



Verjonging en veroudering van eilandstaarten in de Waddenzee

Alma de Groot, Albert Oost, Roos Veeneklaas, Evert Jan Lammerts, Willem van Duin, Bregje van Wesenbeek & Oscar Bos

Foto 1. Oostpunt van Schiermonnikoog in 2011 met het hoogste gedeelte (berm) aan de Noordzeezijde met daarop mobiele duinvorming (wit). Waddenwaarts ervan migreren duinen (wit) over een natte (grijs) vlakte. In de luwte van de duinenrij (rechts) zijn minder duinen aanwezig (foto <https://beeldbank.rws.nl>, Rijkswaterstaat/Joop van Houdt).

Veel Waddeneilanden hebben aan de oostzijde een karakteristieke ‘staart’. Deze is onbedijkt en bestaat uit dynamische strandvlaktes, brede stranden, groene, begroeide stranden, duinen en kwelders, soms doorsneden door laagten waar tijdens storm water van de Noordzee naar de Waddenzee stroomt, de washovers (fig. 1). Stuk voor stuk terreintypen met hoge natuurwaarden. De huidige eilandstaarten zijn echter beïnvloed door kunstmatige stuifdijken uit de 19e en 20e eeuw, die de dynamiek van wind en water sterk verminderd hebben. Daardoor zijn de eilandstaarten verstard en neemt het aandeel pioniervegetaties en jonge en middenstadia kwelders zienderogen af. Noch de huidige beheermaatregelen, zoals maaien en beweiding, noch het dynamisch kustbeheer blijken voldoende om een duurzame verjonging te bewerkstelligen.

Omdat het doorbreken van een stuifdijk een grote ingreep is, was er behoefte aan een betere onderbouwing van mogelijke redynamiseringsmaatregelen, als voorbereiding op de uitvoering van projecten. Dit is door ons onderzocht in opdracht van het O+BN, Deltaprogramma Waddengebied en Programma naar een Rijke Waddenzee (de Groot et al., 2015). De centrale vraag daarbij was: kun je door redynamisering van de eilandstaarten de biodiversiteit duurzaam verhogen? Om daar een uitspraak over te kunnen doen, is het van

Op een aantal eilanden worden daarom verdergaande maatregelen overwogen, die speciaal gericht zijn op het terugbrengen van de dynamiek van vóór de aanleg van de stuifdijken: redynamisering.

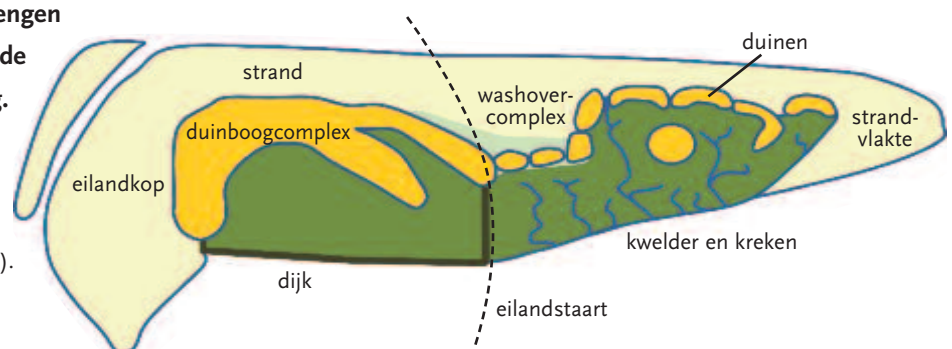


Fig. 1. Modelleiland en de elementen daarop. De eilandstaart (rechts) begint waar het duinboogcomplex (links) eindigt (naar Löffler et al., 2008).

