



Reinout de Oude, Universiteit Twente / Deltares
Mindert de Vries, Deltares
Erik-Jan Houwing, Rijkswaterstaat

Groene golfremmende dijk als robuust natuurverschijnsel

Het programma Ruimte voor de Rivier heeft als doel de veiligheid bij overstromingen tot ver in de toekomst te waarborgen. Hogere rivierafvoeren leiden tot hogere waterstanden met meer golfslag, die vervolgens weer volgens de huidige protocollen verhoging van dijken afdwingen. Dat leidt tot grootschalige ingrepen in het landschap, hoge investeringen en weerstand van de bewoners. In het programma WINN stimuleert Rijkswaterstaat de ontwikkeling van concepten voor waterveiligheid. Hierdoor was het mogelijk het concept van golfremming door vegetatie te ontwikkelen. De daarop gebaseerde groene golfremmende dijk biedt een robuuste oplossing die, door middel van golfremmende vegetatie voor de dijk, verhoging van dijken kan voorkomen.

Dit concept wordt toegepast op dijkkring 23 in de Noordwaardpolder, waar een griendbos met wilgenbomen de golfaanval sterk zal beperken. Dit leidt tot een dijkontwerp met een kruinhoogte die 0,7 meter lager is dan bij een ontwerp zonder golfremming. De bewoners hebben hierdoor een ruimer uitzicht en met de toegevoegde natuur past de waterkering ook beter binnen het beoogde natuurlandschap. Nieuw is het grotere ruimtebeslag van de hybride oplossing. Verder treedt een geringe verschuiving op van aanlegkosten (lagere dijk) naar onderhoudskosten (griendbeheer). Op de lange termijn zal dit concept door robuuste golfdempende werking de noodzaak van verdere dijkverhoging reduceren. Het idee is op elke locatie toepasbaar waar reductie van golfslag in het voorland een dijk tegen golfoverslag kan beschermen.

Het (vorige) kabinet wilde Nederland voldoende veilig, leefbaar en aantrekkelijk houden (volgens het Nationaal Waterplan uit 2009). Kernpunt van dat waterplan is het verkennen van nieuwe concepten die robuust en duurzaam zijn en zodoende voldoen aan de veranderende ontwerpcondities als gevolg van veranderingen van het klimaat. Duurzaamheid vormt een basiswaarde van het Nationaal Waterplan en moet leiden tot grote lokale betrokkenheid en verbetering van de kwaliteit van de leefomgeving en het ecosysteem. Robuustheid is te bereiken door een waterkering die bestand is tegen

extreme condities en voldoet bij mogelijke toekomstige ontwikkelingen.

Om Nederland voor volgende generaties veilig en leefbaar te houden en de mogelijkheden die water biedt optimaal te benutten, wordt volop gewerkt aan het Deltaprogramma. Dat geeft ruimte aan nieuwe ideeën en technieken, maar maakt ook gebruik van bestaande kennis en ervaringen. Een programma dat zijn waarde heeft bewezen, is 'Ruimte voor de Rivier'. De rivieren krijgen meer ruimte, zodat de kans op overstromingen afneemt. Tegelijkertijd werken regio en Rijk aan verfraaiing van het landschap. Zo gaan veiligheid en een mooi landschap gelijk op.

Noordwaard

Eén van de maatregelen die tot doel hebben meer ruimte aan de rivier de Nieuwe Merwede te geven, is de ontpoldering van de Noordwaard. Bijna de gehele Noordwaard verandert door het project van een binnendijks in een buitendijks gebied dat niet langer door een primaire waterkering wordt beschermd en hierdoor meestroomt bij waterstanden boven 2 meter + NAP op de Nieuwe Merwede (zie kaart). Hiermee wordt voor maatgevende hoogwatercondities de rivierwaterstand bij Gorinchem met 30 centimeter verlaagd en zal de Noordwaard volstromen. In combinatie met een zware storm ontstaan ook golven in dit gebied.

