

Herstelstrategie H1330A: Schorren en zilte graslanden (buitendijks)

Smits, N.A.C., P.A. Slim & H.F. van Dobben

Leeswijzer

Dit document start met de kenschets uit het profieldocument (paragraaf 1) en geeft daarna een overzicht van de ecologische randvoorwaarden van het habitatype (paragraaf 2). Vervolgens wordt ingegaan op de effecten van atmosferische stikstofdepositie op het habitatype (paragraaf 3) en op andere processen die de kwaliteit beïnvloeden (paragraaf 4). Vervolgens komen in paragraaf 5 en 6 maatregelen aan bod om de achteruitgang te stoppen, dan wel de kwaliteit te verbeteren. In paragraaf 7 worden maatregelen voor uitbreiding besproken en in paragraaf 8 komt de effectiviteit en duurzaamheid van de maatregelen aan bod. In paragraaf 9 worden de maatregelen in een overzichtstabel samengevat en het document wordt afgesloten met literatuurreferenties in paragraaf 10.

1. Kenschets

De tekst in onderstaand kader betreft de kenschets van het profieldocument van het hele habitatype. Weggelaten zijn alinea's die specifiek over andere subtypen gaan dan het subtype van deze herstelstrategie.

In Nederland betreft dit habitatype schorren of kwelders en andere zilte graslanden in het kustgebied. Het begrip kustgebied moet hier breed worden opgevat: het habitatype komt voor in zowel buitendijkse als binnendijkse gebieden (wat tot uitdrukking komt in het onderscheiden van subtypen). Ook het begrip 'grasland' dekt de lading slechts ten dele: een deel van de begroeiingen bestaat uit russen en biezen, kruiden (zoals Lamsoor of Zeealsem) en – in brakke zones – Riet. Voor de biodiversiteit zijn meerdere aspecten van belang. De verschillende plantengemeenschappen en (dier)soorten reageren op een bepaalde hoogteligging, de daaraan (deels) gerelateerde vochtuithouding, de grondsoort (van zandig tot kleig), zoutgehalte (brak tot zout), leeftijd (succesiestadium) en mate van begrazing. Het is dan ook gewenst allerlei vormen en successiestadia te behouden, wat onder andere noodzakelijk is voor het behoud van het grote aantal typische soorten (maar ook voor veel soorten die daarvoor niet geselecteerd zijn, bijvoorbeeld de talrijke ongewervelde diersoorten die sterk afhankelijk zijn van met name de lage en jonge kwelders).

H1330_A Schorren en zilte graslanden (buitendijks)

Dit subtype betreft de buitendijkse vorm van het habitatype. Het omvat de als gevolg van het getij (meer of minder frequent) overstroemde graslanden van het Getijdengebied (eiland- en vastelandskwelders) en van de Duinen (in sluffers, wash-overs, achterduinse strandvlakten en groene stranden). Deze begroeiingen worden door het zeewater overstromd vanuit de (tot soms ver in de kwelders doordringende) getijdenkreeken.

In de Schorren en zilte graslanden (buitendijks) komen geen soorten voor van de Vogelrichtlijn waarvoor de stikstofgevoeligheid van het type een probleem kan vormen voor de kwaliteit van het leefgebied.

Voor de typische diersoorten Tureluur (tevens HR soort) wordt wellicht in dit habitatype problemen als gevolg van stikstofdepositie verwacht.

Soortgroep	VHR-soort	Belang en functie	N-gevoeligheid van leefgebied	Effecten van stikstofdepositie
Vogels	Bontbekplevier	Klein: voortplantings- en foerageergebied	Mogelijk	Afname nestgelegenheid (2) + afname prooibeschikbaarheid (6)
Vogels	Grutto	Klein: foerageergebied	Mogelijk	Afname prooibeschikbaarheid (6)
Vogels	Kievit	Klein: foerageergebied	Mogelijk	Afname prooibeschikbaarheid (6)
Vogels	Scholekster	Groot: foerageergebied	Mogelijk	Afname prooibeschikbaarheid (6)
Vogels	Strandplevier	Groot: voortplantings- en foerageergebied	Mogelijk	Afname nestgelegenheid (2) + afname prooibeschikbaarheid (6)
Vogels	Visdief	Groot: voortplantings- en foerageergebied	Mogelijk	Afname nestgelegenheid (2) + afname prooibeschikbaarheid (6)
Vaatplanten	Groenknolorchis	-	Ja	Lichtconcurrentie door hogere vegetatiestructuur
Vogels	Blaauwe kiekendief	Groot: foerageergebied	Mogelijk	Afname prooibeschikbaarheid (6)
Vogels	Bruine kiekendief	Groot: foerageergebied	Mogelijk	Afname prooibeschikbaarheid (6)
Vogels	Grauwe kiekendief	Klein: foerageergebied	Mogelijk	Afname prooibeschikbaarheid (6)
Vogels	Tureluur	Groot: foerageergebied	Mogelijk	Koeler en vochtiger microklimaat (1) + afname prooibeschikbaarheid (6)
Vogels	Velduil	Groot: foerageergebied	Mogelijk	Afname prooibeschikbaarheid (6)
Vogels	Watersnip	Klein: foerageergebied	Mogelijk	Afname prooibeschikbaarheid (6)

Voor een goed begrip van de onderstaande paragrafen, is het essentieel om uit te gaan van de definitie van het habitatype en zijn kwaliteitseisen (abiotische randvoorwaarden, samenstellende vegetatietypen, typische soorten en overige kenmerken van goede structuur en functie). Zie daarvoor het profielendocument (http://www.synbiosys.alterra.nl/natura2000/documenten/profielen/habitattypen/profiel_habitatype_1330.pdf).

2. Ecologische randvoorwaarden

Voor de abiotische randvoorwaarden (Runhaar et al. 2009) wordt uitgegaan van de omstandigheden van 13 zeer kenmerkende vegetatietypen (Schaminée et al. 1998), aangevuld met drie kenmerkende en zeven weinig kenmerkende vegetatietypen (zie tabel 1).

