



Kustveiligheid en natuur

Een overzicht van kennis en kansen

P.A. Slim
M.A.M. Löffler

Alterra-rapport 1485, ISSN 1566-7197



Kustveiligheid en natuur

Kustveiligheid en natuur

Een overzicht van kennis en kansen

P.A. Slim

M.A.M. Löffler

Alterra-rapport 1485

Alterra, Wageningen, 2007

REFERAAT

Slim, P.A. & M.A.M. Löffler, 2007. *Kustveiligheid en natuur; Een overzicht van kennis en kansen*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1485. 92 blz.; 21 fig.; 6 tab.; 110 ref.

Wageningen UR voert in opdracht van het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV) onderzoek uit. Onderdeel hiervan is het Beleidsondersteunend Onderzoek (BO). Alterra onderzocht in opdracht van LNV Directie Regionale Zaken met het BO-project 'Veiligheid; versterking van de kustzone', op welke wijze en waar, tegelijk met vergroting van kustveiligheid, versterking van natuur, landschap en recreatie kan plaatsvinden.

In een eerder Alterra-rapport (1194) zijn voor een casus (zwakke schakel Hondsbossche Zeewering) de ecologische effecten nagegaan van diverse varianten van kustversterking. Het huidige rapport 'Kustveiligheid en natuur' presenteert de *state of the art* voor de gehele Nederlandse kust. Het behandelt de mogelijkheden van de combinatie van kustveiligheid en natuur, landschap en recreatie, voor de korte en de lange termijn, van lokale zandsuppleties tot grootschalige infrastructurele werken.

Kustveiligheid en natuur zullen ook in de toekomst in de belangstelling blijven staan.

Trefwoorden: Kustveiligheid, zwakke schakels, golfbelasting, natuur, Natura 2000, kustversterking, beheer, onderhoud, eco-engineering, zeeweringen, zeedijken, erosiebestendigheid, overslagdijk, karrevelden en inlagen, ontpoldering, zandige kust, zandsuppleties, dynamisch kustbeheer, duinen.

ISSN 1566-7197

Dit rapport is digitaal beschikbaar via www.alterra.wur.nl. Een gedrukte versie van dit rapport, evenals van alle andere Alterra-rapporten, kunt u verkrijgen bij Uitgeverij Cereales te Wageningen (0317 46 66 66). Voor informatie over voorwaarden, prijzen en snelste bestelwijze zie www.boomblad.nl/rapportenservice

© 2007 Alterra

Postbus 47; 6700 AA Wageningen; Nederland

Tel.: (0317) 474700; fax: (0317) 419000; e-mail: info.alterra@wur.nl

Niets uit deze uitgave mag worden veelevoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Alterra.

Alterra aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Inhoud

Woord vooraf	7
Samenvatting	9
1 Inleiding	13
1.1 Achtergrond	13
1.2 Doelstelling rapportage	15
1.3 Bladwijzer	15
2 Achtergrondinformatie natuur	17
2.1 Beleid	17
2.2 Natura 2000 en de duinen	20
2.3 Natuurbeleving	22
3 Achtergrondinformatie veiligheid primaire waterkering	25
3.1 Beleid voor normen en toetsing	25
3.1.1 Golfbelasting: voortschrijdend inzicht	25
3.1.2 Resultaten toetsing 2006	26
3.1.3 Golfproeven 2006	26
3.2 Zwakke schakels	27
3.2.1 Beheerdersoordeel en tijdelijke maatregelen	27
3.2.2 Prioritaire zwakke schakels	28
3.2.3 Zwakke schakels en natuur	31
3.2.4 Voorkeursalternatieven zwakke schakels	32
3.3 Dynamisch handhaven van de kustlijn	38
3.3.1 Beleid	38
3.3.2 Voordelen van suppleties	40
3.3.3 Ecologische effecten van zandsuppleties	45
4 Kustveiligheid en natuur: beheer en onderhoud	49
4.1 Inleiding	49
4.2 Beheer en onderhoud van zeedijken	49
4.2.1 Erosiebestendigheid	49
4.2.2 Vegetaties van zeedijken	52
4.2.3 Rijke Dijk	52
4.3 Beheer en onderhoud van de zandige kust	53
4.3.1 Dynamisch kustbeheer	53
4.3.2 Invangen van zand	56
4.3.3 Suppleties	57
4.3.4 Strandreiniging	58
4.3.5 Instellen van een strandreservaat	59
5 Kustveiligheid en natuur: toekomstige versterkingen	61
5.1 Inleiding	61

5.2	Inspelen op natuurlijke processen	61
5.2.1	Meegroeien met de zee	61
5.2.2	Klimaatbuffer	62
5.2.3	Veel zand	63
5.2.4	Eco-engineering	64
5.3	Brede waterkeringszone	65
5.3.1	Voorland	65
5.3.2	Extra Waddeneilanden	65
5.3.3	Tandemdijk of overslagdijken	66
5.3.4	Karrevelden en inlagen	68
5.3.5	Ontpoldering	69
5.4	Landgebruik in brede waterkeringen	69
5.4.1	Zoute landbouw	69
5.5	Kansen voor natuur	73
5.5.1	Verbreiding van de duinen	73
5.5.2	Dammen	73
5.5.3	Herstel zoet-zoutovergangen	75
5.5.4	Kustversterking in urbane omgeving	77
5.6	Risico's voor natuur	78
6	Conclusies en aanbevelingen	79
6.1	Hoofdpunten uit basisinformatie	79
6.2	Toekomstig onderzoek	82
	Literatuur	85

Woord vooraf

Kustveiligheid staat volop in de belangstelling bij beleid, politiek en publiek. Niet alleen om de tsunami in Zuidoost-Azië (2004) en de orkaan Katrina in New Orleans (2005). Maar ook om de situatie in Nederland zelf. Dat is niet nieuw, want water hoort bij de geschiedenis van ons land. Nederland, dat voor twee derde onder de zeespiegel ligt, is nu eenmaal kwetsbaar voor overstromingen.

Om voorbereid te zijn op de toekomst wordt er vanaf 2007 een aantal zwakke schakels langs de kust versterkt. Deze versterkingen vloeien voort uit onderzoek (2001), waaruit blijkt dat golven bij storm harder op de kust kunnen beuken dan daarvoor was aangenomen. Tevens is het effect van klimaatverandering en zeespiegelrijzing duidelijker dan voorheen. Al met al betekent dit dat enkele duinen en zeedijken in de toekomst misschien niet meer voldoen aan de veiligheidsnorm. Acht plekken langs de Nederlandse kust zijn daarom benoemd als prioritaire ‘zwakke schakel’. Maar niet alleen de veiligheid, maar ook de natuur, de ruimtelijke kwaliteit van de kust, en de recreatie moet worden versterkt. Hiervoor heeft het kabinet vele honderden miljoen euro ter beschikking gesteld.

Alterra voerde in het kader van het beleidsondersteunend onderzoek (BO) het project ‘Veiligheid; versterking van de kustzone’ uit in opdracht van LNV Directie Regionale Zaken. Het onderzoek is geïnitieerd en begeleid door de contactpersoon van de gebruikersgroep Ir. Jacco H. Maissan. Themacoördinator was dr. Han J. Lindeboom.

Eerst was het project direct gerelateerd aan de zwakke schakels en bedoeld om LNV te ondersteunen bij haar inbreng van natuuraspecten. Omdat het Rijk de regie van de zwakke schakels neerlegde bij de kustprovincies, is de focus van het project gaandeweg veranderd.

In een eerder Alterra-rapport (1194) voor een *casus* (zwakke schakel Hondsbossche Zeewering) zijn de ecologische effecten nagegaan van diverse varianten van kustversterking. De auteurs waren verder op verschillende manieren betrokken bij diverse andere kust- en zeeprojecten zoals onderzoek naar de ecologische effecten van de Deltawerken, bodemdaling door gaswinning in de Waddenzee (relatieve zeespiegelstijging), ‘Onderzoeksprogramma Luchthaven in Zee’, ‘Zee in zicht, WUR kennisprong ‘Leven in de Zilte Zoom’, ‘WINN-Kustevenement’, en de kustversterkingen van Delfland en van Voorne. Tenslotte leverden zij bijdragen aan diverse workshops, symposia en expertmeetings op het gebied van kust- en zee. Het huidige rapport ‘Kustveiligheid en natuur; een overzicht van kennis en kansen’ bouwt hierop voort en geeft de *state of the art* voor de gehele Nederlandse kust. Het behandelt de mogelijkheden van de combinatie van kustveiligheid en natuur, landschap en recreatie, voor de korte en de lange termijn, van lokale zandsuppleties tot grootschalige infrastructurele werken.

Kustveiligheid én ruimtelijke kwaliteit zullen ook in de toekomst belangrijk blijven. Er zijn diverse (innovatieve) mogelijkheden om natuur en kustveiligheid te laten samengaan en elkaar te laten versterken. Waar het vroeger (na 'de Ramp' in 1953 en het daarop volgende Deltaplan) vooral ging om de defensie tegen de zee, is er nu meer oog voor een offensieve benadering. Hoe kun je 'met de natuur *meewerken*' in plaats van *ertegenin*. Kustveiligheid kan zo de drager zijn van versterking van de kwaliteit van natuur, landschap én recreatie.

Samenvatting

Nederland is kwetsbaar voor overstromingen. Ruim 9 miljoen Nederlanders wonen onder NAP, en ruim 65% van het BNP wordt beneden de zeespiegel verdiend. In de toekomst zal de kwetsbaarheid nog verder toenemen door zeespiegelstijging, bodemdaling en economische ontwikkeling.

Om te anticiperen op de toekomst worden er vanaf 2007 negen zwakke schakels langs de kust versterkt. Bij acht hiervan worden zowel maatregelen genomen voor de veiligheid, als voor het vergroten van de kwaliteit van de kust.

Ook in de toekomst zullen kustveiligheid én ruimtelijke kwaliteit belangrijk blijven. Er zijn diverse (innovatieve) ideeën over hoe natuur en kustveiligheid kunnen samengaan en elkaar kunnen versterken. Waar het vroeger vooral ging om de defensie tegen de zee, is er nu meer oog voor een offensieve benadering. Hoe kan je 'met de natuur meewerken' in plaats van ertegen in. Om na te gaan in hoeverre bij de versterking van de kustzone, de ruimtelijke kwaliteit kan worden verbeterd, is een project gestart met als titel 'Veiligheid; versterking van de kustzone'. Alterra voert dit project uit in opdracht van LNV Directie Regionale Zaken. Aanvankelijk was het project direct gerelateerd aan de zwakke schakels en bedoeld om LNV te ondersteunen bij haar inbreng van natuuraspecten. Omdat de regie van de zwakke schakels werd neergelegd bij de kustprovincies, is de focus van het project veranderd. Alterra heeft deelgenomen aan workshops die over de zwakke schakels werden georganiseerd, heeft presentaties gehouden én een casestudie uitgevoerd naar de kansen voor de natuur bij versterking van de Hondsbossche Zeewering. Daarbij is veel basisinformatie verzameld over kustveiligheid en natuur. Het rapport dat voor u ligt geeft een overzicht van de verzamelde informatie. Want ook in de toekomst zullen versterkingen nodig blijven. Zowel bij deze versterkingen als bij het (dagelijkse) beheer en onderhoud van de zeeweringen kunnen we gebruik maken van de kennis en de ervaring die de afgelopen jaren op dit gebied zijn opgedaan.

Natura2000

Bijna alle Nederlandse duinen zijn onderdeel van het Natura 2000-netwerk. Tegelijkertijd hebben de meeste duinen ook een functie voor het waarborgen van de veiligheid: kustveiligheid en natuur hebben veel met elkaar te maken. Het Natura 2000-landschap Duinen wordt gekenmerkt door gradiënten langs en dwars op de kust. De meest dynamische omstandigheden komen voor op de Waddeneilanden. De gradiënt van noord naar zuid, is die van kalkarm van het noorden tot aan Bergen, en kalkhoudend ten zuiden hiervan. De duinen in de Delta vormen een mozaïek van kalkarme en kalkhoudende omstandigheden. Dwars op de kust zijn de volgende gradiënten te onderscheiden, van zeereep naar binnenduintrand: meer of minder wind, meer of minder zout, en van jong naar oud. In het hele duinmassief zijn gradiënten van droog naar nat te onderscheiden.

Belangrijke opgave voor het Natura 2000-landschap Duinen is het versterken van een samenhangend landschap met een aantal gradiënten en mozaïeken; het versterken van de noord-zuid gradiënt en de samenhang daarbinnen.

Kustveiligheid

De waterkeringen langs onze kust moeten voldoen aan veiligheidsnormen, die in de Wet op de waterkering zijn vastgelegd. Vastgelegd is hoe groot de kans mag zijn dat een hoge waterstand de standaard, ofte wel de zogenoemde maatgevende waterstand, zou overschrijden. Elke vijf jaar moet worden getoetst of de waterkeringen nog wel voldoen aan deze normen. Voor de toetsing wordt gebruik gemaakt van ‘hydraulische randvoorwaarden’, ofwel de belasting die het water op de waterkeringen uitoefent. Rond 2001 bleek uit voortschrijdend inzicht dat de golftrandvoorwaarden op diep water langs de kust zoals die werden gehanteerd, te laag waren. Dit betrof de golfhoogte en met name de golfperiode. Op grond daarvan werden negen zwakke schakels in de kust aangewezen: kustvakken die naar verwachting tussen nu en tweehonderd jaar na nu moeten worden versterkt om bij stijging van de zeespiegel, hogere stormfrequentie en op grond van nieuwe golftrandvoorwaarden aan eisen voor veiligheid tegen overstroming van het achterland te voldoen. Bij acht hiervan is besloten zowel maatregelen te nemen voor de veiligheid, als voor het vergroten van de kwaliteit van de kust. Inmiddels zijn voor alle zwakke schakels voorkeursalternatieven bekend.

De meeste zwakke schakels liggen in de nabijheid van een Natura 2000-gebied. Dat betekent dat er bij kustveiligheid rekening moet worden gehouden met de beschermde status van die gebieden. De essentie van de verbeteropgave voor het Natura 2000-landschap Duinen is dat de verstarring van het landschap en de vervilting van de grazige gebieden aangepakt moet worden. Het meest essentiële proces in de duinen, de dynamiek door verstuiwing en duinvorming, is immers grotendeels verloren gegaan. De vastgestelde voorkeursalternatieven voor de zwakke schakels zijn getoetst op hun effecten op natuur en landschap. Sommige voorkeursalternatieven bieden nieuwe kansen voor natuur en landschap.

Vaak wordt gedacht dat kustversterking en natuur nabij kustplaatsen niet goed samengaan. Toch zijn er rondom kustplaatsen ook natuurwaarden te vinden. Ook in urbane omstandigheden kunnen er kansen zijn bij het combineren van kustveiligheid en natuur. Het is belangrijk dit niet op voorhand uit te sluiten.

Dynamisch handhaven en natuur

Het beleid van dynamisch handhaven van de kust is in feite een vorm van ‘eco-engineering’: samenwerken met de natuur. Het spel van wind, zee en zand is van levensbelang voor de veiligheid van de kust, nu en in de toekomst. In het algemeen heeft de natuur van de duinenkust baat bij de zandsuppleties. Het duinareaal neemt na 1990 niet meer af door kustafslag en er is meer mogelijkheid om de natuur zijn gang te laten gaan. Onderzoek laat zien dat de dynamiek in de buitenste duinen is toegenomen en dat de kust lokaal een natuurlijker aanzien heeft gekregen. Zandsuppleties betekenen op middellange termijn extra vernieuwing en extra dynamiek.

Bij de positieve effecten van de zandsuppleties zijn ook kantekeningen te maken. Zo is een erosieproces als incidentele duinafslag bij stormvloed zeldzaam geworden. Kustlijnhandhaving kan op langere termijn een verstarring van de dynamiek betekenen. Van nature ontstaan juist in erosiekusten aangrijpingspunten voor grootschalige verstuiwing ('vorming van paraboolduinen') en voor natuurlijke vorming van een gekerfde zeereep en van sluffers. Zandsuppleties hebben ook effecten op de ecologie van de zandwinplaats en van de plek waar het zand op het strand of op de onderwateroever wordt neergelegd. Het meest directe effect van zandwinning is het verwijderen van het bodemsediment met de bodemorganismen ter plaatse. Het herstel van de bodemlevensgemeenschappen na de zandwinning lijkt echter vrij snel van start te gaan. Bij suppleties op het strand of op de onderwateroever zal de bedekking van de bodem met een laag suppletiezand ertoe leiden dat de meeste van de in de bodem levende (minder mobiele) organismen sterven. Voor de onderwateroever geldt dat de milieuschade als beperkt wordt geschat (vergelijkbaar met natuurlijke stormeffecten), gezien de grote dynamiek in dit gebied. Tenslotte kan gebiedsvreemd suppletiezand invloed hebben op de verstuiwing van zand en daarmee op de geomorfologie en vegetatie van het duingebied.

Beheer en onderhoud

Voor zeedijken kan een goed graslandbeheer de erosiebestendigheid enorm vergroten en tegelijkertijd bijdragen aan hogere natuurwaarden. Bij het verbeteren, onderhouden of aanleggen van dijken of kaden kan meer gebruik worden gemaakt van ecologische kennis (Rijke Dijk). In sommige gevallen kan zeewaarts van de zeedijken zand worden ingevangen. Dit kan bijdragen aan de ontwikkeling van een natuurlijk voorland met wellicht nieuwe duintjes.

Voor de zandige kust biedt dynamisch kustbeheer kansen voor de natuur. Je zou kunnen stellen dat dynamisch kustbeheer in combinatie met suppleties de kust veiliger maken, omdat de overgang tussen land en zee geleidelijker wordt, en er daardoor een grotere bufferzone ontstaat die beter in staat is grote klappen op te vangen en beter om kan gaan met zeespiegelrijzing. Hoewel dynamisch kustbeheer al op veel plaatsen in Nederland wordt toegepast, lijken er nog meer mogelijkheden te zijn, vooral in brede duingebieden. De aanvoer van vers zand vanaf het strand is bovendien essentieel voor een vitale helmbegroeiing. Voor een optimaal dynamisch beheer is dosering nodig van de suppleties. Regelmatig suppleren voor kustplaatsen en alleen in de tussenliggende kustvakken indien nodig (ter voorkoming van bolwerkvorming) is een optie. Dit stimuleert de ontwikkeling van afslagkusten naast aangroekusten.

Voor een natuurlijke overgang tussen strand en duinen is het belangrijk te zoeken naar een optimaal evenwicht tussen machinale- en handmatige strandreiniging. Op deze manier blijven lokaal vloedmerken bewaard. Kusten met vloedmerken zijn boeiend als schatkamer voor de strandjutter, als voedselbron voor vogels en andere dieren, of als vestigingbasis voor een pioniervegetatie. Deze vormt op zijn beurt weer de mogelijkheid voor primaire duinvorming.

Ook kunnen strandreservaten worden aangewezen: gedeelten van het strand die niet toegankelijk zijn voor passanten (anders dan de red- en hulpdiensten). Op die manier kan een geleidelijke overgang van strand naar duinen ontstaan, waar het zand weer kan gaan stuiven en waardoor een natuurreservaat ontstaat voor broedvogels en planten. De mate waarin een breed scala aan milieutypen met volledig ontwikkelde plantengemeenschappen op het toneel zal verschijnen, hangt nauw samen met grootschalige kustprocessen, die bepalend zijn voor de aan- dan wel afvoer van zand.

Toekomstige versterkingen

Er zijn heel veel visies en oplossingen ontwikkeld voor het behouden van een veilige kust in de toekomst. Veel (innovatieve) oplossingen voor toekomstige versterkingen spelen in op natuurlijke processen, waarbij sedimentatie van slib en zand wordt gestimuleerd om bodemdaling en zeespiegelstijging te compenseren. Een andere overeenkomst tussen veel oplossingen is dat ze uitgaan van brede waterkeringen: buffers tussen zee en land. In de brede waterkeringen wordt de dynamiek in een systeem afgevlakt, bijvoorbeeld door golfbreking en/of het opvangen van over de dijken heen slaand water. Bij voldoende breedte staat zo'n buffergebied ten dienste van een groter achterliggend gebied. De breedte van de waterkering kan zowel zeewaarts worden gezocht (voorland, extra eilanden) als landwaarts (dubbele dijken, overslagdijk, inlagen, ontpoldering, wisselpolders). Bij zeewaartse oplossingen wordt in het algemeen gestreefd naar het gebruiken van (veel) zand als natuurlijke bouwstof van de kust.

Bij brede waterkeringen ontstaat een geleidelijke overgang tussen zoet en zout, in plaats van de scherpe gradiënt die er nu meestal is. In sommige gevallen ontstaan er nieuwe getijdennatuurgebieden. Dat maakt dat dit soort gebieden niet meer geschikt zullen zijn voor traditionele landbouw. De teelt van zouttolerante gewassen, zoute landbouw of zeecultuur, kan in dat geval een oplossing zijn. Zeecultuur kan de doelstellingen van 'waterkeren in de breedte' combineren met voedselproductie, de ontwikkeling van verschillende habitats van hoge kwaliteit, en het in stand houden van de biodiversiteit. Er is hier flinke vooruitgang te boeken, zowel voor het waterbeheer (meegaan met water) als voor de landbouw zelf (diversificatie, verbreding). Zoute landbouw lijkt ook een kansrijke vorm van landgebruik met oog op de verzilting van het kustgebied, die aan het toenemen is (los van innovatieve vormen van kustverdediging). De belangrijkste oorzaak hiervoor is zoute kwel. Als gevolg van de dalende bodem, de stijgende zeespiegel en ander waterbeheer zal de verzilting verder toenemen.

Geleidelijke zoet-zoutovergangen bieden verder veel kansen voor de natuur. Want zoet-zoutovergangen zijn bijna overal langs de Nederlandse kust verdwenen. Het zoute water is verbannen naar de buitenkant van dijk en duin. We staan er met de rug naar toe, en richten ons te veel op het achterland en te weinig op de zee.

Zeewaartse oplossingen voor kustversterking kunnen ook risico's voor natuur met zich meebrengen zoals afname van zoutspray en zandspray, groei van de zoetwaterbel, verkleining van het areaal ondiepe zee en vernietiging van bodemfauna in de ondiepe kustzone.

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

De afgelopen jaren waren hoogwater en overstromingen regelmatig in het nieuws. In de eerste plaats natuurlijk na de tsunami in Zuidoost-Azië en na de orkaan Katrina in New Orleans. Maar ook in Nederland lees je steeds vaker berichten over wateroverlast. Dat Nederlanders soms last hebben van water is niet nieuw, want water hoort bij de geschiedenis van ons land. Nederland, dat voor twee derde onder de zeespiegel ligt, is nu eenmaal kwetsbaar voor overstromingen. Ruim 9 miljoen Nederlanders wonen onder NAP, en ruim 65% van het BNP wordt beneden de zeespiegel verdiend. In de toekomst zal de kwetsbaarheid nog verder toenemen door zeespiegelstijging, bodemdaling en economische ontwikkeling.

Om te anticiperen op de toekomst wordt er vanaf 2007 een aantal zwakke schakels langs de kust versterkt. Deze versterkingen vloeien voort uit onderzoek, waaruit rond 2001 bleek dat golven bij storm harder op de kust kunnen beuken dan daarvoor was aangenomen. Dat betekende dat enkele duinen en zeedijken in de toekomst misschien niet meer voldoen aan de veiligheidsnorm. Op grond van het oordeel van de beheerders van de waterkeringen zijn daarom maatregelen genomen om zwakke plekken te versterken, vooral door middel van het aanbrengen van extra zand. Acht plekken langs de Nederlandse kust werden benoemd als prioritaire ‘zwakke schakel’. Hier zijn zowel maatregelen nodig voor de veiligheid, als voor het vergroten van de kwaliteit van de kust. Want behalve bescherming tegen de zee, vormt de kustzone ook een internationaal gewaardeerd natuurgebied en komen er veel mensen recreëren.

Het kabinet heeft 742 miljoen euro ter beschikking gesteld om de veiligheid van de zwakke schakels langs de kust te verhogen.

De Adviescommissie Water (AcW) bracht in oktober 2006 het ‘Advies Veiligheid tegen overstromen’ uit. Over de zwakke schakels langs de kust wordt hierin het volgende gemeld: “het samengaan van waterveiligheid met ruimtelijke ordening- en kwaliteit is niet sterk ontwikkeld en steunt onlosmakelijk op het gelijktijdig beschikbaar stellen van de vereiste middelen door de verantwoordelijke bestuurslagen. Er ontbreekt een integrale kustvisie, waardoor het risico bestaat dat de provincies plannen niet op elkaar afstemmen. Ervan uitgaande dat door de klimaatverandering de zeespiegel gaat stijgen en de stroom- en golfaanval op de kust toeneemt, zal de erosie van de kust en de zoute kwel verergeren. Hierdoor kan de stabiliteit van de zeereep en het kustfundament in gevaar komen, zeker als door zeevaartse uitbreidingsplannen (voor ruimtelijke orderingsdoeleinden of ter versterking van nieuwe zwakke schakels) de vooroevers nog steiler worden. (...) De commissie adviseert om op korte termijn voor de kust een overkoepelende visie te maken. De commissie verwacht dat zodoende provinciale plannen beter op elkaar afgestemd worden en innovatieve concepten beter tot ontwikkeling kunnen komen.”

Kustveiligheid en natuur

Kustveiligheid én ruimtelijke kwaliteit zullen ook in de toekomst belangrijk blijven. Er zijn diverse (innovatieve) ideeën over hoe natuur en kustveiligheid kunnen samengaan en elkaar kunnen versterken. Waar het vroeger (na 'de Ramp' in 1953 en het daarop volgende Deltaplan) vooral ging om de defensie tegen de zee, is er nu meer oog voor een offensieve benadering. Hoe kan je 'met de natuur meewerken' in plaats van ertegen in. Kustveiligheid kan zo de drager zijn van versterking van de kwaliteit van natuur, landschap én recreatie.

DWK programma Noordzee en kust

Om na te gaan in hoeverre bij de versterking van de kustzone, de ruimtelijke kwaliteit kan worden verbeterd, is binnen het DWK-programma 418 'Noordzee en kust' (en daarvan het thema 'Duurzame kust- en estuariene natuur')¹ een project gestart met als titel 'Veiligheid; versterking van de kustzone'. Het gaat in dit project om mogelijkheden voor het combineren van kustveiligheid en natuur, landschap en recreatie, voor de korte en de lange termijn, van lokale zandsuppleties tot grootschalige infrastructurele werken.

Dit project sluit goed aan bij de notie van de WUR dat er naast kustveiligheid een Kennissprong Zout voor Zoet noodzakelijk is: "Het gaat daarbij om een integraal delta-kustmanagement dat niet ophoudt bij de kustlijn, maar zich [ook] uitstrekt tot het achterliggende land; niet van land naar zee gericht, maar andersom" (Scholten & Brandenburg 2003).

Alterra voert het project 'Veiligheid; versterking van de kustzone' uit in opdracht van LNV Directie Regionale Zaken, die het dossier 'Kust' behandelt.

Aanvankelijk was het project direct gerelateerd aan de zwakke schakels en bedoeld om LNV te ondersteunen bij haar inbreng van natuuraspecten. Omdat de regie van de zwakke schakels werd neergelegd bij de kustprovincies, is de focus van het project veranderd. Alterra heeft deelgenomen aan workshops die over de zwakke schakels werden georganiseerd, heeft presentaties gehouden én een casestudie uitgevoerd naar de kansen voor de natuur bij versterking van de Hondsbossche Zeewering. Alterra was en is ook in andere verbanden betrokken bij kustprojecten. Alterra heeft daarbij veel basisinformatie verzameld over kustveiligheid en natuur. Hoewel de voorkeursalternatieven voor de zwakke schakels inmiddels zijn vastgesteld, blijft deze informatie zinvol voor beheer en onderhoud van de kust én voor toekomstige versterkingen.

Het rapport dat voor u ligt geeft een overzicht van de verzamelde informatie.

¹ Later BO-02 cluster Ecologische Hoofdstructuur, thema 008 Versterking natuurbeleid Noordzee, kust, Wadden en Mariene EHS

1.2 Doelstelling rapportage

Doel van deze rapportage is het toegankelijk maken van de door Alterra verzamelde basisinformatie over kustveiligheid en kansen voor natuur.

Daarbij wordt ingegaan op de volgende vragen:

- Hoe wordt er op dit moment omgegaan met natuur en kustveiligheid?
- Welke kansen zijn er voor natuur (in combinatie met kustveiligheid) bij beheer en onderhoud van de zeekeringen? Denk hierbij bijvoorbeeld aan dynamisch kustbeheer of het beheer van de grasmat van zeedijken.
- Welke kansen zijn er voor natuur (in combinatie met kustveiligheid) bij toekomstige versterkingen?

1.3 Bladwijzer

Hoofdstuk 2 geeft achtergrondinformatie over natuur. Het hoofdstuk gaat in op relevant natuurbeleid voor de kust en op natuurbeleving.

Hoofdstuk 3 geeft informatie weer over kustveiligheid. Het eerste deel van het hoofdstuk gaat in op het veiligheidsbeleid van de primaire waterkering (normering en toetsing), op zwakke schakels én op de gekozen voorkeursalternatieven. Het tweede deel van het hoofdstuk beschrijft het beleid van dynamisch handhaven van de kustlijn, de kansen voor dynamisch kustbeheer en de ecologische effecten van zandsuppleties.