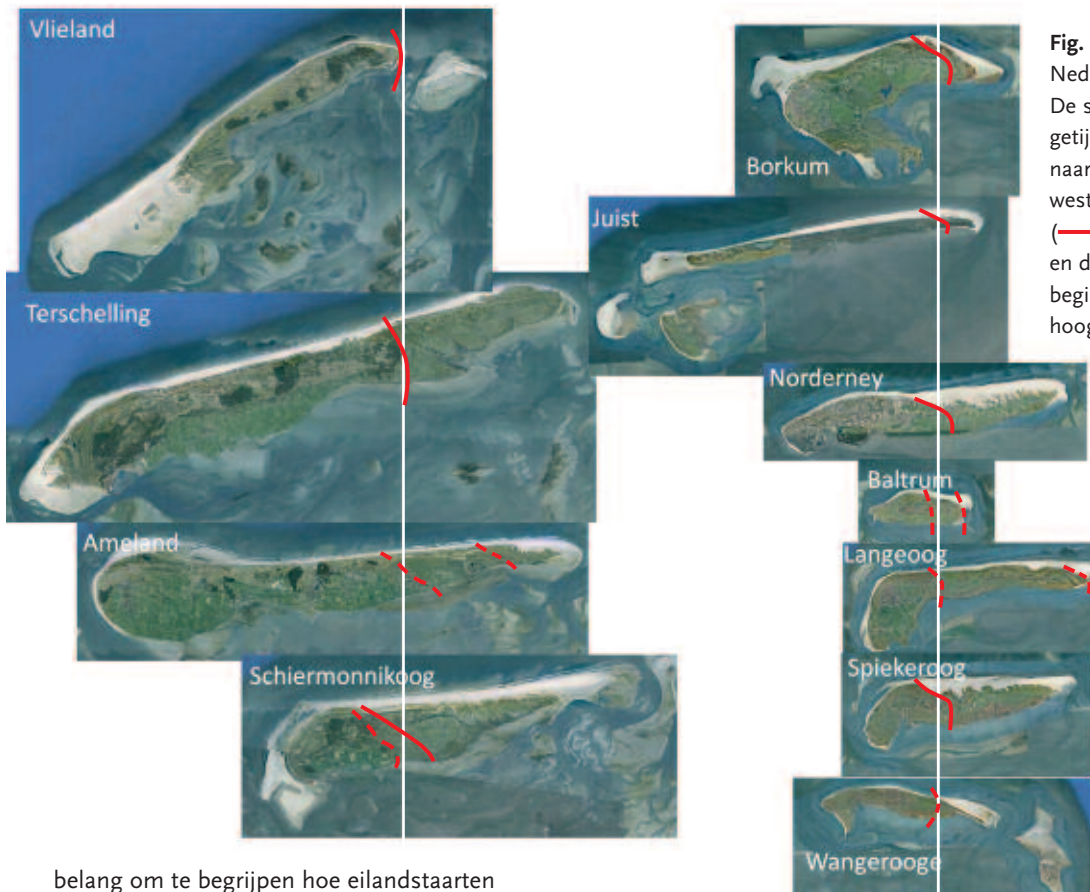


Fig. 2. Overzicht van de eilandstaarten van Nederland (links) en Nedersaksen (rechts). De schaal van alle figuren is gelijk. Het getijverschil neemt toe van linksboven naar rechtsonder. De **rode** lijnen geven de westelijke grens van de eilandstaart aan (— = zeker, - - - = onduidelijk), en de eilanden zijn zo geschoven dat het begin van de eilandstaarten ongeveer ter hoogte van de witte lijn ligt.

Bron: Google Earth.

lijk extra lang door grote zand-aanvoer, veroorzaakt door inpoldering van kwelders en de afsluiting van de Lauwerszee (Oost, 1995). De mate van menselijke beïnvloeding varieert van Texel dat door indijking geen eilandstaart meer heeft tot Spiekeroog met een bijna ongestoorde eilandstaartontwikkeling. Oude kaarten geven aan dat sommige eilandstaarten tot begin en andere tot halverwege vorige eeuw veel gevarieerder waren dan nu. Vanwege plannen

belang om te begrijpen hoe eilandstaarten zich ontwikkelen, geomorfologisch, waterhuishoudkundig, vegetatiekundig en faunistisch, en hoe de processen in elkaar grijpen. Een coherent beeld daarvan ontbrak. Met dat doel zijn eilandstaarten met een verschillende ontstaansgeschiedenis met elkaar vergeleken, en is gezocht naar een natuurlijk referentiekader met verschillende streefbeeld en naar effectieve maatregelen die kunnen worden genomen. Daarbij is dankbaar gebruik gemaakt van de vele kaarten, luchtfoto's en veldgegevens die in de loop van de tijd zijn verzameld van Nederlandse en Duitse eilanden, aangevuld met veldbezoeken.