Kenmerkendheid	Nederlandse naam	Code VvN/Staatsbosbeheer
1	Zoutmelde-associatie	26AA03
1	Kwelderzegge-associatie	26AC03
1	Zeealsem-associatie	26AC05
1	Associatie van Zeeweegbree en Lamsoor	26AA02
1	Associatie van Bleek kweldergras	26AB03
1	Associatie van Engels gras en Rood zwenkgras	26AC02
1	Ass. van Zilte rus; subass. met Vertakte leeuwetand	26AC01B
1	Ass. van Gewoon kweldergras; subass. met Dunstaart	26AA01B
1	Ass. van Gewoon kweldergras; subass. met Fioringras	26AA01C
1	Ass. van Gewoon kweldergras; typische subass.	26AA01A
1	Ass. van Stomp kweldergras; typische subass.	26AB01A
1	Ass. van Stomp kweldergras; subass. met Varkensgras	26AB01B
1	Ass. van Zilte rus; typische subass.	26AC01A
2		SBB-26-xxx [08-f]
2	Associatie van Zeerus en Weidetorkruid	26AC07
2	Associatie van Rode Bies	26AC04
3	Zeegerst-associatie	26AB04
3	Associatie van Blauw kweldergras	26AB02
3	Associatie van Spiesmelde en Strandkweek	26AC06
3	Rompgemeenschap van Fioringras en Melkkruid	26RG02
3	Rompgemeenschap van Schorrezoutgras	26RG03
3	Rompgemeenschap van Zulte	26RG04
3	Rompgemeenschap van Heen	26RG01

2.1 Zuurgraad

Het kernbereik van de zuurgraad van het habitatype is gedefinieerd als neutraal tot basisch (pH >6,5; Runhaar et al. 2009).

2.2 Voedselrijkdom

Het kernbereik van de voedselrijkdom van het habitatype is gedefinieerd als licht voedselrijk tot uiterst voedselrijk (Runhaar et al. 2009).

2.3 Vochttoestand

Het kernbereik van de vochttoestand van het habitatype is gedefinieerd als vochtig tot zeer nat met matig droog tot inunderend als aanvullend bereik (Runhaar et al. 2009).

2.4 Landschapsecologische processen

Twee processen zijn essentieel voor de vorming en instandhouding van kwelders: regelmatige overstroming met zout water en voldoende aanvoer van slib. Verder wordt de floristische samenstelling sterk door het beheer bepaald, met name beweiding is van groot belang (Dijkema et al. 2007, Olf et al. 1997). Naarmate de hoge kwelder ouder wordt, ontstaat zonder beweiding een zeer soortenarm eindstadium van de successie (climaxvegetatie), gedomineerd door Zeekweek (Veeneklaas et al. 2012), terwijl op de lage kwelder Gewone zoutmelde gaat overheersen. Verder wordt de soortensamenstelling sterk beïnvloed door de inundatiefrequentie; hiervoor wordt verwezen naar Dijkema (1990).

Zie de informatie uit de landschapsdoorsneden in Deel III (Nat Duin- en kustlandschap gradiënttype 6).

2.5 Regulier beheer

Aan de Fries-Groningse vastelandskust blijft dit type alleen in stand dankzij de 'kwelderwerken', een beheer waarbij rijshoutdammen en greppels aangelegd worden om de opslibbing te bevorderen en te zorgen voor snelle ontwatering en daarmee rijping van de bodem. Op andere plaatsen vindt dit beheer niet plaats. In de Oosterschelde kan het huidige kwelderareaal alleen in stand gehouden worden met maatregelen die de erosie tegengaan zoals suppletie van zand of oeververdediging. Zowel met als zonder kwelderwerken is (extensieve) begrazing (runderen, paarden of schapen) noodzakelijk om op de langere termijn de soortenrijkdom in stand te houden. De vegetatieontwikkeling van eilandkwelders en de invloed van begrazing worden beschreven door bijvoorbeeld Dijkema et al. (2007) en Olf et al. (1997). De ontwikkeling van de kwelders op het vasteland verloopt anders door veel hogere input van sediment en daarmee stikstof (Dijkema et al. 2001, Arens et al. 2009).

3. Effecten van stikstofdepositie

De empirische range voor de 'Pioneer and low-mid saltmarshes' is bij de laatste review van empirische ranges (Bobbink & Hettelingh 2011) naar beneden bijgesteld tot 20-30 kg N/ha/jaar. Deze range wordt gezien als expert judgement voor EUNIS type A2.54 en A2.55. De kritische depositiewaarde voor de Nederlandse situatie komt daarmee uit op 22 kg N/ha/jr (1571 mol N/ha/jr; Van Dobben et al. 2012).

Stikstof budget

Om atmosferische depositie te vatten in het kader van de totale stikstofhuishouding zijn pogingen gedaan te komen tot een stikstofbudget voor kwelders in de Waddenzee. Alle getallen betreffen kg N/ha/jaar en zijn ontleend aan de literatuurstudie van Leendertse (1995). Voor schorren in ZW-Nederland is geen budget bekend (**kennislacune**). Import via inundatie in het water is ongeveer 20 kg N/ha/jr en daarnaast 110 kg N/ha/jr op eilandkwelders en 515 kg N/ha/jr op vastelandkwelders in de vorm van sediment. Door fixatie komt er ongeveer 6 kg N/ha/jr bij. Output via denitrificatie wordt geschat op 8 kg N/ha/jr. De interne fluxen worden geschat op 120 kg N/ha/jr mineralisatie en 160 kg N/ha/jr assimilatie. De input via atmosferische depositie wordt geschat op 30 kg N/ha/jr. Leendertse (1995) concludeert dat de input van N via getijdenwater en atmosferische depositie relatief groot zijn ten opzichte van mineralisatie en assimilatie en daardoor de productie van de vegetatie kunnen beïnvloeden wanneer N de beperkende factor is voor plantengroei. Ten opzichte van de input van N via