Hoofdstuk 4 beschrijft kansen voor natuur in het beheer en onderhoud van de kust. Dit speelt op de korte termijn.

Hoofdstuk 5 beschrijft kansen voor natuur bij toekomstige versterkingen, op de langere termijn.

In *Hoofdstuk 6* staan conclusies en aanbevelingen, die voortvloeien uit de voorgaande hoofdstukken.

2 Achtergrondinformatie natuur

2.1 Beleid

Natuurbeschermingswet

Op grond van de Natuurbeschermingswet kunnen verschillende categorieën beschermde natuurgebieden aangewezen en beschermd worden: Habitatrictlijngebieden (figuur 1), Vogelrichtlijngebieden (figuur 2) en beschermde natuurmonumenten. Het doel van de Europese Vogel- en Habitatrictlijnen is het tot stand brengen van een Europees netwerk van samenhangende natuurgebieden genaamd Natura 2000. Het ministerie van LNV is begin 2007 de aanwijzingsprocedure gestart voor de Natura 2000-gebieden (Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit website 1). Ook heeft LNV een Natura 2000-doelendocument opgesteld, waarin instandhoudingsdoelen zijn geformuleerd voor habitattypen en soorten waarvoor Nederland de verantwoordelijkheid op zich heeft genomen.

De Habitatrictlijn heeft tot doel bij te dragen aan het waarborgen van de biologische diversiteit door het instandhouden van de natuurlijke habitats en de wilde flora en fauna op het Europese grondgebied van de Lidstaten waarop de richtlijn van toepassing is. De Habitatrictlijn kent evenals de Vogelrichtlijn twee beschermingsdoelen: 1) de bescherming van gebieden waarin belangrijke habitats en soorten voorkomen en 2) de bescherming van zeldzame en bedreigde planten- en diersoorten.

Het hoofddoel van de Vogelrichtlijn is het instandhouden van alle natuurlijk in het wild levende vogelsoorten op het Europese grondgebied van de Lidstaten. De richtlijn onderscheidt daarbij te beschermen gebieden en te beschermen soorten. Nederland heeft een groot aantal gebieden aangewezen als Speciale Beschermingszone onder de Vogelrichtlijn (figuur 2). De Vogelrichtlijngebieden zijn aangewezen en begrensd omdat ze behoren tot de belangrijkste gebieden voor bepaalde vogelsoorten en/of omdat meer dan 1% van de totale populatie van bepaalde vogelsoorten (tijdelijk) in het gebied verblijft.

Kaart aangemelde Habitatrichtlijngebieden


schaal 1:1 000 000



Opdrachtgever

 Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, Directie Natuurbeheer

Productie en Cartografie

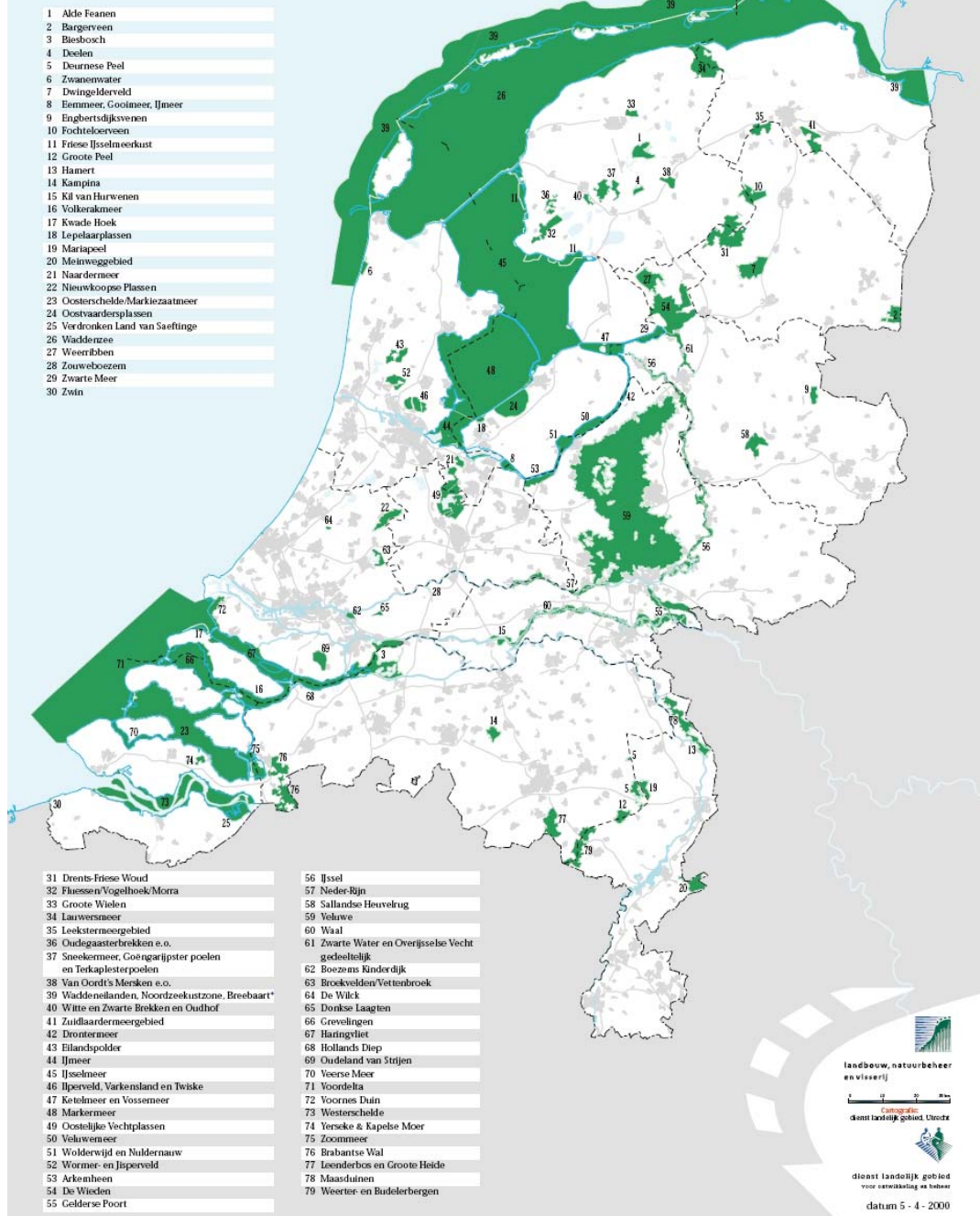
 Alterra, Centrum Geo-Informatie
mei 2003

Voor nadere informatie zie Geobase-document.
Voor een toelichting op de veldcode zie het LUS-document.

Figuur 1. Kaart aangemelde Habitatrichtlijngebieden (Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit website 2).

Speciale beschermingszones (E.G. Vogelrichtlijn)

aan deze kaart kunnen geen rechten worden ontleend



Figuur 2. Vogelrichtlijngebieden (Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit website 2).

Veel gebieden in Nederland zijn verder aangewezen als natuurmonument. Het zijn terreinen of wateren, die van belang zijn om hun natuurschoon of natuurwetenschappelijke betekenis. Voorheen werd onderscheid gemaakt tussen staats-eigendommen (Staatsnatuurmonumenten) en particuliere eigendommen (beschermde natuurmonumenten). Dit onderscheid is vervallen in de nieuwe Natuurbeschermingswet van 2005.

Flora- en faunawet

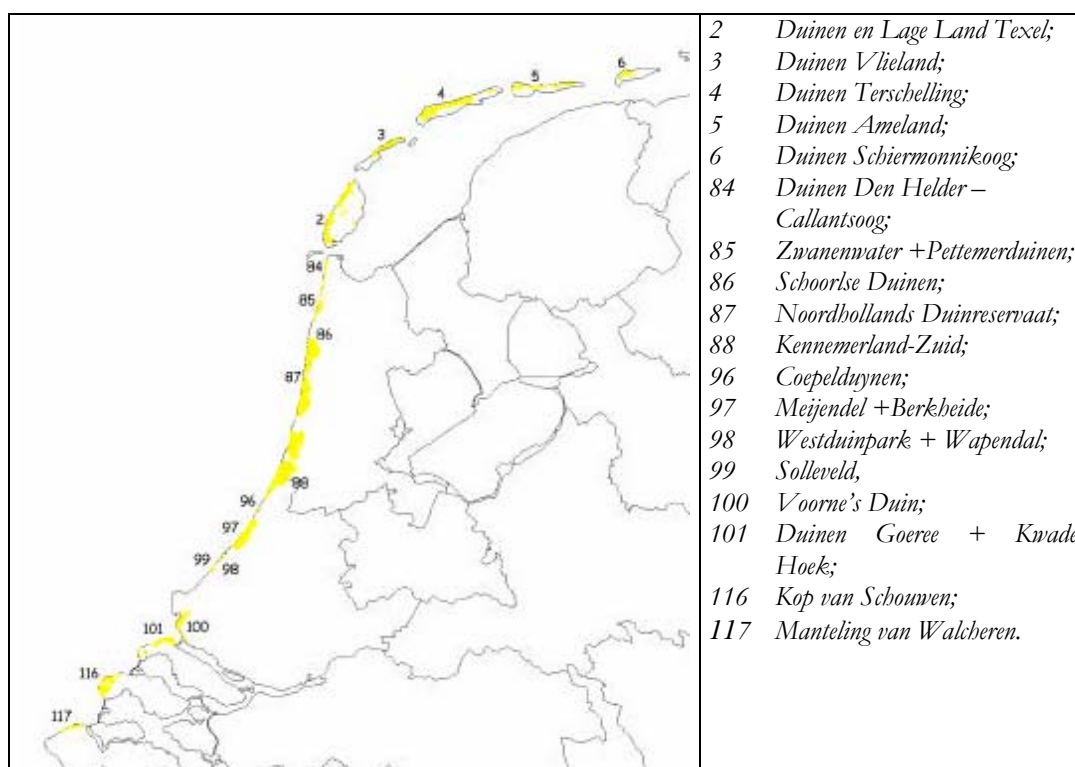
De Flora- en faunawet regelt de bescherming van in het wild voorkomende inheemse planten en dieren, ongeacht de plaats waar deze soorten voorkomen. De Flora- en faunawet is dus in beginsel overal van toepassing. De wet gaat uit van algemene verbodsbepalingen die de beschermde soorten planten en dieren en hun vaste verblijfplaatsen moeten vrijwaren van schadelijke handelingen. Bovendien dient iedereen voldoende zorg in acht te nemen voor in het wild levende planten en dieren (zorgplicht). Het centrale begrip in de Flora- en faunawet is de gunstige staat van instandhouding van de soort.

2.2 Natura 2000 en de duinen

In 2006 bracht het Ministerie van LNV het Natura 2000 doelendocument uit. Hierin is te lezen dat bijna alle Nederlandse duinen, die tevens een belangrijke functie hebben voor het waarborgen van de kustveiligheid, onderdeel zijn van het Natura 2000-netwerk. Het Natura 2000-landschap Duinen omvat 18 gebieden (figuur 3). In internationaal opzicht zijn de Nederlandse duinen van groot tot zeer groot belang. Dit onder meer door de aanwezigheid van Vastgelegde kustduinen met kruidvegetatie, verder 'grijze duinen' genoemd (*H2130)² en Vochtige duinvalleien (H2190). Het eerste type komt over grote oppervlakten in goed ontwikkelde vormen voor, het laatste type is in de Nederlandse duinen zeer gevarieerd en over grote oppervlakte aanwezig. In de vastelandsduinen van Noord- en Zuid-Holland hebben de duinvalleibegroeiingen sterk geleden door wateronttrekking. Het best ontwikkeld komt dit habitatype daarom voor op de Waddeneilanden en op de Zuid-Hollandse en Zeeuwse eilanden (Janssen & Schaminée 2003).

Het Natura 2000-landschap wordt gekenmerkt door gradiënten langs en dwars op de kust. De meest dynamische omstandigheden komen voor op de Waddeneilanden. De gradiënt van noord naar zuid, is die van kalkarm van het noorden tot aan Bergen, en kalkhoudend ten zuiden hiervan. De duinen in de Delta vormen een mozaïek van kalkarme en kalkhoudende omstandigheden. Dwars op de kust zijn de volgende gradiënten te onderscheiden, van zeereep naar binnenduintrand: meer of minder wind, meer of minder zout, en van jong naar oud. In het hele duinmassief zijn gradiënten van droog naar nat te onderscheiden.

² Natura 2000-habitattypen en soorten van de Habitatrichtlijn zijn internationaal eenduidig genummerd (zie Janssen & Schaminée 2003, 2004). Met * aangegeven habitattypen zijn prioritair: voor de bescherming hiervan wordt van de Lidstaten een extra inspanning verwacht.



Figuur 3. Ligging van de achttien Natura 2000-gebieden in de kustzone (Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit 2006).

Habitattypen en soorten

Relatief belangrijke habitattypen in het duinlandschap zijn: grijze duinen (*H2130), droge duinbossen (H2180), vochtige duinvalleien (H2190) en in het binnenduin mozaïeken van heischrale graslanden (*H6230) en blauwgraslanden (H6410). Witte duinen (H2120) en embryonale duinen (H2110), en de daarbij behorende dynamische processen, zijn van groot belang voor de duurzame instandhouding van het prioritaire habitatype grijze duinen.

Voor de prioritaire habitattypen duinheiden met kraaihei (*H2140) en duinheiden met struikhei (*H2150) is Nederland van minder belang gezien de ligging aan de rand van het areaal, en gezien de omvang en soortensamenstelling. Duinen met duindoorn(struweel) (H2160) zijn rijkelijk vertegenwoordigd; duinen met kruipwilg(struweel) (H2170) in veel mindere mate. De nauwe korfslak (*Vertigo angustior*, H1014) is wat betreft zijn voorkomen in Nederland vrijwel volledig gebonden aan de duinen. De grootste en meest duurzame populaties van de groenknolorchis (*Liparis loeselii*, H1903), voorheen wel sturmia genoemd, komen voor in de duinen.

Voor een aantal broedvogelsoorten dat sterk onder druk staat, zoals blauwe kiekendief (A082), velduil (A222) en tapuit (A277) liggen binnen Nederland de belangrijkste broedgebieden in de duinen. In het bijzonder de duinen op de

Waddeneilanden zijn van groot belang voor de velduil en de blauwe kiekendief. Ook voor de lepelaar (A034) vormen de duinen een belangrijk broedgebied.

Voor niet-broedvogels is een aantal duingebieden van betekenis als slaap- of hoogwatervluchtplaats in relatie tot nabijgelegen foerageergebieden (intergetijdengebied). Dit is het geval bij Duinen Vlieland (figuur 3, nr. 3) en in het bijzonder de Duinen van Goeree & Kwade Hoek (nr. 101). Duinplassen zijn soms van enige betekenis voor watervogels als de lepelaar (A034), wintertaling (A052) en slobbeend (A056) (Duinen van Goeree & Kwade Hoek, Zwanenwater & Pettemerduinen (nr. 85)).

Kernopgaven

De essentie van de verbeteropgave voor het Natura 2000-landschap Duinen is dat de verstarring van het landschap en de vervilting van de graslanden aangepakt moeten worden. Het meest essentiële natuurlijke proces in de duinen, de dynamiek door verstuiving en duinvorming, is grotendeels verloren gegaan. De belangrijkste oorzaken hiervan zijn vastlegging van de kust, stikstofdepositie én wegvallen van 'historisch' landgebruik. De grootste mogelijkheden voor hernieuwde dynamiek en verstuiving liggen op de Waddeneilanden. Dit laat onverlet dat voor het duurzame voortbestaan van bijvoorbeeld de grijze duinen (*H2130) ook meer ruimte voor verstuiving langs de vastelandskust en in de Delta nodig is.

Belangrijke opgave voor het Natura 2000-landschap Duinen is het versterken van een samenhangend landschap met een aantal gradiënten en mozaïeken; het versterken van de noord-zuid gradiënt en de samenhang daarbinnen. En verder het herstel van de gradiënt van zeereep naar binnenduinrand én behoud en herstel van de mozaïeken 'open' naast 'dicht' en 'hoog' naast 'laag'. Acht kernopgaven zijn geformuleerd met betrekking tot de zeereep, de droge binnenduinen (inclusief droge bossen), (secundaire) duinvalleien en strandvlakten (inclusief vochtige bossen) en de binnenduinrand (overgang naar polders; inclusief vochtige bossen).

Voor de zeereep is als kernopgave geformuleerd: ruimte voor natuurlijke verstuiving. Enerzijds omdat witte duinen (H2120) en embryonale duinen (H2110) van groot belang zijn voor onder druk staande soorten als strandplevier (A138), bontbekplevier (A137) en dwergstern (A195) én anderzijds omdat verstuiving essentieel is voor behoud en kwaliteitsverbetering van de grijze duinen (*H2130). Voor de genoemde vogelsoorten is verstoring door strandrecreatie een sleutelfactor.

2.3 Natuurbeleving

Bij de beleving van onze kust, van strand en van zee gaat het vooral om de natuurlijke elementen in de omgeving (weidsheid, branding en dynamiek), alsmede om de recreatieve activiteiten die er worden geboden. Dit geldt juist ook voor bezoekers uit de regio zelf (Rooijers 2000).

Weidsheid en dynamiek van wind en water zijn de belangrijkste positieve belevingswaarden. De meest negatieve beleving wordt ondervonden van de drukte en

de rotzooi op het strand en de vervuiling van de zee. De basisfactoren natuurlijke omgeving, (strand)recreatie, fauna en menselijke invloeden zijn van groot belang. De natuurlijke omgeving (de ruimtelijke inrichting en de natuurkrachten) zijn de belangrijkste belevingsfactor, gevolgd door (strand)recreatie. Fauna en menselijke invloeden zijn van minder betekenis. Verder wordt voorzichtig geconcludeerd dat cultuurhistorische 'land marks', zoals vuurtorens en pieren 'over het algemeen niet tot de belangrijkste belevingsdoelen behoren in relatie tot de kust' (Rooijers 2000).

“Wetenschappelijk onderzoek heeft inmiddels onomstotelijk vastgesteld dat natuur de gezondheid positief kan beïnvloeden. Die positieve invloed kan niet worden verklaard door factoren zoals bewegen of sociale contacten: alleen al het kijken naar de natuur heeft aantoonbare positieve effecten op herstel van stress en ziekte” (Van den Berg & Van den Berg 2001).

Bij de versterking van de kustzone kan hiermee dus rekening worden gehouden, en daarmee bijdragen aan haar succes.

Uit een onderzoek van de ANWB (Haas 2002) naar associaties die mensen hebben bij de Noordzee, bleken deze betrekking te hebben op de fysieke kenmerken van de zee: onder andere strand en water, vakantie- en recreatieactiviteiten, en flora en fauna. Een meerderheid van de ondervraagden bezocht de Nederlandse Noordzeekust eenmaal per jaar of vaker, en daarvan de meerderheid slechts enkele keren per jaar. Meest genoemde reden om de kust te bezoeken was het maken van een (strand-)wandeling, waarbij het vooral gaat om genieten van natuurkracht, uitzicht en rust. De kennis van de Noordzee bleek over het algemeen gering te zijn. De bescherming van de natuur wordt vooral gezien als een taak van VROM (87%), Natuurmonumenten (79%), Rijkswaterstaat (77%) en Stichting de Noordzee (72%). Inzet voor recreatiemogelijkheden wordt verwacht van ANWB (69%), VVV (68%) en gemeenten (62%) (Haas 2002). Opvallend is dat bij bescherming en recreatiemogelijkheden LNV niet wordt genoemd.

3 Achtergrondinformatie veiligheid primaire waterkering

3.1 Beleid voor normen en toetsing

Om de beveiliging tegen overstroming door het buitenwater (rivieren, grote meren en de zee) wettelijk te verankeren, kwam in 1996 de Wet op de waterkering uit. Deze wet vormt de basis van aanleg, verbetering en onderhoud van waterkeringen, en geeft voor alle dijkkringgebieden een veiligheidsnorm. Het gaat hierbij om zo'n 3600 km dijken, duinen en kunstwerken langs de kust, het IJsselmeergebied en de grote rivieren. Vastgelegd is hoe groot de kans mag zijn dat een hoge waterstand de standaard, ofte wel de zogenoemde maatgevende waterstand, zou overschrijden. Mede afhankelijk van het aantal inwoners en de economische activiteiten in het achterliggende gebied variëren deze kansen van 1:10.000 voor Centraal-Holland tot 1:250 voor het onbedijkte deel van de Maas. Elke vijf jaar moet worden getoetst of de waterkeringen nog wel voldoen aan deze normen.

Voor de toetsing wordt gebruik gemaakt van 'hydraulische randvoorwaarden', ofwel de belasting die het water op de waterkeringen uitoefent. Iedere vijf jaar wordt een *update* van die randvoorwaarden gepubliceerd.

3.1.1 Golfbelasting: voortschrijdend inzicht

Rond 2001 bleek uit voortschrijdend inzicht dat de golfrandvoorwaarden op diep water langs de kust zoals die werden gehanteerd, te laag waren. Dit betrof de golfhoogte en met name de golfperiode. Op verzoek van de Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen voerde Rijkswaterstaat daarom in de zomer van 2002 een *quickscan* uit naar effecten van de zwaardere golfbelastingen voor de waterkeringen van de kust (Wolters *et al.* 2002). Voor de harde zeevering werd hierin onder meer geconcludeerd dat de overslagdebieten voor de Pettemer en de Hondsbossche Zeewering, voor het Flaauwe Werk (Goeree) en voor de Nolledijk bij Zwanenburg (Walcheren) onder maatgevende omstandigheden tussen de 1 en de 10 l/s/m liggen. "Het hangt van de erosiebestendigheid van het binnentalud af of deze dijken aan de norm blijven voldoen. De sterkte van het binnentalud dient nader onderzocht te worden", aldus het rapport. Voor de zandige kust wordt geconcludeerd dat de verzwaarde golfbelastingen een ongunstige invloed hebben op de veiligheid. Met name de langere golfperiode beïnvloedt de veiligheid in ongunstige zin, hoewel niet bekend is in welke mate de afslag toeneemt bij een langere golfperiode. De uitgevoerde inventarisatie werd bemoeilijkt door het ontbreken van informatie, en een hier en daar ontoereikende of zelfs ontbrekende toetsmethode. De ontbrekende informatie is opgevangen door een kwantitatieve inschatting te maken (golfbelastingen) of door interpretatie van de resultaten. Geconcludeerd wordt dat onder deze restricties geldt dat het grootste deel van de duinenkust veilig is, ook bij zwaardere golfbelastingen. Bij Callantsoog en Ter Heijde voldoet de duinwaterkering niet aan de norm bij zwaardere golfbelastingen. Voor Schouwen en Zeeuws-

Vlaanderen is het op sommige plaatsen twijfelachtig of aan de norm wordt voldaan. De veiligheid van duinwaterkeringen met een duinvoetverdediging is niet goed te beoordelen. Mogelijke zwakke plekken waar te weinig informatie van voorhanden was, en die in de urbane omgeving liggen (haven IJmuiden, uitwateringssluis Katwijk, boulevards van Scheveningen, Vlissingen en dergelijke), zijn buiten beschouwing gebleven.

3.1.2 Resultaten toetsing 2006

In de periode 2001-06 is de toetsing van de primaire waterkeringen voor de tweede keer uitgevoerd. Samengevat zijn de resultaten als volgt:

- 1264 km primaire waterkering voldoet aan de wettelijke norm. Het percentage 'voldoet' is daarmee 44%; bij de vorige toetsing in 2001 was dit 40%.
- 680 km voldoet niet aan de wettelijke norm. Het percentage 'voldoet niet' is nu 24%; bij de vorige toetsing was dit 19%.
- 931 km krijgt de score 'geen oordeel'. Het percentage 'geen oordeel' is nu 32%; dat was 41%.

Bij deze tweede toetsing is nog geen rekening gehouden met de nieuwe inzichten in golven langs de kust. Deze inzichten zullen waarschijnlijk worden verwerkt in de Hydraulische Randvoorwaarden voor de derde toetsronde.

Onder meer naar aanleiding van de toetsingsresultaten heeft de Adviescommissie Water (2006) een advies uitgebracht. Hierin stelt de commissie vast dat de overheid er in belangrijke mate nog steeds niet in slaagt aan de wettelijke normen te voldoen. De commissie is van mening dat "het volgende kabinet zo spoedig mogelijk de financiële reserveringen moet maken voor de noodzakelijke investeringen in de primaire keringen om de achterstanden in te halen en om op zo kort mogelijke termijn aan de huidige veiligheidsnormering te voldoen. Langer talmen tast de geloofwaardigheid van de overheid aan."

3.1.3 Golfproeven 2006

Om het effect van de zwaardere golfaanval tijdens superstorm op duinafslag (en daarmee de veiligheid van het achterland) te onderzoeken, zijn er in 2006 grootschalige gootproeven uitgevoerd in de Deltagoot te De Voorst (NOP). In deze 200 m lange goot van WL|Delft Hydraulics is een schaalmodel van een duin (1:6) aangelegd dat werd belast met golven met een verschillende golfperiode. Hierbij bleek dat een langere golfperiode inderdaad meer duinafslag veroorzaakt. Een toename van de golfperiode van 12 naar 18 seconden blijkt een toename in duinafslag te veroorzaken van ongeveer een kwart. Hoe de langere golfperiode in werkelijkheid zal uitpakken voor de verschillende waterkeringlocaties, valt nog niet te zeggen. Dit is onder andere afhankelijk van de nieuwe randvoorwaarden die volgen uit de nieuwe inzichten in golven en waterstanden (Boers 2006). Naast meetgegevens uit proeven op schaal, is er in het najaar van 2006 op de zeedijk bij Petten,

halverwege het buitentalud, een golfoverslag-meetbak geplaatst. Deze golfoverslagbak, een klein stukje dijk voor de echte dijk, meet de hoeveelheid water die bij een hevige storm over de dijk slaat. Deze meetgegevens worden gebruikt voor het actualiseren van de wettelijke toetsvoorschriften voor alle primaire waterkeringen in Nederland voor 2011 en 2016. Hierdoor ontstaat een nog betrouwbaarder en nauwkeuriger beeld van de veiligheid tegen overstromen. Hiermee kan ook worden bepaald hoe sterk een grastalud werkelijk is.

3.2 Zwakke schakels

3.2.1 Beheerdersoordeel en tijdelijke maatregelen

Op basis van de hierboven beschreven *quickscan* uit naar effecten van de zwaardere golfbelastingen voor de waterkeringen van de kust (Wolters *et al.* 2002) heeft de staatssecretaris de waterkeringbeheerders langs de kust gevraagd hun oordeel te geven over de veiligheid van hun waterkeringen in het licht van de nieuwe inzichten in golfbelastingen.

Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier gaf als eerste een beheerdersoordeel van de zwakke schakels in de kust van noordelijk Noord-Holland. Volgens het Hoogheemraadschap was de Pettemer en de Hondsbossche Zeewering veel te laag, onvoldoende erosiebestendig, en waren de aansluitpunten bij Camperduin en Petten te zwak. Verder voldeden de duinen bij Callantsoog over ruim 2 km niet aan de veiligheidseisen.

Op vakken waar de veiligheid onvoldoende gewaarborgd was, zijn in 2003 en 2004 tijdelijke noodmaatregelen uitgevoerd om aan de veiligheidsnorm te voldoen. Voor het merendeel kwam dit neer op het uitvoeren van extra zandsuppleties, wat kan worden gezien als ‘no-regret’, ofte wel een niet onomkeerbare maatregel.

Bij de Hondsbossche Zeewering is de grasmat aan de zeezijde vervangen door basaltblokken. In de kruin van de Pettemer Zeewering is een (tijdelijke) landschapontsierende stalen damwand geplaatst, die de inwoners van Petten en het achterland beschermt tegen het zeewater. Ook de Helderse Zeewering bij Huisduinen vlak onder Den Helder is versterkt, al is daar niets meer van te zien. Door de zwaardere golfbelasting bestond de dreiging dat de grasmat op de dijk zou worden aangetast. Het gras en de klei van het dijklichaam zijn deels ontgraven en verstevigd met open steenasfalt. Daar bovenop is een nieuw, cosmetisch laagje klei met gras aangebracht.

Uit alle beheerdersoordelen volgde dat een aantal locaties langs de Noordzeekust niet bestand zou zijn tegen deze zwaardere belastingen. Dit heeft geresulteerd in een lijst met zogenaamde ‘zwakke schakels’. De eerste inzichten in de nieuwe Hydraulische Randvoorwaarden 2006 geven aan dat de in 2003 afgeleide schattingen voor golfbelasting hiermee goed overeenkomen. Deze ontwikkeling en het feit dat voor de rest van de kust geen apert onveilige delen zijn aangetroffen, zijn voor de Inspectie

aanleiding geweest om de beheerdersoordelen zoals bepaald in 2003 voor de zwakke schakels (inclusief de badplaatsen Zandvoort, Katwijk, Egmond en Bergen) over te nemen als toetsresultaat (Ministerie van Verkeer en Waterstaat 2006b).

3.2.2 Prioritaire zwakke schakels

In eerste instantie werden er tien zwakke schakels aangewezen.



