



Deltaprogramma | Deelprogramma Wadden

Een Dijk van een Kwelder

Samenvatting



Een Dijk van een Kwelder

Samenvatting

Eind 2011 is het rapport 'Een Dijk van een Kwelder; Een verkenning naar de golfreducerende werking van kwelders' afgerond. Deze brochure is een samenvatting van dit rapport. De onderzoekers hebben alle relevante literatuur over dit onderwerp op een rijtje gezet. In een parallelle studie wordt met modellen de golfreducerende werking van kwelders onderzocht. Beide studies moeten uitwijzen of kwelders onderdeel kunnen vormen van een waterveiligheidsstrategie in het Waddengebied, waarbij ook de natuur en de ruimtelijke kwaliteit behouden blijven. Deze verkenning is uitgevoerd in opdracht van het Deltaprogramma Deelprogramma Wadden. Op de website www.delta-programmawaddengebied.nl is het complete rapport te vinden.

Jantsje M. van Loon-Steensma¹

Pieter A. Slim²

Julia Vroom³

Johan Stapel⁴

Albert P. Oost³

Tekstredactie: Liesbeth Idema

¹ Wageningen University;
Earth System Sciences–Climate Change Group

² Alterra, onderdeel van Wageningen UR

³ Deltares

⁴ Imares, onderdeel van Wageningen UR

Wat zijn kwelders?

Kwelders zijn laaggelegen, met zout-tolerante planten begroeide, veelal slibrijke gebieden in het getijdengebied die regelmatig worden overstroomd door het zeewater. In Zuidwest-Nederland en de Kop van Noord-Holland worden kwelders ook wel schorren genoemd. Kwelders ontwikkelen zich vooral langs luwe delen van de kust met voldoende sedimentaanvoer. Hier vindt door overstromingen door het getij en stormvloed en ophoging met sediment plaats. De typische kwelderplanten zijn bestand tegen regelmatige overstroming. Kweldervegetatie beïnvloedt de stroming en

de inkomende golven, vangen slib in en houden dit vast. Kwelders, inclusief het krekensel, en de aangrenzende slikken en zandbanken vormen een samenhangend systeem in de kustzone.

In het Waddengebied ligt veruit het grootste areaal kwelders van Europa. Van de 40.000 ha kwelders in de Waddenzee ligt ca. 9.000 ha in het Nederlandse deel ervan. Deze kwelders bevinden zich zowel langs de rand van het vasteland, als langs de randen van de eilanden. Veel kwelders zijn in het verleden ingepolderd voor agrarisch gebruik. Vanaf de 17^e eeuw begonnen oevereigenaren, vooral langs de vastelandskust, kwelderaanwas te stimuleren voor



Kwelders in het Natura 2000-Waddengebied langs de rand van het vaste land en op de eilanden.

landaanwinning. De huidige kwelders en zomerpolders langs de Friese en Groningse vastelandskust zijn als kwelderwerken ontwikkeld. Veel van deze buitendijkse terreinen zijn nu belangrijk natuurgebieden.

Beschermd natuurgebied

Het Waddengebied – inclusief de kwelders – vormt een belangrijk natuurgebied. Op nationaal en internationaal niveau is het Waddengebied aangewezen als te beschermen natuurgebied, onder andere in de EU Vogel- en Habitatrichtlijnen en de Natuurbeschermingswet. De Waddenzee staat sinds 2009 op de Werelderfgoedlijst van Unesco. De natuurdoelen voor kwelders zijn afkomstig van de PKB Waddenzee, Natura 2000, de Kaderrichtlijn Water en het Trilaterale Wadden Sea Plan.

Onderzoeksvragen

Kwelders vormen een ondiepe zone die de golven beïnvloeden; de bodem en de kweldervegetatie veroorzaken weerstand. Al enige tijd is er, mede naar aanleiding van de aandacht voor de verwachte effecten van klimaatverandering op de zeespiegelstijging en het stormklimaat, belangstelling voor de mogelijke betekenis van kwelders voor de waterveiligheid.

Het Deelprogramma Waddengebied van het Deltaprogramma heeft een studie laten verrichten naar alle relevante kennis over dit onderwerp en of kwelders onderdeel kunnen vormen van een waterveiligheidsstrategie in het Waddengebied, waarbij de

natuur en de ruimtelijke kwaliteit behouden blijven. De onderzoekers hebben gekeken naar de volgende vragen:

- Wat zijn de factoren die kweldervorming beïnvloeden?
- Welke factoren bepalen de golfreducerende werking van kwelders?
- Welke kennis en ervaring is er rond de golfreducerende werking van kwelders in het Waddengebied en elders?
- In hoeverre wordt de golfreducerende werking van kwelders toegepast in het Nederlandse waterveiligheidsbeleid en in ons omringende landen?
- In hoeverre kunnen natuurlijke of semi-natuurlijke kwelders een bijdrage leveren aan de waterveiligheid in het Waddengebied bij een veranderend klimaat?
- Wat zijn belangrijke vragen rond de toepassing van kwelders in de waterveiligheidsstrategie van het Waddengebied?