sediment zijn getijdenwater en atmosferische depositie minder groot. Het is niet goed mogelijk afzonderlijke vergelijkbare stikstofbudgetten te maken voor eilandkwelders en vastelandkwelders (**kennislacune**). Meer gedetailleerde gegevens zijn bekend van de eilandkwelder van Schiermonnikoog door rechtstreekse metingen op jonge (15 jaar) en oude (100 jaar) kwelder (**Van Wijnen & Bakker 2000**). De totale hoeveelheid N (bovengrondse plantendelen, strooisel, wortels, organische voorraad in de bodem, anorganische voorraad in de bodem) neemt toe tijdens de successie. De atmosferische depositie neemt toe van jonge kwelder met lage vegetatie naar oude kwelder met hoge vegetatie en is relatief hoog ten opzichte van de voor productie beschikbare hoeveelheid stikstof (Tabel 1). Er zijn geen vergelijkbare gegevens bekend van vastelandkwelders in het Waddengebied of schorren in ZW-Nederland (**kennislacune**).

Tabel 1. Stikstof budget (kg N/ha) voor de voorraad in de bodem en de fluxen via mineralisatie, inundatie en atmosferische depositie (N kg N/ha/jaar) voor hoge en lage kwelder van 15 en 100 jaar oud op Schiermonnikoog (Van Wijnen & Bakker 2000).

Leeftijd	Hoge kwelder		Lage kwelder	
	15 jaar	100 jaar	15 jaar	100 jaar
N organisch bodem	500	2600	820	4500
N anorganisch bodem	49	161	69	123
N-mineralisatie	28	127	25	80
N in water	0	2	44	4
N atmosferische depositie	21	36	21	36

3.1 Vermesting

Kwelders worden gezien als gelimiteerd door stikstof (**Mitsch & Gosselink 2000**) en N-limitatie is aangetoond in Europese kweldervegetatie door **Jefferies & Perkins (1977)**, **Lendertse (1995)**, **Kiehl et al. (1997)**, **Van Wijnen & Bakker (1999)** en **Tessier et al. (2003)**. Deze experimenten werden uitgevoerd op de lage en hoge kwelder. Gedurende de successie in kwelders wordt N geaccumuleerd in organisch materiaal en N mineralisatie neemt toe met de leeftijd van de kwelder (**Van Wijnen et al. 1999**). Deze ophoping van N wordt, naast de ontwikkeling van de bodemfauna, gezien als de belangrijkste factor achter successie, omdat concurrentie om voedingsstoffen wordt vervangen door concurrentie om licht. De gevoeligheid wordt vooral toegeschreven aan de toename van soorten uit een latere fase van de successie (versnelde successie, **Van Wijnen & Bakker 1997; 1999; Bakker & De Vries 2011**) en een toename van de productiviteit (**Bobbink & Hettelingh 2011**). De versnelde successie zal uiteindelijk leiden tot vergrassing met Zeekweek (zeker wanneer beweiding achterwege blijft) en verruiging. **Veeneklaas et al. (2012)** evenwel betogen dat de dominantie van Zeekweek eerder door veroudering van de kwelder dan door de atmosferische depositie wordt veroorzaakt.

In het water van de Waddenzee zijn plantenvoedende stoffen aanwezig aangevoerd door de grote rivieren Rijn, Maas, Weser en Elbe. Deze zijn positief gecorreleerd met de hoeveelheid chlorofyl in de Waddenzee. Dat leidt er toe dat de gedurende de laatste 20 jaar dalende hoeveelheden totaal N resulteren in minder fytoplankton in de Waddenzee. De specifieke N-belasting (totaal N gedeeld door totale afvoer van rivieren op jaarbasis) bedraagt in 2005 voor de Waddenzee rond 4000 mg N/m³ (**Van Beusekom et al. 2009**). Hoe deze getallen er uit zien voor de schorren in ZW-Nederland en de Schelde is niet duidelijk (**kennislacune**).

De kleiige vastelandkwelders verschillen van de zandige eilandkwelders. Vastelandkwelders kennen een gemiddelde opslibbing van 7–29 mm/jaar (**Dijkema & Van Duin 2012**), eilandkwelders 0–3 mm/jaar (**Van Wijnen & Bakker 2001**). Er zijn grote plaatselijke verschillen in

opslibbing op kwelders. De afstand tot de bron van het slib (kwelderrand of slenk/kreek) speelt hierbij een belangrijke rol. Dichtbij de kwelderrand kan tot 20 mm/jaar worden afgezet op een vastelandkwelder, op 1000 m van de kwelderrand vindt geen opslibbing plaats: het slib is op de kwelderrand in de vegetatie achtergebleven en verder van de rand spoelt water over de kwelder waar geen slib meer in zit (Schröder et al. 2002). Bij weinig slib aanvoer en stijgende zeespiegel kan een kwelder vernatten, waardoor de vegetatie kan veranderen. Op de kwelder van Schiermonnikoog is ver van de rand de overheersende soort Zeekweek vervangen door Riet (Veeneklaas et al. 2012).