Figuur 4. De acht prioritaire zwakke schakels langs de kust (Ministerie van Verkeer en Waterstaat 2006).

De zwakke schakel Den Helder is in 2004/2005 versterkt, waardoor er negen zwakke schakels resteren. Acht van deze zwakke schakels hebben de status 'prioritair' gekregen (figuur 4). Dat wil in dit geval niet zeggen dat ze eerder worden aangepakt, maar wel dat er naast versterking nog iets anders in het geding is. Het versterken van de zeevering moet daar hand in hand gaan met maatregelen die de natuur, het landschap, economische functies en/of de recreatie in de omgeving ten goede komen. Het gaat om de Kop van Noord-Holland, Hondsbossche en Pettemer Zeevering in Noord-Holland, Noordwijk, Scheveningen, Delflandse kust (figuur 5) en het Flauwe Werk in Zuid-Holland, en Zuidwest-Walcheren en West Zeeuws-Vlaanderen in Zeeland. Op de Kop van Voorne (Zuid-Holland) en bij Den Helder (Noord-Holland) speelt een dergelijke 'impuls voor de ruimtelijke kwaliteit' niet mee.

In 2006 zijn er voor bijna alle zwakke schakels voorkeursalternatieven vastgesteld. Deze voorkeursalternatieven worden vervolgens verder uitgewerkt. Eind 2006 presenteren de projectgroepen hun ontwerp-verbeteringsplannen. Daarna volgt een inspraakprocedure. De definitieve plannen voor de kustversterking zijn in 2007 gereed. Eind 2007/begin 2008 kan de uitvoering van de maatregelen beginnen. Tot 2020 heeft het kabinet daarvoor 742 miljoen euro gereserveerd.



Figuur 5. Voorbeeld van een zwakke schakel langs de Delflandse kust. Het dorp Ter Heijde ligt hier direct achter de zeereep.

Naast de zwakke schakel-problematiek speelt er nog een andere discussie langs de kust. Sommige delen van de kustplaatsen liggen namelijk óp of vóór de waterkering, ofte wel buitendijks. Dit betekent dat de kans op wateroverlast er groter is dan elders. In Noord-Holland geldt dit met name voor het Kennemerstrand bij IJmuiden en bij de boulevards en andere delen van Zandvoort, Egmond aan Zee en Bergen aan Zee. Voor buitendijkse gebieden is het wettelijke beschermingsniveau van 1:10.000 niet van toepassing. De kans op waterschade in extreme weersituaties is hier beduidend groter. Door zwaardere golven, klimaatverandering en zeespiegelstijging dreigt het buitendijkse gebied bovendien in omvang toe te nemen. Vooral IJmond en Kennemerstrand zijn vanuit natuurbeschermingsoogpunt van belang omdat zij onder de Habitatrictlijn vallen. Ook de Friese Waddeneilanden hebben risicogebieden, net als badplaatsen in Zuid-Holland en Zeeland (figuur 6).



Figuur 6. Risicoplaatsen met buitendijkse bebouwing (Rijkswaterstaat RIKZ 2005a).

Om tot gezamenlijke afspraken te komen heeft staatssecretaris Schultz van Haegen van Verkeer en Waterstaat in 2005 een bestuurlijke commissie ingesteld. Deze ‘Commissie Bescherming en Ontwikkeling van Buitendijks gebied in Kustplaatsen’ stond onder leiding van de Noord-Hollandse gedeputeerde Poelmann. Deze Commissie Poelmann (2005) stelt in zijn advies dat er in zijn algemeenheid geen aanleiding is de huidige bescherming in buitendijkse gebieden langs de kust te verhogen. De 15.000 buitendijks wonende burgers kunnen in geval van een dreigende storm met extreem hoogwater tijdig in veiligheid worden gebracht. Het is onwenselijk dat de bescherming van woningen en bedrijfspanden tegen de zee achteruit zou gaan als gevolg van ontwikkelingen, als zeespiegelstijging en klimaatverandering. Er kan dan niet gesproken worden van het bewust nemen van risico’s door burgers en ondernemers.

De Commissie adviseert de huidige bescherming van kustplaatsen te handhaven. In veel gevallen kan dat door middel van (extra) zandsuppleties door het Ministerie van Verkeer en Waterstaat (Poelmann 2005). Dit advies heeft begin 2006 geleid tot een beleidsbrief van de staatssecretaris aan de Tweede Kamer. Hierin geeft de staatssecretaris aan dat zij het ‘huidige beschermingsniveau’ per kustplaats via een uniforme methodiek zal bepalen en op kaart weergeven. Aan het behoud van de huidige bescherming in het bestaande aaneengesloten bebouwd gebied zal in beginsel vorm worden gegeven door middel van inpassing in het programma voor zandsuppleties (Staatssecretaris van Verkeer en Waterstaat 2006).

3.2.3 Zwakke schakels en natuur

LNV Directie Natuur heeft als ‘kerntaak’ uitvoering te geven aan de Ecologische Hoofdstructuur en de Vogel- en de Habitatrichtlijnen. Beschermd gebied, inclusief herstelplannen, zijn voor de Directie Natuur een ‘lange termijn onderzoeksbehoefte’. Door de begrenzing van de door de EU vastgestelde Vogel- en Habitatrichtlijngebieden (Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit website; Alterra website) en de andere natuurgebieden te confronteren met de zwakke schakels in de kust wordt duidelijk waar zich bij versterking van de zwakke schakels voor een grotere kustveiligheid mogelijk *conflicten*, maar zeker ook *kansen* voordoen. Het gaat vooral om de gebieden Grote Keeten-Callantsoog en Renesse-Brouwersdam (Vogel, Habitat, Natuur), en in mindere mate of mogelijk, om de gebieden Pettemer (V, H) en Hondsbossche Zeewering (N), Flauwe Werk (V, H), Nolledijk (H, N), Ter Heijde (H), Breskens (H) en Cadzand (V, H, N) (tabel 1).

Tabel 1. Relatie zwakke schakels met Vogelrichtlijngebieden, Habitatrichtlijngebieden en natuurgebieden.

Zeewering	Vogelrichtlijn	Habitatrichtlijn	Natuurgebieden
	<i>Met vermelding van gebiedsnummers vogelrichtlijn (website LNV)</i>	<i>Met vermelding van gebiedsnummers Habitatrichtlijn (website LNV)</i>	<i>Met vermelding van eigenaar en paginanummer Handboek (Vereniging Natuurmonumenten 1996)</i>
<i>Harde zeewering</i>			
Pettemer	Mogelijk externe werking	Mogelijk deels Duinen	-
Zeewering	Zwanenwater (6)	Zwanenwater (21)	
Hondsbossche Zeewering	-	-	De Putten (NM, 336)
Flauwe Werk	Voor beneden HW-lijn Voordelta (71)	Mogelijk Duinen Goeree (15)	-
Nolledijk	-	Mogelijk Westerschelde (73)	Mogelijk Kuststrook Walcheren (SBB, 259)
<i>Zandige kust</i>			
Grote Keeten-Callantsoog	Voor beneden HW-lijn Noordzeekustzone (39); mogelijk externe werking Zwanenwater (6)	Duinen Den Helder-Callantsoog (22); Mogelijk deels Duinen Zwanenwater (21)	Noordduinen (Landschap Noord-Holland); mogelijk deels Zwanenwater (NM, 442)
Ter Heijde	-	Mogelijk deels Solleveld (60)	-
Renesse-Brouwersdam	Voor beneden HW-lijn Voordelta (71)	Kop van Schouwen (38)	Zoute en Zoete Haard (SBB, 438)
Breskens	-	Mogelijk Westerschelde (73)	-
Cadzand	Zwin (30)	Mogelijk Zwin (78)	Mogelijk Het Zwin en Kievittepolder (Het Zeeuwse Landschap, 444)

Volgens de natuurwetgeving is het verplicht om een ‘passende beoordeling’ of Strategische Milieubeoordeling op te stellen, als er sprake kan zijn van aantasting van een Natura 2000-gebied. Om risico’s en kansen voor de natuur te verkennen heeft de Provincie Noord-Holland een Integrale Natuurbeoordeling van alternatieven laten uitvoeren (Arcadis 2005). De Provincie Zeeland voerde een Strategische Milieubeoordeling uit, waarin de morfologische effecten, de gevolgen voor Natura 2000 (Vogel- en Habitat Richtlijngebieden Westerschelde en Voordelta) én de kosten en

baten van de verschillende onderzochte alternatieven werden verkend. De Provincie Zuid-Holland tenslotte heeft ‘natuurtoetsen’ uitgevoerd van de verschillende versterkingsalternatieven. Deze beoordelingen en toetsen hebben een belangrijke rol gespeeld in de uiteindelijke keuze voor de voorkeursalternatieven.

3.2.4 Voorkeursalternatieven zwakke schakels

Callantsoog, Noord-Holland

Voor de kust tussen Petten en Den Helder is besloten tot een robuuste strand- en duinverbreding tot maximaal 200 m zeewaarts (figuur 7). Volgens de Provincie Noord-Holland creëert dit kansen voor natuurontwikkeling, recreatie en toerisme: “Er worden miljoenen kubieke meter zand aangebracht in de vooroever en op het strand. Daardoor ontstaat een breder strand en worden jonge duinen gevormd. De zeewaartse kustuitbreiding, mits goed uitgevoerd, leidt tot een aanzienlijke vergroting van natuurgebieden met dynamische duinen en duinvalleien, en een grotere invloed van natuurlijke processen op de vorming van (nieuwe) habitats en biotopen. Deze natuurlijke processen zijn met name de landschapsvormende werking van water, wind en zand, en kwel van grondwater. De biodiversiteit en kwaliteit van habitattypen en biotopen van kenmerkende soorten neemt daardoor sterk toe.” (Provincie Noord-Holland 2006).



Figuur 7. Toekomstbeeld van de kust ten noorden van Petten (Provincie Noord-Holland 2006).

Hondsbosche en Pettemer Zeewering, Noord-Holland

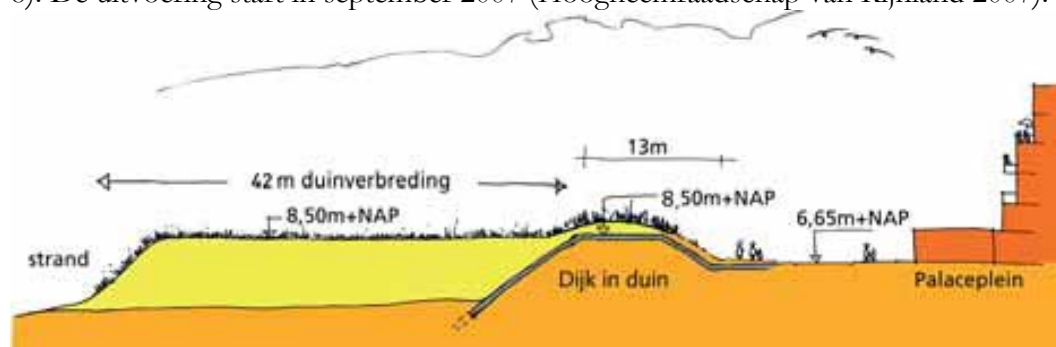
Het gekozen voorkeursalternatief is dat de zeedijk voor de komende vijftig jaar overslagbestendig wordt gemaakt. Het binnentalud van de dijk wordt versterkt, zodat deze niet bezwijkt bij grote hoeveelheden overslaand water. Dit is een voorbeeldproject van ComCoast, een Europees project voor samenwerking op het gebied van waterkeringinnovatie.

In het najaar van 2006 kwam de keuze voor een overslagbestendige dijk echter in een iets ander daglicht te staan. In de nieuwsbrief van de Provincie Noord-Holland staat dat als volgt omschreven: “Die beslissing is genomen op basis van nieuwe inzichten die nog niet helemaal verwerkt waren in computermodellen”, aldus Stokman, projectleider zwakke schakels Noord-Holland. “In mei, dus vlak na het besluit, kregen wij van het ministerie bericht dat de uitwerking van de golven nog net een slagje zwaarder is dan we dachten. Overall aan de kust blijken de gebruikte schattingen dicht bij het definitieve model te zitten, maar juist bij de Hondsbossche en Pettemer Zeewering wordt een grotere golfoploop voorspelt. Momenteel vindt een herberekening plaats naar de consequenties. Als daaruit inderdaad blijkt dat bij de superstorm meer water over de dijk heen komt dan gedacht, is deze oplossingsrichting zeker voor het dorp Petten niet acceptabel. Dan gaat het hoogheemraadschap in de tweede fase, waarin een concreet ontwerp wordt gemaakt, kijken naar combinaties van oplossingen. Bijvoorbeeld overslagbestendig maken in combinatie met zandsuppletie aan de zeezijde. Of verruwing van het buitentalud en dit ook minder steil maken. En wellicht een gedeeltelijke verhoging of het gebruik van een inklapbare damwand. In ieder geval een combinatie waar de bewoners van Petten zich in kunnen vinden. En bovendien moet het aanzien van de dijk en het dorp verbeterd worden. Want we blijven hoe dan ook vasthouden aan de dubbeldoelstelling van veiligheid en ruimtelijke kwaliteit.”

Verder blijkt een overslagbestendige dijk behoorlijk wat onrust te veroorzaken bij de bewoners. Sommigen denken dat overslagbestendig maken niet veilig is en anderen vrezen voor te veel zoutwateroverlast (Provincie Noord-Holland 2006).

Noordwijk, Zuid-Holland

Bij Noordwijk worden de duinen 42 m breder, in de richting van de zee. Aan het begin van de huidige duinenrij, parallel aan de boulevard, komt een dijk. De dijk wordt afgedekt met duin. De dijk begint aan de zuidzijde bij het appartementencomplex van Huis ter Duin en loopt naar het noorden door tot vlak voor afrit 20. De nieuwe duinen hebben een minimale hoogte van 9 m +NAP en volgen verder de contouren van de huidige duinen. Op het hoogste punt wordt de totale waterkering (dus dijk plus duin) bijna 11 m +NAP. Dat is even hoog als de huidige zeewering. Het is belangrijk dat er een vloeiend verloop komt van de verbrede duinen naar de bestaande kust. Daarom wordt over een lengte van 3 km extra zand op de kust gespoten. Zo ontstaat een mooie, geleidelijke overgang (figuur 8). De uitvoering start in september 2007 (Hoogheemraadschap van Rijnland 2007).



Figuur 8. Voorkeursalternatief Dijk in duin (Kustvisie Zuid-Holland 2006a).

Het voorkeursalternatief 'Dijk in duin' zorgt ervoor dat de waterkering zeewaarts van de boulevard komt te liggen. Hierdoor ligt de boulevardbebouwing straks binnendijks. De oplossing 'Dijk in duin' maakt zo ruimte vrij voor nieuwe ontwikkelingen langs de boulevard. Dat betekent een belangrijke economische impuls voor Noordwijk als toeristische trekpleister (Kustvisie Zuid-Holland 2006a). Het Ontwerpversterkingsplan, waarin het Voorkeursalternatief verder is uitgewerkt (Arcadis & Alkyon 2006) zegt over de natuur het volgende: "Het voorkeursalternatief heeft in eerste instantie een negatief effect op leefgebied als gevolg van een grote werkstrook. Wanneer er over de steenbekleding een laag zand wordt aangebracht en inplanting van vegetatie plaatsvindt, zal er geen versnippering optreden van de leefgebieden. Aansluiting van de duinverbreding op de bestaande noordelijke en zuidelijke duinen zorgt voor makkelijke herkolonisatie. Het voorkeursalternatief heeft hierdoor een licht positief effect. (...) Naast de vogelsoorten zijn de zandhagedis en de blauwe zeedistel de twee zwaarder beschermde soorten die in het plangebied voorkomen. Om de mogelijke schade en nadelige invloeden te beperken worden verschillende schadebeperkende (mitigerende) maatregelen beschreven. Indien na het nemen van deze mitigerende maatregelen nog negatieve effecten kunnen plaatsvinden, dienen deze gecompenseerd te worden."

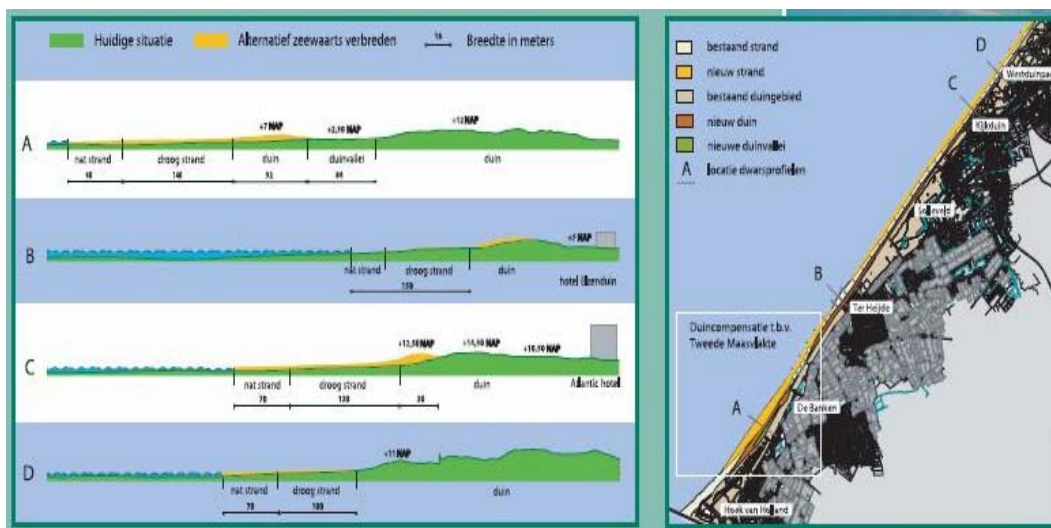
Scheveningen, Zuid-Holland

De kust van Scheveningen wordt versterkt met een constructie in de boulevard. Op het strand voor de constructie wordt extra zand aangebracht. Dit zand breekt de kracht van de golven, waardoor de constructie minder hoog hoeft te zijn. Het uitzicht op zee vanaf de bestaande bebouwing blijft daarmee vrijwel overal behouden. De kustversterking wordt gecombineerd met plannen van de gemeente Den Haag om de boulevard te vernieuwen en de badplaats aantrekkelijker te maken. Voor de identiteit van Scheveningen is het behoud van het zicht op zee van groot belang (Kustvisie Zuid-Holland 2006a).

Delflandse kust, Zuid-Holland

Aan de zeezijde van de bestaande duinen wordt een extra duinenrij aangelegd. Zo ontstaat een breder duingebied op de plekken die nu het smalst zijn. Met zandsuppleties wordt de kustlijn 'strakgetrokken', waardoor een gemakkelijker te onderhouden kustboog ontstaat. Vooral bij de kust van het Westland zorgt deze nieuwe kustboog voor een extra breed strand. Bij de badplaats Kijkduin wordt de duinverbreding uitgevoerd met behoud van zicht op zee.

Naast de extra duinen die bij het voorkeursalternatief 'zeewaarts verbreden' horen, krijgt de Delflandse kust nog eens 35 ha aanvullend duin erbij. Dit 'extra' duingebied is nodig omdat bij de aanleg van de Tweede Maasvlakte natuurwaarden verloren gaan. Om dit verlies te compenseren, legt Rijkswaterstaat de 35 ha nieuw duingebied aan op de overgang van de Van Dixhoorndriehoek en de oude kustlijn (Kustvisie Zuid-Holland 2006a, figuur 9).



Figuur 9. Voorkeursalternatief Delflandse kust, inclusief duincompensatie Tweede Maasvlakte (Kustvisie Zuid-Holland 2006a).

Voorne, Zuid-Holland

De kust van Voorne wordt zeewaarts versterkt. Dat gebeurt op twee manieren. Bij de Punt van Voorne wordt het duin verbreed. Bij de zuidwestkust is gekozen voor de aanleg van een hoog strand. Op het strand tussen de Punt van Voorne en Rockanje wordt een grote hoeveelheid zand opgespoten. Het strand komt ongeveer een meter hoger te liggen dan nu. Het nieuwe zandpakket is een stuk breder en hoger. De zee kan daar rustig een deel van 'afsnoepen', zonder dat de kustveiligheid in gevaar komt. Door de puntige vorm is de zandafslag bij de Punt van Voorne groot. Een strandverhoging, zoals aan de zuidwestkust, is daarom onvoldoende om de veiligheid in dit gebied te garanderen. De Punt vraagt dus om zwaardere maatregelen. Aan de zeezijde van de bestaande duinen komt een extra duinenrij. Deze nieuwe duinenrij wordt ongeveer 130 m breed en zal in de loop der tijd weer langzaam wegslijten (Kustvisie Zuid-Holland 2006b).

Flauwe Werk, Zuid-Holland

Het voorkeursalternatief voor het Flauwe Werk gaat uit van een verhoging en landinwaartse versterking met een binnendijk. Het ruimtebeslag landwaarts is beperkt; er is maximaal 30 m extra ruimte nodig. Deze dijkversterking garandeert de veiligheid van dit deel van de kust voor de komende vijftig jaar.

Gelijktijdig met de versterking van de dijk wordt ook de omgeving van het Flauwe Werk aangepakt. De strandopgangen bij de Noordweg, Langedijk en De Wulk worden vernieuwd, zodat ze voldoen aan de hedendaagse kwaliteits- en inrichtingseisen. De fietspaden worden opnieuw aangelegd en beter aangesloten op de bestaande fietsroutes. En ook de natuur krijgt de aandacht. De natte ecologische zone in de hoek bij de Langedijk en de droge ecologische zone aan de binnendijk worden verbeterd.

Walcheren, Zeeland

Het planstudiegebied omvat het gehele kustvak vanaf de Boulevard van Vlissingen via de Westkapelse Zeedijk (figuur 10) tot aan Domburg. De totale lengte is ongeveer 20 km. Voor de planstudie is het gebied onderverdeeld in 4 deelgebieden, en ieder deelgebied in een aantal kustvakken:

- deelgebied 1: Domburg – Westkapelle;
- deelgebied 2: Westkapelle – Zoutelande;
- deelgebied 3: Westduin – Nollebos;
- deelgebied 4: Boulevards Vlissingen.

Voor de eerste drie deelgebieden is in het najaar van 2006 een voorkeursalternatief vastgesteld. Bij de boulevards en de Eiland- en Oranjedijk in Vlissingen (deelgebied 4) moest eind 2006 nog een keuze worden gemaakt. Tabel 2 geeft de voorkeursalternatieven weer.



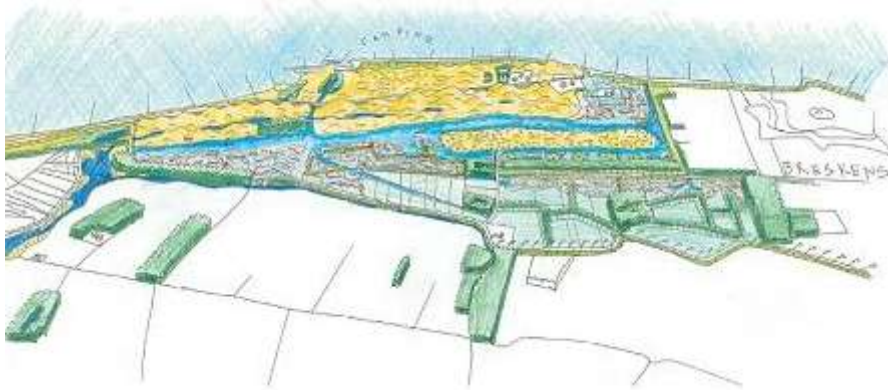
Figuur 10. Zwakke schakel Westkapelse Zeedijk (foto Rijkswaterstaat).

Tabel 2. Voorkeursalternatieven Walcheren (Provincie Zeeland 2006).

	Kustvak	Voorkeurs-alternatief	Ontwikkelingsrichting kustversterking	Verbeteren ruimtelijke kwaliteit: kansen voor natuur
Domburg- Westkapelle	Kustvak 1a (duinen)	Behoud (met elementen van Ontwikkeling)	Zeewaarts, maar voorlopig geen maatregelen en eerst effecten van duin- en strandvorming in kustvak 1b beoordelen	
	Kustvak 1b (dijk)	Behoud	Zeewaarts versterken met zand, én overslagbestendig maken van de dijk; Als terugvaloptie landwaarts versterken met zand nader onderzoeken	Aansluiting tussen zeekering en Vroongebed optimaliseren; Aan landzijde verduinen, vergroenen van de dijk
Westkapelle- Zoutelande	Kustvak 2a (dijk)	Behoud	Zeewaarts, met daarbij de kanttekening dat de ingreep nogal duur is en er daarom eerst naar tussenmaatregelen gekeken zal worden	
	Kustvak 2b (badstrand)	Behoud	Zeewaarts, waarbij er 10 m extra droog strand bij komt	
	Kustvak 2c (duin)	Ontwikkeling	Robuust landwaarts duin. Nadere planuitwerking van de binnenduintrand is gewenst	Visie ontwikkelen op de binnenduintrand, inclusief recreatievoorzieningen en natuur
	Kustvak 2d (dijk)	Behoud	Zeewaartse dijkversterking	
Westduin- Nollebos	Kustvak 3a (duin)	Ontwikkeling	Landwaartse duinverbreding (optimalisatie tussen minimale ingreep en ontwikkeling)	Uitwerking ontwerp visie Zwanenburgpark (Westduin) inclusief recreatievoorzieningen en natuur
	Kustvak 3b (dijk)	Minimale ingreep	Landwaartse dijkverzwaring	Compensatie van verlies aan bosareaal in park Zwanenburg
	Kustvak 3c (dijk)	Minimale ingreep	Landwaartse dijkverzwaring	

Zeeuws-Vlaanderen, Zeeland

Voor Cadzand-Bad en Breskens is in lijn met het Gebiedsplan West-Zeeuws-Vlaanderen gekozen voor zeewaartse verdediging met strekdammen en zand. De waterkeringen in de andere kustvakken worden landwaarts verbreed door de aanleg van nieuwe dungebieden. Hierin krijgen ook natuur, recreatie en mogelijk ook woningen een plek. Bij Nieuwesluis krijgt de versterking op een bijzondere manier vorm: als onderdeel van het project Waterdunen (figuur 11) wordt een nieuw concept van recreatie en natuurontwikkeling in praktijk gebracht.



Figuur 11. Voorkeursalternatief Waterdunen (Provincie Zeeland 2006).

3.3 Dynamisch handhaven van de kustlijn

3.3.1 Beleid

In 1990 besloot de regering dat de achteruitgang van de kust moest stoppen. Er werd gekozen voor het dynamisch handhaven van de kustlijn op de plek waar deze in 1990 lag (de 'basiskustlijn'). Dit 'dynamisch handhaven beleid' is verwoord in de eerste kustnota 'Kustverdediging na 1990' (Ministerie van Verkeer en Waterstaat 1990).

Zandsuppleties (figuur 12) werden gekozen als belangrijkste middel om de kusterosie te bestrijden. Door steeds op tijd weer nieuw zand in de kustzone aan te brengen, wordt verstoven of weggeslagen zand weer aangevuld. Die extra hoeveelheid zand dient als 'slijtlaag' om het strand en de duinen te beschermen. Tijdens rustig weer herstelt vanzelf de schade die tijdens een storm aan het duin is ontstaan. Jaarlijks wordt de kustlijnligging aan de basiskustlijn getoetst, waarna wordt bepaald waar en hoeveel zand er moet worden gesuppleerd.

De eerste kustnota besteedt expliciet aandacht aan natuurlijke dynamiek: "Er moet ruimte zijn voor een zekere beweeglijkheid, die hoort bij de wisselende krachten van de zee. Dit betekent dat de kustlijn binnen zekere marges gehandhaafd moet worden. Uiteraard kan het gebruik van de duinen en van het strand de marges plaatselijk beperken. (...) Waar ruimte kan worden gegeven aan de natuurlijke beweeglijkheid van de kustlijn zal ook het duinfront enige beweeglijkheid te zien geven. Dit past goed in het dynamische beheer waar de natuurbeschermingsorganisaties om vragen. Op een aantal plaatsen kan de dynamiek wellicht verder gaan, door een zekere verstuuving van zand in de duinen of zelfs de vorming van een sluffer toe te staan."

Uit de evaluatie 'Kustbalans 1995; tweede kustnota' van vijf jaar dynamisch handhaven van de kustlijn (Ministerie van Verkeer en Waterstaat 1996) blijkt tevredenheid met de beleidskeuze uit 1990: "Vrijwel overal is het gelukt de kustlijn te handhaven. Structureel verlies van strand en duin is tot staan gebracht." Bij de evaluatie blijkt dat op dat moment nog maar in bescheiden mate invulling is gegeven

aan het stimuleren van natuurlijke processen in de kustzone. In de nota wordt dan ook als actiepunt opgenomen dat “de kansen voor herstel en ontwikkeling van natuurlijke processen in de zeereep zullen worden benut (extensivering zeereeponderhoud, uitvoering pilotproject Bergen-Schoorl). Terrein- en waterkeringbeheerders hebben hierbij het voortouw.”

