwaarden uitkomt voordat de definitieve versterking van de hier beschouwde zeeweringen is afgerond.

Het niet meenemen van het laatste stukje voorland leidt wel tot enigszins vreemde berekeningen met pc-overslag en Hydra-K, zoals dit in eerdere studies is gebeurd. Dit omdat daar een teendiepte net onder NAP wordt aangenomen, en daarmee een resulterende waterdiepte die vrijwel overeenkomt met de significante golfhoogte. Fysisch gezien is dit vrijwel niet mogelijk en om meer betrouwbare berekeningen te maken, zouden de berekeningen moeten worden uitgevoerd met een "teen van de dijk" op een diepte van minimaal NAP -4 m.

Overschrijdingskans en veiligheid

De uitgevoerde analyse van Witteveen en Bos, om het huidige veiligheidsniveau vast te stellen, is gebaseerd op Hydra-K, een rekenprogramma ontwikkeld door Rijkswaterstaat. Dit programma berekent 'overschrijdingskansen' en geen veiligheidsniveau. Dit onderscheid is essentieel, maar wordt in de ons ter beschikking gestelde conceptnotitie van Witteveen en Bos niet gemaakt. De overschrijdingskans geeft in dit geval de kans aan dat het overslagdebiet volgens het door Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier (HHNK) gestelde toetscriterium van 1 l/s per m breedte wordt overschreden. Het zegt nog weinig over de veiligheid van de waterkering zelf. ENW is dan ook niet gelukkig met de daardoor gewekte suggestie dat overschrijdingskansen van een toetsnorm een-op-een te vertalen zijn naar "faalkansen" en deze te beschouwen als de huidige veiligheid van de keringen. Een toetsprogramma is bedoeld om vast te stellen of aan een specifiek toetscriterium wordt voldaan. Bij het beschouwen van de veiligheid van een dijk spelen andere aspecten een rol.

Bij het beschouwen van het huidige veiligheidsniveau moet worden gekeken naar wat er met de dijk gebeurt als de toetsnorm wordt overschreden. In dit geval is de stabiliteit van het buitentalud niet in het geding en is de waterkering tot aan de kruin bekleed met harde materialen. Teveel golfoverslag heeft dan alleen invloed op de kruin en het binnentalud, welke bestaan uit een kleilaag met gras. De vragen die dan spelen, zijn: wat is de belasting op kruin en binnentalud, wat zijn de mogelijke faalmechanismen en kunnen deze optreden, en tot slot, bestaat er gevaar dat de waterkering kan doorbreken. Met name de laatste vraag is de belangrijkste met betrekking tot veiligheid. Noodmaatregelen moeten zonder meer worden getroffen als de standzekerheid in gevaar is en de kans op doorbraak te groot is. Deze vragen worden onderstaand op hoofdpunten uitgewerkt.

De belasting: golfoverslag

Het berekenen van golfoverslag gaat met een grote onzekerheid gepaard. Dit heeft te maken met de vele vormen van dijken, bekledingen en golfcondities. Omdat de formule onzeker is, met name voor kleine overslagdebieten, wordt in de toetsmethodiek (Hydra-K en pc-overslag) hier rekening mee gehouden door een extra marge mee te nemen. Als voorbeeld wordt hier de Hondsbossche Zeewering uitgewerkt met de nieuwe randvoorwaarden. Pc-overslag geeft een overslagdebiet van 9 l/s per m. Het 90%-betrouwbaarheidsinterval is 1,3 – 15 l/s per m en de gemiddelde schatting is 4,4 l/s per m. Bij het eenvoudig of gedetailleerd toetsen moet de onzekerheid in de overslagformule middels de extra marge worden meegenomen. De werkelijkheid is hoogstwaarschijnlijk lager, maar deze kan ook nog steeds iets hoger zijn.

Als echter schaalmodelproeven beschikbaar zijn, dan hoeft de overslagformule niet meer te worden gebruikt en ook niet de toeslag. De modelresultaten geven immers veel nauwkeuriger aan wat er bij een specifieke constructie gebeurt. Voor de Pettemer Zeewering zijn in 2004 door WL I Delft Hydraulics gelimiteerd proeven uitgevoerd. Ondanks dat het maar een enkele proef is, is dit onderzoek uiterst belangrijk omdat een deel van de onzekerheid in de schatting van de overslag kan worden weggenomen. Met de tijdelijke randvoorwaarden van 2003 werd met pc-overslag een overslagdebiet van 13,6 l/s per m berekend (inclusief marge) en een gemiddelde van 7,6 l/s per m. De proef kwam uit om een overslagdebiet van 3,3 l/s per m. Deze proef geeft een sterke aanwijzing dat de feitelijke situatie voor de Pettemer

Zeewering gunstiger is dan dat met pc-overslag wordt berekend. Met de nieuwe randvoorwaarden HR2006 op het beproefde model komt pc-overslag tot een overslagdebiet van 19,2 l/s per m (inclusief marge) en een gemiddelde van 10,8 l/s per m. Waarschijnlijk zou een proef met de nieuwe randvoorwaarden uitkomen op een overslagdebiet van 5-6 l/s per m.

