

Figuur 1a: Het testen van planten in de golfkooi. 1b: Een zeekraalzaailing na het testen. 1c: De projectomgeving van Marconi en het rekengrid van het model. 1d: De locaties waar volgens het (schematische) model vestiging succesvol is, wanneer de golven met 50% gedempt worden.



NAAR EEN GRONDIGER BEGRIP VAN VEGETATIEVESTIGING

Voor een succesvolle vestiging van kwelderplanten is erosie een betere indicator dan bodemschuifspanning.

Op steeds meer plekken in de waterbouw wordt gewerkt volgens het gedachtegoed van Building with Nature. Dit leidt tot flexibele en efficiënte oplossingen, die de waterveiligheid vergroten en ruimte bieden om natuur en recreatie verder te ontwikkelen. Kwelders zijn hier bijzonder geschikt voor. Kwelders zijn begroeide buitendijkse gebieden die bij (extreem) hoogtij of storm onder water staan. Ze voorkomen erosie van de bodem en breken golven, waardoor de waterveiligheid verbetert. Daarnaast zijn kwelders een kraamkamer en leefgebied voor bijzondere planten en dieren. Deze ecosystemen komen in Nederland veelal voor in de Zuidwestelijke Delta en langs de Waddenzee.

Vanwege hiergenoemde ecosystemediensten is er brede interesse om kwelders meer in te zetten voor waterveiligheid. Ecoshape, een stichting waarin ingenieursbureaus, kennisinstellingen en andere organisaties samenwerken en het Building with Nature principe verder ontwikkelen, is in dit kader recent gestart met het Marconi Buitendijks pilotproject (zie Fig. 1c). De Ecoshape partners Deltares, Wageningen Marine Research, Arcadis en Royal HaskoningDHV voeren dit project uit.

Binnen het pilotproject wordt op de wadplaat langs de havendijk van Delfzijl zand en slib aangebracht, om de omstandigheden geschikt te maken voor kweldergroei. Tegelijk wordt onderzocht wat de beste manier is om kwelders te herstellen. Hiervoor wordt geëxperimenteerd met verschillende zand-slib mengsels, golfremmende structuren en het inzaaien van kweldervegetatie. Het doel van dit onderzoek (zie ook bron 1) is om te bepalen onder welke condities kwelders zich kunnen vestigen en hoe deze condities bij Marconi gecreëerd kunnen worden.

WINDOWS OF OPPORTUNITY

Om de vorming van kwelders te voorspellen wordt de Windows of Opportunity (WoO) theorie gebruikt [2]. Deze theorie stelt dat achtereenvolgens de juiste hydrodynamische condities moeten optreden, zodat er een *window* ontstaat waarbinnen planten zich kunnen vestigen. Er wordt een drietal *windows* onderscheiden. In *window 1* ontkiemen de zaden en ontwikkelen ze wortels. Om te voorkomen dat zaden wegspoelen, moeten stroming en golven afwezig zijn. In *window 2* groeien de zaailingen en hun wortels langzaam. De weerstand tegen hydrodynamische verstoringen neemt hiermee toe. In *window 3* zijn de planten volwassen

en moeten ze ook extremere hydrodynamische condities kunnen weerstaan. Als ook dit het geval is, wordt de vegetatievestiging als succesvol beschouwd.

De belangrijkste verstoring voor planten is erosie: dit beperkt de verankeringscapaciteit en voedingsinname van de wortels. Voorheen werd in de WoO theorie bodemschuifspanning gebruikt als proxy voor erosie [2,3]. (Bodemschuifspanning geeft de wrijvingskracht tussen water en bodem aan, en neemt toe naarmate stroomsnelheid en golfhoogte toenemen.) De (maximaal optredende) bodemschuifspanning is echter moeilijk te bepalen en vormt geen goede proxy voor de (totale) erosie van de bodem. Daarom verwachten wij dat voor de vestiging en ontwikkeling van kwelderplanten erosie een betere indicator is. Deze hypothese hebben we in een experiment verder onderzocht.