In een parallelle studie wordt met modellen de golfreducerende werking van kwelders onderzocht.

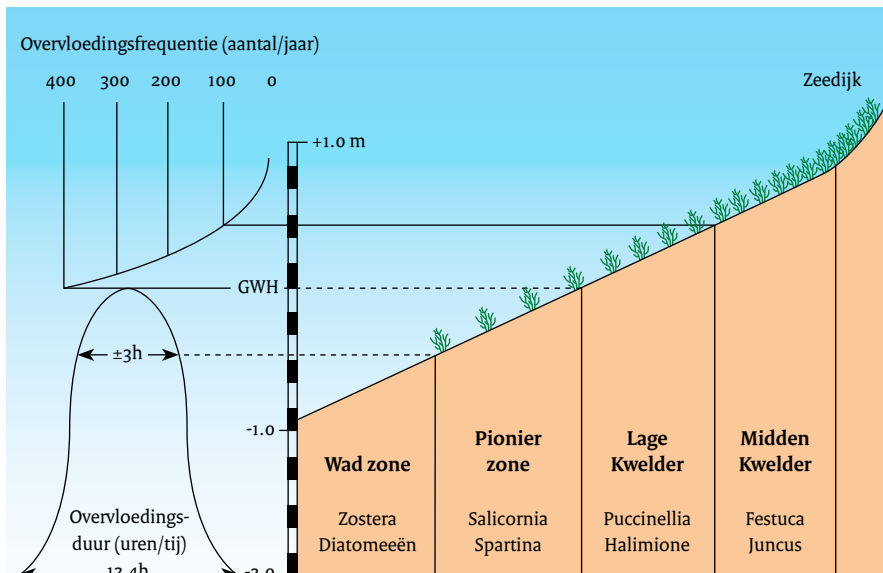
Kweldervorming

Kwelders zijn het resultaat van een wisselwerking tussen externe factoren zoals getij, golf-windklimaat, stormvloed, zeespiegelstijging, de beschikbaarheid van sediment en interne processen zoals inklinking, de ontwikkeling van vegetatie, en het effect van de vegetatie op de fysische omstandigheden in het kweldersysteem.

Kweldervorming is een dynamisch proces met vele terugkoppelingsmechanismen. Het kweldersysteem is gevoelig voor veranderingen in onder meer golfbelasting, stroming, zeespiegelstijging, sedimentaanvoer en beheer. De kwelder vormt een overgangszone tussen het mariene en terrestrische milieu. Over het algemeen wordt een kwelder landwaarts begrensd door een verhoging (bijvoorbeeld een duin, dijk of kade) en gaat zeewaarts (al of niet met een klifrand) over in slikken of zandplanten, en een geul. Deze geul zorgt voor de aanvoer van water en sediment. In het Waddengebied is de ontwikkeling van kweldervegetatie en ophoging langdurig gemonitord.

Getij

Het getij is een belangrijke factor bij de kweldervorming. Van nature ontstaan kwelders door sedimentatie op getijplaten van voldoende hoogte die tegen golven en stroming zijn beschermd, bijvoorbeeld omdat ze zich bevinden in de luwte van een duin, dijk of bocht in de kust. In een wisselwerking tussen fysische en biologische processen groeien wadplaten met enkele pionierplanten uit tot een met zout-tolerante planten begroeide kwelder die boven gemiddeld hoogwater (GHW) ligt. Het getij is hierbij van belang voor de verticale ontwikkeling van de kwelder; voor hoger gelegen delen zijn de stormvloed ook van belang voor de opbouw. In het



Voorbeeld van zonering en inundatiefrequentie (naar Erchinger in: Dijkema et al., 2001).

algemeen worden kwelders niet veel hoger dan het hoogste springtijniveau. Het getijverschil en de gradiënt van de kust bepalen samen de horizontale breedte van de intergetijdenzone. De intergetijdenzone is het gebied tussen hoog- en laagwater, dat tijdens vloed wordt overstroemd. Getij en stroming zijn van belang voor de aan- en afvoer van sediment. De stroomsnelheden variëren over de getijcyclus en sedimenttransport neemt proportioneel toe met de stroomsnelheid. Hoe sterker de stroming, hoe groter de deeltjes die worden meegenomen. Omdat in de Waddenzee eb langer duurt dan vloed, is de stroomsnelheid tijdens vloed hoger en kunnen er meer en grotere deeltjes de Waddenzee in worden getransporteerd. Als de stroming afneemt, bezinken de deeltjes.

Golven en wind

Golven leveren de energie voor sedimenttransport en erosie. Deze energie wordt via golfbeweging overgedragen. De hoogte van een golf vertoont een relatie met de windsnelheid en met de strijklengte. In de ondiepe kustzone beïnvloedt de zeebodem de golfbeweging, waardoor de golf vervormt en de golfhoogte toeneemt. Deze verandering in de golfbeweging veroorzaakt stromingen die het sediment in beweging kunnen brengen.