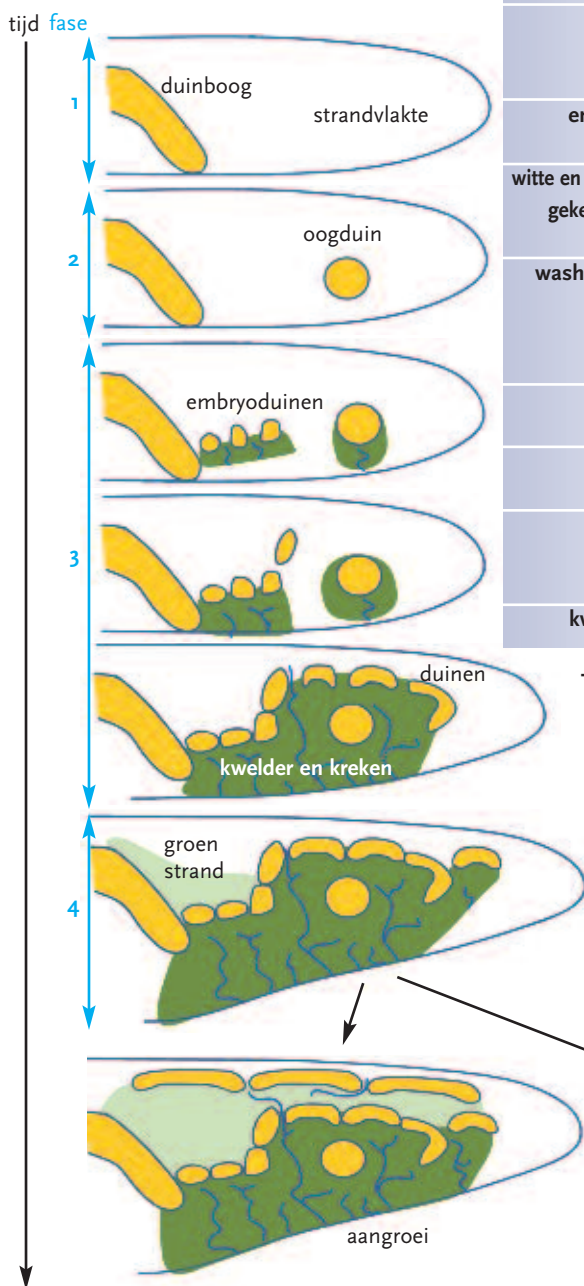
Het uiterlijk van de eilandstaarten

Wanneer de eilandstaarten in Nederland en Duitsland vergeleken worden, blijkt ten eerste dat eilandstaarten kennelijk niet aan grootte zijn gebonden (fig. 2). De grootte varieert: de eilandstaart van Schiermonnikoog is bijvoorbeeld net zo groot als het hele eiland Spiekeroog. Ook de verhouding tussen de grootte van de eilandstaart en de rest van het eiland varieert sterk, afhankelijk van verschillen in getij, leeftijd, ontwikkelingsstadium, sedimentbalans en menselijke ingrepen (Wolff, 1986). De staart van Schiermonnikoog is waarschijn-

voor het inpolderen van de Waddenzee zijn tot circa 1960 op meerdere eilanden stuifdijken aangelegd en tot circa 1990 actief onderhouden: op de Boschplaat op Terschelling rond 1932, op Ameland rond 1888 de Kooi-Oerdstuifdijk en rond 1959 op Schiermonnikoog de stuifdijk over de Oosterkwelder tot Willemsduin. In figuur 3 is te zien hoe die laatste stuifdijk de ontwikkelende duinen en kwelders afsnijdt

Fig. 3. De eilandstaart van Schiermonnikoog in 1959 (www.topotijdreis.nl), met linksboven de stuifdijk in aanleg, die uiteindelijk tot aan Willemsduin (rechts) door zou lopen.