Beweide kwelders hebben een lage vegetatie waarin meer soorten kunnen voorkomen dan op een onbeweide kwelder (Bakker & De Vries 2011). De hoogte van de vegetatie is van belang voor het vangen van N-depositie. Korte vegetatie vangt ongeveer 20 kg N/ha/jaar, terwijl hoge vegetatie bijna 40 kg N/ha/jaar vangt aan natte atmosferische depositie (Van Wijnen & Bakker 2000). Deze getallen gelden voor Schiermonnikoog, maar zijn in ZW-Nederland dichter bij industriegebieden zeker hoger (zie ook onderzoek naar de effecten van het gebruik van Maasvlakte 2 op bestaande duinen, in prep). Beweiding heeft ook invloed op de N-huishouding in de bodem. Door compactie van de bodem neemt de bulk density (dichtheid) toe en de redox potentiaal af: de bodem wordt minder zuurstofrijk. Dit heeft tot gevolg dat de N-mineralisatie met een factor vier lager is dan op een onbeweide kwelder. Een deel van de anorganische N wordt door denitrificatie omgezet in N₂ dat in de lucht verdwijnt. Deze processen worden beschreven voor de kwelder van Schiermonnikoog met name op de kleibodem en in mindere mate op de zandige bodem tegen de duinen aan (Schrama et al. 2011, Schrama 2012).

3.2 Fauna

Voor de Bontbekplevier, Strandplevier en Visdief wordt mogelijk afname van de nestgelegenheid (2) en afname van de prooibeschikbaarheid (6) verwacht. Voor de Grutto, Kievit, Scholekster, Blauwe kiekendief, Bruine kiekendief, Grauwe kiekendief, Velduil en Watersnip wordt mogelijk afname prooibeschikbaarheid (6) verwacht. Voor de Tureluur (tevens typische soort) worden mogelijke effecten als gevolg van een koeler en vochtiger microklimaat (1) en afname prooibeschikbaarheid (6) verwacht. Een uitsplitsing van deze factoren naar de onderscheiden soorten is terug te vinden in de kenschets en een beschrijving van de specifieke factoren is terug te vinden in paragraaf 2.4 van Deel I.

4. Andere omstandigheden die de effecten van stikstofdepositie beïnvloeden

4.1 Bodemdaling

Bodemdaling versnelt het effect van zeespiegelrijzing. De bodem van de Nederlandse kustzone daalt als gevolg van allerlei geologische en antropogene processen (isostasie, tektoniek, compactie, ontwatering), maar lokaal ook door gaswinning. De bodemdaling boven het reusachtige Groningse gasveld Slochteren strekt zich uit onder de kwelders en het wad en bedraagt maximaal circa 40 cm sinds het begin van de winning begin jaren 60. Kleinere velden zijn Ameland, Zuidwal, Blija, Moddergat en Lauwersoog. Op Ameland bedroeg de bodemdaling in 2009 maximaal circa 30 cm sinds het begin van de winning in 1986 (Ketelaar et al. 2011), in de andere kleine velden slechts enkele cm. De recent gestarte winningen (dit zijn alle velden behalve Slochteren en Ameland) gebeuren onder voorwaarde dat dit niet leidt tot ecologische schade door

bodemdaling, maar voor de langer bestaande locaties is dit principe van 'hand aan de kraan' niet verplicht. Tot nog toe is er ondanks uitgebreide monitoring en onderzoek echter geen duidelijke schade aan de natuur geconstateerd (www.waddenzee.nl/Home_bodemdaling.0.html). Op kwelders leidt bodemdaling tot versnelde opslibbing, met name langs de rand van de kwelder en langs slenken/kreken (Wintermans 2012), en de slibvoorraad in de Noordzee is zo groot dat beschikbaarheid van slib nooit een beperkende factor zal worden (www.natuurkennis.nl). Wel is het zo dat op sommige plaatsen verder van de rand van de kwelder en slenk/kreek de opslibbing onvoldoende is om de bodemdaling bij te houden, en er dus netto daling van het maaiveld plaatsvindt (Wintermans 2012). Nog onverklaard is dat op dergelijke plaatsen geen retrograde successie ('regressie') optreedt, maar de vegetatie opmerkelijk stabiel is (Dijkema et al. 2011) (kennislacune).

4.2 Zeespiegelrijzing

Zeespiegelstijging leidt, wanneer de opslibbing die niet kan bijhouden, tot een verminderde droogvalduur van slikken en platen en mogelijk uiteindelijk tot het permanent onder water verdwijnen van de platen. Momenteel wordt de drempelwaarde van relatieve zeespiegelstijging, waarbij de Waddenzee 'verdrinkt', geschat op zo'n 60 cm per eeuw, maar er is variatie tussen getijdebekkens (30 cm) en kwelders (90 cm). Deze kritische waarden liggen dicht bij de verwachte snelheid van zeespiegelstijging (85–120 cm in de komende eeuw, plus 10 cm bodemdaling, totaal 95–130 cm) (Dijkema et al. 1990, www.natuurkennis.nl). De afstand tot de bron van sediment, namelijk de rand van de kwelder of een kreek of slenk, is sterk bepalend voor de snelheid van opslibbing. Bij niet al te snelle zeespiegelstijging zal de opslibbing deze in elk geval aan de kwelderrand en in de buurt van kreken kunnen bijhouden. Echter, op de Waddeneilanden kunnen delen van de kwelder die verder van de rand of van een kreek liggen dan te maken krijgen met regressie, bij voorbeeld overgang van H1330A naar H1310A. Vastelandkwelders zullen door de hoge opslibbing weinig last hebben van zeespiegelstijging (Dijkema & Van Duin 2012).

4.3 Erosie

Wanneer een kwelder hoog is opgeslibd kan de netto sedimentatie omslaan in netto erosie. Er treedt dan klifvorming op. Dit kan ook veroorzaakt worden door het migreren van geulen in het dynamische getijdenmilieu. In de Waddenzee heeft zich sinds de afsluiting van de Zuiderzee en de Lauwerszee ook nog steeds geen nieuw evenwicht tussen erosie en sedimentatie ingesteld (Slim et al. 2011). In het Zuidwestelijk deltagebied (en met name in de Oosterschelde) treedt op grote schaal erosie van kwelders op door bedijking, verkleining van de getijdeslag en vermindering van de aanvoer van sediment (Groenendijk 1987, Storm 1999, Jacobse et al. 2008). In het Westerschelde bekken treedt erosie op door uitdieping van vaargeulen maar hier treedt in Saeftinghe juist groei van het kwelderareaal op die de erosie compenseert.