Door storm kunnen er hoge golven ontstaan die, afhankelijk van de windrichting en de fase van het getij, zwevende deeltjes zeewaarts afvoeren (erosie), of juist landwaarts transporteren (ophoging).

Zeespiegelstijging en bodemdaling

Zonder een matige zeespiegelstijging neemt de opslibbing van de kwelder af. De zeespiegel stijgt vanwege veranderingen in klimaat en door bodemdaling door tektonische processen. Zeespiegelstijging zorgt dat de grens tussen zee en land landwaarts verschuift. Bij het grootste deel van de Waddenkust, ontnemen de waterkeringen de mogelijkheid aan kwelders om landwaarts op te schuiven bij zeespiegelstijging. Bij een stabiele of een dalende zeespiegel verdwijnen de typische pionierplanten van de kwelder, treedt veroudering van de kwelder op en verschijnen minder zouttolerante planten.

Sediment

Het water van de Waddenzee bevat van nature veel zand, slib en organisch materiaal. Onder normale omstandigheden dragen vooral het fijnere zand en het slib bij aan kweldervorming. De grovere deeltjes blijven vooral in de geulen, of bezinken op korte afstand daarvan. De fijnere deeltjes bezinken verderop op de kwelders. Het zwevende materiaal kan door rivieren van-uit het achterland in zee terecht zijn gekomen en vandaar richting Waddenzee zijn meegevoerd, maar het kan ook door kusterosie ontstaan of in het water zijn gekomen door opwerveling in de Waddenzee zelf. De afstand tot het wad of tot de krekens is mede bepalend voor de snelheid van ophoging en sediment-samenstelling.

Kweldervegetatie

Kweldervegetatie speelt een belangrijke rol bij het invangen en het vastleggen van sediment en bij de vorming van het krekensysteem en daarmee in de kweldervorming. Als wadplaten hoog genoeg worden, kunnen zich pionierplanten vestigen zoals Zeekraal, Engels slijkgras en Gewoon kweldergras. Als de pionierzone is opgeslibd tot een lage kwelder vestigen zich ook andere planten als Lamsoor en Gewone zoutmelde. Vooral in de zone rond het niveau van het gemiddeld hoog water ontwikkelt de kweldervegetatie zich zo dat er relatief veel opslibbing plaats vindt. In de hogere zones verschijnen andere meerjarige soorten die de erosiebestendigheid en de golfreductie door de kwelder vergroten. De zone die niet meer dagelijks overstroomt is qua vegetatie meestal het gevarieerste deel van de kwelder.

Stabiliteit en erosie van kwelders

Tijdens normale omstandigheden en tijdens storm kan erosie of ophoging van de kwelder plaatsvinden. Om kwelders in te kunnen zetten als onderdeel van de primaire waterkering is het belangrijk om te weten hoe stabiel de kwelders zijn en vooral of ze tijdens maatgevende omstandigheden golfenergie kunnen absorberen. De maatgevende omstandigheden zijn de wettelijk afgesproken waterstanden waartegen onze waterkeringen bestand moeten zijn. De mate waarin de absorptie van golfenergie gepaard gaat met kweldererosie en de tijd

die nodig is om de gevolgen van erosie te laten herstellen, bepalen of kwelders duurzaam kunnen worden meegenomen in waterveiligheidsstrategieën. Door storm wordt veel en ook relatief grof materiaal (zand) in suspensie gebracht. Tijdens storm vindt meestal erosie van de platen en pionierzone plaats en slaat materiaal neer op de hogere zones. Hierdoor kunnen kliffen ontstaan. Kliffen zijn een indicatie dat de kwelder zich landwaarts verplaatst. Kliffen worden vaak in verband gebracht met het meanderen van geulen en getijstromen, toegenomen golfactiviteit of een afname in sedimentaanvoer. Kliferosie is een natuurlijk proces en na verloop van tijd kunnen voor het klif weer nieuwe kwelders aangroeien. De kweldervegetatie speelt vanwege het invangen van sediment een belangrijke rol in de ontwikkeling van de kwelder, maar houdt ook de bodem vast door het wortelstelsel en heeft effect op de bodemstructuur door wateronttrekking en het toevoegen van organische bestanddelen. Vooral het effect van de vegetatie op de bodemstructuur en samenstelling lijkt belangrijk voor de erosiebestendigheid. Langs de Groninger Waddenzeekust is aan de hand van metingen vastgesteld dat erosie voornamelijk wordt bepaald door de hoogte van windgolven. Daardoor zijn golven (en dus windsnelheden) belangrijk voor de ontwikkeling van kwelders.

Golfreductie

Kwelders vormen een natuurlijk voorland, een flauw oplopend deel vóór en aansluitend aan de dijk, dat de golfenergie al dempt voordat de golven een kunstmatige dijk of dam bereiken. In Oost-Friesland bleek tijdens stormcondities, wanneer er veel water op de kwelder staat, dat de golfoploop sterk wordt beïnvloed door de aanwezigheid van kwelders en ondiepe voorlanden.