Element	Beschrijving
strandvlakte	Een brede, kale zandvlakte doorlopend van Noordzee tot Waddenzee.
strand	Kaal zand tussen de waterlijn van de Noordzee en duinen, washovers en/of kwelders aan de landwaartse zijde.
groen strand	Een verhoogd strand begroeid met een mozaïek van duin-, duinvallei- en kweldervegetatie, meestal in combinatie met microbiële matten, en onder invloed van de zoetwaterafvoer van achterliggende duinen.
embryoduinen	Kleine duintjes tot ongeveer 2 meter hoog en maximaal een paar meter in diameter, meestal begroeid met Biestarwegras.
witte en grijze duinen/ gekerfde zeereep/ duinboog	Duinen hoger dan ca. 2 m en 10 - 1000 m lang, begroeid met o.a. Helm. Wanneer de duinen niet aaneengesloten zijn is dit een gekerfde zeereep. Een duinboog heeft naar de Waddenzee wijzende uiteinden.
washovercomplex	Een combinatie van een laagte (met sterk wisselende saliniteit en mogelijk microbiële matten) met flankerende duinen, voorliggend strand, achterliggende kwelder en eventueel groen strand, die bij hoge waterstanden (stormen) vanuit de Noordzee overstromd wordt richting kwelder.
washover	Doorbraakgeul tussen duinen, waar bij storm water vanuit de Noordzee naar het achterliggende gebied stroomt.
oogduinen	Ronde duinen die (oorspronkelijk) op het midden van een strandvlakte zijn ontwikkeld, los van een duinboogcomplex.
kwelder	Gebied begroeid met zouttolerante vegetatie, en een bodem die opslibt met kleig sediment vanuit de Waddenzee. Ligt tussen gemiddeld hoogwater en een hoogte met een overstromingsfrequentie van vijf keer per jaar.
kwelderkreken	Het boomvormig vertakte ('dendritische') afwateringssysteem van de kwelder.

Tabel 1. Elementen van een eilandstaart, ruwweg gaande van Noordzee naar Waddenzee (naar Löffler et al., 2008).

Fig. 4. Conceptueel model van eilandstaart ontwikkeling (uitgebreid naar ten Haaf & Buijs, 2008)

van de Noordzee. Hierdoor werden de duinenrijen grotendeels gesloten en kwamen de kweldergebieden definitief in de luwte te liggen. Vanwege het grotendeels wegvallen van dynamiek van wind en water kon hierdoor het kwelderareaal sterk uitbreiden (Bakker, 2014). Een ander gevolg was versnelde vegetatiesuccessie op duinen en kwelders, mede onder invloed van de stikstofdepositie. Op basis van deze patronen is de schematische ontwikkeling van een eilandstaart met en zonder stuifdijk gemaakt.

Natuurlijke ontwikkeling

Ondanks de verschillen in leeftijd en geschiedenis tussen de eilandstaarten,

bevatten ze allemaal vergelijkbare geomorfologische elementen in een min of meer vergelijkbaar ruimtelijk en temporeel patroon (tabel 1; fig. 1). Op basis van historische kaarten en foto's kon de natuurlijke ontwikkeling van eilandstaarten in vier fasen worden beschreven (fig. 4). Deze zogenaamde biogeomorfolologische successie is bekend van de afzonderlijke elementen duinen en kwelders (Corenblit et al., 2015), en gaat dus ook op voor een eilandstaart als geheel.

De **eerste fase**, de 'kale fase', begint met een onbegroeide, vlakke strandvlakte van enkele kilometers lang. Deze kan ontstaan door een geleidelijk aangroeiende staart

(Schiermonnikoog), door aangroei van een afgeslagen duinboogcomplex (Oerd op Ameland) of door het aanlanden van een losse zandplaat, zoals bij Terschelling. Ondanks deze verschillen in beginsituatie is de ontwikkeling die vervolgens plaatsvindt vergelijkbaar. Golven, stroming en wind hebben vrij spel en geven vorm aan de strandvlakte. In deze fase zijn de geomorfologische processen dominant: erosie, transport en afzetting van zand door wind en water. Tussen Noordzee en Waddenzee ontstaat daardoor een hogere richel ('berm') boven springhoogwater (foto 1). Op de gehele strandvlakte vormen zich wandelende duintjes en soms worden proto-washovers gevormd, waar het water tijdens stormen van Noordzee naar Waddenzee over de kale zandplaat stroomt en zo een laagte uitslijt.