De conclusie omtrent optredende belastingen (overslagdebieten) kan zijn dat het rekenen met pc-overslag of Hydra-K, inclusief onzekerheid, waarschijnlijk tot een behoorlijke overschatting van de werkelijke overslag leidt. Verder schaalmodelonderzoek, eventueel in de Deltagoot om schaafeffecten te vermijden, zou hier uitsluitsel over kunnen geven.

Een overslagdebiet is een abstract getal. In werkelijkheid slaat een aantal golven in een storm over de dijk en daar tussendoor stroomt er geen water. Vandaar dat vrijwel alle dijken in Nederland in het verleden zijn ontworpen met het 2% -golfoploopcriterium, wat gemakkelijker te begrijpen is. Van de inkomende golven tijdens een storm kan dan maar 2% de kruin bereiken en over de dijk slaan. Er werd daarbij verondersteld dat zo weinig overslaande golven niet in staat zouden zijn aanzienlijke schade aan te richten aan een kleilaag met een grasmat.

Bij het instellen van de 5-jaarlijkse toetsing is overgestapt op een golfoverslagcriterium. Voor zeedijken komt het 2% -golfoploop criterium meestal dichtbij de 1 l/s per m overslag. Voor rivierdijken, met veel kleinere golven, ligt dit dichtbij de 0,1 l/s per m. Het Voorschrift Toetsen op Veiligheid (VTV) stelt dan ook dat dijken waarvoor onder maatgevende omstandigheden een overslagdebiet kleiner dan 0,1 l/s/m wordt berekend, onafhankelijk van de kwaliteit van de bekleding van het binnentalud, voor dit faalmechanisme wordt goedgekeurd. Wanneer het overslagdebiet tussen de 0,1 l/s/m en 10 l/s/m ligt is het toetsresultaat afhankelijk van de kwaliteit van de bekleding van het binnentalud. Ook wanneer meer dan 10 l/s/m overslag wordt uitgerekend kan een dijk nog goed worden goedgekeurd. Hier is dan geavanceerd onderzoek voor nodig.

Onderzoek naar de kwaliteit van de grasbekleding van de Hondsbossche en Pettemer Zeewering, dat conform het VTV reeds in 2003 door HHNK is uitgevoerd, heeft aangegeven dat de grasbekleding volgens de criteria uit het VTV bestand zou zijn tegen 1 l/s/m.

Bij de Hondsbossche en Pettemer Zeewering hebben we te maken met erg hoge golven. Een berekening laat zien dat als deze keringen zo hoog zouden zijn als het 2% -golfoploopniveau onder maatgevende omstandigheden, dan zou er onder deze omstandigheden 3 l/s per m overslag optreden. Het 1 l/s per m overslagcriterium is dus strenger dan de vroeger aangehouden 2% van de golven dat de kruin mag bereiken.

Een maatgevende storm zal ongeveer 2 uur op de hoogste waterstand de waterkering aanvallen. Met een gemiddelde golfperiode van orde 10 s betekent dit ongeveer 700-800 golven. Met het 2% -oploopcriterium wordt dan gevonden dat ongeveer 15 golven over de kruin slaan, met bijbehorend overslagdebiet van 3 l/s per m. Als maar 1 l/s per m is toegestaan, dan betekent dit dat maar 4 tot 5 golven de kruin mogen bereiken (0,5% -0,7%). De overschrijdingskans die door Witteveen en Bos is uitgerekend, heeft betrekking op deze 4 tot 5 overslaande golven gedurende de hele storm.

Berekeningen voor de nieuwe toetsomstandigheden laten zien dat overslagdebieten tot ongeveer 20 l/s per m mogelijk zouden kunnen zijn. Bij 5 l/s per m bereikt ongeveer 4% van de golven de kruin (25-30 golven), bij 10 l/s per m is dit 9% (60-70 golven) en bij 20 l/s per m uiteindelijk 12% (80-90 golven).

De sterkte: kruin en binnentalud

Teveel overslaand water kan op de kruin en binnentalud schade veroorzaken en in het uiterste geval zou dit kunnen leiden tot een doorbraak. Enige schade is acceptabel, een doorbraak zeker niet. Er worden twee faalmechanismen onderscheiden, afschuiven en erosie. Afschuiven kan ontstaan als overstromend water infiltreert en uiteindelijk de kleilaag afschuift. Dit laatste is vooral in 1953 in Zeeland gebeurd, waar steile binnentaluds aanwezig waren. Op basis van die ervaring zijn dijken ontworpen met een veel flauwer binnentalud van meestal 1:3. Algemeen wordt verondersteld dat een 1:3 talud niet gaat afschuiven. Overigens gaat het bij de Hondsbossche en Pettemer Zeewering, vanwege de hoogte van de dijk, om een erg lang binnentalud en is ook de kleilaag niet erg dik. Daarom is niet uit te sluiten dat bij teveel overslaand water delen van het binnentalud zullen afschuiven.