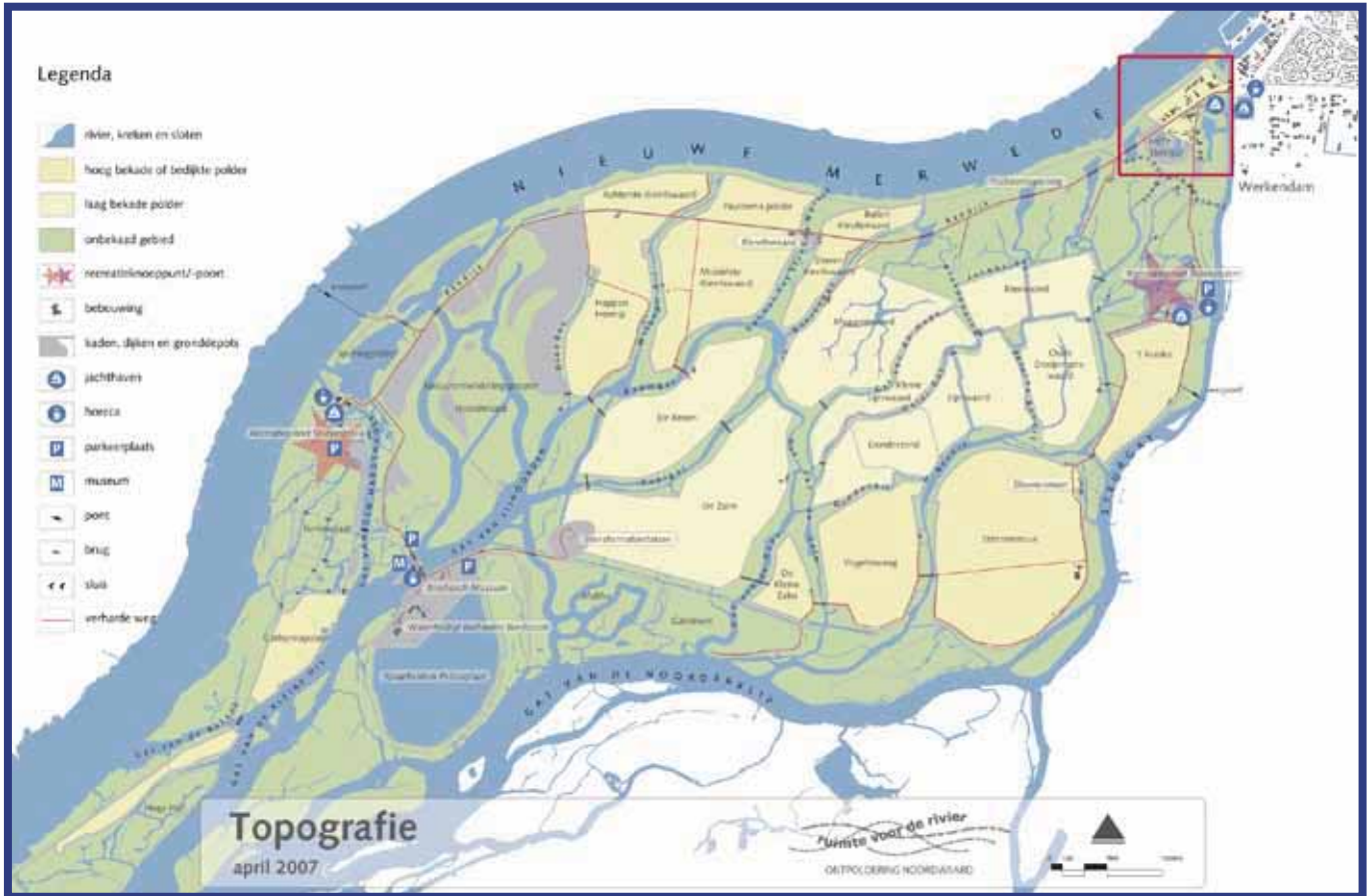
In het noordoosten van de Noordwaard bevindt zich Fort Steurgat, een erfgoedmonument dat nu als woongebied is ingericht. Om de fortbewoners en de daarachter

gelegen woonwijk en bedrijventerrein tegen de nieuwe situatie te beschermen, wordt een primaire kering langs het fort geplaatst. Daardoor ontstaat de vernieuwde dijkkring 23. Het eerste (conventionele) ontwerp van deze dijk is volgens de klassieke ontwerpmethodologie uitgewerkt en heeft geleid tot veel weerstand van de bewoners: zij vonden de dijk te massief.