5. Maatregelen tegen de effecten van stikstofdepositie

5.1 (Extra) begrazen

Beweiding helpt de successie (en daarmee verruiging) tegen te gaan en brengt meer evenwicht in het patroon van de verschillende successiestadia van de kwelders (Bakker 1987, 1989, Esselink 2000, Olf et al. 1997). De vegetatie wordt lager en vangt daardoor minder atmosferische depositie: reductie van 4 tot 2 kg N/ha/jaar (Van Wijnen & Bakker 2000). Beweiding leidt ook tot

compactie van de bodem en daardoor tot minder N-mineralisatie (Schrama et al. 2011, Schrama 2012).

6. Maatregelen gericht op functioneel herstel

6.1 Afplaggen

Door de toplaag af te plaggen en eventueel zelfs de zode verder af te graven, kan de successie worden teruggezet, mits er een open verbinding met zee is. In een studie in het Duitse waddengebied is deze maatregel succesvol toegepast om de dominantie van Zeekweek te doorbreken en andere karakteristieke soorten opnieuw een vestigingskans te bieden (Kiehl et al. 2012). In hoeverre deze maatregel op langere termijn succesvol blijft, moet nog worden onderzocht (**kennislacune**). Van belang is de diepte waarmee wordt afgeplagd en de snelheid waarmee aangevoerd sediment voor opvulling zorgt.

6.2 Dynamisch kustbeheer

Voor behoud van hun areaal, verspreiding en kwaliteit is het van belang dat kwelders en schorren in voldoende mate onder invloed blijven staan van natuurlijke erosie- en sedimentatieprocessen. Daarnaast moeten er meer kansen komen voor natuurlijke verjonging. Op de Waddeneilanden verouderen kwelders door de aanleg van stuifdijken. Vastlandkwelders verouderen doordat ze niet meer het wad op groeien (kwelderwerken worden niet uitgebreid, alleen nog onderhouden). Ze raken daardoor bekneld tussen het wad en de zeedijk (Esselink 2000). Natuurlijke verjonging van kwelders bij de Waddeneilanden vond vroeger ook plaats achter de zogenaamde washovers, waar zand vanaf de Noordzeekust tijdens stormvloed werd afgezet op de achterliggende kwelders. Dit gebeurt nu nog steeds door natuurlijke verlegging van slenken, die lokaal tot zowel sterke erosie (Slim et al. 2011) als sterke sedimentatie kan leiden. Een optie is het (lokaal) verwijderen van stuifdijken op de eilanden om verouderde kwelders te verjongen, maar hiermee is nog geen ervaring opgedaan (Lammerts et al. 2009, **kennislacune**). Dynamisch kustbeheer kan de vorming van groene stranden bevorderen, en daarmee bijdragen aan de instandhouding of uitbreiding van dit type. Hiervoor wordt verwezen naar Deel III.

Een systeembenadering biedt een robuuste aanpak voor het meegroeien van de Waddenzee met klimaatveranderingen. Daarvoor zijn nodig: beschikbaarheid van sediment (voldoende zand en slib), het vastleggen van dit sediment (meer luwe zones) en de vrije toegang voor wind en water, de natuurlijke transporteurs van sediment naar de juiste plekken. De strategie voor een klimaatbestendige Waddenzee zal zich moeten richten op manieren om het natuurlijke systeem te ondersteunen (bijv. met zandsuppleties en verminderen van het baggervolume) en om met eenmalige ingrepen de natuurlijke processen op gang te brengen (zoals het weghalen van zomerkaden aan de landzijdige kant van kwelders en het creëren van meer doorbraakgeulen op de staarten van de eilanden). Soms moeten ook eerdere menselijke ingrepen, waardoor de natuur zijn werk niet meer kan doen, ongedaan worden gemaakt (www.natuurkennis.nl). Vooral nog lijkt de zeespiegelrijzing in voldoende mate te worden gecompenseerd door natuurlijke verhoging van de kwelders (opslibbing). In dat geval wordt de successie tegengehouden en dragen zeespiegelstijging en bodemdaling dus bij aan de instandhouding van de jongere stadia van dit type.

7. Uitbreiding van oppervlakte

Uitbreiding van oppervlakte kan op dezelfde manier plaatsvinden als beschreven onder paragraaf 5 en 6. Duurzaam behoud is alleen gegarandeerd op locaties waar de voor het type noodzakelijke dynamiek aanwezig is, dus het is belangrijk dat potentiële uitbreidingslocaties hierop worden beoordeeld. Naast genoemde maatregelen in paragraaf 6, kan tevens uitbreiding plaatsvinden door te ontpolderen of te verkwelderen (Van Oevelen et al. 2000, Wolters 2006) of het aanleggen van een kwelderrandverdediging (Arens et al. 2009, Van Loon-Steensma & Slim 2013), op enige afstand van de kwelderrand (Van Loon-Steensma et al. in prep.). Door Van Duin & Dijkema (2012) worden de randvoorwaarden beschreven waaraan een kwelder in de Waddenzee bij voorkeur moet voldoen. Deze randvoorwaarden zouden een hulpmiddel kunnen zijn bij actieve stimulering van kwelders of verbetering van kwelders.

Voor het Schelde-estuarium is door Nolte et al. (2011) gekeken naar buitendijkse (procesgerichte) herstelmaatregelen zoals verondiepen en versmallen van de geulen. Volgens dit rapport verdienen (combinatie)alternatieven waarin (binnendijkse) procesgerichte maatregelen een substantieel onderdeel zijn, de voorkeur boven (buitendijkse) habitatgerichte maatregelen, omdat zij structureler en duurzamer bijdragen aan natuurherstel in de Westerschelde. Dit zal echter op termijn wel leiden tot een vervanging van H1330A door H1330B.