De **tweede fase**, de 'pionierfase', begint met de vorming van embryo duinen. Waar de bodem hoog genoeg ligt en er vloedmerk (aangespoeld materiaal) aanwezig is, kan Biestarwegras (*Elytrigia juncea*) zich vestigen. Het gras vangt zand in en legt het vast, zodat een duintje ontstaat met een zoetwaterlensje. Doordat stormvloeden een aantal opeenvolgende jaren uitbleven, kon zich een embryo naal duinenveld ontwikkelen (van Heteren et al., 2006). Dit ligt niet bij de huidige waterlijn, maar halverwege Noordzee en Waddenzee, haaks op de bestaande duinboog (fig. 4), en is nog te zien in de oude duintjes op Neerlands Reid op Ameland en op de kwelder

van Schiermonnikoog (fig. 3). Voor de meeste planten- en diersoorten is in deze fase de dynamiek door wind en water nog te groot om zich te vestigen en is het duin nog erg in beweging

Veel karakteristieke elementen en soorten verschijnen pas geleidelijk in de **derde ('intermediaire') fase**, waarin de biologische processen in belang toenemen ten opzichte van de fysische processen. Wanneer er voldoende zandaanvoer is en grote stormvloed meer dan een decennium uitblijven, kunnen Helm (*Ammophila arenaria*) en Zandhaver (*Leymus arenarius*) zich vestigen op de embryonale duinen die daarmee uitgroeien tot witte duinen. De duinen groeien langzaam aan elkaar en vormen een gekerfde zeereep, zoals op de uiterste oostpunten van Ameland en Schiermonnikoog.

De duintjes in deze fase zijn de opmaat voor de ontwikkeling van groene stranden en kwelders. Groene stranden ontstaan aan de Noordzeekant, op plaatsen waar het strand hoog genoeg ligt om weinig golfaanval te ondergaan en waar voldoende zoet kwelwater uit de duinen treedt. De data geven aan dat sommige groene stranden decennia lang in dezelfde staat kunnen blijven (Spiekeroog), en dat elders de vegetatie zich heel snel kan ontwikkelen (Ameland en Schiermonnikoog). In de luwte van de duinen aan de Waddenzeekant ontstaan kwelders door het bezinken van fijn sediment vanuit de Waddenzee en de vestiging van kwelderplanten. Tegelijk met de vegetatieontwikkeling vormen zich krekens die het zeewater aan- en afvoeren. Deze krekens snijden zich vanaf het wad achterwaarts in totdat ze doodlopen op de duinen of aangesloten raken op een washover aan de Noordzeekant. Uit ons onderzoek bleek dat ze gedurende de derde en vierde fase ongeveer op dezelfde plek blijven liggen, maar dat de lengte en het aantal vertakkingen toenemen met de tijd. Bovenop dit algemene patroon blijkt dat elke eilandstaart een heel eigen krekenspatroon kent en dat de individuele krekensystemen geen directe relatie vertonen met de vegetatiepatronen. Uit de vegetatiekaarten blijkt dat de vegetatieontwikkeling overwegend autonoom verloopt en gelijke tred houdt met de krekensontwikkeling en accumulatie van sediment. De sedimentatie zorgt voor ophoging van het maaiveld en toevoer van voedingsstoffen, nodig voor de vegetatiesuccessie (de Groot et al., 2015).

Tijdens deze derde fase komt ook de vorming van washovers en washovercomplexen (tabel 1) op gang: tijdens stormen baant het water zich vanuit de Noordzee tussen de duinen een weg richting Waddenzee en concentreert zich in de laag liggende openingen die tussen de duinen overblijven. Washovers blijken in verschillende soorten en maten te bestaan: de proto-washovers uit de eerste fase kunnen veranderen in washovercomplexen die tot een kilometer breed kunnen zijn, of in gewone washovers die tussen twee duinen van de gekerfde zeereep liggen. Op groene stranden kunnen mini-washovers voorkomen. Met name washovercomplexen kunnen het onder natuurlijke omstandigheden lang volhouden: twee washovercomplexen op Ameland hebben zeker 400 tot 500 jaar bestaan, totdat de mens ze met stuifdijken afsloot.