In 2000 werd de Derde kustnota ‘Traditie, Trends en Toekomst’ uitgebracht (Ministerie van Verkeer en Waterstaat 2000). Ook hierin werd ervoor gekozen om het beleid ‘dynamisch handhaven’ voort te zetten. Het ministerie nam zich verder voor om waar mogelijk te kiezen voor onderwatersuppleties. Deze geven op veel plekken minder overlast voor recreatie dan strandsuppleties, sluiten beter aan op natuurlijke processen en zijn goedkoper. “Suppleer waar het kan onder water, waar het moet op het strand”, aldus de nota. Verder gaf de Derde kustnota aan dat vanaf 2001 zandverliezen in dieper water worden gecompenseerd door onderwatersuppleties. Reden hiervoor is dat nieuw inzicht uitwees dat het Nederlandse kuststelsel een chronisch verlies aan zand heeft. Over dynamisch beheer van de kust meldt de Derde kustnota dat dit verder wordt uitgebreid. Dynamisch kustbeheer wordt omschreven als een voorwaarde voor herstel en vergroting van een veerkrachtige kust. Een actie uit de Derde kustnota is dan ook: “Dynamisch beheer van de duinen verder stimuleren. Het initiatief hiervoor ligt bij terrein- en waterkeringbeheerders.”

De Nota Ruimte (Ministeries van VROM *et al.* 2006) introduceert het begrip kustfundament: “Om te benadrukken dat de Kust één dynamisch systeem is, waarbinnen functies op elkaar worden afgestemd en waarbinnen samenhangend beheer noodzakelijk is, wordt een ruimtelijk begrensd kustfundament aangewezen. Het kustfundament ‘draagt’ aan de landzijde de waterkerende functie van duinen en dijken en vervult daarmee een belangrijke rol in de waterkering. Het draagt ook de natuur- en recreatiefuncties van duingebieden en kustplaatsen. In de ‘natte’ zone vinden morfologische processen plaats die van belang zijn voor de vorming van strand en duinen.” De nota geeft aan dat de waarborging van het dynamische zandige kuststelsel als drager van alle functies in de kustzone voorop staat: “De prioriteit ligt daarbij op het behoud en de ontwikkeling van de veerkracht en natuurlijke dynamiek. Het kabinet streeft er naar om de bestaande zandvoorraden in de kustzone en het dynamische karakter ervan te waarborgen en de morfologische processen binnen het kuststelsel zoveel mogelijk ongemoeid te laten. Uitgangspunt van het beheer van de kust is daarom: ‘zand als ordenend principe’. Ontwikkelingen die de natuurlijke dynamiek van het kustfundament versterken worden ondersteund. Verstening van de zandige kust is niet gewenst.”



Figuur 12. Zandsuppletie voor de kust van Noordwijk (foto R. Hoogendoorn).

3.3.2 Voordelen van suppleties

Zand

Het dynamische spel van wind, zee en zand is van levensbelang voor de veiligheid van de kust, nu en in de toekomst. Zand vormt een natuurlijke buffer en als bouwstof helpt het de kust zich te herstellen. Als een (zware) storm stukken strand of duin wegslaat, verspreidt het zand zich over het strand en de ondiepe kustzone. Bij rustiger weer kunnen strand en duinen zich dankzij dit zand weer voor een groot deel herstellen. Natuurlijk kustherstel is alleen mogelijk als er voldoende zand is. In de geologische geschiedenis waren er tijden dat er in onze kustzone zand in overvloed was. Nu zitten we echter in een periode dat kustafslag de overhand heeft. Zandsuppleties zijn dan ook essentieel voor de aanvoer van voldoende zand.

Zand beweegt zich zowel dwars op de kust als erlangs (figuur 13). Over een periode van tientallen jaren verplaatst het zich in noordelijke richting. De kustzone wordt ook wel beschreven als ‘een noordwaarts stromende zandrivier’. De ‘hoofdgeul’, met de sterkste stroming en de meeste dynamiek, is de brandingszone. De ‘oevers’ van de zandrivier bestaan uit gebieden waar het zand zich langzamer verplaatst. Aan de landzijde zijn dat de duinen en aan de zeezijde de lijn waar het dieper wordt dan 20 m. De zandrivier heeft de laatste honderden jaren de neiging zich landinwaarts te verplaatsen. Dat uit zich in kusterosie. Het vrijkomende zand stroomt in de richting

van zeegaten zoals die zeegaten tussen de Waddeneilanden, en estuaria als de Westerschelde. Die hebben de neiging aan te zanden, doordat de vloed meer zand naar binnen voert dan de relatief zwakkere eb naar buiten kan afvoeren. De zandrivier levert het zand voor het behoud van de ecologisch waardevolle zandplaten in deze gebieden.



Figuur 13. Artist Impression van de Zandrivier (Mulder & Dirksen 2006).

Het beeld van de kust als zandrivier brengt het dynamische karakter van de kust tot uitdrukking en de onderlinge samenhang tussen de ondiepe kustzone, het strand en de duinen. Zand fungeert hier als drager van allerlei functies zoals natuur, recreatie en veiligheid. De zandrivier valt samen met wat in de Nota Ruimte het kustfundament wordt genoemd (Ministeries van VROM *et al.* 2006).

Dynamisch kustbeheer

In het algemeen heeft de natuur van de duinenkust baat bij de zandsuppleties. Het duinareaal neemt na 1990 niet meer af door kustafslag en er is meer mogelijkheid om

de natuur zijn gang te laten gaan. In brede duingebieden is de noodzaak om een gesloten, zeeerende zeereep in stand te houden afgenomen. In de praktijk betekent dit dat de beheerders van de zeereep op veel plaatsen minder helm (*Ammophila arenaria*) aanplanten en verstuiving van zand toelaten. Soms kan zelf de zee het duingebied binnendringen, zoals bij de Kerf tussen Bergen aan zee en Schoorl (figuur 14). Onderzoek laat zien dat de dynamiek in de buitenste duinen is toegenomen en dat de kust op lokale schaal een natuurlijker aanzien heeft gekregen. Als een gebied af en toe overstroomt door de zee, blijkt de variatie aan plantensoorten snel toe te nemen. Zandsuppleties betekenen op middellange termijn extra vernieuwing en extra dynamiek.

Hieronder volgen enkele voorbeelden van dynamisch kustbeheer (Arens *et al.* in prep.).

- Rijkswaterstaat Directie Noord-Holland begon in 1998 een experiment met dynamisch zeereepbeheer op Texel. In de referentievakken worden regelmatig stuifschermen geplaatst. In een proefvak met een lengte van 800 m (tussen km-paal 13 en 15) is het reguliere onderhoud gestaakt, maar wordt wel gesuppleerd en worden de strandhoofden wel onderhouden. Proefvak en referentiegebieden zijn vijf jaar lang in detail gevolgd. Het belangrijkste resultaat is dat bij dynamisch zeereepbeheer meer zand wordt ingevangen dan in de referenties, dat het proefvak steiler is en het hoogteverschil tussen strand en top toeneemt. De natuurlijkheid van de zeereep in het proefgebied is toegenomen, maar de veranderingen gaan langzaam. Door overstuiving en het ontstaan van kleine kerven is de morfologie natuurlijker geworden en de zeereep steiler. Er zijn geen veranderingen in flora en fauna geconstateerd (Arens *et al.* 2003).
- Langs de kust van Noord-Holland, tussen IJmuiden en Den Helder, is inmiddels enige jaren ervaring met dynamisch kustbeheer. Dit beheer vloeide voort uit een integraal plan voor herstel van de dynamiek van de zeereep dat vertegenwoordigers van de verschillende natuurbeherende én waterstaatkundige organisaties gezamenlijk opstelden. Afhankelijk van waterstaatkundige eisen, achterliggende belangen (onderstuiven cultuurgrond, overlast zeedorpen) en natuurwensen werd hierin beschreven op welke plekken de kust dynamisch kon worden beheerd. Hierbij maakten de instanties onderscheid tussen ‘vastgehouden zeereep’, ‘gekerfde zeereep’ en ‘paraboliserende zeereep’ en ‘kerf’ (Anonymus 1998). Sinds het dynamische kustbeheer zijn op drie plaatsen stuifgaten in de zeereep gemonitord. De omvang van de stuifgaten is in het algemeen toegenomen door uitstuiving. Er zijn hoogteveranderingen van ongeveer 3,5 m opgetreden (in een periode van 2 jaar) (Maas 2002). In een aantal jaren tijd zijn tussen Wijk aan Zee en Heemskerk kerven ontstaan, die doorlopen tot op het strand. Eén kerf is inmiddels zo ver uitgestoven dat door de beheerder weer zand in de opening is geschoven. Op deze plaats kon, in verband met achterliggende waterwinning, een doorbraak niet worden toegelaten.
- In 1997 is in de Schoorlse duinen de Kerf aangelegd (Vertegaal 2003). Het gebied is *ca.* 30 ha groot. Om de zee toegang tot de achter de zeereep liggende Parnassiavallei te geven is een doorgang in de zeereep gegraven, en is de vallei afgeplagd. De primaire waterkering is landwaarts gelegd, waardoor het duingebied met de Parnassiavallei buitendijks is komen te liggen, en de natuur

hier vrije hand kreeg (binnen zekere randvoorwaarden). De Kerf is tussen 1997 en 2002 ongeveer 30 keer volgestroomd met zeewater (figuur 14). De frequentie van overstroming neemt af, doordat een drempel is ontstaan die door natuurlijke duinvorming steeds hoger is geworden. Dankzij betreding door recreanten is de drempel nog steeds niet geheel dicht, en blijft er een mogelijkheid bestaan dat bij hoge stormvloed de vallei nogmaals volstroomt. Het project heeft in relatief korte tijd geleid tot een enorme toename van dynamiek en meer gradiënten. Vooral in de verzuurde en ontkalkte achterliggende duinen heeft dit een impuls gegeven voor ecologische verjonging. Zolang de Kerf openblijft, kan strandzand naar binnen stuiven en zorgen voor nieuwe impulsen. Ter hoogte van de Kerf ligt een suppletievenster. Dat wil zeggen dat er in een strook van 100 m ter weerszijden van de Kerf geen suppleties worden uitgevoerd.



Figuur 14. De Kerf, volgestroomd met zeewater na een storm (1999).

- Tussen IJmuiden en Scheveningen liggen twee proefprojecten van het Hoogheemraadschap van Rijnland. Bij Parnassia, net ten zuiden van Bloemendaal, is over een traject van 800 m stormschade, die in 1990 ontstond, niet hersteld. Afgezien van het afvlakken van kliffen, om te voorkomen dat gevaarlijke situaties voor recreanten zouden ontstaan, is sindsdien geen onderhoud gepleegd. De eerste jaren gaven een grote verandering in morfologie te zien, met het ontstaan van stuifkuilen, langgerekte erosievormen langs de duinvoet en plaatselijk een zeer sterke overstuiving. Eind jaren '90 stagneerde deze ontwikkeling en stabiliseerde het zand, ook doordat afslag verder uitbleef. Op dit moment is er nog steeds dynamiek, maar met een afnemende trend (Arens 2006).

- Ten zuiden van Wassenaar is in 1993 een stuifkuil in de zeereep ontstaan. Deze kuil heeft zich vrij mogen ontwikkelen, en is tot op heden in beweging. Vóór de stuifkuil is, dankzij suppleren, een geheel nieuw zeereepje ontstaan. Aanvankelijk werd verwacht dat de kuil tot een doorbraak door de zeereep zou uitgroeien, maar dit is niet gebeurd. De kuil diept uit, en groeit langzaam, maar aan de achterzijde blijft een massieve zandrug intact. Opvallend is dat jaarlijks een redelijk volume zand uit de kuil wordt geblazen, maar dat dit nauwelijks in de omgeving terug te vinden is. Blijkbaar wordt het over een veel groter oppervlak verspreid dan werd gedacht (Arens 2006).
- Op Goeree zijn enkele experimenten uitgevoerd met dynamisch kustbeheer (stoppen van zeereepbeheer sinds 1994). Eind jaren 90 was hier een duidelijke toename van verstuiwing en ontwikkeling van kopjesduinen in de zeereep waarneembaar. De huidige stand van zaken is onbekend.
- Het Waterschap Zeeuwse eilanden heeft gebieden bepaald waar dynamisch beheer mogelijk is. Daarbij zijn de volgende criteria gehanteerd:
 - ondanks zeespiegelrijzing volgens ongunstigste scenario binnen 200 jaar geen duinverzwaring nodig;
 - het duin moet een minimaal vastgestelde hoeveelheid zand en duinbreedte hebben boven het verwachte stormvloedpeil in het jaar 2200;
 - het betreffende kustvak is tenminste 1000 m lang;
 - de toegestane processen mogen geen nadelige invloed hebben op andere functies in het kustgebied.

De gebieden die volgens het waterschap voldoen aan al deze criteria zijn Oranjezon op Noord-Walcheren en de Kop van Schouwen. Op deze locaties zullen zandverstuiwingen worden toegestaan en zal een geringe stormschade niet direct worden hersteld. Uitgangspunt hierbij is dat het zand dat voor de veiligheid van het achterland moet zorgen, niet meer uitsluitend in de zeereep ligt maar zich over het gehele duingebied mag verspreiden. Op deze locaties moet daartoe een brede waterkeringszone zijn gedefinieerd. Omdat er in de genoemde gebieden verschillende terreinbeheerders actief zijn, zal met deze organisaties afstemming over een optimale wijze van beheer plaatsvinden.

- Vanuit Nederlands perspectief blijkt dat op de Friese Waddeneilanden over relatief grote trajecten vorm wordt gegeven aan dynamisch kustbeheer. Het strand, de zeereep en de duinen hebben hier vaak een dynamischer karakter dan in de rest van het land. Op alle Friese Waddeneilanden is het onderhoud aan de zeereep de afgelopen jaren sterk verminderd en indien dit plaatsvond was dit vooral om stuifoverlast te beperken. Opvallend voor de stranden van de Friese Waddeneilanden is dat zich embryonale duintjes (H2110) ontwikkelen op het strand. Natuurlijke kustaangroei, suppleties én het ontbreken van extreme stormperiodes spelen hierbij een rol. De grootste dynamiek vindt plaats op de uiteinden van Waddeneilanden (figuur 15). Hier zijn aanlandende en afslaannde platen, *wash-overs* en verstuiwing. Dit zijn gebieden waar natuurbelangen de overhand hebben; er vindt geen kustonderhoud plaats. Natuur op de koppen verschijnt en verdwijnt, zoals het Groene Strand op Ameland. Waar het zeereepbeheer recent is losgelaten, is het effect meestal duidelijk te zien aan de ontwikkeling van nieuwe stuifkuilen en het doorstuiven van zand naar het achterland. Op sommige plaatsen, zoals tussen km-paal 10 en 15 op Terschelling,

heeft dit geleid tot een drastische verandering van het landschap (Arens *et al.* in prep.).



Figuur 15. Primaire duinvorming, hier met helm, op het strand van De Hon, Ameland (foto I.I. Moysiynko).

3.3.3 Ecologische effecten van zandsuppleties

Effecten in het brongebied

Zandsuppleties hebben zowel gevolgen voor de ecologie op de zandwinplaats (brongebied) als op de plek waar het zand op het strand of op de onderwateroever wordt neergelegd (doelgebied).

Het meest directe effect van zandwinning is het verwijderen van het bodemsediment met de bodemorganismen ter plaatse. Tijdens de winning wordt een laagdikte van 30-50 cm opgezogen (afhankelijk van de grootte van de sleepzuiger). Dit komt overeen met de toplaag van de zeebodem waarop en waarin bodemdieren leven. Dit betekent dat nagenoeg 100% van alle in en op het sediment levende bodemdieren, zoals wormen, schelpdieren, kreeftachtigen, zeesterren, garnalen, vissen, enz., met het zand en water worden opgezogen. Deze bodemdieren komen met het zand in de hopper terecht. Een deel hiervan zal met het overtollige water via de overvloed weer in zee terecht komen, maar is dan zwaar beschadigd en gaat dood. Het restant komt veelal dood op het land, het strand of de vooroever terecht. De effecten van de zandwinning zijn min of meer evenredig met het beïnvloede oppervlak. Hoe groot de schade aan het bodemleven is hangt echter sterk af van de manier waarop het zand

wordt gewonnen. Gebruikelijk is dat in een gedeelte van een betrekkelijk groot wingebed de toplaag wordt weggebaggerd. Indien echter tot de toegestane winddiepte van 2 m of in de vaargeulen tot 5 m diep gewonnen wordt i.p.v. over grote oppervlakten 30-50 cm, zijn de effecten aanzienlijk kleiner.

Lokaal zal de milieuschade direct merkbaar zijn. Het herstel van de bodemlevensgemeenschappen na de zandwinning zal echter vrij snel van start gaan. Daarbij zal het meiobenthos (<1 mm) zich veel sneller herstellen dan het macrobenthos (>1 mm). Volledig herstel van de nematodengemeenschap kan binnen enkele dagen plaats vinden; foraminiferen herstellen zich langzamer.

Het herstel van de macrobenthos-gemeenschap na beëindiging van de winning is afhankelijk van de mate waarin het nieuwe substraat geschikt is voor rekolonisatie en de vestiging van larven. Op de Noordzee zullen de topografie en de structuur van de bodem zich binnen een jaar weer herstellen. Nadat het sediment zich weer voldoende heeft hersteld, zal biologisch herstel binnen enkele maanden tot 2 à 3 jaar bereikt zijn. Dit met uitzondering van de langlevende mollusken, waarvan het herstel zeker 10 jaar in beslag zal nemen. De effecten van zandwinning op de mariene ecologie zijn lokaal van karakter. Op basis van het redelijk snelle herstel van de bodemfauna en de beperkte omvang ten opzichte van de totale oppervlakten van de subnatuurdoeltypen worden de effecten op de mariene ecologie als beperkt geschat. Zeker als het zand gewonnen wordt tot de toegestane winddiepte van 2 m (Rijkswaterstaat RIKZ 2003).

Uit onderzoek naar effecten op de bodemfauna op zandwinlocaties ten noorden van Terschelling volgt een herstelperiode van de bodemfauna van vier jaar. Zandwinning bleek direct te leiden tot een afname van de dichtheden van wormen en kreeftachtigen. De biomassa van de bodemfaunagemeenschap daalde sterk door het verdwijnen van tweekleppigen (*Donax vittatus* en *Tellina* sp.) en zeeëgels (*Echinocardium cordatum*). Een typische ontwikkeling in door zandwinning verstoorte habitats was de tijdelijke toename van de opportunistische wormensoorten *Spio filicornis* en *Spiofanus bombyx*. Vier jaar na de zandwinning was er geen verschil van betekenis meer tussen de bodemfauna gemeenschap in het zandwingebed en een aangrenzend referentiegebied. Een herstel van de bodemfauna gemeenschap betekent niet noodzakelijkerwijs dat weer precies dezelfde gemeenschap aanwezig is als vóór de zandwinning, maar dat er geen verschil meer is tussen win- en referentiegebied (Rijkswaterstaat RIKZ 2005b).

Recent verscheen een studie naar de effecten van strandsuppleties op de drieteenstrandloper (A144) en op kustbroedvogels (Van Turnhout & Van Roomen 2005). Hierin wordt geconcludeerd dat significante effecten in het brongebied van het zand, door een gebrek aan kennis, niet kunnen worden uitgesloten voor enkele in het kader van de Vogelrichtlijn beschermde soorten, zoals toppereend (A062), zwarte zee-eend (A065), roodkeelduiker (A001) en parelduiker (A002). “Effecten kunnen betrekking hebben op verstoring, voedselbeschikbaarheid of voedselbereikbaarheid (in relatie tot een toename van de troebelheid van het water). Zo kan het vernielen van banken van de halfgeknotte strandschelp (*Spisula subtruncata*) door extractie of

vooroeversuppletie in de Noordzee invloed hebben op de zwarte zee-eend, die voor een groot deel van deze voedselbron afhankelijk is. Viseters, zoals roodkeel- en parelduiker, zullen mogelijk minder succesvol vissen kunnen vangen als het water troebeler wordt.”

Effecten op de onderwateroever en het strand

Bij suppleties op het strand of op de onderwateroever zal de bedekking van de bodem met een laag suppletiezand ertoe leiden dat de meeste van de reeds in de bodem levende (minder mobiele) organismen sterven.

Herstel van de bodemfauna gemeenschap op de suppletielocatie is een gevolg van meerdere processen. Allereerst is er vestiging van dieren die afkomstig zijn uit de meer directe omgeving, en die zich met de waterstromingen kunnen laten meevoeren. Dit is een continu proces. Daarnaast is er in het voortplantingsseizoen vestiging van broed. Deze jonge dieren kunnen zowel uit de omgeving als uit het suppletiegebied zelf afkomstig zijn. Voor langer levende diersoorten zijn meerdere jaren met succesvolle voortplanting noodzakelijk om een volledig herstel van de leeftijdsopbouw te bereiken. Hiermee is *ca.* 5 jaar gemoeid.

Over het risico van kustsuppleties voor vissen kan het volgende worden gezegd. Aan de ene kant is dit risico waarschijnlijk relatief gering omdat vooroeversuppleties niet jaarlijks worden uitgevoerd, en omdat twee jaar na de ingreep de bodemfauna weer grotendeels is hersteld. Aan de andere kant kan er wel degelijk sprake zijn van risico's wanneer vooroeversuppleties omvangrijker zijn dan enkele vierkante kilometers. In de winter benutten duikeenden de schelpdierbestanden die in de kustzone voorkomen. Boven de Waddeneilanden zijn dat vooral de zwarte zee-eend (*Melanitta nigra*) en de eidereend (*Somateria mollissima*). Zij doen zich vooral te goed aan *Spisula*-banken. Van nadelig effect voor zee-eenden is alleen sprake als door vooroeversuppleties belangrijke *Spisula*-banken met zand worden bedekt en vernietigd zouden worden. *Spisula*-banken komen niet altijd op dezelfde plaatsen tot ontwikkeling (Leopold 1996; Leopold & Van der Land 1996). Om te voorkomen dat een toekomstige suppletie de voedselbeschikbaarheid voor duikeenden lokaal enkele jaren nadelig beïnvloedt, zou het aanbeveling verdienen na te gaan of in het suppletiegebied belangrijke *Spisula*-banken voorkomen zodat deze kunnen worden ontzien (Rijkswaterstaat RIKZ 2005b).

De veranderingen in de bodemfauna kunnen ook effecten hebben op kustbroedvogels. “Op voorhand kunnen significante effecten van strandsuppleties op de drieteenstrandloper en kustbroedvogels niet uitgesloten worden”. De gevolgen zijn afhankelijk van uitvoeringsaspecten (o.a. verstoring), de kwaliteit van het gesuppleerde zand (gehalte aan organisch materiaal, korrelgrootte, etc.) en de hoeveelheid opgebracht zand. In zijn algemeenheid leidt een duinvoetsuppletie, waarbij het zand op het droge deel van het strand wordt aangebracht en geleidelijk vanzelf zeewaarts wordt herverdeeld, tot kleinere effecten dan een klassieke (of profiel-)suppletie, waarbij het zand over het hele strand verspreid wordt opgespoten. Duinvoetsuppleties worden tegenwoordig echter nauwelijks nog uitgevoerd (Van Turnhout & Van Roomen 2005).

Effecten op verstuiving van zand

Gebiedsvreemd suppletiezand kan invloed hebben op de verstuiving van zand en daarmee op de geomorfologie en vegetatie van het duingebied. Met statistisch onderzoek (Van der Wal *et al.* 1995) konden er echter geen significant effecten op de vegetatie van de buitenste duinen worden aangetoond. De variatie in milieuomstandigheden langs de kust (zoals kalkgehalte, ligging ten opzichte van de zon, hoogte van de zeereep, etc.) blijkt zo groot te zijn dat duidelijke effecten van zandsuppleties wegvallen.

De stuifgevoeligheid van zand wordt bepaald door de korrelgrootteverdeling van het zand, het gehalte aan schelpen, het slibgehalte en de aanwezigheid van organische stof, algen of zouten. Suppleties op de onderwateroever zorgen voor een natuurlijke selectie van zand dat op het strand wordt neergelegd. Strandsuppleties (en natuurlijk de vroegere duinverzwaringen) hebben dan ook een veel grotere invloed op het stuifgedrag van zand en daarmee op de ecologie van het duingebied.

Uit aanvullend onderzoek (Aerts *et al.* 1997) bleek geen eenduidig verschil tussen de verstuiving van wel en niet gesuppleerde stranden. Veel bepalender bleek de windsnelheid te zijn. Verstuiving bleek past op gang te komen bij een windsnelheid groter dan 7,5 m/s, en dan vooral bij schuinaanlandige en parallelle wind.

Van der Wal (1999) schrijft in haar proefschrift dat het kalkgehalte van het zand in de zeereep verandert door het suppleren van schelprijk zand. “Hierdoor kunnen effecten op de vegetatie worden verwacht.” De hoeveelheid zand die vanaf het strand over de zeereep heen stuift, de duinen in, én de afstand die dit zand aflegt, varieert enorm. Uit promotieonderzoek van Arens (1994) blijkt dat dit onder meer afhankelijk is van de vegetatiedichtheid van de zeereep, de hoogte van de zeereep, windrichting/windklimaat, oriëntatie van de zeereep, en de topografie.

Zandsuppleties hebben verder tot gevolg dat erosieprocessen als duinafslag bij stormvloeden zeldzaam zijn geworden. Dat hangt ook samen met het achterwege blijven van zware stormen in de afgelopen 15 jaar. Na de zware novemberstormen van 2006 in het Waddengebied bleek er wel incidentele afslag op te treden (in dit geval van de duinen op de Waddeneilanden). Kustlijnhandhaving kan op langere termijn dus een verstarring van de dynamiek betekenen. Van nature ontstaan juist in erosiekusten aangrijpingspunten voor grootschalige verstuiving (‘vorming van paraboolduinen’) en voor natuurlijke vorming van een gekerfde zeereep en sluffers.

4 Kustveiligheid en natuur: beheer en onderhoud

4.1 Inleiding

Waterkeringbeheer omvat het totaal aan activiteiten die moeten waarborgen dat de functies van de waterkering kunnen worden vervuld. Het gaat daarbij zowel om de functie veiligheid als om overige functies zoals natuur, landschap, cultureel erfgoed, verkeer en wonen.

Beheer is uitvoering van beleid, en speelt op de korte termijn. Wanneer blijkt dat de waterkering niet meer voldoet voor de vastgestelde functies, is onderhoud nodig. Dagelijks onderhoud komt bij de zandige kust neer op bijvoorbeeld planten van helm (*Ammophila arenaria*), het zandvrij houden van strandlagen of het maaien van zeedijken. Soms is groot onderhoud nodig, zoals het aanvullen van de bestorting van strandhoofden.

Dit hoofdstuk gaat in op de combinatie van waterkeringbeheer en natuur. Hoe kunnen deze functies elkaar versterken?

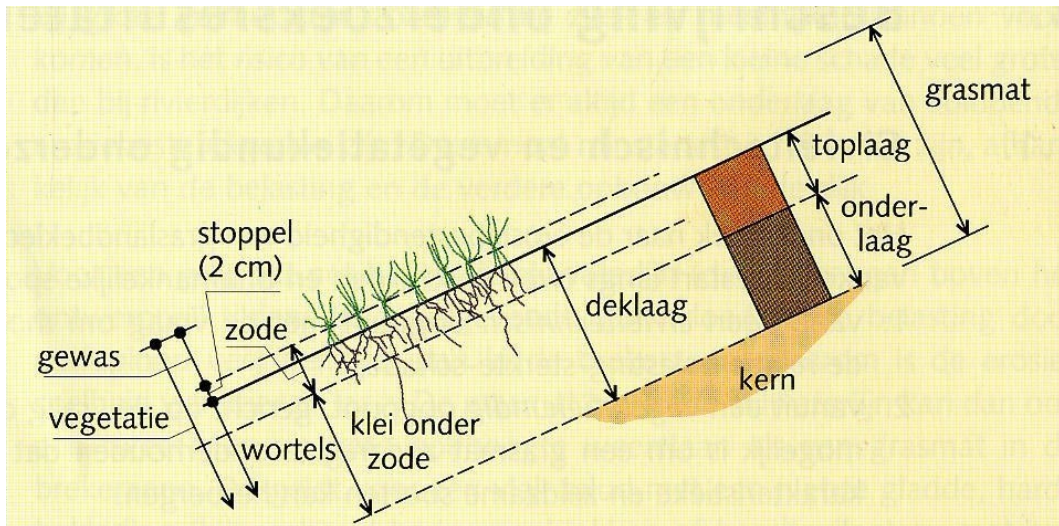
4.2 Beheer en onderhoud van zeedijken

4.2.1 Erosiebestendigheid

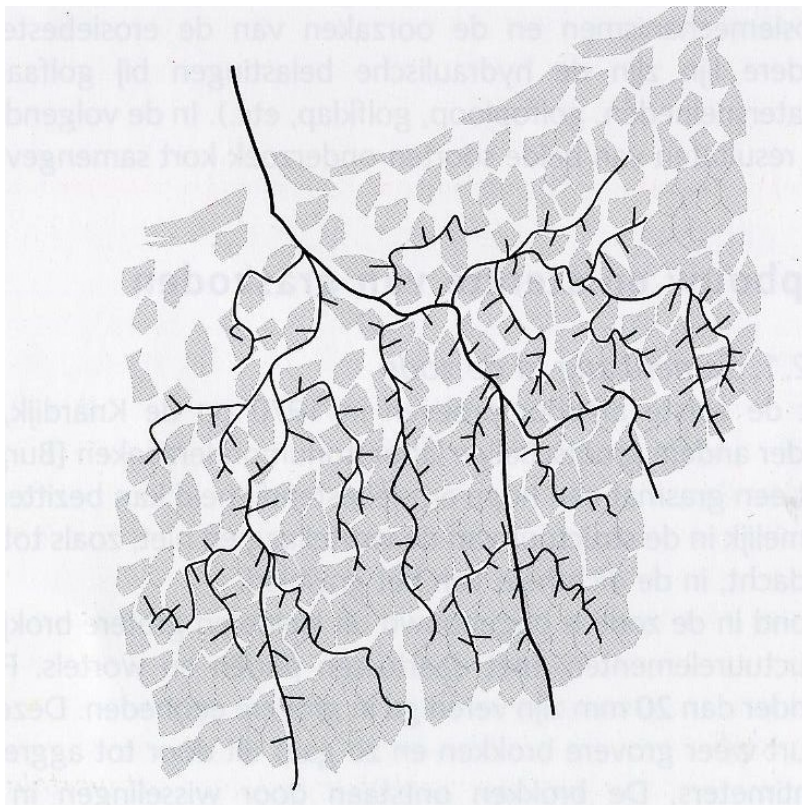
Een goed graslandbeheer kan de erosiebestendigheid van zeedijken zeer vergroten en ook bijdragen aan hogere natuurwaarden. Uit onderzoek blijkt dat langdurig onbemest hooiland de hoogste worteldichtheid en erosiebestendigheid heeft. Voor onbemeste schapenweide geldt dit mogelijk ook (Sprangers 1999). Sprangers geeft een aantal onderhoudsmaatregelen voor verbetering en handhaving van een erosiebestendige grasmat (tabel 3).