Voor de Oosterschelde is veel studie gedaan naar manieren om de 'zandhonger' van dit bekken (die de oorzaak is van de kweldererosie) weg te nemen (Van Zanten & Adriaanse 2008). De meest kansrijke maatregel wordt momenteel geacht het suppleren van platen met zand uit de Oosterschelde zelf, eventueel in combinatie met oeververdediging. De oeververdediging kan in de vorm van stenen dammen (eventueel 'getrapt' aan te brengen), maar ook schelpenbanken (oesters of mosselen) kunnen hiervoor worden overwogen (Witteveen+Bos & Rijkswaterstaat Zeeland 2011).

8. Effectiviteit en duurzaamheid

Zilte begroeiingen op van kwelders en schorren bestaan voornamelijk uit overblijvende en een paar eenjarige soorten. Voor de laatste groep moet de standplaats ieder jaar opnieuw worden gekoloniseerd. Voor een duurzaam voortbestaan van deze gemeenschappen is het van essentieel belang dat zoutwatergetijdengebieden intact blijven en dat door opslibbing en erosie telkens weer nieuwe biotopen kunnen ontstaan, zodat de begroeiing in tijd en ruimte kan variëren (Schaminée et al. 1998).

9. Overzichtstabel

Deze overzichtstabel is bedoeld als ondersteuning bij de te nemen maatregelen uit paragraaf 5 en 6 en dient slechts samen met de tekst te worden toegepast.

Maatregel	Type	Doel	Potentiële effectiviteit	Randvoorwaarden / succesfactoren	Vooronderzoek	Herhaalbaarheid	Responstijd	Mate van bewijs
(Extra) begrazen	H/U	Successie vertragen	Groot		Niet noodzakelijk	Zo lang als nodig	Even geduld	B
Afplaggen	H/U	Start successie	Groot		Op standplaats	Beperkte duur	Direct	H
Dynamisch kustbeheer	H/U	Start successie	Groot		Niet noodzakelijk	Zo lang als nodig	Even geduld tot lang	H
Ontpolderen/ Wisselpolders	U	Vergroten areaal	Groot	Polder moet geschikte hoogteligging hebben; maatschappelijk draagvlak	Op standplaats	Zo lang als nodig	Even geduld tot vertraagd	V
Aanleg kwelderrand	U	Vergroten areaal	Groot	Voorland moet geschikte hoogteligging hebben	Op standplaats	Zo lang als nodig	Even geduld tot lang	B

Verklaring kolommen:

Maatregel: soort maatregel, corresponderend met informatie uit paragraaf 5 en 6

Type: H = herstelmaatregel, U = uitbreidingsmaatregel

Doel: beoogde effect van de maatregel (ten behoeve van behoud, herstel en/of uitbreiding)

Potentiële effectiviteit: klein/matig/groot. Effectiviteit van de maatregel (als regime) ten opzichte van andere maatregelen en gerelateerd aan het beoogde effect

Randvoorwaarden / succesfactoren: de belangrijkste randvoorwaarden en succesfactoren van de maatregel

Vooronderzoek: niet noodzakelijk, op standplaats (in het HT zelf of in de directe omgeving), LESA (LandschapsEcologische SysteemAnalyse: Van der Molen 2010).

Herhaalbaarheid: eenmalig (kan maar eenmalig worden uitgevoerd, bijv. dempen sloten); beperkte duur (bij intensivering gaan nadelen opwegen tegen voordelen) of zo lang als nodig (geen negatieve trade-off tussen intensiteit en effectiviteit. Kun je altijd mee doorgaan, geen negatieve gevolgen).

Responstijd: dit betreft het effect van de maatregel (regime): Direct (< 1 jr); Even geduld (1 tot 5 jr); Vertraagd (5 tot 10 jr); Lang (meer dan 10 jr).

Mate van bewijs:

B – Bewezen: de maatregel heeft onder de in de tekst gegeven voorwaarden (gebiedssituatie + manier van uitvoeren) met zekerheid het in de tekst beschreven positieve effect als hij in de praktijk wordt uitgevoerd. In de regel zal dat onderbouwd moeten zijn met (OBN-)literatuur, maar het kan eventueel ook met (nog niet eerder gepubliceerde) goed gedocumenteerde waarnemingen en o.a. OBN handleidingen.

V – Vuistregel: de maatregel kan onder de in de tekst gegeven voorwaarden (gebiedssituatie + manier van uitvoeren) in veel gevallen het in de tekst beschreven positieve effect hebben als hij in de praktijk wordt uitgevoerd, maar dat is niet zeker. Redenen voor de onzekerheid kunnen zijn dat uit monitoring is gebleken dat er ook (onverklaarde) mislukkingen zijn of dat de voorwaarden voor succesvol herstel nog niet goed bekend zijn.

H – Hypothese: door logisch nadenken is een maatregel geformuleerd die in de praktijk nog niet of nauwelijks is uitgetoetst, maar die in theorie effectief zou kunnen zijn. De aanleiding van de hypothese kan gelegen zijn in analogieën (de maatregel is een vuistregel of bewezen maatregel in een sterk verwant habitatype) of in processen waarvan we denken dat we ze goed begrijpen, maar die echter nog niet op praktijkschaal zijn getoetst.