Het is ook mogelijk dat overstromend water de grasmat en de klei erodeert. Overstromend water spoelt de klei tussen de wortels uit, zodat uiteindelijk de zandlaag zichtbaar wordt. Tot voor kort was over dit faalmechanisme niet veel bekend. Maar door de proeven bij Delfzijl met de zogenaamde golfoverslagsimulator is wel enig inzicht ontstaan. Een goede kleilaag met matige grasmat kon zonder enkel probleem een golfoverslagdebiet van 50 l/s per m aan, gedurende 6 uur. Deze proef mag zeker niet kenmerkend voor alle dijken in Nederland worden gesteld, maar wel is duidelijk geworden dat het aanwezig zijn van wortels in de kleilaag tot grotere erosiesterkte leidt dan de voorschriften doen vermoeden. Overigens kon bij eenzelfde proef een kale kleilaag ook 10 l/s per m weerstaan gedurende 6 uur. Gezien de korte tijdsduur van maatgevend hoog water (orde 2 uur) en een overslagdebiet dat zeker beperkt is tot ongeveer 20 l/s per m, zal hoogstwaarschijnlijk het erosiemechanisme bij de Hondsbossche en Pettemer Zeewering geen grote rol van betekenis spelen.

Een groter overslagdebiet dan 1 l/s per m wordt dan ook door ENW acceptabel geacht, indien dit niet leidt tot bezwijken van de kering, ook als het overslagdebiet wateroverlast tot gevolg heeft in het gebied achter de kering. Wateroverlast is immers van een andere orde van grootte dan overstroming ten gevolge van een doorbraak.

Op basis van de modelproeven die door WL op de Pettemer Zeewering zijn uitgevoerd, wordt met berekeningen door Hydra-K of pc-overslag hoogstwaarschijnlijk een te hoog overslagdebiet berekend. Dit is in lijn met de vigerende toetscriteria en dus geen probleem met betrekking tot de toetsing en het toetsresultaat, maar deze conclusie mag wel worden meegenomen in het kijken naar de huidige veiligheid van de keringen en de mogelijke gevolgen van overslag. Ingeschat wordt dat erosie van de grasmat op kruin en binnentalud geen groot probleem is. Door de grote lengte van het binnentalud en de redelijk dunne kleilaag, is het niet uitgesloten dat afschuiving van (delen van) de kleilaag zal optreden. Omdat het aantal overslaande golven redelijk beperkt is (zeker niet vergelijkbaar met 1953 in Zeeland), hoeft ook afschuiven niet een groot probleem te zijn aangezien dit niet direct tot falen van de dijk hoeft te leiden.

Overigens zou op korte termijn zowel een golfoverslagproef als een infiltratieproef op de Hondsbossche Zeewering kunnen plaatsvinden, waarbij direct inzicht wordt verkregen in de veiligheid van de kering tegen golfoverslag.

De damwand in de Pettemer Zeewering

Als noodmaatregel is na de CRASH-actie in 2003 een damwand in de Pettemer Zeewering geslagen. Zoals ook aangetoond door de proeven bij WLIDelft Hydraulics, reduceert een damwand het golfoverslagdebiet. Wat betreft de overschrijdingskans op een overslagdebiet van 1 l/s per is daarmee de kering veiliger geworden. Met de damwand op de kruin wordt een overslaande golf echter verticaal de lucht ingestuwd. Overslaand water komt daarna vanaf een bepaalde hoogte naar beneden en valt dan op de kruin. Indien deze kruin onbeschermd is zal dit vallende water veel meer schade veroorzaken dan stromend water. Dit fenomeen van een erosiekuil direct achter een verticale constructie is enkele malen in werkelijkheid geconstateerd. Als de kruin door vallend water erodeert, is het goed mogelijk dat gevolgschade ontstaat door het afschuiven van de kleilaag.

Bij het ontwerpen van een verticale constructie om golfoverslag te reduceren, hoort dan ook het verharden van het gedeelte direct achter deze constructie. Bij de Pettemer Zeewering is dit de kruin en mogelijk een aansluitend stukje van het binnentalud. Hier is bij de aanleg misschien niet aan gedacht, maar het is wel essentieel voor het voorkómen van schade door golfoverslag. Indien deze zwakke plek direct achter de damwand van de Pettemer Zeewering niet of niet voldoende is beschermd zou deze plek zo spoedig mogelijk moeten worden versterkt. Dit zou als een kleinschalige noodmaatregel kunnen worden gezien.