De golven in de Waddenzee worden beïnvloed door de windsnelheid en windrichting in het Waddengebied, maar ook door de omstandigheden op de Noordzee. Een deel van de golven van de Noordzee dringt door tot in het Waddengebied. De golfaanval op de vastelandskwelders langs de Friese en Groninger Waddenzeekust wordt mede bepaald door de ligging en oriëntatie van geulen en wantijen, en varieert hierdoor in de lengterichting van de kust. Achter de eilanden liggen geulen meer parallel aan de kust. Bij de Friese kust kunnen diepwater golven vanaf de Noordzee minder ver landwaarts doordringen, dan op die locaties, waar de hoofdgeulen meer loodrecht op de kust staan en dichtbij de kust lopen. Dit is het geval bij de Groninger kust. Achter de eilanden kan een luwe zone ontstaan.

Kwelders kunnen golven reduceren door:

- het bodemprofiel (als vooroever van de dijk);
- de kweldervegetatie;
- interne wrijving in de bodem;
- indirecte beïnvloeding van de golf-evolutie door het effect op de lokale stroming en golfinterferentie als gevolg van ruimtelijke heterogeniteit (bodem- en vegetatiereëf).

Bodemprofiel en golfreductie

Kwelders en slikken beïnvloeden de golfhoogte door golfbreking en door wrijving. De demping is vooral afhankelijk van de optredende waterstanden: naarmate het water hoger staat, is er minder interferentie tussen de golven en de bodem. Niet alleen de hoogte van de kwelders en slikken beïnvloedt de golfvoortplanting, maar ook de kwelderwerken hebben een golfreducerende werking, mits de waterstand niet te hoog is. De rijen palen en de rijshouten dammen hinderen de golfvoortplanting. Het kwelderoppervlak is niet gelijkmatig en stabiel, maar vertoont zowel in ruimte als in tijd variabiliteit en reliëf. Er zijn krekens, kreekranden, kliffen en poelen. Grillige en vertakte krekens en geulen helpen mee om de golfenergie te dempen via het vertragen van de stroming en het afvlakken van de waterhoogte. Kwelderkliffen kunnen voor vervorming en reflectie van golven zorgen, maar ook voor een plaatselijke toename van de golfhoogte die vervolgens tot erosie kan leiden.



Klifrand kwelder Neerlands Reid te Ameland.

Vooral in de eerste tientallen meters aan de zeezijde wordt de golfenergie gedempt. Bij de rol van kwelders in kustverdediging moet ook worden gekeken naar de (horizontale) erosie van kwelders onder invloed van storm. Na storm moet er immers nog voldoende kwelderbreedte en kwelderhoogte beschikbaar zijn om een volgende storm te kunnen doorstaan. Uit experimenten en metingen komt als vuistregel naar voren, dat een kwelder in elk geval 80 m breed moet zijn voor een significante bijdrage. Hoeveel ‘afslag-buffer’ nodig is, is onbekend en hangt af van de mate van herstel tussen twee opeenvolgende erosiegebeurtenissen.

Erosie tijdens extreme gebeurtenissen betekent dat de gradiënt wordt afgevlakt. Het resultaat is een verbreding van het intergetijdenprofiel en een toename van het

gebied waarover dissipatie van golfenergie kan plaatsvinden.

Invloed vegetatie

Kweldervegetatie vergroot de bodemwrijving en heeft vooral een golfreducerende werking als de waterstand niet te hoog is. In Engeland bleek dat kwelderplanten minder bijdragen aan de golfdemping wanneer de kwelder meer dan 1,3 m onder water staat. Ook stijfheid/flexibiliteit, dichtheid, vorm en stengeldiameter, maar vooral de hoogte van de planten zijn belangrijk voor golfdemping. Verder bestaat er een relatie tussen de golffrequentie en de golfhoogte, en de mate van golfdemping door vegetatie. Als de kweldervegetatie meebeweegt in de golffrequentie, zal de demping minder zijn dan wanneer de vegetatie uit fase beweegt.

Vooral rond de kwelderrand wordt de vegetatieontwikkeling (hoogte, dichtheid en structuur), en daarmee de golfdemping, beïnvloed door het seizoen.

Ook riet- en biezenvelden hebben een golfdempende werking. Deze hangt af van de waterdiepte en de hoogte van de vegetatie. Er is bij riet- en biezenvelden niet alleen sprake van golfdemping, maar ook van fysieke weerstand tegen kusterosie omdat deze hoge, overjarige soorten een dichte mat van wortelstokken ontwikkelen.

Demping door eco-engineers

Ook eco-engineers zoals zeegrasvelden, oesterriffen en mosselbanken kunnen afzonderlijk en in onderlinge samenhang bijdragen aan de golfdemping. Ook vangen ze sediment in en leggen dit vast in de kustzone. Oesterriffen en mosselbanken vormen als het ware levende golfbrekers die kunnen aangroeien. Van oesterriffen is bekend dat zij kunnen aangroeien met snelheden die de hoogst voorspelde zeespiegelstijging ruim overtreffen. Wel moeten eco-engineers duurzame structuren vormen, willen ze een bijdrage kunnen leveren aan een duurzame kustverdediging. Hierbij speelt ook de (potentiële) draagkracht van het ecosysteem een belangrijke rol.