10. Literatuur

- Arens, S.M., A.B. van den Burg, P. Esselink, A.P. Grootjans, P.D. Jungerius, A.M. Kooijman, C. de Leeuw, M. Loffler, M. Nijssen, A.P. Oost, H.H. van Oosten, P.J. Stuyfzand, C.A.M. van Turnhout, J.J. Vogels & M. Wolters 2009. Preadvies Duin- en Kustlandschap. Directie Kennis, Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, Ede. 171 p.
- Bakker, J.P. & Y. De Vries 2011. Bemesting op de kwelder. *De Levende Natuur* 102: 102–105.
- Bakker, J.P. 1987. Diversiteit in de vegetatie door begrazing: pp. 150–164. In: Bie, S. de, W. Joenje & S.E. van Wieren (red.). *Begrazing in de natuur*. Pudoc, Wageningen.
- Bakker, J.P. 1989. *Nature Management by Grazing and Cutting*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Bobbink, R. & J.P. Hettelingh (eds.) 2011. Review and revision of empirical critical loads and dose-response relationships. Proceedings of an expert workshop, Noordwijkerhout, 23–25 June 2010. RIVM rapport 680359002, 244p.
- Dijkema, K., A. Nicolai, J. de Vlas, C.J. Smit, H. Jongerius & H. Nauta 2001. Van Landaanwinning naar Kwelderwerken. Leeuwarden: Rijkswaterstaat, Directie Noord-Nederland / Texel: Alterra, 68p.
- Dijkema, K.S. & W.E. van Duin 2012. 50 jaar monitoring van kwelderwerken. *De Levende Natuur* 113: 118–122.
- Dijkema, K.S. 1990. Salt and Brackish Marshes Around the Baltic Sea and Adjacent Parts of the North Sea: Their Vegetation and Management *Biological Conservation* 51: 191–209.
- Dijkema, K.S., Bossinade, J.H., Bouwsema, P. & de Glopper, R.J. 1990. Salt marshes in the Netherlands Wadden Sea: rising high-tide levels and accretion enhancement. In: J.J. Beukema, W.J. Wolff & J.J.W.M. Brouns (red.). *Expected effects of climate change on marine coastal ecosystems*. Kluwer Academic publishers: p. 173–188.
- Dijkema, K.S., W.E. van Duin, E.M. Dijkman, P.W. van Leeuwen, 2007. *Monitoring van Kwelders in de Waddenzee*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1574. 63 blz.; 18 fig.; 5 tab.; 58 ref.
- Dijkema, K.S., van Dobben, H.F., Koppenaar, E.C., Dijkman, E.M., van Duin, W.E. 2011. Kweldervegetatie Ameland 1986–2010: effecten van bodemdaling en opslibbing op Neerlands Reid en De Hon. In: Begeleidingscommissie *Monitoring Bodemdaling Ameland* (ed.), *Monitoring Effecten van Bodemdaling op Ameland-Oost: Evaluatie na 23 Jaar Gaswinning*, pp. 1–167. http://www.interwad.nl/Rapportage_201.2785.0.html.
- Esselink, J.W.P. 2000. *Nature Management of Coastal Salt Marshes; Interactions between anthropogenic influences and natural dynamics*. Dissertatie Rijksuniversiteit Groningen.
- Groenendijk, A.M. 1987. *Ecological consequences of a storm-surge barrier in the Oosterschelde: the salt marshes*. PhD Thesis Rijksuniversiteit Utrecht.
- Jacobse, S., Scholl, O., van de Koppel, J. 2008. *Prognose van schor- en slikontwikkeling in de Oosterschelde*. Rijkswaterstaat Rapport 9T4814.BO
- Jefferies, R.I. & N. Perkins 1977. The effects on the vegetation of the additions of inorganic nutrients to salt marsh soils at Stiffkey, Norfolk. *Journal of Ecology* 65: 867–882.
- Ketelaar, G., W. van der Veen & D. Doornhof 2011. *Bodemdaling*. In: Begeleidingscommissie *Monitoring Bodemdaling Ameland* (ed.), *Monitoring Effecten van Bodemdaling op Ameland-Oost: Evaluatie na 23 Jaar Gaswinning*. Deel 1. Assen, the Netherlands: Begeleidingscommissie *Monitoring Bodemdaling Ameland*, pp. 9–28. http://www.interwad.nl/fileadmin/content/Bodemdaling/2011/pdf/Rapport_Deel_1_Bodemdaling.pdf.