Van klassiek naar innovatief

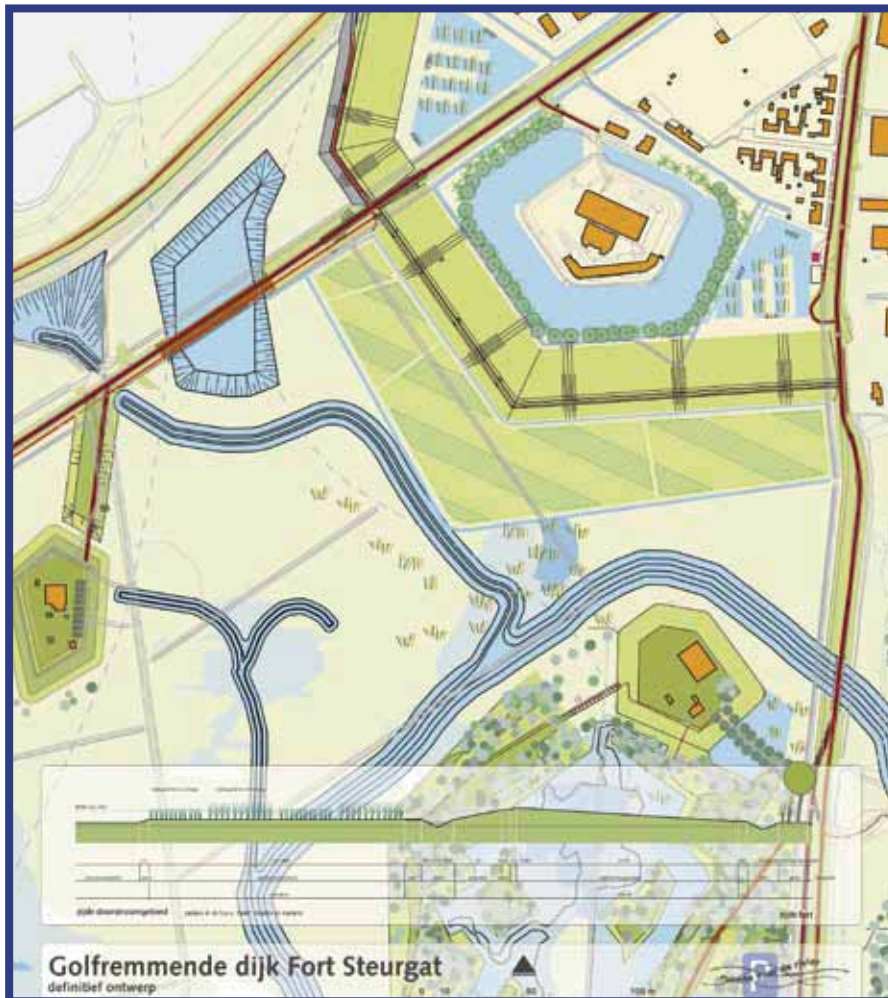
Het conventionele dijkprofiel heeft een ontwerpkuinhoogte van 5,5 meter +NAP en om landschappelijke redenen een zeer flauw binnendijks talud: circa 1:15 tot 1:16. Het lijkt alsof het maaiveld wordt opgetild. Hierdoor wordt de dijk als minder massief ervaren. Rijkswaterstaat was op zoek naar methoden om de dijk nog lager uit te voeren om daarmee de fortbewoners meer tegemoet te komen, zonder te tornen aan de veiligheid. Het gebruik van 'biobouwers' leek een goed concept om hier toe te passen¹⁾.