Golfdemping door slibvelden

Het is bekend dat 'fluid mud' (slibvelden), vooral tijdens stormcondities, een dempende werking heeft, maar slibvelden eroderen en verplaatsen zich snel. Hierdoor

is een slibveld tijdens extreme maatgevende omstandigheden op een bepaalde locatie geen garantie voor waterveiligheid.

Berekenen van bijdrage golfdemping door kwelders

In de praktijk is het vanwege heterogeniteit en de invloed van geulen in de kwelders moeilijk om het effect van ondiepe voorlanden mee te nemen in de berekening voor golfoploop en golfoverslag. Bovendien is een precieze grens tussen een ondiep en een zeer ondiep voorland niet te geven.

Vaak worden computermodellen gebruikt om de golfbrandvoorwaarden nabij een dijk te bepalen. Met het programma *SimulatingWavesNearshore* (SWAN) werd gevonden dat een verhoging van een strook kwelder met 0,3 m een reductie van de golfhoogte met ~20% en een reductie van de golfperiode met ~10% veroorzaakt, gemiddeld over verschillende gemodelleerde stormen. Voor het IJsselmeer werd gevonden dat met een golfreducerende constructie, afhankelijk van situering, de afstand tot de dijk en de hoogte van de golfreducerende constructie, verlagingen van de maatgevende belastingen van 0,5 tot wel 2 m zijn te bereiken.

Kwelders en Waterveiligheidsbeleid

In het Voorschrift Toetsen op Veiligheid wordt aangegeven hoe het voorland betrokken kan worden in de berekening

van de veiligheid. Het is echter moeilijk om ondiepe voorlanden als kwelders mee te nemen in de formules voor toetsingen en ontwerpen van dijken, vanwege de heterogeniteit van de kwelder. Desondanks is het tegenwoordig de praktijk om voor verharde zeekeringen langs de kust de maatgevende condities (waterstand plus golfrandvoorwaarden behorende bij de veiligheidsnorm van de betreffende dijkkring) te berekenen op 50 m uit de teen of 100 m uit de kruin van de dijk.

Indien er kwelders aanwezig zijn op meer dan 50 m uit de teen van de dijk zijn deze dus van invloed op de maatgevende condities en worden beschouwd als voorland. Daarbij wordt geen rekening gehouden met eventuele ruwheid door de vegetatie of rijshouten dammen. Een deel van de kwelders is daarmee al impliciet onderdeel van de zeekering. Waar kwelders mede bepalend zijn voor de maatgevende condities, is het voorkómen van te sterke kweldererosie belangrijk. Een lastig punt is dat kwelders grotendeels buiten de beheerzone van de beheerder van de waterkering liggen, waardoor onderhoud en beheer moeilijker te regelen zijn.

Naast golfdemping, vervullen kwelders in principe ook een rol voor de waterveiligheid omdat ze een gunstige invloed uit kunnen oefenen op de buitenwaartse macrostabiliteit van de dijk en de intree weerstand bij 'piping' (zandmeevoerende wellen). Bij het ontwerp van de waddendijken is daar geen rekening mee gehouden. Wel zijn op diverse plaatsen (bijvoorbeeld langs de Groninger

kust) de kweldergronden meegenomen bij het ontwerp van de teenconstructie van de dijk. Kwelders beschermen namelijk tegen erosie en daardoor kan worden volstaan met geen of een lichtere teenbestorting. Bij toename van het volume van de kwelder c.q. vergroting van het afslagprofiel, kan een grotere reductie van de bij de teen van de dijk inkomende golfhoogte worden gerealiseerd. Dit kan tot reductie van de vereiste kruinhoogte en de zwaarte van de harde bekleding op het buitentalud leiden. Dit moet worden meegenomen bij de nadere uitwerking van innovatieve dijkconcepten.

Natuur en Landschap

Vanuit het oogpunt van waterveiligheid, ruimtelijke kwaliteit, natuurdoelen en kosten is het aantrekkelijk om kwelders of – indien stabiel genoeg – eco-engineers in het ontwerp van een waterkering mee te nemen. Dit betekent dat de waterkeringszone breder wordt. Dit biedt de mogelijkheid om een meer geleidelijke overgang tussen de dijk en het wad te creëren. Misschien zijn, zoals in Duitsland, zelfs groene zeedijken (zonder asfalt) tot in de kwelder mogelijk. Deze dijken hebben een flauw talud.

Het ontwikkelen of in stand houden van kwelders voor de waterveiligheid kan echter in strijd zijn met de doelen gericht op bescherming en herstel van natuurwaarden van kwelders of andere habitats.