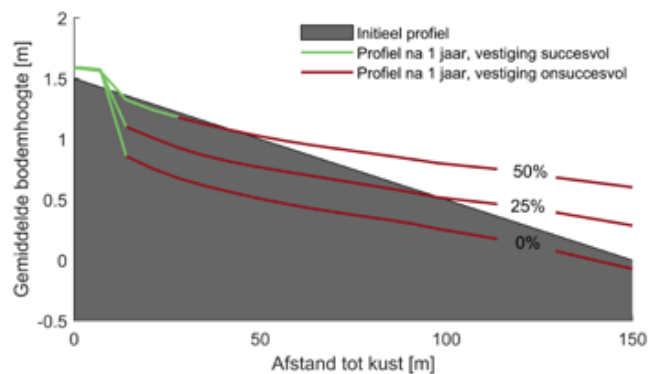
HET EXPERIMENT

Het experiment (Fig. 1a en 1b) is opgezet en uitgevoerd bij het NIOZ Yerseke om te bepalen hoeveel erosie kwelderplanten aankunnen. Zeekraal- en slijkgrasplanten (*Salicornia procumbens* en *Spartina anglica*) zijn in een klimaatkamer gekweekt. Hierbij zijn de natuurlijke getidedynamiek, de dag-nachtcyclus en de erosie en sedimentatie die kunnen optreden tijdens de groei van planten nabootst. Vervolgens is in een golfgoot bepaald na hoeveel erosie planten omvallen. Dit blijkt sterk afhankelijk van de leeftijd van de planten en van de sedimentatie en erosie tijdens het groeiproces. De golfhoogte en bodemschuifspanning hebben minder invloed. Hiermee ondersteunen de resultaten de keuze om het WoO model in termen van toegestane erosie te definiëren.

DELFT3D MODEL

Om het WoO model op Marconi toe te passen, moet de lokale bodemdynamiek voorspeld worden. Hiervoor is in Delft3D de lokale stroming, golven en morfologie gemodelleerd, met een resolutie van 200 m² (Fig. 1c en 1d). Het model voorspelt stevige erosie, waardoor er aan de kust klifvorming optreedt rond de hoogwaterlijn. Hierdoor kunnen planten alleen op het hoogste deel direct langs de kust groeien. Met behulp van een gevoeligheidsanalyse is onderzocht hoe robuust dit resultaat is. Het resultaat blijft (nagenoeg) hetzelfde als het sedimenttype of de vegetatie-implementatie in het Delft3D model verandert. Veranderingen in de WoO parameters, zoals de duur van de *windows* of de toegestane erosie, hebben eveneens slechts beperkt invloed. Dit betekent dat de voorspelling met een

sterke erosie en beperkte vestiging robuust is. Golfdempende maatregelen zoals rijshouten dammen kunnen gebruikt worden om de voorspelde erosie te verminderen. Daarom is de invloed van golfhoogte op de erosie onderzocht. Bij afnemende golfhoogte neemt de erosie eveneens af. Bij 50 procent lagere golven is de voorspelde afname voldoende om de verschillende *windows* succesvol te doorlopen en kwelderversting mogelijk te maken (Fig. 2).



Figuur 2: De invloed van golfhoogte op erosie en vestiging: golfreductie (aangegeven in procenten bij de profielen) vermindert de erosie en vergroot de vestigingskansen van planten.

CONCLUSIES

Deze studie heeft aangetoond dat voor kwelderversting erosie belangrijker is dan bodemschuifspanning. Hiermee is het Windows of Opportunity framework aangevuld, zodat bij toekomstige projecten beter bepaald kan worden of de lokale condities kwelderversting toestaan. Verder laten we voor Marconi Buitendijks zien dat golfdempende maatregelen essentieel zijn voor de stabiliteit van de bodem en de vestiging van de kwelder. |

Daan Poppema (Universiteit Twente), **Pim Willemsen** (UT, Deltares, NIOZ), **Bas Borsje** (UT), **Mindert de Vries** (Deltares), **Zhenchang Zhu** (NIOZ), **Petra Dankers** (Royal HaskoningDHV) en **Suzanne Hulscher** (UT)

BRONNEN

- Poppema, D. W., Willemsen, P. W. J. M., De Vries, M., Zhu, Z., Borsje, B. W., & Hulscher, S. J. M. H. (2017). Experiment-supported modeling of salt marsh establishment: Applying the Windows of Opportunity concept to the Marconi pioneer salt marsh design. 19-19. Abstract from ECSA Focus Meeting 2017, Shanghai, China.
- Balke, T., Bouma, T. J., Horstman, E. M., Webb, E. L., Erfteemeijer, P. L. A., & Herman, P. M. J. (2011). Windows of opportunity: thresholds to mangrove seedling establishment on tidal flats. *Marine Ecology Progress Series*, 440, 1-9.
- Hu, Z., Van Belzen, J., Van der Wal, D., Balke, T., Wang, Z. B., Stive, M., & Bouma, T. J. (2015). Windows of opportunity for salt marsh vegetation establishment on bare tidal flats: The importance of temporal and spatial variability in hydrodynamic forcing. *J. Geophys. Res. Biogeosci.*, 120, 1450-1469.