Met ondersteuning van het programma Waterinnovatie van Rijkswaterstaat (WINN) en in overleg met de Waterdienst, Waterschap Rivierenland, Deltares en medewerkers van het projectbureau Noordwaard, werd het ontwerp in drie maanden voltooid. Daarbij is het concept tijdens werkbijeenkomsten verder uitgewerkt: voor de dijk is vegetatie geplaatst om de golfslag te reduceren (zie afbeelding 2). Het idee hierachter is dat de vegetatie als natuurlijke golfremmer fungeert, de golfloop sterk vermindert en een lagere dijk kan worden ingepast. Het uitdoven van golven door vegetatie is een natuurlijk fenomeen bij de mangrovebossen langs de



Afb. 1: De ontpolderde Noordwaard met de nieuwe dijkkring 23 in kader.

Afb. 2: Locatie wilgenstruweel voor de dijk (rechtsboven).



tropische kusten, maar ook op de schorren in de Nederlandse estuaria.

Voor het toepassen van de golfremmende vegetatie is voor wilgenstruweel gekozen, omdat wilgen in dit gebied voorkomen, ze voldoende sterk zijn om golven te kunnen weerstaan en in een relatief natte omgeving kunnen overleven. Omdat de Noordwaard meerdere malen per jaar zal overstroomd zijn, zijn de wilgen op een drempel geplaatst, waarmee de groeiomstandigheden voor de wilgen optimaal zijn.

Modelberekening

Voor het bepalen van de effectiviteit van golfremming door wilgenvegetatie zijn voor de nieuwe situatie in de 'ontpolderde' Noordwaard de karakteristieke water- en golfcondities berekend, geldend bij een herhalingsjaar van 1/2000 jaar. Onder deze condities staat rond het fort tot drie meter water op het maaiveld. In combinatie met een harde zuidwesterstorm (dominante windrichting en grootste strijklengte in de Noordwaard) met windsnelheden tot 35 m/s, levert dit een golfopzet op tot 1,1 meter met een piekperiode van vier seconden²⁾.

Met behulp van een nieuwe versie van het golfenergie-model SWAN³⁾ is voor de nieuwe situatie de mate van dissipatie aan golfenergie berekend en daarmee het effect op reductie in golfhoogte bepaald. De windsnelheid, windrichting en waterstand zijn in het model als parameters gebruikt. Het effect op de reductie in golfhoogte is voor vier situaties doorgerekend: alleen bij de aanleg van de drempel (geen vegetatie), drempel met dunne wilgentakken (tot 9

millimeter doorsnede; laag), drempel met de wilgen van gemiddelde dikte (tot 13 millimeter doorsnede; gemiddeld) en een drempel met dikke wilgentakken (tot 16 millimeter doorsnede; hoog). De omrekening naar weerstand en bijbehorend energieverlies voor golven (vegetatieparameter) is bepaald op basis van laboratoriummetingen en expertise¹⁾. Voor alle vier de situaties is uitgegaan van een 100 meter brede drempel, al of niet aangevuld met wilgenbos. De resultaten zijn weergegeven in afbeelding 3.