Waterveiligheidsbeleid elders

In Engeland is veel belangstelling voor de bijdrage van kwelders aan de waterveiligheid. Kwelders voor de dijk hebben daar een aanwijsbare functie in de waterkering. In Engeland zijn de dijken ontworpen op lagere maatgevende omstandigheden dan bij ons. Maar er is ook belangstelling vanwege de kosten van het aanpassen van de waterkeringen en vanwege het besef dat klimaatverandering voor nieuwe opgaven zorgt. In de jaren '90 van de vorige eeuw werd 'managed realignment' geïntroduceerd als nieuwe kustverdedigingsmaatregel. Bij 'managed realignment' wordt een dijk een stuk landinwaarts verplaatst zodat voormalig ingepolderde grond weer wordt toegevoegd aan het intergetijdengebied. Hierdoor neemt de breedte van de kustzone en het intergetijdenbied en de ruwheid van de helling (vanwege ontwikkeling van kweldervegetatie) toe, zodat de golfenergie voor de nieuwe kering minder is dan voor de oude. Daardoor kan worden volstaan met een lagere kering.

In Duitsland worden kwelders als onderdeel van de zeewering beschouwd, omdat ze de impact van golven op de dijk beperken. Net als in Nederland, is het merendeel van het huidige areaal aan kwelders langs de Duitse Waddenkust artificieel. In het waterveiligheidsbeleid van Sleeswijk-Holstein is vastgelegd dat het onderhouden van de kwelderwerken een publieke taak is. Er is daar een managementconcept voor kwelders ontwikkeld, waarbij zowel recht wordt gedaan aan de waterkerende functie als aan de

natuurwaarden van de kwelders. Nederland kan wellicht leren van de ervaring met deze 'Integrated Coastal Zone Management'-aanpak (ICZM-aanpak) van kwelders in samenhang met dijken.

In Denemarken maken kwelders geen onderdeel uit van de waterveiligheidsstrategie. Hier is voor gekozen omdat de ontwikkeling en het beheer van kwelders voor waterveiligheid strijdig zijn met de natuurwaarden.

Ervaringen

In het Europese project ComCoast (COMbining functions in COASTal Defences Zones) is, met het oog op versnelde zeespiegelstijging door klimaatverandering, via een aantal pilots de mogelijke toepassing van kwelders verkend als veilige en aantrekkelijke wijze van kustbeheer (www.comcoast.org). Het project is in 2007 afgerond. Nederlandse pilots betroffen Polder Breebaart, Ellewoutsdijk, Perkpolder en de Pettemer en Hondsbossche Zeewering. Naast Nederland participeerden Denemarken, Duitsland, België en de UK in ComCoast.

Voorbeelden van ComCoast-oplossingen waren:

- golfoverslagbestendige dijken;
- verbetering van de golfreducerende werking van de vooroever;
- de aanleg van kwelderachtige omstandigheden met getijbeweging in de primaire zeewering door gebruik van in- en uitlaatwerken of door binnendijks verleggen van de zeewering.

Er bleek veel aandacht nodig voor communicatie, stakeholderoverleg, draagvlak en governance.

Beheer

In de Waddenzee vond kweldervorming aanvankelijk natuurlijk en zonder enig menselijk ingrijpen plaats, maar in het verleden zijn zowel in Nederland, Duitsland en Denemarken veel van de natuurlijk gevormde kwelders door inpolderingen veranderd in agrarisch gebied. Vooral langs de vastelandskust probeerde men kweldervorming te stimuleren. Eerst via het graven van greppels om de ontwatering te verbeteren, later via het aanbrengen van rijshouten dammen.

De huidige kwelders en zomerpolders langs

de Friese en Groningse vastelandskust zijn als kwelderwerken ontwikkeld en kunnen zich handhaven dankzij de aanwezigheid van de rijshouten dammen. Veel van deze buitendijkse terreinen zijn nu belangrijke natuurgebieden en er zijn doelstellingen afgesproken gericht op een groter areaal aan natuurlijke kwelders, een grotere natuurlijke morfologie en dynamiek, en een verbeterde vegetatiestructuur.

In de Waddenzee is het behoud van kwelders langs de vastelandskust vooral gericht op de instandhouding van de gunstige omstandigheden voor kweldervorming. Op enkele locaties, zoals bij Balgzand, is daarentegen sediment aangebracht. Al 50 jaar worden de ontwikkelingen van deze kwelders gemonitord, onder andere om inzicht te krijgen in de effecten van beheermaatregelen. Het beheer van de



Kwelderwerken langs Friese Waddenzee-kust (Noarderleech).

kwelderwerken is op basis van de resultaten van deze monitoring en van praktijkervaring, aangepast aan de natuurdoelstellingen. Ook in Duitsland en Denemarken zijn kwelderwerken aangelegd en worden de ontwikkelingen gemonitord. Op een aantal plaatsen, zoals bij de Grië op Terschelling of de Neerlands Reid te Ameland, wordt erosie van de kwelder voorkomen door beschoeiing.

De ontwikkeling van een climax-vegetatie kan je uitstellen (door begrazing door ganzen en hazen) of tegengaan (door beweiding met vee). Intensieve beweiding kan een kwelder in een jong stadium met weinig plantensoorten houden.