Tabel 3. Onderhoudsmaatregelen ter handhaving en verbetering van een erosiebestendige grasmat (Sprangers 1999).

Maaien slecht afgegraasde stukken
Gebruiken weidesleep bij beweiding
Handhaven maximale vegetatiehoogte 10 cm aan begin winterseizoen
Afvoeren maaisel binnen 1 tot maximaal 2 weken
Actieve bestrijding mollen
Continuïteit van beheer



Figuur 16. Opbouw deklaag grasmat met onderdelen (Van Hasselt et al. 1998).



Figuur 17. Schematische weergave van de opbouw van een zode. De wortels, soms 1 m/cm^3 zode, verankeren de grond door zich in blokjes te verankeren en de brokjes als in een net bijeen te houden (Van Hasselt et al. 1998).

Gras als dijkbekleding is in staat aanzienlijke golfbelastingen te weerstaan (figuren 16, 17). Op zeedijken zullen golven tot 0,75 m hoogte (en mogelijk hoger) geen schade veroorzaken bij een gelijkmatige, gesloten grasmat met een hoge worteldichtheid. Onbemest hooien en licht bemest weiden leiden tot een sterke zode. Na inzaai op kale grond is de grasmat in 3-5 jaar op sterkte (Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen 1998).

Een goede grasmat kan brekende golven van >1,5 m voor de duur van een zware stormvloed niet lang genoeg weerstaan bij een talud van 1:3 á 1:4, maar bij flauwe taluds van 1:6 en meer is de weerstand groter. Een voldoende dikke ondergrond van erosiebestendige klei is noodzakelijk (Van Hasselt *et al.* 1998). Andere ontwerpdimensies dan louter hoger en zwaarder, en ander beheer kunnen dus mogelijk compenseren voor een zwaardere golfbelasting.



Figuur 18. Grasmat binnentalud Hondsbossche Zeewering ter hoogte van De Putten; schapenbegrazing na maaien en afvoeren (foto C.J. Smit).

Ook de erosiebestendigheid van het binnentalud (figuur 18) van een dijk kan worden gehandhaafd of verbeterd met een goede natuurtechniek bij aanleg of een goed natuurtechnisch beheer ('eco-engineering'). Men kan daarbij denken aan het begrazen van grasdijken (met schapen) en het strooien van minder kunstmest, waardoor de doorworteling van de zode beter wordt en de dijk erosiebestendiger.

Binnentaluds worden bij golfoverslag belast met afstromend water. Bij een matige tot goede gesloten grasmat veroorzaakt een gemiddeld overslagdebiet van 10 l/s/m geen schade door erosie (Van Hasselt *et al.* 1998). Dat is nu juist de categorie die leidde tot het aanwijzen van een aantal zwakke schakels in de kustzone.

Het waterkeringbeheerplan 2004-2008 van Waterschap Zeeuws-Vlaanderen stelt dat de beheervorm van grasdijken sterk bepalend is voor de te bereiken sterkte. Een voor de sterkte optimale beheervorm is maaien en afvoeren (bijvoorbeeld door onbemest hooien). Deze combinatie vergt extensief beheer, waardoor er verschraling

van de grasmat zal optreden, hetgeen de sterkte van het wortelstelsel ten goede komt. Voor dijkgedeelten met een beperkte golfaanval is dit systeem voldoende en gelijkwaardig aan de sterkte van een lichte steenbekleding. De vereiste kwaliteit van de graszode kan ook door beweiding met schapen worden verkregen; dit stelt eisen aan de particuliere bedrijfsvoering van het (landbouwkundig) medegebruik. Hiervoor worden praktijkproeven uitgevoerd (Provoost 2005).

Voor wat betreft de schapenbegrazing kan een toename van de inzet van gescheperde schaapskuddes overheidsgefinancierde organisaties als waterschappen een aanzienlijk financieringsvoordeel opleveren. Het resultaat van schaapskuddebeheer op dijken is ook positief ten opzichte van alleen maaien omdat het tot een sterkere graszode leidt, en tot een vegetatie die kruidenrijker en dus bloemrijker is (waardoor de recreatieve waarde wordt vergroot). Daarnaast is bij gescheperd schaapskuddebeheer geen afrastering nodig wat de toegankelijkheid voor recreatie en de esthetische waarde van dijken vergroot.

4.2.2 Vegetaties van zeedijken

De vegetaties van zeedijken zijn relatief soortenarm, en behoren meestal tot de kamgrasweiden (*Lolio-Cynosuretum*), tot rompgemeenschappen van de weegbreeklasse [*Plantaginetea majoris/Cynosurion cristati*] en van de klasse der matig voedselrijke graslanden [*Molinio-Arrhenatheretea/Plantaginetalia*], tot varianten en subassociaties van de glanshaver-associatie (*Arrhenatheretum elatioris*) en tot rompgemeenschappen van de glanshaver-orde (*Arrhenatheretalia*) (Sprangers 1999).

Maar dijkvegetaties kunnen ook belangrijke natuurwaarden vertegenwoordigen. Als voorbeeld mag dienen dat Rode-Lijstsoorten (Van der Meijden *et al.* 2000) zoals vogelpootklaver (*Trifolium ornithopodioides*) (Hazebroek *et al.* 2001), zeegerst (*Hordeum marinum*) (Jager & Weeda 2000) en blauw walstro (*Sherardia arvensis*) in belangrijke mate op dijken voorkomen. In de gangbaar beheerde 'normale' graslanden van het boerenland gaat de natuurwaarde zo snel achteruit dat een 'gewoon' gras als kamgras (*Cynosurus cristatus*) op de Rode Lijst is geplaatst (Van der Meijden *et al.* 2000). Hierdoor neemt het relatieve belang van de om hun fysiognomie moeilijker te intensiveren dijkvegetaties toe. Door bovendien deze vegetaties bij een hooilandbeheer niet te bemesten, of bij een beweidingsbeheer met schapen slechts licht te bemesten, zal het aantal (bijzondere) plantensoorten stijgen en daarmee de natuurwaarde en de biodiversiteit.

4.2.3 Rijke Dijk

Bij het verbeteren, onderhouden of aanleggen van dijken of kaden wordt vaak nog weinig rekening gehouden met de ecologie. Daarom is in 2006 het project Rijke Dijk gestart. Het doel van deze verkenning is om te bekijken of het haalbaar is bestaande kennis om te zetten in een aantal ontwerpen voor ecologische diverse en productieve zeekeringen, havendammen, *breakwaters* of pieren, die economisch en planmatig

inpasbaar zijn in een bestaand of nieuw ontwerp voor harde kustinfrastructuur. Gedacht kan worden aan constructie van zo'n rijke dijk bij vervanging/onderhoud van bestaande of bij aanleg van nieuwe infrastructuur. Mogelijk levert dit initiatief kansen op voor compensatie van verloren natuurwaarde ter plekke van een beoogde ingreep.

Mogelijkheden om de natuurwaarden bij ontwerpen te vergroten zijn onder andere (Baptist *et al.* 2006):

- Optimalisatie van het dwarsprofiel. Door bijvoorbeeld een zeer flauw talud in de intergetijdzone te ontwerpen wordt het oppervlakte intergetijdegebied fors vergroot.
- Materiaalkeuze. Poreus, ruw materiaal met een goed watervasthoudend vermogen biedt de beste vestigingsmogelijkheden.
- Steenzetting. Door niet te netjes te zetten ontstaan holtes en spleten. Door stenen getrapte te zetten ontstaan kleine poeltjes met water.
- Sortering van het materiaal. Gestort materiaal met een brede sortering leidt tot een grotere diversiteit in holtegroottes.
- 3D-ontwerp. Door ontwerpen te maken in drie dimensies worden natuurlijke rotskusten geïmiteerd en wordt de verscheidenheid aan habitats vergroot.

Verder biedt de toepassing van basalt, in plaats van asfalt, mogelijkheden voor onder andere zeldzame plantensoorten van harde substraten zoals strandbiet (*Beta vulgaris* subsp. *maritima*), zeekool (*Crambe maritima*), zeevenkel (*Crithmum maritimum*) en zeelathyrus (*Lathyrus japonicus*).

4.3 Beheer en onderhoud van de zandige kust

4.3.1 Dynamisch kustbeheer

In paragraaf 3.3.2 is beschreven hoe het 'dynamisch handhaven-beleid' en het toepassen van zandsuppleties kansen bieden aan dynamisch kustbeheer. Vastlegging van zand nabij de duinvoet als buffervorming voor slechtere tijden, zoals vroeger gebeurde, is in het huidige beleid niet meer nodig. Immers, enerzijds wordt structurele erosie aan de zeezijde door suppleren tegengegaan, anderzijds blijft het bij verstuiving bewegende zand binnen de waterkeringszone behouden, waardoor het blijft bijdragen aan de waterkeringsfunctie.



Figuur 19. Voorbeeld van maximale dynamiek, Rottumerplaat (foto R. Hoogendoorn).

Dynamisch kustbeheer biedt kansen voor de natuur en het is gezonder voor de kust. Je zou kunnen stellen dat dynamisch kustbeheer in combinatie met supplementies de kust veiliger maken, omdat de overgang tussen land en zee geleidelijker wordt, en er daardoor een grotere bufferzone ontstaat die beter in staat is grote klappen op te vangen en die beter om kan gaan met zeespiegelrijzing.

Natuurlijke dynamiek verhoogt de kwaliteit en de charme van de duinenkust en komt natuur en landschap ten goede (figuur 19). Uit de Leidraad ecologische herstelmaatregelen (Meininger & Graveland 2002) volgt dat ook kustbroedvogels profiteren van dynamiek en de beste broedkansen hebben in dynamische gebieden. Denk hierbij aan gebieden waar invloed is van getij en zout water. Een meer dynamischer kustbeheer is de motor van een dynamisch duingebied en zal niet alleen de diversiteit van strand en zeereep, maar ook die in het achterliggende landschap positief beïnvloeden. Te denken valt aan processen op verschillende schaalniveaus van ruimte en tijd: microschaal (≤ 1 m, uren-maanden), mesoschaal (10-100 m, maanden-jaren) en macroschaal (>100 m, 10-25 jaar). Vanuit waterstaatkundig oogpunt gezien, zou een extensiever, dynamischer beheer een meekoppeling zijn met de natuurlijke processen van opbouw en afbraak waardoor het beheer goedkoper kan uitvallen (Anonymus 1998, Janssen & Van Gelderen 1993).

Uit paragraaf 3.3.2 volgt dat dynamisch kustbeheer al op veel plaatsen in Nederland wordt toegepast. Toch lijken er nog meer mogelijkheden te zijn, vooral in brede duingebieden.

Hier blijven soms nog kansen liggen. Om deze kansen verder te benutten, kunnen de volgende aanbevelingen worden gedaan (EUCC *et al.* 2002):

Initiatiefrol voor natuurbeheerders

Zowel op de Waddeneilanden en in Noord-Holland is dynamisch kustbeheer succesvol van de grond gekomen. Hierin speelde het feit dat er een duidelijke initiatiefnemer was, respectievelijk Rijkswaterstaat (Waddeneilanden) en de natuurbeheerder (Noord-Holland), een belangrijke rol. Hierdoor zijn betrokken organisaties met elkaar in gesprek geraakt. Ze zijn goed op de hoogte van elkaars activiteiten, werkwijzen, doelen en verantwoordelijkheden en kunnen hun plannen daardoor goed op elkaar afstemmen. Het is dus belangrijk dat er initiatiefnemers komen die aangeven op welke plek zij welke concrete (natuur)doelen willen bereiken. De initiatiefnemer treedt in de eerste plaats in overleg met de waterkeringbeheerder. Het lijkt logisch dat de natuurbeheerder deze rol op zich neemt. Gezien de provinciale verantwoordelijkheid voor de uitvoering van integraal kustbeleid, kunnen ook de (natuurafdelingen van de) provincies een initiatiefrol vervullen.

POKs als fora voor besluitvorming en creëren van bestuurlijk draagvlak

Bij het succesvolle Noord-Hollandse model functioneert het ambtelijke Provinciale Overlegorgaan Kust (POK) als forum voor overleg tussen alle betrokken partijen, waarna besluitvorming plaatsvindt in het bestuurlijke POK. Concrete projectvoorstellen (en de bijbehorende natuurdoelen) kunnen door de initiatiefnemers in het POK worden ingebracht. Mogelijk kan ook vanuit het POK worden opgeroepen om die projectvoorstellen in te dienen. Op veel plaatsen is de duinzone breed genoeg om een dynamisch zeeoeverbeheer toe te laten. Vanuit veiligheidsoogpunt zijn daar dus geen knelpunten. Voor een dynamisch beheer op die plaatsen is het nodig om het op het bestuurlijk-juridische vlak eens te worden. De Provinciale Overlegorganen Kust zijn hiervoor het geschikte orgaan.

Concrete natuurdoelen

Er moeten duidelijke doelen worden geformuleerd. Daarbij is de schaal in ruimte en tijd van belang. Doelen zouden niet alleen de zeeoever moeten betreffen; ook de invloed op het achterland moet erbij worden betrokken. Uitgangspunten kunnen het dynamische kustzonebeheer en het kustfundament zijn. De processen die we ons ten doel stellen met het dynamische zeeoeverbeheer moeten goed beschreven en gedefinieerd worden (type, schaal, locatie), waarbij meetbaarheid een aandachtspunt dient te zijn.

Uitwisseling kennis

Aansluitend bij lopende initiatieven op het gebied van uitwisseling van kustinformatie, moet ernaar worden gestreefd de kennis die lokaal aanwezig is op het gebied van dynamisch zeeoeverbeheer, op nationaal niveau uit te wisselen. Hiervoor zou het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV) en/of het Ministerie van Verkeer en Waterstaat het initiatief kunnen nemen. Een goede mogelijkheid is het organiseren van een landelijke bijeenkomst, waarin beheerders van waterkering én duingebied elkaar ontmoeten en ervaringen uitwisselen. Ook kunnen nieuwe initiatieven voor dynamisch kustbeheer, alsmede monitoring- en evaluatierapporten worden verzameld en verspreid via internet.

Brede waterkeringszone

Het is voor dynamisch kustbeheer belangrijk dat de waterkeringszone zo breed mogelijk is gedefinieerd. Een brede waterkeringszone kan worden omschreven als een zone waar landwaarts van de berekende, minimaal benodigde strook: bestaande uit maatgevende afslagzone, grensprofiel en reservestrook gezamenlijk, nog duingebied ligt waarin een (doorgaand) grensprofiel kan worden gesitueerd. Bij een brede waterkeringszone kan meer worden ingespeeld op natuurlijke processen. Hier is ruimte voor flexibiliteit, buffers, robuustheid en dynamiek (Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen 2002).

4.3.2 Invangen van zand

Beplanting

Helm (*Ammophila arenaria*) is met zijn meterslange wortelstelsel een belangrijke invanger van zand in de zeereep. Elk jaar groeit de plant met het opgestoven zand mee omhoog. Op plekken waar onvoldoende vers zand met de wind wordt aangevoerd, wordt de helm soms geel (kwijnend). Uit onderzoek blijkt dat deze helmdegeneratie wordt veroorzaakt door aaltjes en schimmels, micro-organismen in het duinzand die zich voeden aan plantenwortels. Helmplanten blijven alleen langdurig vitaal indien ze regelmatig worden overstoven met vers zand, dat door de wind vanaf het strand wordt aangevoerd. Beheersmaatregelen blijken niet effectief te zijn om de helmdegeneratie op te lossen.

Als beheerders een plek met gedegenerende helmbegroeiing toch van beplanting willen voorzien, komen natuurlijke opvolgers van helm zoals duinzwenkgras (*Festuca arenaria*), zandzegge (*Carex arenaria*) en strandkweek of zeekweek (*Elytrigia atherica*) hier meer voor in aanmerking dan helm zelf (Van der Putten & Peters 1993).

Invangen van zand voor zeedijken

In sommige gevallen kan zeewaarts van de zeedijken zand worden ingevangen. Voorbeeld hiervan is de Nolledijk, nabij Vlissingen. Momenteel maakt deze dijk onderdeel uit van de zwakke schakel Walcheren. Opvallend is dat er vóór de dijk een strandje ontstaat en dat er zand over de dijk (waarop een weg ligt) stuift. Het zand achter een raster aan de binnenzijde van het dijktalud. Er is dus sprake van netto zandaanvoer vanuit zee (figuur 20).

Het invangen van zand op het strand kan bijdragen aan de ontwikkeling van een natuurlijk voorland (zie paragraaf 5.3.1) met wellicht nieuwe duintjes. Dit draagt bij aan een robuustere waterkering.



Figuur 20. Zand stuift over de dijk heen en sedimenteert op het binnentalud (zwakke schakel Nolledijk bij Vlissingen).

4.3.3 Suppleties

Naast het feit dat suppleties ruimte creëren voor meer natuurlijke processen in de zeereep, kunnen ze daarvoor ook beperkend zijn, doordat een aangroeikust (voorbeelden: Wassenaar en Kennemerstrand) minder dynamisch is dan een afslagkust. Een veelzijdige dynamische kust kan worden gestimuleerd door het niet strikt handhaven van de basiskustlijn en in sommige gevallen de basiskustlijn landwaarts te verleggen. Voor een optimaal dynamisch beheer is dus dosering nodig van de suppleties. Regelmatig suppleren voor kustplaatsen en alleen in de tussenliggende kustvakken indien nodig (ter voorkoming van bolwerkvorming) is een optie.

Nadeel van een afslagkust is dat er sprake zal zijn van pover ontwikkelde levensgemeenschappen, waaronder vegetaties van de klasse der vloedmerkgemeenschappen (*Cakiletea maritimae*) en van de helm-klasse (*Ammophiletea*). Bij een aangroeikust met brede stranden zullen deze vegetaties minder fragmentair aanwezig zijn, en zich beter kunnen ontwikkelen tot volwaardige levensgemeenschappen.

Volgens M.J.F. Stive blijkt suppletie over korte afstanden, zoals tot nu toe uitgevoerd, door verkregen voortschrijdend inzicht over de verplaatsing van zandbanken voor de kust, inefficiënt omdat het de zandbanken instabieler maakt. Stive zou liever zandsuppletie toepassen over grotere lengten loodrecht op de kust, maar dit is wel duurder (Persson 2003).

4.3.4 Strandreiniging

Het strand wordt regelmatig schoongemaakt, in het zomerseizoen meestal dagelijks. Hiervoor worden vaak strandreinigingsmachines gebruikt. In België kwam hierover in 2003 een folder uit met als titel 'Vloedlijnen met uitsterven bedreigd? Over 'propere' stranden en strandreiniging' (Belpaeme 2003). Hierin wordt beschreven dat een schoon strand op het eerste gezicht weliswaar een goede zaak lijkt, maar dat al te drastisch reinigen nogal wat ongewenste neveneffecten heeft. Want hiermee verdwijnen de vloedmerken, die een verzamelpunt zijn voor allerlei natuurlijke aanspoelsels. Kusten met vloedmerken zijn boeiend als schatkamer voor de strandjutter, als voedselbron voor vogels en andere dieren, of als vestigingbasis voor een pioniervegetatie. Deze vormt op zijn beurt weer de mogelijkheid voor primaire duinvorming. De Vlaamse overheid zoekt daarom naar een nieuw evenwicht tussen handmatig en machinaal reinigen. "Op de meest toeristische stranden moet er tijdens de zomermaanden ruimte zijn voor een snelle mechanische reiniging. Dit strand wordt dan immers vooral gebruikt om te zonnen, te luieren en te spelen. Maar tijdens de winter én op stranden verder weg van de toeristische drukte kan selectieve, handmatige opruiming van kunstmatig afval een betere oplossing bieden.

Een beter evenwicht tussen machinaal/niet-selectief en handmatig/selectief reinigen is gunstig:

- voor het toerisme, want ook de 'explorerende' toerist zal op de handmatig gereinigde stukken steeds zijn gading vinden.
- en voor de kust zelf. De reinigingsmachine wat minder vaak van stal halen, draagt bij tot een gezonde kustverdediging. Een strand dat minder intens geharkt wordt, is ook minder gevoelig voor erosie door wind en water. De machine maakt het zand losser, waardoor het gaat stuiven. Zand in je sandwich, in je oren en haar zijn het resultaat. Waar de machine niet langskomt, kunnen specifieke planten zich makkelijker vestigen op het hoogste deel van het strand. Op die manier ontstaat niet alleen een specifiek leefgebied voor typische planten en dieren, maar wordt ook een natuurlijke duinvorming en kustverdediging mogelijk gemaakt.
- en voor het milieu. De vloedlijn vormt een heerlijk maal voor vogels zoals meeuwen, strandleeuwerik, sneeuwgors, steenloper [A169], krabben en kleine beestjes. Ook bevat de vloedlijn heel wat materiaal dat kan worden gebruikt om evoluties in de toestand van het kust- en zeemilieu op te volgen op geregelde tijdstippen. Zo is het voor beleids mensen van belang gedurende de winter voldoende dode vogels te kunnen rapen op de stranden (die verdwijnen bij mechanisch reinigen) zodat statistisch verantwoorde uitspraken kunnen worden gedaan over het percentage van die vogels dat met olie is beklad, op zichzelf weer een goede graadmeter voor de mate van olieverontreiniging op zee."

4.3.5 Instellen van een strandreservaat

Natuurstranden waren vroeger algemeen. Op oude schoolplaten zie je broedende visdiefjes en pleviertjes op het strand, vloedmerken en jonge duinvorming langs de duinvoet. Wie nu over het strand wandelt, zal nauwelijks meer een natuurlijk strand tegenkomen, laat staan een strand voor de natuur. Het strand wordt overlopen door mensen, ook in de broedtijd, en vloedmerken zijn nog maar sporadisch te zien. Embryonale duintjes worden soms verwijderd om plaats te maken voor paviljoens en kilometers kust worden volgebouwd met strandhuisjes. Met wind en water als motor is het zand op het strand de bron voor de ontwikkeling van het duingebied. Voor een dynamische en veerkrachtige kust is herstel van de relatie zee/strand/duinen nodig (Haring 2005).

De Leidraad ecologische herstelmaatregelen voor kustbroedvogels stelt dat het voor kustbroedvogels belangrijk is om de in Nederland resterende dynamische gebieden te behouden. “Een belangrijke categorie vormen de stranden langs de Noordzeekust, strandjes en schelpenbankjes langs de dijken van Waddenzee, Westerschelde en Oosterschelde en aangrenzende gebieden met primaire duinen. Deze gebieden zijn echter ook in trek bij recreanten. Verstoring door recreatie heeft onder meer geleid tot het afnemen en verdwijnen van soorten als dwergstern en strandplevier van de meeste Nederlandse stranden. In een aantal slufteprojecten met potenties voor kustbroedvogels (de Kerf, Kaloot) broeden geen kustbroedvogels omdat er te veel mensen komen. De andere kant van de medaille is dat door zonerings van de recreatie de functie als broedgebied voor kustbroedvogels kan worden hersteld. (...) De meest rigoureuze maatregel voor het beschermen van broedgebieden is het geheel afsluiten gedurende de broedtijd (bij voorkeur van 1 april t/m 1 augustus). Het afsluiten van stranden ten behoeve van broedvogels is voor Nederland een betrekkelijk recente ontwikkeling. Buiten Nederland zijn echter veel voorbeelden te vinden van dit soort maatregelen. Veel broedplaatsen van sterns en plevieren in o.a. België, Duitsland, Engeland, Spanje, Verenigde Staten en Australië, vaak gelegen op of nabij drukke recreatiestranden, worden in de broedtijd voor het publiek gesloten. De praktijk in die landen wijst uit dat vogels en mensen goed samen kunnen gaan als vogels in staat worden gesteld aan mensen te wennen en als mensen de zonerings accepteren. Goede voorlichting is dan essentieel. Als mensen maar buiten de afgezette broedkolonies blijven, broeden vogels soms tot op een tiental meters van de afzetting. Dit verschijnsel is in wildparken van veel meer diersoorten bekend. Het betekent dat kustbroedvogels onderdeel kunnen vormen van de belevingswaarde van gebieden. Kustbroedvogels nemen vaak genoeg met kleine gebiedjes en stellen niet veel eisen aan het substraat zolang er maar niet te veel vegetatie staat. Het is de moeite waard om in Nederland te experimenteren in gebieden waar men natuur wil ontwikkelen voor recreatief medegebruik, zoals in het havengebied van Rotterdam” (Meininger & Graveland 2002).

Het Waterleidingbedrijf Amsterdam wil een strandreservaat realiseren op de grens van de provincies Noord- en Zuid-Holland. Aan zee ligt nu een 20 m hoge dijk. Het waterleidingbedrijf wil een geleidelijke overgang van strand naar duinen, waar het zand weer kan gaan stuiven en waardoor een natuurreservaat ontstaat voor

broedvogels en planten. “De mate waarin een breed scala aan milieutypen met volledig ontwikkelde plantengemeenschappen op het toneel zal verschijnen, hangt nauw samen met grootschalige kustprocessen, die bepalend zijn voor de aan- dan wel afvoer van zand. Aangezien voor de kust van de duinen sprake is van lichte afslag, zullen strandgemeenschappen waarschijnlijk slechts lokaal en in fragmentaire vorm verschijnen. Wel mag verwacht worden dat afzonderlijke planten- en diersoorten zullen profiteren van de vorming van een vloedmerk en het tijdelijk ontstaan van pionierduintjes aan de voet van de zeereep” (Van Til 2000).

Inmiddels is het streven naar de realisering van een strandreservaat ook opgenomen in het Natuurbeleidsplan van de Gemeente Noordwijk (2006). De nota omschrijft het strandreservaat als een gedeelte van het strand dat niet toegankelijk is voor passanten, anders dan de red- en hulpdiensten en waar strandwandelaars worden omgeleid door de zeereep (met de mogelijkheid om middels een uitzichtpunt van de natuur te genieten). “Een strandreservaat voegt een belangrijk element toe aan het Noordwijkse strand, namelijk een bijzonder natuurgebied. Zowel bij hoog als laag water kunnen meeuwen, sterns en strandlopers hier foerageren en rusten. Ook ontstaat zo de mogelijkheid voor zeehonden om op een zandbank te rusten, iets wat tussen Hoek van Holland en Den Helder nergens mogelijk is. De vorming van een strandreservaat kan verder tot gevolg hebben dat ook de lage duintjes aan de duinvoet zich verder kunnen ontwikkelen, waardoor ook op floristisch gebied interessante ontwikkelingen te verwachten zijn. Strandwandelaars worden bij het reservaat de zeereep ingeleid. Hier wordt een voetpad aangelegd waarlangs op enkele plaatsen uitkijkpunten worden gerealiseerd. Langs de Duitse Oostzeekust zijn dergelijke strandreservaten op meerdere plaatsen aanwezig. De vorming van een strandreservaat betekent een prachtige kans voor Noordwijk om zich duidelijk te profileren als ‘groene’ recreatiegemeente waar de natuur een belangrijke rol speelt.”