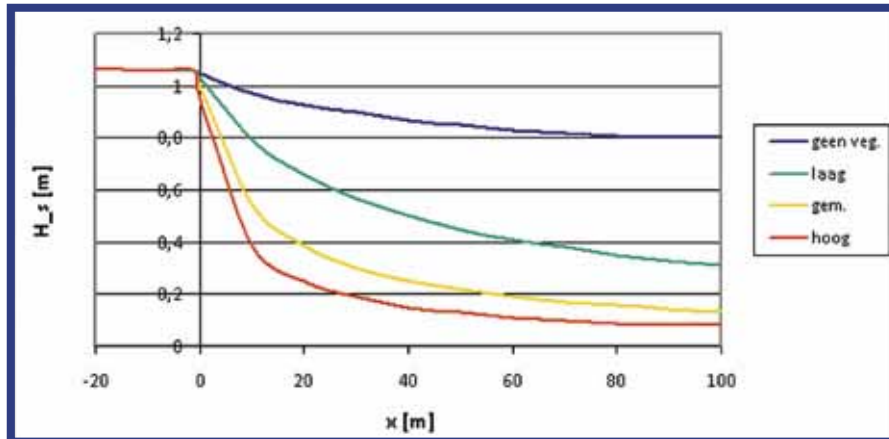
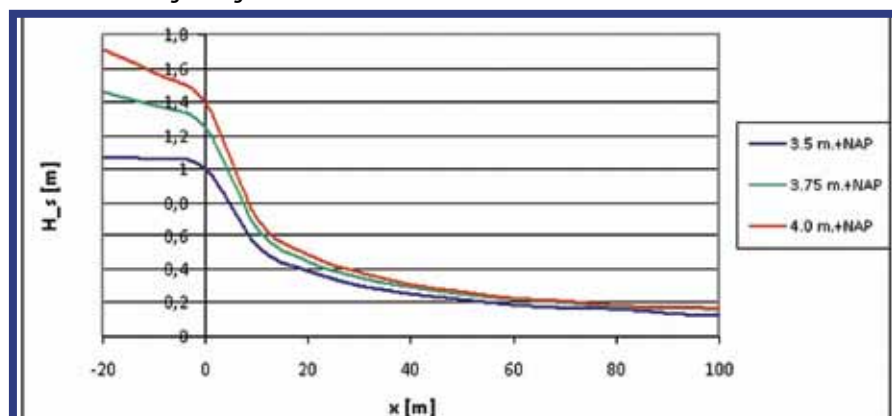
In het geval van de verhoogde drempel zonder vegetatie neemt de golfhoogte over een lengte van 100 meter met ongeveer 25 procent af. De demping van de golfhoogte varieert bij verschillende takdikte tussen 71 (laag) en 93 procent (hoog), waarbij ook het effect van de drempel is meegenomen. De sterkste uitdoving heeft plaats binnen de eerste 20 meter van het wilgenbos. Na 80 meter is er alleen nog golfdemping bij wilgen met een lage vegetatiekarakteristiek.

Ontwerp

De optimale lengte van een drempel met wilgenbos is voor het ontwerp van de groene golfremmende dijk op 80 meter gelegd^(1,2) met medeneming van de dikste wilgentakken (hoog). Voor het definitieve ontwerp van de waterkering is toch uitgegaan van een conservatief effect van de drempel en wilgen. Hierbij wordt slechts gerekend met een afname van de golfhoogte van 60 procent. Hierdoor wordt de mogelijke sterfte van wilgen of de (natuurlijke) variatie in de dichtheid van takken gecompenseerd. Door de flauwe helling aan de binnenzijde van de dijk en door de aanwezigheid van een waterberging binnendijks is in overleg met Waterschap Rivierenland het maximale overslagdebiet vergroot van 0,1 naar 1,0 l/m/s. Met het toepassen van de 60 procent reductie in golfhoogte en de verruiming van het overslagdebiet kan de dijkruinhoogte van de oorspronkelijke 5,5 meter +NAP verlaagd worden naar 4,3 meter +NAP. Het nieuwe ontwerp is in overleg met Waterschap Rivierenland verder uitgewerkt en goedgekeurd door Rijkswaterstaat, waardoor het concept ook daadwerkelijk kan worden uitgevoerd.

De toekomstbestendigheid van het ontwerp is nader bepaald door de huidige hydrodynamische condities te vergelijken met mogelijke toekomstige (hogere) belasting

Afb. 4: Reductie van golfhoogte voor drie scenario's.