Uit gegevens van de Engelse waterkeringsbeheerders blijkt dat vooral de kwelderstrook dichtbij de dijk tot een potentiële reductie in dijkonderhoudskosten leidt. Het verdwijnen van de kwelder blijkt een kostbare aangelegenheid voor dijkaanleg en -onderhoud. Een smalle strook kwelders is echter kwetsbaarder voor erosie dan een brede strook kwelders. Het Wetterskip Fryslân ervaart dat een kwelder voor de dijk ook voor extra onderhoud zorgt, omdat na extreme

waterstanden de aangespoelde plantenresten (veek) moeten worden opgeruimd ter bescherming van de grasmat op de dijk.

Klimaatverandering

Om kwelders te kunnen waarderen als bescherming tegen golfaanval op dijken, is het van belang te onderzoeken hoe het kweldersysteem reageert op de effecten van een veranderend klimaat zoals een versnelde zeespiegelstijging, een ander stormklimaat en een hogere temperatuur.

Zeespiegelstijging

Of kwelders de verwachte versnelde zeespiegelstijging kunnen bijhouden, hangt grotendeels af van de beschikbaarheid van sediment. Het is een wankel evenwicht tussen de snelheid van zeespiegelstijging en de snelheid waarmee de kwelder kan ophogen door verticale sedimentatie. In de Waddenzee is voor de Groningse en Friese kust de bruto-opslibbing in de verschillende zones van de kwelderwerken gedurende vele decennia gemonitord. Hoewel daarbij over de decennia een variatie in opslibbing wordt waargenomen, lijkt het alsof kwelders de zeespiegelstijging



Dijk met kwelder (bron: RWS).

kunnen bijhouden; er worden waarden voor maximale ophoging van 50 cm per eeuw voor de eilanden en 100 cm per eeuw voor de vastelandskust gevonden. Een kwelder kan dus, binnen bepaalde randvoorwaarden, een met de zeespiegel stijgende meegroeïende waterkering vormen.

De vastelandskwelders langs de Friese en Groningse kust kunnen zich momenteel handhaven dankzij de aanwezigheid van de rijshouten dammen. Een verdichting van de rijshouten dammen kan, mits er voldoende sediment is, het meegroeivermogen van de pionierzone verhogen.

Stormklimaat

Als klimaatverandering ook een verandering van de stormduur, frequentie en richting tot gevolg heeft, zal dit ook de ontwikkeling van de kwelders beïnvloeden. Een belangrijke vraag is in hoeverre kwelders afslaan tijdens extreme condities en hoe lang het duurt voordat de schade hiervan is hersteld. Omdat de golfenergie kwadratisch toeneemt met de windkracht, kan een relatief geringe verandering in het windklimaat tot relatief grote gevolgen leiden.

Temperatuurstijging

Een verhoging van de gemiddelde en maximum temperatuur, het aantal warme dagen en de frequentie van hittegolven kan vooral voor hoge delen van de kwelders invloed hebben. Voor sommige plantensoorten zijn de hogere temperaturen voordelig. De kans op vorst en het aantal

vorstdagen nemen af, waardoor er minder kans is op vorstschade aan de vegetatie. Vorstgevoelige soorten als Engels slijkgras en Gewone zoutmelde worden daardoor bevoordeeld.

Ook zal de gemiddelde temperatuur van het zeewater toenemen. Hierdoor zal onder meer de kinematische viscositeit afnemen. Dit veroorzaakt een afname van de mobiliteit van niet-cohesieve sedimenten en een toename van de valsnelheden van korrels met een snellere afzetting tot gevolg.

Kennisbehoefte en aanbevelingen

Uit de literatuurstudie blijkt dat er veel kennis beschikbaar is over kwelderontwikkeling. Deze kennis is vooral gericht op ecologie en biodiversiteit in relatie tot abiotische aspecten als erosie, opslibbing en sedimentsamenstelling. Ook blijkt dat er in Nederland en internationaal belangstelling is voor de rol van kwelders en voorland bij hoogwaterbescherming. Er is steeds meer interesse voor de potentiële capaciteit van kwelders om de gevaren van zeespiegelstijging, als gevolg van klimaatverandering, op te vangen. Hoewel de capaciteit van kwelders en voorland om mee te groeien met de zeespiegel al lang bekend is, ontbreekt het nog aan voldoende gedetailleerde kennis over het gedrag van kwelders vanuit het oogpunt van hoogwaterbescherming. Vooral het gedrag van kwelders onder maatgevende omstandigheden vraagt meer

onderzoek. De literatuurstudie heeft geleid tot vragen en aanbevelingen om deze kennisleemte op te vullen.

Is de kennis over het gedrag van kwelders en de invloed van kwelders op de hydrodynamiek representatief voor extreme en maatgevende omstandigheden?

Aanbevelingen:

- Er is nog te weinig bekend over de golfoploop op dijkvakken met en zonder kwelder (als een voorland) tijdens extreme omstandigheden. Deze kennis moet worden gecombineerd met de gegevens over waterdiepte, golfhoogte en vegetatiedichtheid en -hoogte.
- De golfreductie moet op een aantal kenmerkende en van elkaar verschillende locaties worden gemonitord. De golfdemping is namelijk sterk locatie-specifiek.
- Bovenstaande informatie kan worden gebruikt om modellen te kalibreren om zo de toepassing van kwelders voor de waterveiligheid verder uit te werken.