5 Kustveiligheid en natuur: toekomstige versterkingen

5.1 Inleiding

Met oog op zeespiegelstijging, bodemdaling en economische ontwikkeling zal kustveiligheid in de toekomst hoog op de politieke en maatschappelijke agenda blijven staan. Voortdurende dijkverhoging en -verzwaring zullen in de toekomst geen oplossing meer zijn om onze veiligheid te garanderen (Verhoeven 2002). “Pompen en verzuipen” is volgens oud hoofdingenieur-directeur van Rijkswaterstaat Prof. Henk Saeijs het adagium van deze tijd geworden nu klassieke oplossingen als voortdurende dijkverhoging en dijkverbreding in de toekomst niet meer zullen werken. Volgens Saeijs levert de natuur een belangrijke bijdrage aan het menselijk welzijn op deze planeet. Als bepaalde natuurfuncties niet meer vervuld worden, zullen ze vervangen moeten worden door menselijke activiteiten die wél geld kosten. Zo zal bijvoorbeeld verlies aan overstromingsgebieden resulteren in een geringere veiligheid en dus gecompenseerd moeten worden door kostbare dijken en kostbare ruimte. “Wil Nederland komen tot duurzame watersystemen, dan is een ecologische wederopbouw van nat Nederland niet te vermijden” (Saeijs 2006).

Dit hoofdstuk beschrijft een aantal (innovatieve) oplossingen voor toekomstige versterkingen, waarbij kustveiligheid én natuur samengaan. Veel van deze oplossingen spelen in op natuurlijke processen, waarbij sedimentatie van slib en zand wordt gestimuleerd om bodemdaling en zeespiegelstijging te compenseren.

In veel gevallen kan dat door te kiezen voor brede waterkeringen, buffers tussen zee en land. In de brede waterkeringen wordt de dynamiek in een systeem afgevlakt, bijvoorbeeld door golfbreking en/of het opvangen van over de dijken heen slaand water. Bij voldoende breedte staat zo'n buffergebied ten dienste van een groter achterliggend gebied (Remmerzwaal & Vroon 2000). De breedte van de waterkering kan zowel zeewaarts worden gezocht (voorlanden, extra eilanden) als landwaarts (dubbele dijken, overslagdijk, ontpoldering, wisselpolders).

Dit hoofdstuk sluit af met mogelijk landgebruik, dat past in een brede waterkeringszone.

5.2 Inspelen op natuurlijke processen

5.2.1 Meegroeien met de zee

In 1996 presenteerde het Wereld Natuur Fonds het plan ‘Meegroeien met de Zee’ (Stroming *et al.* 1996). Op zoek naar een structurele oplossing heeft het Wereld Natuur Fonds gekeken hoe Nederland boven water wist te blijven vóóordat de mens zich met de waterhuishouding ging bemoeien. De vorming van veen bleek een belangrijke rol te spelen. Ook lieten zee en rivieren veel zand en slib achter op en bij

het land. Het gevolg was dat Nederland niet wegzonk, maar in de loop van duizenden jaren zelfs tientallen meters hoger werd. Door deze processen weer de ruimte te geven, kunnen de huidige problemen voor een deel worden opgelost. Bovendien leggen we daarmee de basis voor een rijke planten- en dierenwereld. Het plan maakt duidelijk dat meer ruimte voor natuurlijke landwinning de economische ontwikkeling van het kustgebied niet in de weg hoeft te staan. Er komen nieuwe mogelijkheden voor recreatie, drinkwaterwinning, transport en wonen. Ook kunnen de kosten van het beheer van het water omlaag. Maar daar staan wel investeringen tegenover. Voor landaanwinning is ruimte nodig. Die ruimte kan dus niet worden besteed aan steden, bedrijven of infrastructuur. De resterende ruimte moet dus efficiënter worden gebruikt. Compacte steden en uitgestrekte natuurgebieden moeten elkaars bondgenoten worden.

5.2.2 Klimaatbuffer

De Vereniging Natuurmonumenten, Vogelbescherming, Staatsbosbeheer, ARK en Waddenvereniging brachten de brochure 'Natuurlijke klimaatbuffers' uit (Stroming 2006). Hierin geven zij aan dat verlanding en veenvorming de belangrijkste landschapsvormende processen zijn om laagveengebieden mee te laten rijzen met een stijgende zeespiegel. Deze processen zijn nu vrijwel overal uitgeschakeld door ontwatering en door inpoldering.

De vijf natuurbeschermingsorganisaties streven naar de ontwikkeling van natuurlijke klimaatbuffers. Dit zijn gebieden of mechanismen die in staat zijn de eerste klappen op te vangen (bijvoorbeeld bij droogte, wateroverlast, overstromingen en stormen). Natuurlijke klimaatbuffers in het kustgebied zijn erop gericht om de stijging van de komende eeuw bij te houden, maar moeten – als het nodig is – ook daarna verder kunnen groeien. De klimaatbuffers in de kustlijn/zeewering zullen daarom een positieve sedimentbalans moeten hebben. Dit is te realiseren door zoveel mogelijk ruimte te geven aan opbouwende krachten zoals dynamisch kust- en duinbeheer en herstel van getijdengebieden. Een mogelijke maatregel is het versterken van de duinen aan de landzijde met nieuwe duinenrijen. Het gebied tussen de duinen kan dan ingericht worden als strandvlakte met sluffers waar met het getij zandrijk zeewater naar binnen wordt gevoerd die het land mee laat stijgen. Omdat de natuurlijke zandstroom in zee beperkt is, zal een combinatie nodig zijn van deze maatregelen met zandsuppleties voor de kust. Daar waar zeewerende dijken de kustlijn vormen kunnen deze worden beheerd als overslagdijk met ruimte voor zoutwateropvang achter de dijk. Er ontstaat zo een differentiatie in beschermingsniveaus en de kustlijn zal gaandeweg worden omgebouwd tot een kustzone.

Ook de estuaria kunnen deel uit gaan maken van de kustzone. Door het weer openen van de gesloten kustlijn kan het getij er weer op meer plaatsen worden toegelaten. Het land groeit daar dan weer mee door de hernieuwde aanvoer van klei en zand. Voordat het getij weer in de zeegaten door kan dringen zal ook een oplossing moeten worden gevonden voor het zoetwatervraagstuk. De zoetwaterafhankelijkheid in de

kuststrook moet worden afgebouwd, zodat scherpe scheiding tussen zoet en zout op termijn kan worden losgelaten.

Voor het Waddengebied betekent het inrichten van de klimaatbuffer dat de omstandigheden voor het vastleggen van het sediment worden verbeterd. Dit kan door het herstel van kwelders qua begroeiing, overstromingsfrequentie en oppervlakte, en het verbeteren van de leefomstandigheden voor de biobouwers op het wad. Biobouwers zijn zeegrasvelden en mossel- en kokkelbanken, die slib en zand invangen. Ook kan de aanvoer van zand nog worden verbeterd door het onderhoud van stuifdijken op de onbewoonde gedeelten van de Waddeneilanden geheel los te laten en deze zelfs door te breken waardoor de overstromingsdynamiek (van Noordzeewater dat over het eiland heen naar de Waddenzee stroomt) toeneemt. De hoeveelheid zand die vanuit zee op de eilanden en in de Waddenzee wordt gebracht zal hierdoor sterk toenemen (Stroming 2006).

5.2.3 Veel zand

Veel innovatieve ideeën gaan uit van het aanbrengen van grote hoeveelheden zand; veel meer dan de gebruikelijke suppletiehoeveelheden. Deze kunnen bijvoorbeeld op enige afstand van de kust worden uitgevoerd. Zo ontstaat een dynamisch kustlandschap van zich vormende en verplaatsende strandhaken, zandbanken en eilanden, waarin water en wind, stroming en zand veel meer vrij spel krijgen dan nu het geval is. Door meer te werken met de natuurlijke morfologische processen ontwikkelt zich een blijvend veilig en vooral multifunctioneel intergetijdengebied. De totale hoeveelheid zand in de zone moet zoveel mogelijk vrij en zelforganiserend zijn (Berendsen *et al.* 2004). De Bont & Van den Broek (2004) laten met enkele voorbeelduitwerkingen zien dat een andere manier van suppleren een gevarieerder, contrastrijker en dynamischer landschap laat ontstaan. Zo kunnen tussen Hoek van Holland en Scheveningen deze jaarlijkse megasuppleties (met onder meer zand uit de Maasgeul) in de vorm van een superduin worden neergelegd. Deze maken een eind aan de zeer smalle kustzone en het grote zandtekort (De Bont & Van den Broek 2004).

Janssen (2004) pleit voor megasuppleties: “Geef de ondiepe vooroever een flinke injectie met zand en laat de natuur verder het werk doen. Ook een strandhaak voor de kust kan uitkomst bieden. Door zeestromingen, eb- en vloedbewegingen en de wind zal op natuurlijke wijze een robuuster duinlandschap ontstaan. (...) De duinen zijn ontstaan in een periode van zeespiegelstijging. Daar is wel heel veel zand voor nodig en vooral veel stuivend zand. Stuifgaten in de eerste duinenrij kunnen het vers opgewaaide suppletiezand vanaf het strand naar binnen laten. Met de aanvoer van vers zand kunnen de duinen weer meegroeien met de stijging van de zeespiegel.”

Ook Jorissen & Geldof (2006) pleiten voor meer zand op de kust: “Laat het stromen in de grote zandrivier, laat meer en meer zand zijn werk doen op de stranden en in de duinen, op de platen en oevers tot diep in de estuaria en de Waddenzee. Voedt de zandrivier met genoeg nieuw zand, zodat alles wat wij aan de kust zouden willen

ondernemen een stevig en duurzaam fundament heeft van heel veel zand.” Jorissen & Geldof zien voor alle problemen met de kust zandige oplossingen. “Niet alleen zand dat noodzakelijk is om de waterwolf te temmen, maar ook massa’s zand op plekken die daarmee geschikt worden voor veelbelovende plannen die anders niet kunnen worden uitgevoerd. Dat kan variëren van met zand fors opgehoogde vakken waar je strandtenten kunt neerzetten, tot het aanleggen van een keten van zandige eilanden die met de zandrivier mee langs de kust wandelen en na een eeuw of wat in het noorden weer verdwijnen. Wat je op die eilanden allemaal niet zou kunnen doen, als je het maar niet voor de eeuwigheid wilt doen: wonen, de natuur z’n gang laten gaan, recreëren, en tegelijkertijd afrekenen met alle zwakke plekken langs de kust.”

5.2.4 Eco-engineering

‘Eco-engineering’ is slimme (civiele) techniek waarbij de natuur wordt ingezet om met behulp daarvan een technisch product te maken: dus ‘natuurtechniek’. De natuur (levend: bijvoorbeeld vegetatie, fauna, of dood: bijvoorbeeld wind, water) doet het werk om het doel dat men wenst, te bereiken.

- Dus niet het aanspoelsel aan de duinvoet in het kader van ‘schone stranden’ voor de recreatie, wegschuiven en afvoeren, maar zeker waar het gaat om organisch materiaal, dit laten liggen en als initialisatiepunt laten functioneren voor nieuwe duinvorming met vestiging van biestaruwegras (*Elytrigia juncea* subsp. *boreoatlantica*).
- Dus niet met bulldozers langs het strand een duinenrij opwerpen, maar met inplant van helm (*Ammophila arenaria*) of bescherming van spontaan gevestigde helm, en met behulp van de wind, het zand laten opstuiven tot natuurlijk vormgegeven duinen met een meer aantrekkelijk uiterlijk en met hogere natuurwaarden (met inachtneming van de technische voorwaarden voor een veilige kust).
- Het ontwerp en beheer van civieltechnische objecten moet gericht zijn op het voorkomen van negatieve effecten op gradiëntrijke situaties. Waar mogelijk zouden gradiënten moeten worden hersteld of toegevoegd, in plaats van harde grenzen (Van Bohemen 2004).

Van Bohemen constateert dat zich gedurende de laatste decennia bij de bescherming van zandige kusten een verandering heeft voltrokken. Starre kustbescherming, waarbij zand achter, in of vóór de zeereep werd aangebracht, heeft plaatsgemaakt voor een meer flexibele benadering, waarbij zandsuppletie op de vooroever wordt toegepast. Van Bohemen pleit voor een meer holistische benadering waarbij “de kennis over zandtransport de sleutel vormt voor duurzame instandhouding en ontwikkeling van het gehele kustduinsysteem van de vooroever tot en met de landinwaarts gelegen duinen.”

Tegengaan van kusterosie met Japanse Oesterschelpen

In het najaar van 2006 is een nieuw project gestart om de erosie van de kust tegen te gaan. Op de Slikken van den Dortsman langs de Oosterschelde zal een richel worden aangelegd met Japanse oesterschelpen afkomstig van een nabij gelegen plek. Zowel bij stevige wind als op windstille dagen zal er worden gemeten hoeveel de kracht van de golven afneemt en wat dat voor gevolgen heeft voor het bezinken van bodemdeeltjes. De verwachting is dat de oesterbank de nabijgelegen schorren zal beschermen tegen verdere afslag, wat een gunstig effect heeft op de achterliggende dijken (NIOO-KNAW 2006).

5.3 Brede waterkeringszone

5.3.1 Voorland

Wanneer golven een ondiep voorland bereiken, zullen ze gaan breken door dieptebeperking. Hiervoor moet het voorland wel voldoende lang (d.w.z. loodrecht op de kust) en hoog zijn. Hierbij moet al snel worden gedacht in de orde van grootte van *ca.* 150-200 m lengte en een hoogte van *ca.* 4 m +NAP. Dit betekent dat bestaande voorlanden zullen moeten worden verhoogd om voldoende effectief te zijn (Löffler *et al.* 2001).

In het najaar van 2006 is een project gestart dat zich richt op de relatie tussen veiligheid en schorvorming (NIOO-KNAW 2006). Schorren, of kwelders, zijn buitendijkse stukken land begroeid met planten die tegen zout en overstroming kunnen. Behalve dat ze mooi zijn, hebben schorren ook twee eigenschappen die een kosteneffectieve en duurzame kustverdediging mogelijk maken. Ten eerste verminderen ze sterk de energie die in golvend water zit: de golven worden lager en de stroming minder. Daardoor heeft de kust erachter minder te lijden van de golven. In de tweede plaats kunnen schorren met de stijgende zeespiegel mee omhoog groeien. De schor- of kweldervegetatie vangt namelijk tussen haar stengels korrels zand en slib op uit het afgeremde water en zo blijft de kustverdediging automatisch op peil. Behoud en uitbreiding van deze natuurlijke golfdempers is dus belangrijk.

Tijdens het project zullen allerlei metingen worden gedaan aan aangroeiende en eroderende schorren.

5.3.2 Extra Waddeneilanden

Alders (2006) pleitte op een congres over water en veiligheid, voor een extra rij beschermende Waddeneilanden ten noorden van de huidige. “Als de zeespiegel meters hoger is dan nu, zullen we ons moeten beschermen via een gelaagd en offensief verdedigingssysteem. Dit systeem zal niet meer alleen kunnen bestaan aan uit extreem verhoogde dijken, maar zal zich ook zeewaarts en landinwaarts moeten uitbreiden. Een extra rij beschermende Waddeneilanden ten Noorden van de huidige bijvoorbeeld, die de eerste en ergste stormen kunnen dempen. Vervolgens moeten

we de bestaande Waddeneilanden en dijken verhogen. En tenslotte moeten we de oude zeedijken ophogen en ruimte creëren voor het toelaten van de zee op het land. Zodat de inwoners van de laaggelegen delen van onze provincie letterlijk in rustiger vaarwater wonen!”

Het idee voor eilanden voor de kust werd al veel eerder geopperd door Dronkers (1996). Hij gaf aan dat het ontwikkelen van een bolle kustboog, door een rij in zee opgespoten eilanden van Schouwen tot aan Texel technisch realiseerbaar zou zijn. Achter een dergelijk eilandenrijk zou een getijdengebied zo groot als de Waddenzee komen te liggen. Zo'n plan is echter enorm duur en vergt bezinning op de ontwikkeling van onze samenleving én onderzoek.

5.3.3 Tandemdijk of overslagdijken

Bij een tandemdijk wordt het water gekeerd met behulp van twee dijken en een tussengebied. De veiligheid van dit systeem ligt niet zozeer bij de afzonderlijke elementen, maar bij de combinatie ervan. De meest zeewaarts gelegen dijk is zo ontworpen dat deze een bepaald overslagdebiet toelaat, en waarbij binnendijkse erosie wordt vermeden. Het gebied tussen de twee dijken is uitermate geschikt voor natuurontwikkeling en/of het bedrijven van zoute landbouw (zeegroenten, schelpdieren etc.). De natte zone vormt een tussentrap voor het grondwaterpeil tussen het buitenwater en het polderpeil.

Het Europese project ComCoast verkent de kansen en risico's van dit concept nader. In één van de deelprojecten wordt onderzocht hoe dijken bestand kunnen worden gemaakt tegen overslaande golven, waardoor het gebied direct achter de dijk op bepaalde momenten en in bepaalde gebieden wel nat wordt, maar tegelijkertijd wel veilig blijft. Andere deelprojecten richten zich meer op de sociaal-economische haalbaarheid van dubbele dijken en op het uittesten van concept in concrete pilotsituaties (Rijkswaterstaat DWW 2004).

Het innovatieve concept van een dubbele dijk, waarbij golfoverslag over de meest zeevaartse dijk wordt toegestaan, is gekozen als voorkeursalternatief voor de zwakke schakel Hondsbossche Zeewering (zie paragraaf 3.2.4). Deze oplossing dient als pilot voor het ComCoast-project.

Casus Hondsbossche Zeewering

Alterra onderzocht voor de zwakke schakel 'Hondsbossche Zeewering' in hoeverre het terugbrengen van natuurlijke dynamiek kan bijdragen aan verhoging van de kustveiligheid en tevens aan het vergroten van de natuurwaarde. Daarbij zijn de positieve en negatieve effecten van de verschillende varianten voor kustversterking met een multicriteria-analyse in kaart gebracht (Smit *et al.* 2005). Het ging daarbij om de volgende varianten:

1. Consoliderend met traditionele dijkversterking landwaarts. Dit betekent dat de dijk aan landzijde tientallen meters breder zal worden.
2. Consoliderend met zand (verbreden zeewering zowel aan zeezijde als landzijde met zand)

3. Landwaartse strategie met overslagdijk en achterliggende slaperdijk. Deze variant omvat het in stand houden en wellicht verlagen van de primaire waterkering, het gedeeltelijk verhogen van de slaperdijken en het accepteren van overslag van zout water onder extreme omstandigheden.
4. Landwaartse strategie met slufte. Deze variant behelst het verplaatsen van de primaire waterkering naar de slaperdijk van de VHP-polder.
5. Een landwaartse strategie met duinen van Leihoek. Deze variant voorziet in het creëren van een vloeiender verloop van de kustlijn door het naar binnen verplaatsen van de zeevering.
6. Een zeewaartse strategie met meerdere strekdammen en met een lange strekdam en de aanleg van de Marina Petten. Hierbij wordt ervan uitgegaan dat het opgebrachte zand door middel van meerdere lange dammen of een of meer zeer lange pieren wordt vastgehouden.
7. Een zeewaartse strategie met zand.

Uit de matrix van tabel 4 blijkt dat de natuurwaarden het minst te lijden hebben en het meest profiteren van variant 3 waarbij de huidige zeevering wordt geconsolideerd en overslag wordt geaccepteerd (overslagdijk met slaperdijk). Met name de versterking van het zilte karakter van de VHP-polder biedt kansen voor vergroting van natuurwaarden.

Tabel 4. Samenvatting van de effecten van de genoemde kustverdedigingsvarianten (- = afname of negatief effect; 0 = geen effect; + = toename of positief effect; - / + = afname en toename; ? = onbekend/ onduidelijk) (Smit et al. 2005).

Kustverdedigingsvarianten	Effecten*								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Consoliderend met traditionele dijkversterking landwaarts	-	0	-/+	0	-	-	0	?	0/+
2. Consoliderend met zand	-	-/+	-	0	-	-	-	0	0
3. Landwaartse strategie met overslagdijk en achterliggende slaperdijk	+	0	-/+	-/+	+	-	-	?	?
4. Landwaartse strategie met slufte	-/+	-	+	0/+	-	-	-	-/0	-/0
5. Landwaartse strategie met duinen van Leihoek, nieuw duingebied	-/+	-/+	-	0	-	-	-	0	0/+
6. Zeewaartse strategie met strekdammen en met Marina Petten									
a. Meerdere strekdammen	-	-/+	-/+	-	-	0	0	?	+
b. Een lange strekdam en Marina Petten	-	-/+	-	-/0	-	-	-	?	+
7. Zeewaartse strategie met zand	-	-/+	-	-	0	-/0	0	0/+	?

Het valt op dat er bij diverse varianten kansen zijn voor uitbreiding van de natuurwaarden. Dit gaat echter ook altijd ten koste van (een deel van de) huidige natuurwaarden. Zo is er bij variant 4 (slufte) weliswaar nieuwe (beperkte) kweldervorming voorzien, maar dit gaat ten koste van het huidige zilte grasland. Hoewel kweldervegetaties in de zin van natuurwaarden zeer worden gewaardeerd en zilte graslanden mogelijk een lagere natuurwaarde hebben, zijn de zilte graslanden wel van grotere omvang.

5.3.4 Karrevelden en inlagen

Het principe van ‘dubbele dijken’ heeft een relatie met het verschijnsel ‘inlagen’, zoals die in Zeeland van oudsher aanwezig zijn. Inlagen werden aangelegd op plaatsen waar wegens oever- en dijkvallen (plotselinge ontgrondingen aan de zeezijde) gevaar bestond voor overstroming. Bij wijze van buffer werd achter de bedreigde zeekering een reservedijk gelegd, een zogenaamde inlaagdijk. Het land tussen zee- en inlaagdijk heette inlaag. De meeste inlagen waren vroeger gewoon bewoond, hoe bedreigd ze ook mochten zijn door mogelijke dijkdoorbraak.

Een karreveld is een afgegraven terrein in een inlaag, of gewoon achter de dijk zonder inlaagdijk. De afgegraven grond diende tot versterking van de dijk. Na afgraving werd de klei met karren afgevoerd, vandaar de naam ‘karreveld’.

Inlagen en karrevelden vormen een geleidelijke overgang tussen land en water en tussen zoet en zout. De natuurwaarde van de inlagen hangt af van een aantal factoren zoals zout of zoet, zandige of kleiige bodem, plas-dras of permanent onder water. Maar alle inlagen in Zeeland hebben een rijk vogelleven, en dat heeft te maken met de ligging vlak langs de Deltawateren. Veel voorkomende waterplanten in de overwegend ‘zoete inlagen’ zijn schedefonteinkruid (*Potamogeton pectinatus*) en zannichellia (*Zannichellia palustris*). Langs de oever groeien vaak riet (*Phragmites australis*), ruwe bies (*Schoenoplectus tabernaemontani*), harig wilgenroosje (*Epilobium hirsutum*) en heen, voorheen zeebies genoemd (*Bolboschoenus maritimus*). In enkele Noord-Brabantse inlagen komt een zeer bijzondere rietvegetatie voor op drijfkillen. Tussen het riet groeien dan verschillende soorten veenmos en allerlei varens. Drassige graslanden in zoete inlagen herbergen soms grote aantallen orchideeën.

Uit oogpunt van de natuur zijn ‘zoute inlagen’ vaak bijzonderder. In veel inlagen dringt zout kwelwater door vanuit de aangrenzende Deltawateren en dat is een voor de plantengroei sterk dominant gegeven. Kweldergras (*Puccinellia maritima*), zeeaster (*Aster tripolium*), schorrenzoutgras (*Triglochin maritima*), zilte rus (*Juncus gerardii*) en kortarige zeekraal (*Salicornia europaea*) ontbreken vrijwel nooit. In uitzonderlijke gevallen is de zoute kwel zo sterk dat het kwelwater direct aan de oppervlakte komt. Kenmerkend daarvoor is de lamsoor (*Limonium vulgare*) (Kuipers & Jacobusse 1998).

Herstel en ontwikkeling van inlagen en karrevelden vormen een belangrijk onderdeel van Plan Tureluur, een natuurontwikkelingsplan dat maar liefst 44 grotere en kleinere natuurgebieden omvat. Gebieden die als een gordel van natuur aan en om de Oosterschelde liggen. De inlagen en karrevelden, zout-brakke gebieden liggen langs de kusten van Schouwen-Duiveland en Tholen. Sommige hoger gelegen gebieden, langs de kust van Noord-Beveland bijvoorbeeld, zijn uitermate geschikt voor de ontwikkeling van zoete tot zwakbrakke veenmoerassen. Meer landinwaarts, achter dijken en inlagen, zijn er gunstige omstandigheden voor de ontwikkeling van brak-zoute moerasgebieden. Omdat de gebieden te vlak zijn, worden er greppels en plassen gegraven; met de vrijgekomen grond worden eilandjes en zandruggen aangelegd. Een aantal van dit soort projecten is al uitgevoerd. Sinds 2002 heeft de Oosterschelde de status van Nationaal Park. Het voordeel daarvan is dat er extra

middelen voor voorlichting en educatie beschikbaar zijn. Bovendien kent het Nationaal Park een beheer en inrichtingsplan waarmee richting kan worden gegeven aan nieuwe ontwikkelingen (Anonymus 2004).

5.3.5 Ontpoldering

Bij ontpoldering of verkweldering wordt poldergebied weer teruggeven aan de zee (of een zeearm), waardoor het gebied weer onder invloed komt van de getijden. Dit kan een manier zijn om de komberging van de zeearm te vergroten en daarmee de kans op dijkdoorbraken te verkleinen. De polder zal veranderen in een nieuw schorren- (kwelder-) en slikkengebied. Estuariene processen worden hersteld met bijbehorende habitattypen zoals jong schor, laagdynamische intergetijdengebieden en gebieden met ondiep water. Er zal weer sedimentatie van slib en zand plaatsvinden, waardoor het land weer meegroeit.

Om te kunnen voldoen aan de Europese Vogel- en Habitatrichtlijnen is herstel van estuariene dynamiek nodig. Het kabinet heeft besloten dat er in het jaar 2010 in de Westerschelde minimaal 600 ha nieuwe estuariene natuur gerealiseerd moet zijn. De provincie Zeeland staat voor de opgave om dit te realiseren. Maar dit is geen gemakkelijke opgave want er is bij de Zeeuwse bevolking met in het collectieve geheugen 'de Ramp' van 1953, weinig draagvlak voor het teruggeven van land aan de zee.

Wisselpolders

Een variant op ontpoldering is het idee van de wisselpolder als mogelijk wapen bij de strijd tegen de zeespiegelstijging en de bodemdaling. Ook hierbij is de achterliggende gedachte dat het land meegroeit met de zeespiegelstijging door een deel van het land weer tijdelijk onder invloed van de werking van het getij te brengen. Maar als het land door sedimentatie voldoende is opgehoogd, wordt het opnieuw in cultuur gebracht, waarna het volgende stuk land aan de beurt is (Van Duijvenbode *et al.* 2004).

5.4 Landgebruik in brede waterkeringen

5.4.1 Zoute landbouw

Uit de voorgaande paragrafen blijkt dat diverse (innovatieve) oplossingen voor duurzame kustveiligheid in de toekomst, uitgaan van brede waterkeringen en/of natte polders op de grens tussen land en zee. Hierdoor ontstaat een geleidelijke overgang tussen zoet en zout, in plaats van de scherpe gradiënt die er nu meestal is. In sommige gevallen ontstaan er nieuwe getijdennatuurgebieden. Dat maakt dat dit soort gebieden niet meer geschikt zullen zijn voor traditionele landbouw. De teelt van zouttolerante gewassen, zoute landbouw of zeecultuur, kan in dat geval een oplossing zijn. Zeecultuur kan de doelstellingen van 'waterkeren in de breedte' combineren met voedselproductie, de ontwikkeling van verschillende habitats van hoge kwaliteit, en het in stand houden van de biodiversiteit. Er is hier flinke

voortgang te boeken, zowel voor het waterbeheer (meegaan met water) als voor de landbouw zelf (diversificatie, verbreding).

NRLO ziet het als taak om Nederland een rol te laten spelen, o.a. bij 'bioproduktie en ecosysteemontwikkeling op zoute gronden' (Van Oosten & De Wilt 2000a). In een aansluitende studie komt NRLO met uitgebreide informatie over de mogelijkheden voor zoutwaterlandbouw in Nederland, zelfs met een uitgebreide lijst van te telen (nieuwe) gewassen (Van Oosten & De Wilt 2000b). Aansluitend hierop is het rapport 'Zilte perspectieven' van het InnovatieNetwerk Groene Ruimte en Agrocluster verschenen, met op de praktijk gerichte voorstellen voor initiatieven en pilots (Fiselier *et al.* 2003). Zoutwaterlandbouw heeft momenteel alleen goede kansen in combinatie met andere gebruiksfuncties. Natuurontwikkeling en waterberging zijn hiervoor het meest geschikt. Combinatie met alternatieve vormen van kustversterking versterken het geheel.

In 2004 bracht het RIVO een rapport uit over de 'Mogelijkheden voor zeecultuur in nieuwe getijdennatuur langs de Westerschelde' (Brandenburg *et al.* 2004). Hierin wordt geconcludeerd dat op sommige plekken in Zeeland de ontwikkeling van een zeecultuurpark (met productie van zeegroenten, droogbloemen, schelpdieren en vis) kan worden geplaatst temidden van een getijdennatuurontwikkelingsgebied. Randvoorwaarde is voldoende schoon water met een voldoende zoutgehalte. De combinatie van zeekraalteelt en teelt van hangcultuurmosselen lijkt het meest kansrijk. De mosselkweek kan zo worden opgezet dat het teeltbassin een multifunctioneel karakter krijgt met ruimte voor de kweek van andere soorten, zoals zeeperen, kokkels en vissen.