Afb. 3: Reductie van golfhoogte voor vier situaties.

condities. Hierbij zijn twee extra scenario's doorgerekend: één met een waterstand van 3,75 meter +NAP en een significante golfhoogte van 1,5 meter en één scenario met een waterstand van 4,00 meter +NAP en een significante golfhoogte van 1,75 meter. De resultaten zijn weergegeven in afbeelding 4. Bij een toename in waterstand en golfhoogte heeft het meeste energieverlies (afname golfhoogte) ook binnen de eerste 20 meter van het griendbos plaats. Deze energiereductie door de wilgen is voor hogere golven groter dan voor lagere, waardoor de uiteindelijke golfhoogte voor de verschillende scenario's al na 40 meter ongeveer gelijk blijft. Dit betekent dat met een toename van de golfcondities de effectiviteit van het wilgenbos toeneemt en de achterliggende dijk niet direct verhoogd hoeft te worden.

Vergelijking met traditionele dijk

In vergelijking met het conventionele ontwerp heeft de 'groene golfremmende dijk' een aantal voordelen. In het wilgenbos vóór de primaire kering vindt een aanzienlijke dissipatie van golfenergie plaats, waardoor de golfoploop flink afneemt. Hierdoor kan de oorspronkelijke dijk lager worden uitgevoerd. Daarnaast is een eventuele versterking van de kering met steenbekleding niet nodig en kan de buitenkant van de kade veilig met gras worden bedekt. De effectiviteit van golfdemping door wilgen neemt toe naarmate de golven hoger worden: bij een toename in de belastingscondities is ophoging van de kering niet direct noodzakelijk. Het ontwerp is daarmee toekomstbestendigheid en duurzaam. Door het aanplanten van het

wilgenbos wordt de oppervlakte natuur enorm vergroot. Het wilgenbos is ook een aantrekkelijke leefomgeving voor vogels en kleine zoogdieren waardoor een kleine ecootop ontstaat.

Met het nieuwe ontwerp zal de lagere dijk goedkoper kunnen worden uitgevoerd. Dit wordt echter gecompenseerd door hogere onderhoudskosten aan het griendbos. Dit betekent dat een verschuiving optreedt van de aanlegkosten naar de onderhoudskosten. Omdat de groene golfremmende dijk in vergelijking met een traditionele dijk robuuster en flexibeler is ten aanzien van de mogelijk veranderende condities in de toekomst, hoeft dit ontwerp minder snel aangepast of vervangen te worden. Op de lange termijn kan een groene golfremmende dijk een goedkopere oplossing zijn.

Duurzaam en veilig

Een golfremmende vegetatie voor een waterkering sluit aan op de doelstellingen uit het Nationaal Waterplan. Het is een innovatieve maatregel die natuur creëert, duurzaam en robuust is en met de lagere achterliggende dijk als een totale waterkering de gewenste veiligheid garandeert. Deze waterkering in zijn geheel is flexibeler en zal voor een langere periode aan de gestelde veiligheidseisen kunnen voldoen. Het concept wordt nu toegepast in de Noordwaard, maar door te variëren in vegetatietype, aanlegbreedte en vorm en dichtheid van het vegetatieveld is het ook toepasbaar op vele andere locaties waar een duurzame en robuuste oplossing gewenst is. De enige voorwaarde is de beschikbare ruimte voor de aanleg van het vegetatieveld. Door de natuur te gebruiken voor bescherming wordt een duurzame waterkering gerealiseerd die bestand is voor de veranderende condities in de toekomst.

LITERATUUR

- 1) De Vries M. en F. Dekker (2009). Ontwerp groene golfremmende dijk Fort Steurgat bij Werkendam, verkennende studie. Deltares.
- 2) De Oude R. (2010). Modelling wave attenuation by vegetation with SWAN-VEG: model evaluation and application to the Noordwaard polder. Master thesis Universiteit Twente.
- 3) Suzuki T., M. Zijlema, B. Burger, M. Meijer en S. Narayan (2009). Formulation of wave dissipation by vegetation in a full spectral in a wave model with layer schematization. TU Delft.