Welke rol speelt de aan de kwelder grenzende zone (wadplaten en slikken) en de daar voorkomende ecosystemen in kwelderdynamiek en golfreductie?

Aanbevelingen:

- Het is aan te bevelen een uitgebreide internationale literatuurstudie uit te voeren naar het effect van rifbouwende oesters, mosselbanken en zeegrasvelden op het golfklimaat en na te gaan onder welke condities deze ecosystemen in samenhang met kwelders bijdragen aan de waterveiligheid.

- Onderzoek het proces waarbij slikken onder invloed van 'biobouwers', bijvoorbeeld schelpdieren en zeegrasvelden, in de zomer sediment 'opslaan' en in het najaar kwelders 'voeden'.

Hoe kunnen kwelders daadwerkelijk worden toegepast in het waterveiligheidsbeleid?

Aanbevelingen:

- Voor een weloverwogen keuze voor het toepassen van kwelders en andere biobouwers voor waterveiligheid is het belangrijk om criteria te ontwikkelen voor een afweging (waaronder kosten en baten) met traditionele keringen. Andere ecologische aspecten (ecosysteemdiensten) moeten hierin worden meegewogen.
- Naar analogie van het restprofiel bij duinen zou als criterium een restprofiel na erosie/afslag van kwelders moeten worden bepaald. Hiervoor is een studie nodig van de erosiesnelheden van kwelders en de dempende werking van kwelderwerken op erosie onder maatgevende stormvloedcondities.
- Ga na wat de mogelijkheden zijn voor innovatieve waterkeringen waarbij de kwelder onderdeel uitmaakt van de kering (zoals een hybridekering).
- Om na te gaan hoe kwelders in de Waddenzee reageren op stormomstandigheden zou moeten worden geanalyseerd (bijvoorbeeld op basis van remote-sensingbeelden) hoe het kwelderareaal zich ontwikkelde na de stormen van de afgelopen decennia.

- Door internationale kennisuitwisseling door middel van workshops, symposia en werkbezoeken kunnen ervaringen met natuurlijke keringen in hoogwaterbescherming worden gedeeld.
- De 'Integrated Coastal Zone Management'-benadering van Sleeswijk-Holstein kan als richtsnoer dienen voor een betere afstemming tussen verantwoordelijkheid voor waterveiligheid en voor beheer en eigendom; ook in de afstemming tussen waterveiligheidsdoelen en natuurbeleidsdoelstellingen.
- Om meer inzicht te verkrijgen in kwelderontwikkeling in relatie tot klimaat, zouden kwelderontwikkelingen langs de Europese kust met elkaar moeten worden vergeleken.
- Voor het inzetten van kwelders en of biobouwers om bij te dragen aan de veiligheid is het van groot belang om te investeren in heldere communicatie over de kennis en noodzakelijke kennisontwikkeling met de directe stakeholders (eigenaren, beheerders, bewoners, waterschappen, provincies, gemeenten en rijk). Daarbij zou een bestaande kwelder met veel verschillende breedten (bijvoorbeeld Noard-Fryslân Bûtendyks) als voorbeeldproject kunnen dienen.
- Besteed veel aandacht aan het afstemmen van waterveiligheid op bescherming en herstel van natuurwaarden van kwelders of andere habitats.
- Onderzoek de relatie tussen de aan/afwezigheid van een kwelder en de mate van benodigd onderhoud aan de waterkering.

Wat is het potentieel van kwelderontwikkeling en -uitbreiding voor hoogwaterbescherming in de Waddenzee?

Aanbevelingen:

- Een kanskaart voor kwelderontwikkeling kan inzicht geven in de mogelijke bijdrage van kwelders op de betreffende locaties aan de waterveiligheid.
- Een analyse van beheermaatregelen om kweldervorming te beïnvloeden maakt duidelijk wat de voor- en nadelen van deze maatregelen zijn.
- Experimenten langs het Wierumerwad (Fryslân) of de Emmapolder (Groningen) kunnen duidelijk maken wat het effect is van beperkte ophoging van het slik op kweldergroei. Hiervoor kunnen in principe kwelders worden aangelegd over een lengte van ca. 10-15 km dijk.
- Verken de mogelijkheden om te experimenteren met kunstmatige aanvoer van sediment.

Deltaprogramma | Deelprogramma

Het Deltaprogramma is een nationaal programma. Rijksoverheid, provincies, gemeenten en waterschappen werken hierin samen met inbreng van de maatschappelijke organisaties. Het doel is om Nederland ook voor de volgende generaties te beschermen tegen hoogwater en te zorgen voor voldoende zoetwater.

Het Deltaprogramma staat onder regie van de deltacommissaris, regeringscommissaris voor het Deltaprogramma.

www.rijksoverheid.nl/deltaprogramma



Dit is een uitgave van:

Ministerie van Infrastructuur en Milieu

Ministerie van Economische Zaken,
Landbouw en Innovatie

Januari 2012