Op Texel is in 2005 een praktijkproef gestart met het opzetten van een milieuvriendelijke kwekerij voor zouttolerante gewassen (KNAW). Op een akker van 2 ha met brak grondwater wordt geëxperimenteerd met de teelt van voederbieten, de groentegewassen zeeaster en zeekeel en de graangewassen spelt, quinoa en gerst. Vervolgens worden deze zouttolerante gewassen afgezet via supermarkten, horeca en speciaalzaken.

In Zeeland start mogelijk het project 'Zeeuwse tong'. Dit richt zich op een duurzaam productiemodel voor de gecombineerde kweek van tong, zagers (grote wormen), zilte gewassen en schelpdieren. Minister Veerman van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV) stelde hiervoor in oktober 2006 een bedrag van 7,5 miljoen € beschikbaar voor de periode van 2007 tot 2011, op voorwaarde dat de provincie en de sector samen een zelfde bijdrage leveren. 'Zeeuwse tong' biedt de visserijsector een alternatief voor wilde vangst en akkerbouwers nieuwe kansen. Het project moet leiden tot een nieuwe, economisch levensvatbare sector in Zeeland en kan daarmee ook voor een deel de negatieve gevolgen van de beëindiging van de mechanische kokkelvisserij in de Waddenzee opvangen. 'Zeeuwse tong' kan een nieuwe bestemming geven aan 12.500 ha akkerland (Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit).

Het project 'Ocean Farming' van Stichting Toekomstbeeld der Techniek vestigde de aandacht op mogelijkheden om uit de zee op een duurzame manier grondstoffen, planten en dieren te winnen. Er valt veel eiwit en energie uit zee te winnen als dat weloverwogen gebeurt. Drie ontwerpgroepen gingen na hoe aangesloten kan worden bij de productiviteit van de zee, zonder haar uit te buiten: 'De Rijke Noordzee', 'Zeecultuurpark' en 'Zee-op-land'.

De ontwerpgroep Zeecultuurpark richt zich daarbij op estuaria, op de overgang tussen land en water. Het concept richt zich op het verzachten van de grenzen tussen land en zee, tussen zoet en zout, tussen cultuur en natuur in de regio (Scholten *et al.* 2004). De uitgangspunten van een Zeecultuurpark zijn:

- Meer ruimte voor de natuurlijke ecologische processen in een estuarium (getijdenstroming, sedimentatie, natuurlijk verval, biologische productiviteit).
- Het duurzaam oogsten van voedsel op basis van die natuurlijke processen.
- Een multifunctioneel ruimtegebruik met aandacht voor natuurontwikkeling voor de productie van zeevoedsel, voor kustverdediging en waterbeheer, voor de duurzame productie van energie en voor vermaak en beleving.
- Het versterken van de regionale ruimtelijke kwaliteit en de cultuurhistorische identiteit.

Het afsluiten van de zeearmen in de Delta illustreert dat door het maken van harde scheidingen tussen land en water een starre situatie resteert, met weinig natuurlijke bufferwerking. Door gebruik te maken van de typisch estuariene processen kunnen de waterkwaliteit en het verlies aan natuurwaarden gecompenseerd, dan wel hersteld worden.

Kennisprong Zilte Zoom

Door zeespiegelrijzing en internationale schaarste aan zoet water is er sprake van verdergaande verzilting van kustgebieden. Zout water en zilte gebieden zouden niet langer als bedreiging moeten worden gezien, maar als kans. In de kennisprong 'Leven in een Zilte Zoom' laat Wageningen UR zien hoe wonen, werken, landschap en beleving samen kunnen gaan op het raakvlak van Zout en Zoet. De kennisprong Leven in een Zilte Zoom wil zilte gebieden tot waarde te brengen door combinaties van natuur, wonen en productie. Nieuwe kansen worden ontwikkeld samen met overheden, private bedrijven en maatschappelijke organisaties. Uitgangspunt is het creëren van kansen met draagvlak; het resultaat, een hernieuwde waardering voor een zilt milieu en haar producten.

De kennisprong Leven in de Zilte Zoom laat zich inspireren door Ocean Farming van Stichting Toekomstverkenning der Techniek / Innovatienetwerk Agrocluster en Groene Ruimte, en gaat daar concreet mee aan de slag. Onder leiding van Scholten & Brandenburg (2003) werkten drie groepen onderzoekers aan nieuwe procesmatige en technologische concepten, waarmee belanghebbende partijen samen een zilt gebied ontwikkelen. De drie deelprojecten zijn:

- 'Zilte Polders' waarin wordt gewerkt aan multifunctioneel gebruik van zilte gebieden.
- 'Zilte Productie' waarin invulling wordt gegeven aan een duurzame productie van bestaande en vooral ook nieuwe zoute en zilte producten.

- ‘Metropole Delta’ waarin wordt gezocht naar nieuwe kansen voor een delta die onder druk staat van zee, rivieren en een stedelijke metropool.

De deelprojecten vormen gezamenlijk de kennissprong. Met de resultaten van de deelprojecten kan ook in andere verziltende gebieden gewerkt worden aan nieuwe duurzame ontwikkelingen.

Verziltting

Zoute landbouw lijkt ook een kansrijke vorm van landgebruik met oog op de verziltting van het kustgebied, die sowieso aan het toenemen is (los van innovatieve vormen van kustverdediging). De belangrijkste oorzaak hiervoor is zoute kwel. Het grondwater staat via ondergrondse waterlagen in verbinding met de zee. Als gevolg van de dalende bodem, de stijgende zeespiegel en ander waterbeheer zal de verziltting verder toenemen.

Oude Essink (1996) verwacht dat de hoeveelheid kwel door zeespiegelstijging de komende eeuw zal veranderen. Bij 60 cm zeespiegelstijging zal de hoeveelheid kwelwater tot enige tientallen procenten toenemen in polders die in de eerste kilometers van de kustlijn zijn gelegen. In meer landinwaarts gelegen polders zal de hoeveelheid kwelwater maar tot een paar procenten toenemen. Essink stelt dat dit betekent dat het afvoersysteem van hoogheemraadschappen en waterschappen nabij de kust moet worden aangepast en/of opnieuw ontworpen voor grotere capaciteiten.

Tevens is de toename in de zoutbelasting aanzienlijk voor bijna alle polders in de laaggelegen regionen in het Nederlandse kustgebied (bij een zeespiegelstijging van 60 cm/eeuw: in meerdere polders een toename van de zoutbelasting van verscheidene tientallen procenten, met hier en daar uitschieters van meer dan een verdubbeling van de zoutbelasting). Dientengevolge is waarschijnlijk een substantiële toename van het doorspoeldebiet vereist om het overtollige zoute grondwater af te voeren en aldus de achteruitgang van de waterkwaliteit van het oppervlaktewatersysteem in het kustgebied teniet te doen. Bovendien zal gedurende de komende eeuw de toename in het (gemiddelde) zoutgehalte in de bodem groot zijn in de vele polders in het Nederlandse kustgebied. Deze toename zal een bijkomend verlies in gewasopbrengst ten gevolge van zoutschade kunnen veroorzaken.

Overigens wordt de invloed van zeespiegelstijging op verziltting ook soms genuanceerd. Zo melden Stuyt *et al.* (2006) dat zeespiegelstijging en klimaatverandering naar verwachting een minder groot effect hebben op verziltting dan doorgaans wordt aangenomen. Voor de Delta geldt dat grote delen al sinds mensenheugenis zijn verzilt en dat deze verziltting op vele locaties door waterbeheerders met succes wordt bestreden. Het probleem zal vooral liggen in de afname van zoet water, waarmee de polders worden doorgespoeld, om een chlorideniveau te bereiken dat aanvaardbaar is voor de landbouw.

Voor verziltting kan worden gesteld dat gezien de toenemende verziltting én de afnemende zomerse zoetwaterhoeveelheid, een transitie nodig is van het huidige vechten tegen verziltting naar het daarin meegaan en het benutten van de kansen die daardoor ontstaan. Zoute landbouw lijkt hiervoor een kansrijke oplossing en kan

tegelijkertijd bijdragen aan een zinvol gebruik van brede waterkeringen, als oplossing voor toekomstige kustveiligheid.

5.5 Kansen voor natuur

5.5.1 Verbreding van de duinen

De meeste genoemde oplossingen voor kustversterking gaan uit van een meer of minder grote toename van het zand- en duinlichaam langs de kust. De omvang van de verbreding varieert per alternatief, en ook per kustgedeelte. Zeewaartse verbreding gaat ten koste van de omvang van de ondiepe kustzone. Desalniettemin schept dit kansen om een robuuster, gevarieerde en natuurlijker functionerend duingebied te ontwikkelen en in stand te houden, met beter ontwikkelde overgangen naar de omgeving, zowel aan de zeezijde als langs de duinzoom.

Verbreding van het duingebied vergroot mogelijkheden voor verstuuivingsbeheer én de ontwikkeling van vochtige valleien, zonder dat de veiligheid van het achterland hierdoor wordt aangetast. Deze mogelijkheden nemen in principe toe, naarmate het duinmassief (en daarmee het benodigde profiel) breder is. Zeewaartse maatregelen verbreden het strand en bieden mogelijkheden voor primaire duinvorming, met bijbehorende fauna. Deze mogelijkheden nemen toe naarmate de kustwaartse verbreding groter is.

5.5.2 Dammen

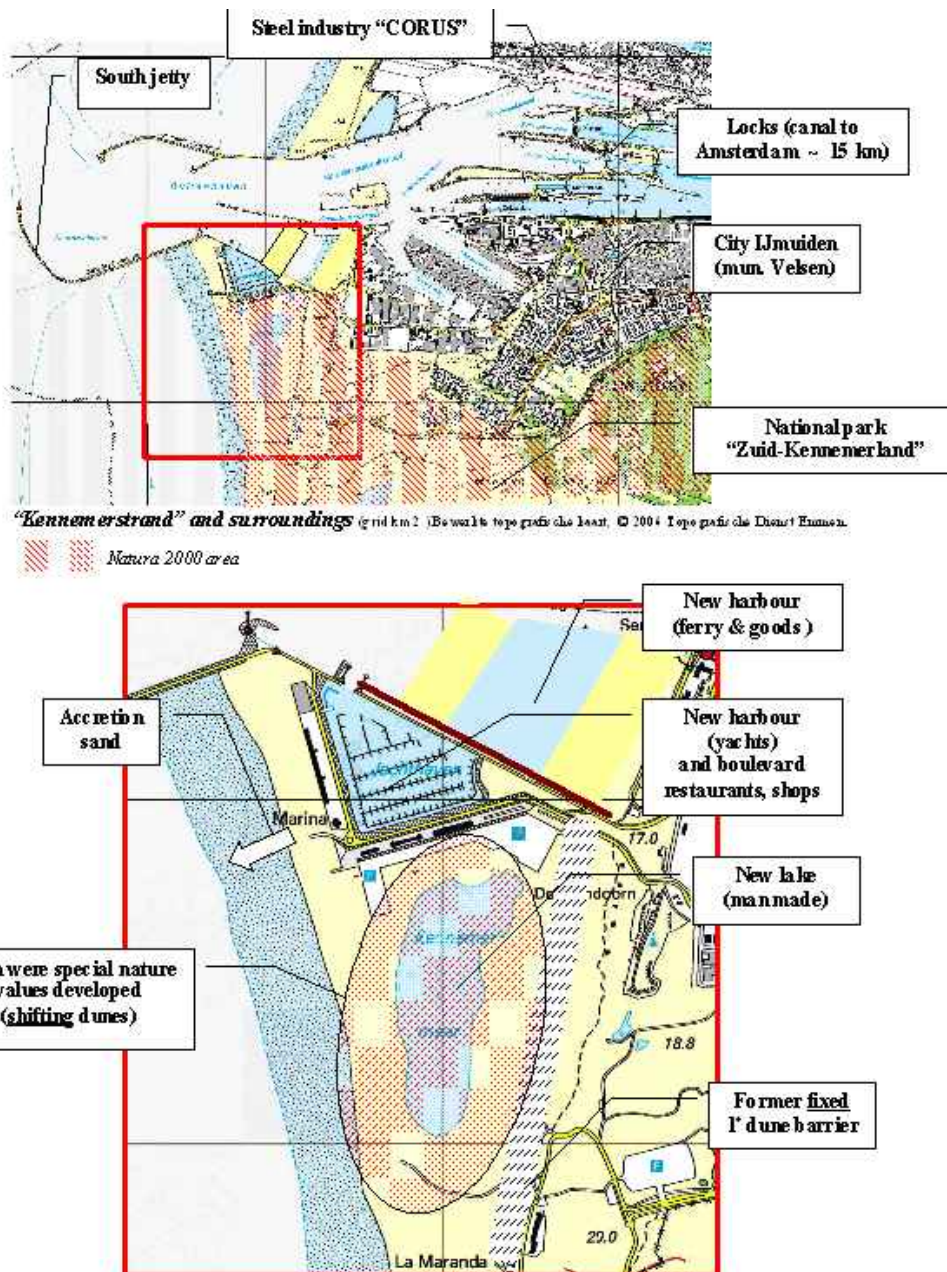
Bij een pier, strekdam, havenmond of ander kunstwerk vindt vaak aanwas van zand plaats. Vanwege het noordwaarts gerichte zandtransport, vindt de grootste aanzanding meestal ten zuiden van de dam plaats. Verder noordwaarts leidt dit vaak tot enige erosie. Om 'de zandrivier' zo weinig mogelijk te verstoren, streeft het kustbeleid naar zo weinig mogelijk harde elementen.

Toch bieden de aanzandingen op relatief kleine schaal mogelijkheden voor natuurontwikkeling van in eerste instantie dynamische omstandigheden, en op termijn van meer gestabiliseerde gemeenschappen. Eerst zijn er kansen voor sluffers, groene stranden en primaire duinvalleien die over het algemeen een hoge natuurwaarde hebben, en daarom tot de natuurdoeltypen (Bal *et al.* 2001) behoren. Voorbeelden hiervan zijn gerealiseerd met de Kapittelduinen en de Van Dixhoordriehoek ten noorden van Hoek van Holland (Hommel 1985, Stumpel & Verboom 1999, Hoogervorst 2002) en met het Kennemerstrand ten zuiden van IJmuiden (Doing 1992, Kruijssen 1999, Diemeer 2002, figuur 21). Na verloop van tijd treedt natuurlijke successie van de vegetatie op naar verder ontwikkelde, maar vanuit een oogpunt van natuurbeheer mogelijk minder hoog gewaardeerde gemeenschappen. Dit kan als volgt worden aangegeven. Bij *ca.* 10 jaar zal een optimum worden bereikt in de biodiversiteit van vochtige duinvalleien. Rond 30 jaar zal door successie een vegetatie-ontwikkeling op gang zijn gekomen met duindoorn- en

vlierstruwelen: associatie van duindoorn en vlier (*Hippophao-Sambucetum*) en associatie van duindoorn en liguster (*Hippophao-Ligustretum*), veelal voorafgegaan door eerst het Elymo-Ammophiletum en later soortenarme duindoornbegroeiingen (*Hippophae rhamnoides*), veelal rompgemeenschappen. In vochtige delen hebben dan ontwikkelingen plaatsgevonden naar een kruipwilgstruweel (*Salix repens*). Bij 100 jaar moeten we, zelfs aan de kust, denken aan verdergaande struweel- en bosontwikkeling.

Het Europese project NEW!Delta zoekt naar een evenwicht tussen het verbeteren van de omgeving aan de ene kant én economische groei aan de andere kant. In dit kader is ook gezocht naar een aantal voorbeelden waarin dit samengaat. Eén van die voorbeelden gaat over het Kennemerstrand. In dit gebied hebben de laatste jaren verschillende recreatief-toeristische ontwikkelingen plaatsgevonden. Ruimte hiervoor ontstond als gevolg van de verlenging van de zuidelijke havendam in de jaren zestig. Sindsdien is aanzanding ontstaan, als gevolg van de krachten van eb en vloed. De hoek waarmee eb en vloed op de kust werken, levert namelijk een netto zandtransport langs de kust in noordelijke richting op. Op het strand ontstonden embryonale duinen (H2110), witte duinen (H2120), grijze duinen (H2130), duindoornstruwelen (H2160) en vochtige duinvalleien (H2190), alsmede een wereld aan bijzondere en zeldzame plantensoorten.

Het project NEW!Delta concludeert dat de aanleg van golfbrekers en de daaropvolgende spontane natuurontwikkeling kan leiden tot terrestrische natuur van hoge kwaliteit in voormalig zeegebied. Keerzijde is dat natuurontwikkeling en economische ontwikkeling kan leiden tot tegenstellingen en een ingewikkeld en frustrerend proces voor alle stakeholders. Er wordt aanbevolen om natuurspecialisten al in een vroeg stadium van de planvorming bij het proces te betrekken (NEW!Delta Project team theme 3 2007).



Figuur 21. Casus Het Kennemerstrand en omgeving (topografische kaart © 2006 Topografische Dienst Emmen, NEW!Delta Project team theme 3 2007).

5.5.3 Herstel zoet-zoutovergangen

Bij bijna alle (innovatieve) oplossingen voor kustveiligheid die in dit hoofdstuk worden genoemd, passen geleidelijke overgangen van zout naar zoet water. Dit biedt veel kansen voor de natuur. Want zoet-zoutovergangen zijn bijna overal langs de Nederlandse kust verdwenen. Het zoute water is verbannen naar de buitenkant van dijk en duin. We staan er met de rug naar toe, en richten ons op het achterland. Voor

de landbouw is dit een groot voordeel geweest, maar voor de natuur is de schade groot. De kunstmatige scheiding tussen zoet en zout leidde niet alleen tot achteruitgang en verdwijning van typische brakwatersoorten en tot areaalverlies van estuariene ecosystemen, maar ook diadrome vissen die migreren tussen zout en zoet worden op hun weg belemmerd (Ietswaart & Drees 2003). Zelfs een ‘gewone’ soort als de paling gaat sterk achteruit en is een Rode Lijst-soort geworden (Van Duuren *et al.* 2003: 308-309).

Het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV) en Rijkswaterstaat besteden allebei aandacht aan het herstel van zoet-zout overgangen. LNV bracht een handreiking voor het herstel van dergelijke overgangen uit (Boon & Fellingner 2002) en Rijkswaterstaat een studie naar de ecologische principes van estuariene gradiënten ten behoeve van herstelmaatregelen (De Leeuw & Backx 2001). Volgens LNV hebben “de grote waterstaatkundige ingrepen en cultuurtechnische maatregelen van de afgelopen eeuw veel goeds gebracht maar onnodig een radicale scheiding tussen zoet en zout water teweeg gebracht”.

Tabel 5. Nadelen harde waterstaatkundige maatregelen (Boon & Fellingner 2002).

Verstarring kust en oevers; niet meegroeien met zeespiegelstijging en hogere rivierwaterstanden
Gestage toename overstromingsrisico door zeespiegelstijging, hogere rivierwaterstanden, bodemdaling en toenemend maatschappelijk kapitaal achter kust- en oeververdeding
Toename zoute kwel en daardoor problemen voor landbouw en doorspoeling zoet water
Rivieren missen estuariene gradiënten in mondingsgebied
Trekvisen kunnen vanuit zee niet meer bovenstroomse paaigebieden bereiken
Geconstrueerde zoetwaterbekkens in zeearmen biologisch instabiel

LNV wijst op de nadelen van de harde waterstaatkundige maatregelen in de vorige eeuw (tabel 5), pleit voor integraal beleid bij het oplossen van de problemen in de mondingsgebieden van onze rivieren, en denkt daarbij aan herstel van de natuurlijke estuariene getijdendynamiek. Criteria daarbij zijn biodiversiteit, natuurlijkheid en beleving van de natuur. Speciale aandacht gaat uit naar kansen voor het stroomgebied van de rivieren (Schelde, Maas, Rijn, Eems) en minder naar de mogelijkheden voor herstel van zoet-zout gradiënten langs de Hollandse vastelandskust (Oude Rijn, Nieuwe Waterweg). Over mogelijkheden bij een meer dynamisch kustbeheer voor zoet-zout overgangen in de lokaal toch soms brede duinen (met sluffers zoals De Kerf), of over mogelijkheden achter harde zeeweringen (met kwel en kwelders zoals bij de Pettemer en Hondsbossche Zeewering) wordt niet gerept (Boon & Fellingner 2002).

Rijkswaterstaat houdt zich bezig met het ecologische herstel van estuariene overgangen en bracht daarvoor achtergronddocumentatie bijeen over de tijd- en ruimteaspecten, de benodigde hoeveelheid zoetwater in tijd en ruimte ter optimalisatie van een estuariene gradiënt, en andere relevante parameters. De Leeuw & Backx (2001) noemen het belang van een goede doelstelling en goed streefbeeld voor herstel, met belangrijke parameters als zoetwateraanvoer, getij, temperatuur, troebelheid, zuurstof en nutriënten. Zij geven veel aandacht aan estuaria zelf: ontstaan, definities, mondiale verschillen, en verschillen op lokale schaal, maar minder aan zoet-zout overgangen in brede zin, die immers ook bij sluffers, groene

stranden, kwelders en binnendijks bij kwel worden gerealiseerd. Overigens is het van belang onderscheid te maken tussen estuariene soorten (soorten van het zoetwater-getijdengebied, van het brakke gebied en van de kustzone) en brakwatersoorten (soorten alleen voorkomend in water met een instabiel zoutgehalte, dus 0,5-35 ‰). Diverse soorten hiervan komen voor op verschillende Rode Lijsten. Kadern waarbinnen herstel van estuariene overgangen dient plaats te vinden zijn naast de Vogel- en Habitatrichtlijnen, de Wetlandconventie, het Biodiversiteitsverdrag en de Kaderrichtlijn Water. Verder zijn er nog allerlei nationale nota's en visies. Het gaat dan om begrippen als gezondheid, veerkracht, leefbaarheid, diversiteit en bruikbaarheid. Om de slaagkans van herstelprojecten te bevorderen, bevelen De Leeuw & Backx (2001) een 'ecologische checklist' aan en geven zij een uitgebreide lijst van parameters. Van de 165 projecten die tot nu toe gereed zijn gekomen of waartoe het initiatief is genomen, worden de soorten maatregelen gegeven in tabel 6. Slechts 5 projecten hebben betrekking op het duingebied (stand 2000).

Tabel 6. Herstelmaatregelen ten behoeve van zoet-zoutovergangen (De Leeuw & Backx 2001).

Buitendijks	Buitendijks/Binnendijks	Binnendijks
Natuurlijker afwateringspatroon in landaanwinning/kwelder	Ontpolderen door opening in dijk	Filters plaatsen om kwel te versterken t.b.v. zout en doorstroming
Minder onderhoud aan landaanwinning/kwelder	Duiker in kade/dijk voor inlaat zout water	Afgraven om kwel te versterken
Kwelders/schorren beschermen tegen afslag	Sluisbeheer aanpassen om getij binnen te krijgen	Afgraven/vergraven om reliëf te maken
Geulen verdiepen	Sluisbeheer aanpassen t.b.v. visintrek	Aanpassen waterpeilen voor vernatting en doorstroming
	Vistrap	Plaatsen stuwen/duikers voor doorstroming
	Aanpassen afvoer neerslag t.b.v. gradiënt	

5.5.4 Kustversterking in urbane omgeving

Vaak wordt gedacht dat kustversterking en natuur nabij kustplaatsen niet goed samengaan. Toch zijn er rondom kustplaatsen ook natuurwaarden te vinden. Denk daarbij aan het zeedorpenlandschap. Juist op de overgang van dorp naar duin is door een eeuwenlang extensief gebruik het zeedorpenlandschap ontstaan. Dit landschap kenmerkt zich door het voorkomen van specifieke landschapspatronen (zandwallekes) en specifieke planten en dieren. De zeedorpenvegetaties zijn bijzonder soorten- en bloemrijk. Kenmerkende soorten zijn onder andere wondklaver (*Anthyllis vulneraria*), nachtsilene (*Silene nutans*), echt bitterkruid (*Picris hieracioides*) (Stichting Duinbehoud 1992). Zeedorpenlandschappen komen onder andere voor ten noorden en ten zuiden van Egmond aan Zee, bij Castricum, Wijk aan Zee, IJmuiden, Zandvoort en Katwijk.

Opvallend is dat de blauwe zeedistel (*Eryngium maritimum*) preferent voorkomt in door mensen beïnvloede omgevingen, zoals in de nabijheid van strandopgangen. Ook in urbane omstandigheden zijn er dus kansen bij het combineren van kustveiligheid en natuur. Het is belangrijk om die niet op voorhand uit te sluiten.

5.6 Risico's voor natuur

Zeewaartse oplossingen voor kustversterking kunnen ook risico's voor natuur met zich meebrengen (Sanders *et al.* 2001):

- Afname zoutspray. Een belangrijk effect van een zeewaartse uitbreiding op strand en duin, is de afname van de saltspray. Dit heeft consequenties voor de vegetatie van het duingebied.
- Afname zandspray. Als gevolg van zeewaartse uitbreiding kan de windsnelheid in de buitenduinen afnemen. Dit kan leiden tot minder zandtransport en daardoor tot een verstarring van het landschap. In de buurt van actieve stuifkuilen leidt dit tot een afname van waardevolle plantensoorten, waarvan het voorkomen (mede) wordt bepaald door een lichte mate van overstuiving.
- Groei zoetwaterbel. Zeewaartse verbreding van het duingebied kan leiden tot verhoging van grondwaterstanden in het achterliggende duingebied. Dit kan (positieve of negatieve) consequenties hebben voor de flora en fauna van het duingebied, afhankelijk van de snelheid van grondwaterstandstijging.
- Zeewaartse kustversterking leidt tot verkleining van het areaal ondiepe zee (tot 20 m dieptelijn) en vernietiging van bodemfauna.

6 Conclusies en aanbevelingen

6.1 Hoofdpunten uit basisinformatie

Kustveiligheid en natuur

De afgelopen jaren zijn er veel publicaties verschenen over kustveiligheid en over kustversterking. Belangrijke aanleiding daarvoor waren de geconstateerde zwakke schakels in de kust en de planstudies die de kustprovincies daarvoor uitvoeren. De meeste zwakke schakels liggen in de nabijheid van een Natura 2000-gebied. Een groot deel van het duingebied is immers aangewezen als Vogelrichtlijngebied, Habitatrichtlijngebied óf als natuurmonument. Dat betekent dat er bij kustveiligheid rekening moet worden gehouden met de beschermde status van die gebieden. De essentie van de verbeteropgave voor het Natura 2000-landschap Duinen is dat de verstarring van het landschap en de vervilting van de grazige gebieden aangepakt moeten worden. Het meest essentiële proces in de duinen, de dynamiek door verstuiving en duinvorming, is immers grotendeels verloren gegaan.

De vastgestelde voorkeursalternatieven voor de zwakke schakels zijn getoetst op hun effecten op natuur en landschap. Sommige voorkeursalternatieven, zoals de zeewaartse zandige kustuitbreiding voor de kust bij Callantsoog en Delfland bieden nieuwe kansen voor natuur en landschap.

Ook in de toekomst zullen versterkingen nodig blijven. Zowel bij deze versterkingen als bij het (dagelijkse) beheer en onderhoud van de zeekeringen kunnen we gebruik maken van de kennis en de ervaring die de afgelopen jaren op dit gebied zijn opgedaan.

Dynamisch handhaven en natuur

Het beleid van dynamisch handhaven van de kust (waarbij de basiskustlijn met zandsuppleties wordt gehandhaafd) is in feite een vorm van eco-engineering: samenwerken met de natuur. Het spel van wind, zee en zand is van levensbelang voor de veiligheid van de kust, nu en in de toekomst. In het algemeen heeft de natuur van de duinenkust baat bij de zandsuppleties. Doordat de kustlijn van 1990 gehandhaafd wordt, neemt het duinareaal sinds 1990 niet meer af door kustafslag en er is meer mogelijkheid om de natuur zijn gang te laten gaan. De dynamiek in de buitenste duinen is toegenomen en de kust heeft lokaal een natuurlijker aanzien gekregen. Zandsuppleties betekenen op middellange termijn extra vernieuwing en extra dynamiek.

Bij de positieve effecten van de zandsuppleties zijn ook enkele kanttekeningen te maken. Zo is een erosieproces als incidentele duinafslag bij stormvloed zeldzaam geworden. Kustlijnhandhaving kan op langere termijn een verstarring van de dynamiek betekenen. Van nature ontstaan juist in erosiekusten aangrijpingspunten voor grootschalige verstuiving ('vorming van paraboolduinen') en voor natuurlijke vorming van een gekerfde zeereep en van sluffers.

Ecologische effecten van zandsuppleties

Zandsuppleties hebben echter ook ecologische effecten, zowel voor de ecologie op de zandwinplaats (brongebied) als op de plek waar het zand op het strand of op de onderwateroever wordt neergelegd (doelgebied). Het meest directe effect van zandwinning is het verwijderen van het bodemsediment met de bodemorganismen ter plaatse. Het herstel van de bodemlevensgemeenschappen na de zandwinning lijkt echter vrij snel van start te gaan.