- Kiehl, K., A. Groeneveld, U. Meyer-Spethmann & H-W. Linders 2012. Restoration of natural dynamics by topsoil removal un Elymus-dominated Wadden-Sea marshes. Poster ECER 2012.
- Kiehl, K., Esselink, P. & J.P. Bakker 1997. Nutrient limitation and plant species composition in temperate salt marches. *Oecologia* 111, 325-330.
- Lammerts, E.J., M. Nijssen, A.P. Grootjans, A.M. Kooijman & A.P. Oost 2009. Het belang van ruimte- en tijdschalen voor ecologisch herstel van het kustlandschap. *De Levende Natuur* 110: 158-16.
- Leendertse, P.C. 1995. Impact of nutrients and heavy metals on salt marsh vegetation in the Wadden Sea. Dissertatie, Vrije Universiteit Amsterdam.
- Mitsch, W.J. & J.P. Gosselink 2000. *Wetlands*, 3rd edn. Wiley, New York.
- Nolte, A.J. e.a. 2011. Natuurherstel in de Westerschelde: De mogelijkheden nader verkend. Deltares Hoofdrapport 1204087-000.
- Oloff, H., J. de Leeuw, J.P. Bakker, R.J. Platerink, H.J. van Wijnen & W. de Munck 1997. Vegetation succession and herbivory in a salt marsh: changes induced by sea-level rise and silt deposition along an elevational gradient. *Journal of Ecology* 85: 799-814.
- Runhaar, H., M.H. Jalink, H. Hunneman, J.P.M. Witte & S.M. Hennekens 2009. Ecologische vereisten habitattypen. KWR 09-018, 45 pp.
- Schaminée, E.J. Weeda & V. Westhoff 1998. *De Vegetatie van Nederland deel 4. Kust en binnenlandse pioniermilieus*. Opulus press, Uppsala/Leiden.
- Schrama, M.J.J. 2012. The assembly of a saltmarsh ecosystem; the interplay of green and brown food webs. Dissertatie Rijksuniversiteit Groningen. 240 p.
- Schrama, M.J.J., P. Heyning, H. Oloff & M.P. Berg 2011. Hoe reageren kweldervegetaties op betreding door grote grazers. *De Levende Natuur* 112: 196-198.
- Schröder, H.K., K. Kiehl & M. Stock 2002. Directional and non-directional vegetation changes in a temperate salt marsh in relation to biotic and abiotic factors. *Applied Vegetation Science* 5: 33-44.
- Slim, P.A., R.M.A. Wegman, M.E. Sanders, H.P.J. Huiskes & H.F. van Dobben 2011. 2.7 Monitoring kwelderrand Oerderduinen; Onderzoek naar de effecten van bodemdaling door gaswinning op de morfologie en vegetatie van de kuststrook ten zuiden van Het Oerd en de Oerderduinen op Oost-Ameland: 125-176. In: Monitoring effecten van bodemdaling op Ameland-Oost; evaluatie na 23 jaar gaswinning. Deel 1. Begeleidingscommissie Monitoring Bodemdaling Ameland, [Assen] (http://www.waddenzee.nl/Rapportage_2011.2785.0.html).
- Storm, K. 1999. Slinkend Onland: over de omvang van zeeuwse schorren; ontwikkelingen, oorzaken en mogelijke beheersmaatregelen. Achtergronddocument bij de Rijkswaterstaat Zeeland beheersvisie voor de schorren in de Westerschelde en Oosterschelde: 'balanceren op de schorrand'. Rapport Rijkswaterstaat Zeeland NOTA AX-99.007.
- Tessier, M., J.P. Vivier, A. Quin, J.C. Gloaguen & J.C. Lefeuvre 2003. Vegetation dynamics and plant species interactions under grazed and ungrazed conditions in a western European salt marsh. *Acta Oecologia* 84: 103-111.
- Van Beusekom, J.E.E., P.V.M. Bot, J. Carstensen, J.H.M. Goebel, H. Lenhart, J. Pätsch, T. Petenati, T. Raabe, K. Riese & B. Wetsteijn 2009. Eutrophication. Thematic Report No. 6. In: Marencic, H. & De Vlas, J. (eds). Quality Status Report 2009. Wadden Sea Ecosystem No. 25. Common Wadden Sea Secretariat. Trilateral Monitoring and Assessment Group. Wilhelmshaven, Germany.
- Van der Molen, P.C., G. Baaijens, A.P. Grootjans & A.J.M. Jansen 2010. Landschapsecologische Systemanalyse. Online rapport Regiebureau Natura 2000.
- Van Dobben, H.F., R. Bobbink, A. van Hinsberg & D. Bal 2012. Overzicht van kritische depositiewaarden voor stikstof, toegepast op habitattypen en leefgebieden van Natura 2000. Alterra-rapport, Wageningen.

- Van Duin, W.E. & K.S. Dijkema 2012. Randvoorwaarden voor kwelderontwikkeling in de Waddenzee en aanzet voor een kwelderkanalenkaart. Imares Rapport C076/12
- Van Loon–Steensma, J.M. & P.A. Slim 2013. The Impact of Erosion Protection by Stone Dams on Salt–Marsh Vegetation on Two Wadden Sea Barrier Islands. *Journal of Coastal Research* 29 (4): 783–796 (<http://www.jcronline.org/doi/abs/10.2112/JCOASTRES-D-12-00123.1>).
- Van Loon–Steensma, J.M., H.F. van Dobben, P.A. Slim & R. Huiskes in prep. Restoration of salt marsh vegetation by the construction of stone dams.
- Van Oevelen, D., E. van den Bergh, T. Ysebaert & P. Meire 2000. Literatuuronderzoek naar ontpolderingen. Instituut Voor Natuurbehoud / Universitaire Instellingen Antwerpen, Brussel / Wilrijk. 50 p. + 3 bijl.
- Van Wijnen, H.J. & J.P. Bakker 1997. Nitrogen accumulation and plant species replacement in three salt marsh systems in the Wadden Sea. *J Coast Conserv* 3:19–26.
- Van Wijnen, M. & J.P. Bakker 1999. Nitrogen accumulation and plant species replacement in three salt–marsh systems in the Wadden Sea. *Journal of Coastal Conservation* 3: 19–26.
- Van Wijnen, H.J. & J.P. Bakker 2000. Annual nitrogen budget of a temperate coastal barrier salt–marsh system along a productivity gradient at low and high marsh elevation. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 3:128–141.
- Van Wijnen, H.J. & J.P. Bakker 2001. Long–term surface elevation changes in salt marshes: a prediction of marsh response to future sea–level rise. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 52: 381–390.
- Van Wijnen, H.J., R. Van der Wal & J.P. Bakker 1999. The impact of herbivores on nitrogen mineralization rate: consequences for salt–marsh succession. *Oecologia* 118, 225–231.
- Van Zanten, E. & L.A. Adriaanse 2008. Verminderd getij: verkenning van mogelijke maatregelen om de erosie van de platren, slikken en schorren van de Oosterschelde te beperken. Rijkswaterstaat Zeeland, Rapport RWS/2008.
- Witteveen+Bos, Rijkswaterstaat Zeeland. 2011. MIRT Verkenning Zandhonger Oosterschelde: Notitie Reikwijdte en Detailniveau.
- Veeneklaas, R.M., K.S. Dijkema, N. Hecker & J.P. Bakker 2012. Spatio–temporal dynamics of the invasive plant species *Elytrigia atherica* on natural saltmarshes. *Applied Vegetation Science*, in press. Doi: 10.1111/j.1654–109X.2012.01228.x.
- Wintermans, G. 2012. Effecten van bodemdaling door gaswinning op het Waddenzeegebied. *De Levende Natuur* 113: 129–135.
- Wolters, H.E. 2006. Restoration of salt marshes. Dissertatie Rijksuniversiteit Groningen. 168 p. www.natuurkennis.nl. Website Ontwikkeling + Beheer Natuurkwaliteit.