Mogelijke voorzieningen

Het rijk, provincie en waterschappen hanteren een gezamenlijke systematiek (Hoogwaterbeschermingsprogramma HWBP) voor het versterken van afgekeurde waterkeringen of onderdelen van deze keringen. In deze systematiek ligt besloten dat afgekeurde waterkeringen enige tijd niet aan de norm voldoen. Dit betekent niet dat de veiligheid tegen overstroming gedurende deze periode automatisch in het geding is. De werkelijke faalkans, of zogezegd de standzekerheid, van afgekeurde keringen ligt namelijk volgens de vigerende wettelijke systematiek een orde hoger dan de norm. Het treffen van noodmaatregelen op grote schaal, op of nabij de Hondsbossche en Pettemer Zeewering, is alleen te rechtvaardigen indien de situatie erg afwijkt ten opzichte van andere afgekeurde keringen en de standzekerheid in gevaar is. Volgens ENW is dit niet het geval.

Desondanks is het goed te beseffen dat het vaststellen van schade door golfoverslag en de uiterste consequentie van een mogelijke doorbraak met onzekerheid gepaard gaat. Inzicht in de daadwerkelijke sterkte van het binnentalud zou kunnen worden verkregen door een proef met de golfoverslagsimulator uit te voeren en een infiltratieproef, zoals eerder aangegeven.

Het aanleggen van een beperkte suppletie als noodmaatregel, zoals in de pers naar voren is gekomen, is niet erg zinvol. Deze hoeveelheid kan zich binnen een stormseizoen gemakkelijk hervreiden, waardoor de verbetering van de veiligheid maar erg tijdelijk kan zijn.

Structurele verbeteringen

Naast antwoord op de twee door DG Water gestelde vragen (zie brief) en de opmerkingen omtrent de huidige veiligheid in deze bijlage, zou ENW enkele opmerkingen willen maken omtrent mogelijke structurele verbeteringen.

Het verdient aanbeveling bij het ontwerpen van een versterking aandacht te besteden aan de ligging van de vooroever, met name de laatste paar honderd meter voor de teen van de dijk. Dit is nu deels een omissie in studies naar verbeteringen. Ook zou een zo grote versterking van een zeewering gebaseerd moeten zijn op gedegen modelonderzoek, eventueel op grote schaal. Hiermee wordt een ontwerpstorm zo goed mogelijk nagebootst en is men niet afhankelijk van formules met onzekerheden die dan met een marge worden aangehouden.

Een maatregel die effectief zou kunnen zijn, is het vastleggen van de vooroever direct voor de kering. De kering zelf is aan de buitenzijde van teen tot kruin al verhard. Het vastleggen van de vooroever over 50-200 m, op een redelijke hoogte, leidt direct tot verlaging van de golfhoogte bij de teen van de dijk en daarmee tot veel geringere aanpassingen van de dijk zelf. Optimalisatie zou kunnen worden gezocht in hoogteligging en lengte. Bij die optimalisatie is het noodzakelijk ook de standzekerheid van de teen van het vast te leggen deel van de vooroever te betrekken, omdat aan de teen van zo'n harde constructie vaak een nieuwe kans op ontgronding ontstaat.

In plaats van vastleggen van de vooroever kan ook grootschalige zandsuppletie plaatsvinden met een zeker jaarlijks onderhoud. Dit zou moeten worden bekeken in het geheel van zandsuppleties langs de kust en mogelijk een optimalisatie gericht op deels beschermen van de Hondsbossche en Pettemer Zeewering.

Tot slot is door ENW onlangs vastgesteld dat het bij ontwerpen van zeedijken het principe van Robuust Ontwerpen zou moeten worden gevolgd, overeenkomstig de nieuwe Leidraad Rivieren. Voor zeedijken zou dit kunnen inhouden een 10% toeslag op golfhoogte en golfperiode bij maatgevende condities. Naast klimatologische veranderingen in de toekomst, worden ontwerprandvoorwaarden hiermee nog zwaarder en wordt daarmee de beperking van de golfhoogte bij de teen, door genoemde vastlegging van de vooroever, mogelijk nog aantrekkelijker en zeker na gedegen modelonderzoek.

Het aanhouden van het 1 l/s per m overslagcriterium bij het ontwerpen van structurele verbeteringen kan wel eens tot een extreme verhoging van de toch al hoge zeewering leiden. Zoals gesteld betekent dit criterium in dit geval dat maar 4 of 5 golven de kruin mogen bereiken. Het toelaten van enige overslag en de constructie hiervoor aanpassen, zijn ontwerpuitgangspunten die overwogen zouden kunnen worden.