Bij suppleties op het strand of op de onderwateroever zal de bedekking van de bodem met een laag suppletiezand ertoe leiden dat de meeste van de in de bodem levende (minder mobiele) organismen sterven. Voor de onderwateroever geldt dat de milieuschade als beperkt wordt geschat (vergelijkbaar met natuurlijke stormeffecten), gezien de grote dynamiek in dit gebied.

Verder kan gebiedsvreemd suppletiezand invloed hebben op de verstuiwing van zand en daarmee op de geomorfologie en vegetatie van het duingebied. Er konden echter geen significante effecten op de vegetatie van de buitenste duinen worden aangetoond.

Beheer en onderhoud van zeedijken

- Een goed graslandbeheer kan de erosiebestendigheid zeedijken vergroten en ook bijdragen aan hogere natuurwaarden.
- Bij het verbeteren, onderhouden of aanleggen van dijken of kaden kan meer gebruik worden gemaakt van ecologische kennis (Rijke Dijk).
- In sommige gevallen kan zeewaarts van de zeedijken zand worden ingevangen (bijvoorbeeld Nolledijk bij Vlissingen). Dit kan bijdragen aan de ontwikkeling van een natuurlijk voorland met wellicht nieuwe duintjes.

Zandige kust

- Dynamisch kustbeheer biedt kansen voor de natuur en leidt tot een duurzamer kuststelsel. Dynamisch kustbeheer in combinatie met suppleties maken de kust veiliger omdat de overgang tussen land en zee geleidelijker wordt, en er daardoor een grotere bufferzone ontstaat die beter in staat is grote klappen op te vangen en beter om kan gaan met zeespiegelrijzing. Hoewel dynamisch kustbeheer al op veel plaatsen in Nederland wordt toegepast, lijken er nog meer mogelijkheden te zijn, vooral in brede duingebieden.
- De aanvoer van vers zand vanaf het strand is essentieel voor een vitale helm-begroeiing.
- Voor een optimaal dynamisch beheer is dosering nodig van de suppleties. Regelmatig suppleren voor kustplaatsen en alleen in de tussenliggende kustvakken indien nodig (ter voorkoming van bolwerkvorming) is een optie. Dit stimuleert de ontwikkeling van afslagkusten naast aangroeikusten.
- Het is belangrijk te zoeken naar een optimaal evenwicht tussen machinale- en handmatige strandreiniging. Op deze manier blijven lokaal vloedmerken bewaard. Vloedmerken zijn een voedselbron voor vogels en andere dieren, of dienen als

vestigingsbasis voor een pioniervegetatie. Deze vormt op zijn beurt weer de mogelijkheid voor primaire duinvorming.

Toekomstige versterkingen

- Veel (innovatieve) oplossingen voor toekomstige versterkingen spelen in op natuurlijke processen, waarbij sedimentatie van slib en zand wordt gestimuleerd om bodemdaling en zeespiegelstijging te compenseren. Voorbeeld hiervan vormen de visies van natuurorganisaties ('Meegroeien met de zee' en 'Klimaatbuffers').
- Veel oplossingen gaan uit van brede waterkeringen: buffers tussen zee en land. In de brede waterkeringen wordt de dynamiek in een systeem afgevlakt, bijvoorbeeld door golfbreking en/of het opvangen van over de dijken heen slaand water. Bij voldoende breedte staat zo'n buffergebied ten dienste van een groter achterliggend gebied. De breedte van de waterkering kan zowel zeewaarts worden gezocht (voorland, extra eilanden) als landwaarts (dubbele dijken, overslagdijk, inlagen, ontpoldering, wisselpolders). Bij zeewaartse oplossingen wordt in het algemeen gestreefd naar het gebruiken van (veel) zand als natuurlijke bouwstof van de kust.
- Bij brede waterkeringen ontstaat een geleidelijke overgang tussen zoet en zout, in plaats van de scherpe gradiënt die er nu meestal is. In sommige gevallen ontstaan er nieuwe getijdennatuurgebieden. Dat maakt dat dit soort gebieden niet meer geschikt zullen zijn voor traditionele landbouw. De teelt van zouttolerante gewassen, zoute landbouw of zeecultuur, kan in dat geval een oplossing zijn. Zeecultuur kan de doelstellingen van 'waterkeren in de breedte' combineren met voedselproductie, de ontwikkeling van verschillende habitats van hoge kwaliteit, en het in stand houden van de biodiversiteit. Er is hier flinke vooruitgang te boeken, zowel voor het waterbeheer (meegaan met water) als voor de landbouw zelf (diversificatie, verbreding).

Zoute landbouw lijkt ook een kansrijke vorm van landgebruik met oog op de verzilting van het kustgebied, die aan het toenemen is (los van innovatieve vormen van kustverdediging). De belangrijkste oorzaak hiervoor is zoute kwel. Als gevolg van de dalende bodem, de stijgende zeespiegel en ander waterbeheer zal de verzilting verder toenemen.

Geleidelijke zoet-zoutovergangen bieden ook veel kansen voor de natuur. Want zoet-zoutovergangen zijn bijna overal langs de Nederlandse kust verdwenen.
- Vaak wordt gedacht dat kustversterking en natuur nabij kustplaatsen niet goed samengaan. Toch zijn er rondom kustplaatsen ook natuurwaarden te vinden. Denk daarbij aan het zeedorpenlandschap en de voorkeur van sommige soorten voor een door mensen beïnvloede omgeving. Ook in urbane omstandigheden kunnen er kansen zijn bij het combineren van kustveiligheid en natuur. Het is belangrijk dit niet op voorhand uit te sluiten.
- Zeewaartse oplossingen voor kustversterking kunnen ook risico's voor natuur met zich meebrengen zoals afname van zoutspray en zandspray, groei van de zoetwaterbel, verkleining van het areaal ondiepe zee en vernietiging van bodemfauna in de ondiepe kustzone.

6.2 Toekomstig onderzoek

Natuurbehoudswaarden

Van grote delen van de Hollandse kust ontbreekt basisinformatie. In het kader van het onderzoek naar de gevolgen van de eventuele aanleg van een vliegveld eiland in de Noordzee is weliswaar een groot deel van de Hollandse vastelandskust als digitale vegetatiekaart met bijbehorende natuurbehoudswaarden beschikbaar gekomen, maar van belangrijke zwakke schakels in de kust ontbreekt deze informatie. Ook ontbreekt toegankelijke data van de Zuid-Hollandse en Zeeuwse eilanden, en van de kust van Zeeuws-Vlaanderen.

Voor de Hollandse vastelandskust gaat het om het updaten van bestaande gegevens, en om het verwerken, digitaliseren of karteren van o.a. de Noordduinen, Zwanenwater, De Putten, omgevingen van kustplaatsen, Elswout, het Kennemerstrand, het Westduinpark, de Kapittelduinen en de Van Dixhoordriehoek (beide laatste bij Hoek van Holland).

Bij de bepaling van de natuurbehoudswaarde zijn in het kader van eerder onderzoek alleen hogere planten betrokken. Van de vegetatie zouden bij de berekeningen van deze waarden eigenlijk ook andere groepen moeten worden betrokken. Met name mossen en korstmossen spelen in het open duinlandschap een grote rol. Maar ook andere organismen zoals (broed)vogels, herpetofauna, (dag)vlinders e.d. dienen bij de waardebeoordeling een rol te spelen.

Vergaring en bewerking van beheergegevens is ook noodzakelijk. Van veel (natuur)gebieden, en zeker die nabij de zwakke schakels, ontbreekt deze informatie of is ze niet toegankelijk. Beheergegevens zijn van belang voor mitigerende en compenserende maatregelen.

Effecten van dammen

Nader onderzoek is gewenst naar de effecten van langere strekdammen en pieren op de kusttrivier en -morfologie, en op de natuurbehoudswaarden van strand en duin.

Urbane omgeving

Nader onderzoek kan inzicht bieden in oplossingen die mogelijk zijn voor minder voor de hand liggende zwakke schakels in urbane omgeving (zeedorpen, boulevards, havens), die ook consequenties hebben voor natuurwaarde en prominent drager kunnen zijn voor natuurontwikkeling.

Landwaartse verdediging

Onderzoek in het kader van landwaartse verdediging, naar mogelijkheden voor uitbreiding van de natuur en de recreatie in de duinzoom, is wenselijk. Is op enige schaal onttrekking van landbouwgrond mogelijk, en wat zijn dan de perspectieven voor voorheen zeer intensief gebruikte bollenpercelen. Wat zijn de mogelijkheden voor natuurontwikkeling van dynamisch kustbeheer, sluffers, ontpoldering, brakke omstandigheden, zoute landbouw, inlagen, karrevelden, dubbele dijken of tandemdijken, wisselpolders, etc., mede in het licht van functieverweving.

In interactie met de contactpersonen, maar ook met andere stakeholders waaronder organisaties als Stichting Duinbehoud, zou dan bij casestudy's aan de orde kunnen komen de maatschappelijke vraag naar natuur, recreatie en landschap in het betreffende gebied, en in hoeverre functiecombinaties van deze drie 'competing claims' mogelijk zijn. Te denken valt aan de mogelijkheid van publiek-private samenwerking en financiering van herstel, ontwikkeling en duurzaam gebruik van kustnatuur in de aangegeven deelgebieden.

Literatuur

Adviescommissie Water 2006. Advies Veiligheid tegen overstromen. AcW-2006/103.

Aerts, J.C.J.H., M.E. de Boer & G.W. Heil 1997. Effecten van suppletie-zand op verstuiving. Verschillen tussen gesuppleerde en niet-gesuppleerde stranden. Fase 3: Integratiefase. Resource Analysis en Universiteit Utrecht; in opdracht van Rijkswaterstaat DWW. RA/97-255.

Alders, H. 2006. Toespraak op symposium “De Waterkolom: een onderschatte veiligheidspartner”. World Forum Convention Centrum, Den Haag.

Alterra website: www.synbiosys.alterra.nl/natura2000.

Anonymus 1998. Dynamisch kustbeheer voor de kust tussen IJmuiden en Den Helder. Hoogheemraadschap van Uitwaterende Sluizen in Hollands Noorderkwartier, [Edam]. 35 p. + bijlagen

Anonymus 2004. Plan Tureluur. Brochure.

Arcadis 2005. Integrale beoordeling zwakke schakels Noord-Holland basisrapport integrale natuurbeoordeling. Rapportnr. 110403/OF5/051/100089/LB.

Arcadis & Alkyon 2006. Ontwerpversterkingsplan zwakke schakel Noordwijk, Kustvisie Zuid-Holland; in opdracht van Hoogheemraadschap van Rijnland. Rapportnr. 110403/HN6/61D/001484.030B/mwo.

Arens, B. 2003. Het nut van zee-reeponderhoud; experiment met Dynamisch Zeerepbeheer op Texel. Poster en hand-out.

Arens, S.M. 1994. Aeolian processes in the Dutch Foredunes. Dissertatie, Universiteit van Amsterdam.

Arens, S.M. 2006. De stuifkuil bij Wassenaar. Arens Bureau voor Strand- en Duinonderzoek; in opdracht van Hoogheemraadschap van Rijnland. RAP2006.02.

Arens, S.M., M.A.M. Löffler & E. Nuijen in prep. Evaluatie Dynamisch Kustbeheer Friese Waddeneilanden. Rijkswaterstaat Noord-Nederland.

Bal, D., H.M. Beijer, M. Fellingner, R. Haveman, A.J.F.M. van Opstal & F.J. van Zadelhoff 2001. Handboek Natuurdoeltypen; tweede, geheel herziene editie. Expertisecentrum LNV, Wageningen. 832 p.

Baptist, M.J., M.B. de Vries, J. van der Meer, P. de Wit & M. Taal 2006. Rijke Dijk. Ontwerp en benutting van harde infrastructuur in de getijzone voor ecologische en

recreatieve waarden. Poster Technische Universiteit Delft, WL|Hydraulics, INFRAM, Havenbedrijf Rotterdam & Rijkswaterstaat RIKZ.

Belpaeme, K. 2003. Vloedlijnen met uitsterven bedreigd? Over 'propere' stranden en strandreiniging. [Floodlines threatened with extinction? On 'clean' beaches and beach cleaning]. De Grote Rede 8: 17-21.

Berendsen, E., G. Beaufort, C. Laban & B. Bannink 2004. Experiment Brede Flexibele Kust. In: E. Luiten (red.), Zee in zicht; zilte waarden duurzaam benut: 128-136. Stichting Toekomstbeeld der Techniek/Beweton, Den Haag.

Berg, A.E. van den & M.M.H.E. van den Berg 2001. Van buiten word je beter; een essay over de relatie tussen natuur en gezondheid. Alterra, Wageningen. 55 p.

Boers, M. 2006. Langere golven vereisen sterkere duinen. Zoutkrant juni 2006, Rijkswaterstaat RIKZ.

Bohemen, H.D. van 2004. Ecological Engineering and Civil Engineering Works. A Practical Set of Ecological Engineering Principles for Road Infrastructure and Coastal Management. Dissertatie, Technische Universiteit Delft.

Bont, S. de & H. van den Broek 2004. Zand in zicht. In: E. Luiten (red.), Zee in zicht; zilte waarden duurzaam benut: 186-189. Stichting Toekomstbeeld der Techniek/Beweton, Den Haag.

Boon, A.R. & M. Fellingier 2002. Natuurlijk zoet-zout; een handreiking voor het herstel van zoet-zout overgangen in Nederland. Expertisecentrum LNV, Ede/Wageningen. 56 p.

Brandenburg, W.A., P. Kamermans, J. Steenbergen, M.C.J. Verdegem & J.M.D. Divera Baars 2004. Mogelijkheden voor zeecultuur in nieuwe getijdennatuur langs de Westerschelde. RIVO Rapportnr. C027/04.

Commissie Poelmann 2005. Advies Bescherming en Ontwikkeling van Buitendijks gebied in Kustplaatsen.

Diemeer, J. 2002. Database hogere planten Kennemerstrand.

Doing, H. 1992. Westelijk havengebied van Amsterdam en de duinen bij de zuidpier van IJmuiden. In: P.W.F.M. Hommel (red.), Excursieverslagen 1991: 37-39. Plantensociologische Kring Nederland, Wageningen.

Dronkers, J. 1995. Holland Bolland. De toekomst van de Nederlandse delta, Inaugurale rede, Utrecht.

- Duijvenbode, J.D. van, P. Slim & E. Luiten 2004. Brede Waterkeringen. In: E. Luiten (red.), Zee in zicht; zilte waarden duurzaam benut: 216-220. Stichting Toekomstbeeld der Techniek/Beweton, Den Haag.
- Duuren, L. van, G.J. Eggink, J. Kalkhoven, J. Notenboom, A.J. van Strien & R. Wortelboer (red.) 2003. Natuurcompendium 2003; natuur in cijfers. CBS/RIVM/Stichting DLO, Voorburg/Bilthoven/Wageningen. 494 p.
- Essink K., C. Dettmann, H. Farke, K. Laursen, G. Luerssen, H. Marencic & W. Wiersinga (eds.) 2005. Wadden Sea Quality Status Report 2004. Wadden Sea Ecosystem No. 19. Common Wadden Sea Secretariat, Wilhelmshaven.
- EUCC, Bureau Vertegaal Ecologisch Advies & Stichting Duinbehoud 2002. Verslag van de Workshop Dynamisch Zeereepbeheer; in opdracht van Rijkswaterstaat RIKZ.
- Fiselier, J.L., E. Benner, A.J. van de Kerk, M. de Haan, R. de Koning, L. Bos & R. Hoekstra 2003. Zilte perspectieven. InnovatieNetwerk Groene Ruimte en Agrocluster, Den Haag. 43 p.
- Gemeente Noordwijk 2006. Raadsvoordracht Vaststelling Natuurbeleidsplan.
- Haas, L. 2002. Rapportage de Noordzee; ANWB Omnibusonderzoek 2001, meting III. [ANWB] AFB/O+O/BIC/Marktonderzoek, Den Haag. 17 p.
- Haring, R. 2005. Het jaarrond zoneren. Duin, maart 2005.
- Hasselt, Van, Van Everdingen & Partners (red.) 1998. Technisch rapport erosiebestendigheid van grasland als dijkbekleding. Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen, Delft. 38 p.
- Hazebroek, E., P.A. Slim & E.J. Weeda 2001. Over standplaats en plantensociologische positie van *Trifolium ornithopodioides* Oeder; speciaal aan de Waddenzeekust van Texel. *Stratiotes* 23: 22-32.
- Hommel, P. 1985. Mogelijkheden voor vegetatie-ontwikkeling bij natuurbouw in de kustuitbreiding tussen Hoek van Holland en Scheveningen. CML, Leiden.
- Hoogervorst, P. 2002. Bijzondere duinnatuur in Hoek van Holland. KNNV-afdeling Waterweg-Noord, Schiedam. 68 p.
- Hoogheemraadschap van Rijnland 2007. Noordwijk, dijk in de duinen.
- Ietswaart, T. & M. Drees 2003. Lauwersmeer van zoete bergboezem naar brak natuurgebied. *Noorderbreedte* 27 (2): 42-45.
- Jager, H.J. & E.J. Weeda 2000. Zeegerst (*Hordeum marinum* Huds.) op Noord-Nederlandse vastelandskwelders. *Gorteria* 26 (6): 237-244.

- Janssen, J.A.M. & J.H.J. Schaminée 2003. Europese Natuur in Nederland; Habitattypen. KNNV Uitgeverij, Utrecht. 120 p.
- Janssen, J.A.M. & J.H.J. Schaminée 2004. Europese Natuur in Nederland; Soorten van de habitatrichtlijn. KNNV Uitgeverij, Utrecht. 112 p.
- Janssen, M. & N. van Gelderen 1993. Dynamisch kustbeheer; een verkennende studie naar de mogelijkheden voor herstel van natuurlijke processen in de zeereep. Stichting Duinbehoud/Bureau D+K, Leiden. 53 p. + kaarten.
- Janssen, M. 2004. Toekomst voor de kust. In WINN-Kustevenement; verhalen en beelden.
- Jorissen, R. & G. Geldof 2006. Interview in De Water, nr. 114.
- KNAW website: www.onderzoeksinformatie.nl. Onderzoeksinformatie project Zilte landbouw Texel.
- Kruijssen, B. 1999. Database mossen Kennemerstrand.
- Kuipers, J.J.B. & C. Jacobusse 1998. Inlagen en karrevelden. Het Zeeuws monument.
- Kustvisie Zuid-Holland 2006a. Zuid-Hollandse Kust Veilig én Mooi. Stand van zaken, augustus 2006.
- Kustvisie Zuid-Holland 2006b. Kust van Voorne. Een bredere zeewering. Folder over voorkeursalternatief Voorne, november 2006.
- Leeuw, C.C. de & J.J.G.M. Backx 2001. Naar een herstel van estuariene gradiënten in Nederland; een literatuurstudie naar de algemene ecologische principes van estuariene gradiënten, ten behoeve van herstelmaatregelen langs de Nederlandse kust. RIKZ/RIZA, Haren/Lelystad. 167 p.
- Leopold, M. 1996. *Spisula subtruncata* als voedselbron voor Zeeëenden in Nederland. Beleidsgericht ecologisch onderzoek van Noordzee/Waddenzee (BEON). BEON-rapport Nr. 96-2.
- Leopold, M. & M.A. van der Land 1996. Fishermen and seaducks are moving towards sharing the *Spisula*-resource in The Netherlands. Wadden Sea Newsletter 1996-1: 24-26.
- Löffler, M., B. Lassing, K. Poot & A. de Leeuw 2001. Omgaan met veiligheid in de toekomst. Deelproject van het onderzoeksspoor Blauwe Delta Bouwsteen voor de Integrale Visie Deltawateren. Rijkswaterstaat DWW, rapportnr. W-DWW-2001-025.

Maas, C. 2002. Tweede evaluatie 'Dynamisch kustbeheer voor de kust tussen IJmuiden en Den Helder'. Uitwaterende Sluizen, Sector Waterkeringen-, Boezem- en Wegenbeheer.

Meijden, R. van der, B. Odé, C.L.G. Groen, J.-P.M. Witte & D. Bal 2000. Bedreigde en kwetsbare vaatplanten in Nederland; basisrapport met voorstel voor de Rode Lijst. *Gorteria* 26 (4): 85-208.

Meininger, P.L. & J. Graveland 2002. Leidraad ecologische herstelmaatregelen voor kustbroedvogels. Rapport RIKZ/2001-046.

Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit. Website 1: www2.minlnv.nl/thema/groen/natuur/Natura2000_2006/Provincies.htm.

Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit. Website 2: www9.minlnv.nl/natura2000.

Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit. Veerman steekt 7,5 miljoen euro in Zeeuwse tong. Website: www9.minlnv.nl/publicaties.

Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit 2006. Natura 2000 doelendocument – hoofddocument.

Ministerie van Verkeer en Waterstaat 1990. Kustverdediging na 1990.

Ministerie van Verkeer en Waterstaat 1996. Kustbalans 1995; tweede kustnota.

Ministerie van Verkeer en Waterstaat 2000. Derde Kustnota. Traditie, Trends en Toekomst.

Ministerie van Verkeer en Waterstaat 2006a (in samenwerking met de partners in het Landelijk Bestuurlijk Overleg Water). Water in Beeld. Voortgangsrapportage over het waterbeheer in Nederland.

Ministerie van Verkeer en Waterstaat 2006b. Landelijke rapportage toetsing 2006.

Ministeries van VROM, LNV, VenW & EZ 2006. Nota Ruimte. Ruimte voor ontwikkeling. Deel 4: tekst na parlementaire instemming.

Mulder, J. & M. Dirkson 2006. Zonder zand geen Nederland. *Zoutkrant*, juni 2006. Rijkswaterstaat RIKZ.

NEW!Delta Project team theme 3 2007. Creation and restoration of coastal and estuarine habitats; Review of projects and stepwise guidelines for habitat creation and restoration in port areas. Den Haag, in prep.

NIOO-KNAW 2006. Onderzoek naar natuurlijke kustverdediging van start: oesterbank en meegroeiend schor moeten golfslag en 'zandhonger' remmen. Persbericht.

Oosten, H.J. van & J.G. de Wilt 2000a. Bioproductie en ecosysteemontwikkeling in zoute condities; kennis- en innovatieopgaven. NRLO, Den Haag. 35 p.

Oosten, H.J. van & J.G. de Wilt (red.) 2000b. Bioproductie en ecosysteemontwikkeling in zoute condities; essay, literatuurscan en interviews. NRLO, Den Haag. 89 p.

Oude Essink, G.H.P. 1996. Impact of Sea Level Rise on Groundwater Flow Regimes. A Sensitivity Analysis for the Netherlands. Dissertatie, Technische Universiteit Delft.

Persson, M. 2003. M. Stive in: 'Baywatch kijkt naar zandbanken'. De Volkskrant, 22 maart 2003.

Provincie Noord-Holland 2006. Nieuwsbrief Kustvisie 2050, nr. 10 & 11.

Provincie Zeeland 2006. Kustplan Zuidwest Walcheren. Uitwerking van het Omgevingsplan. Vastgesteld door Gedeputeerde Staten van Zeeland op 17 oktober 2006.

Provoost, A. 2005. Waterkeringbeheerplan 2004-2008. Waterschap Zeeuws-Vlaanderen.

Putten, W.H. van der & B.A.M. Peters 1993. Beheer van de begroeiing op zeeerende duinen. Nederlands Instituut voor Oecologisch Onderzoek; in opdracht van Rijkswaterstaat DWW en de kustbeherende waterschappen.

Remmerzwaal, A. & J. Vroon 2000. Werken met Water, veerkracht als strategie. RIZA/RIKZ.

Rijkswaterstaat DWW 2004. Innovative flood management solutions and spatial development. A wider approach in coastal management. Brochure ComCoast.

Rijkswaterstaat RIKZ 2003. Cumulatieve effecten van kustingrepen. Quick scan naar morfologische en ecologische effecten van kustingrepen op korte en lange termijn. Rapport RIKZ/2003.042

Rijkswaterstaat RIKZ 2005a. Hoofdrichtingen voor risicobeheersing in kustplaatsen. Beheersing van kansen en gevolgen van kustafslag en overstroming tijdens zware storm in buitendijks gebied. Rapport RIKZ/2005.021.

Rijkswaterstaat RIKZ 2005b. Bodemfauna en beleid. Een overzicht van 35 jaar bodemfauna onderzoek en monitoring in Waddenzee en Noordzee. Rapport RIKZ/2005.028

Rooijers, A.J. 2002. Beleving van Strand en Zee. Centrum voor Omgevings- en Verkeerspsychologie RUG, Groningen. 57 p.

Saeijs, H.L.F. 2006. Weg van Water. Essays over water en waterbeheer. VSSD publicatie.

Sanders, M.E., P.A. Slim, H.F. van Dobben, R.M.A. Wegman & E.P.A.G. Schouwenberg 2001. 6. Effecten van eilandvarianten in de Noordzee op de ecologie van strand en duin: 249-324. In: H. Lindeboom (red.), Perceel 4: Plankton, bodemdieren en ecologie van kust en duin. Flyland, [Den Haag].

Scholten, M., W. Wiersinga & E. Luiten 2004. Zeecultuurpark: uitgangspunten en ontwerpen: 197-247. In: E. Luiten (red.), Zee in zicht; zilte waarden duurzaam benut. Stichting Toekomstbeeld der Techniek/Beweton, Den Haag.

Scholten, M. & W. Brandenburg 2003. Kennissprong Zout voor Zoet; programmavoorstel 'Leven in een Zilte Zoom'. Interne notitie. WUR, IJmuiden/Wageningen. 10 p.

Smit, C.J., W.E. van Duin, R.J.H.G. Henkens & P.A. Slim 2005. Casus Hondsbossche Zeewering. Een verkenning van de ecologische effecten van verschillende kustverdedigingsvarianten in de omgeving van de Vereenigde Harger- en Pettemerpolder. Alterra-rapport 1194, ISSN 1566-7197.

Sprangers, J.T.C.M. 1999. Vegetation dynamics and erosion resistance of sea dyke grassland. Dissertatie, Landbouwniversiteit Wageningen. 167 p.

Staatssecretaris van Verkeer en Waterstaat 2006. Beleidsbrief dertien kustplaatsen.

Stichting Duinbehoud 1992. Duinen voor de wind. Een toekomstvisie op het gebruik en het beheer van de Nederlandse duinen als natuurgebied van internationale betekenis.

Stroming 2006. Natuurlijke klimaatbuffers; Adaptatie aan klimaatverandering Wetlands als waarborg. Studie voor Vereniging Natuurmonumenten, Vogelbescherming Nederland, Staatsbosbeheer, ARK Natuurontwikkeling & Waddenvereniging.

Stroming, Instituut voor Milieuvraagstukken & Vrije Universiteit 1996. Meegroeien met de Zee. Visie op de Nederlandse kustzone. Studie voor het Wereld Natuur Fonds. Amsterdam.

Stumpel, A.H.P. & B. Verboom 1999. Mogelijke gevolgen van een tracé-wijziging van de primaire waterkering bij Hoek van Holland voor de actuele en potentiële natuurwaarden voor reptielen, amfibieën en vleermuizen. Alterra, Wageningen. 6 p.

Stuyt, L.C.P.M., P.J.T. van Bakel, J.G. Kroes, E.J. Bos, M. van der Elst, B. Pronk, P.J. Rijk, O.A. Clevering, A.J.G. Dekking, M.P.J. van der Voort, M. de Wolf & W.A. Brandenburg 2006. Transitie en toekomst van Deltalandbouw; indicatoren voor de ontwikkeling van land- en tuinbouw in de Zuidwestelijke Delta van Nederland. Alterra-rapport 1132, Wageningen.

Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen 1998. Technisch rapport erosiebestendigheid van grasland als dijkbekleding.

Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen 2002. Leidraad Zandige Kust. DWW-2003-046.

Til, M. van 2000. Ontwikkeling van een strandreservaat AWD. Concept notitie.

Turnhout C. van & M. van Roomen 2005. Effecten van strandsuppleties langs de Nederlandse kust op Drieteenstrandloper en kustbroedvogels. SOVON-onderzoeksrapport 2005/05. SOVON Vogelonderzoek Nederland, Beek-Ubbergen.

Vereniging Natuurmonumenten 1996. Complete Gids Natuur- en Wandelgebieden in Nederland. 's-Graveland, 470 p.

Verhoeven, J.T.A. 2002. Natte natuur in een schoon landschap; de ecologische functies van wetlands. Oratie Universiteit Utrecht. 43 p.

Vertegaal, K. 2003. Evaluatie 'de Kerf' 1997-2002. Vertegaal Ecologisch Advies; in opdracht van Staatsbosbeheer en Rijkswaterstaat RIKZ.

Wageningen UR. Kennissprong Zilte Zoom. Website www.ziltezoom.wur.nl.

Wal, D. van der 1999. Aeolian transport of nourishment sand in beach-dune environments. Dissertatie, Universiteit van Amsterdam.

Wal, D. van der, B.A.M. Peters, W.H. van der Putten en O.F.R. van Tongeren 1995. Inventariserend onderzoek naar de ecologische effecten van zandsuppletie. Universiteit van Amsterdam & NIOO.

Wolters, A.F., A.P. de Loeff & F. den Heijer 2002. Consequenties nieuwe golfbelastingen voor de kust. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat, Dienst Weg- en Waterbouwkunde, [Delft]. [48] p.