In het **vierde- en tevens eindstadium** van de ontwikkeling domineren de biotische processen: het vegetatiedek is grotendeels gesloten en de dynamiek neemt verder af. Pioniersoorten maken plaats voor competitieve plantensoorten en de vegetatiesuccessie binnen elk van de elementen (tabel 1) gaat richting de eindstadia. Verdere hoogtegroeï is beperkt doordat het sediment al dicht bij de bron wordt ingevangen door de vegetatie. Het duin kan wel in de breedte groeien, maar minder makkelijk in de hoogte. De witte duinen kunnen in grijze duinen veranderen als de zandtoevoer en zoutinvloed afnemen, bijvoorbeeld wanneer een nieuwe duinenrij op het strand ontstaat. De washovers kunnen bij voldoende zandaanvoer dichtstuiven, waardoor de gekerfde zeereep in een duinboog verandert, zoals op Spiekeroog gaande lijkt te zijn. Groene stranden kunnen door afsnoering in verzoete, langgerekte primaire duinvalleien veranderen. De kwelders aan de wadzijde worden steeds hoger en de opslibbingssnelheid neemt geleidelijk af, maar ook uitbreiding richting het wad behoort tot de mogelijkheden. De kwelders op eilandstaarten zijn na ongeveer een eeuw volgroeï. Bij oude kwelders worden door erosie aan de wadkant plaatselijk kwelderkliffen gevormd, die terug schrijden richting duinenrij. Op de Waddeneilanden heeft dat echter nog niet tot grootschalige nieuwe kweldervorming in de vrijgekomen ruimte geleïd. Of er op langere termijn aangroei of afslag van een eilandstaart optreedt, is niet afhankelijk van de ontwikkeling van de

eilandstaart zelf, maar wordt bepaald door processen op grotere schaal, zoals erosie door geulen van het naastgelegen zeegat en veranderingen in het zandbudget van het eiland. Erosie leidt meestal tot het terugzetten van een gebied naar fase 1. Van Rottumeroog weten we dat kustachteruitgang kan leiden tot washovers en opruimen van de vegetatie, zodat nieuwe pioniervegetatie zich kan vestigen, zonder dat dat netto zandverlies betekent (van Rooijen & Oost, 2014). Aangroei van de staart kan resulteren in nieuwe groene stranden, duinen en washovers, die soms wel minder ruimte hebben om zich volledig te ontwikkelen. Op die manier kunnen sommige delen van de eilandstaart zich in een jongere fase bevinden dan andere.

Stuifdijken en andere menselijke ingrepen

Er zijn in de loop van de tijd vele ingrepen geweest die de eilandstaarten hebben beïnvloed: stuifschermen, helmaanplant, stuifdijken, dijkenbouw zowel op het eiland zelf als elders in de Waddenzee, harde oeververdediging van de kwelder, drainage (bijvoorbeeld het greppelen van de kwelder), rijshoutdammen, beweïding, afplaggen, bodemdaling door delfstofwinning en zandsuppleties. Deze ingrepen zijn ervoor verantwoordelijk dat er momenteel geen eilandstaarten meer zijn die volledig sponstaan tot ontwikkeling zijn gekomen.

Van alle ingrepen hebben stuifdijken de grootste effecten gehad. Een stuifdijk is een soms kilometers lange 'dijk' van zand, die ontstaat door het strategisch plaatsen van takkenschermen en het inplanten van Helm. Deze vangen het zand in dat van het strand komt aangewaaid. In feite betekende het een versnelling van de natuurlijke ontwikkeling naar een gesloten duinboog, waarbij tevens de washovercomplexen worden gesloten. Hoe de eilandstaarten zich ontwikkelden na de aanleg van een stuifdijk hangt af van in welk ontwikkelingsstadium de stuifdijk werd aangelegd (fig. 5). Het aanleggen van een stuifdijk op een kale eilandstaart (in fase 1) resulteert in een grootschalige kwelder die versneld successie ondergaat, zoals op Terschelling. Op Ameland en Schiermonnikoog vond de aanleg plaats in fase 2, met als resultaat 'gefossiliseerde' embryoduinens die door de afwezigheid van zandtransport niet meer konden uitgroeien tot volwaardige duinen, en versnelde kwelderontwikkeling. De ruimtelijke variatie was in de eerste decennia hoog, maar nam daarna sterk af.

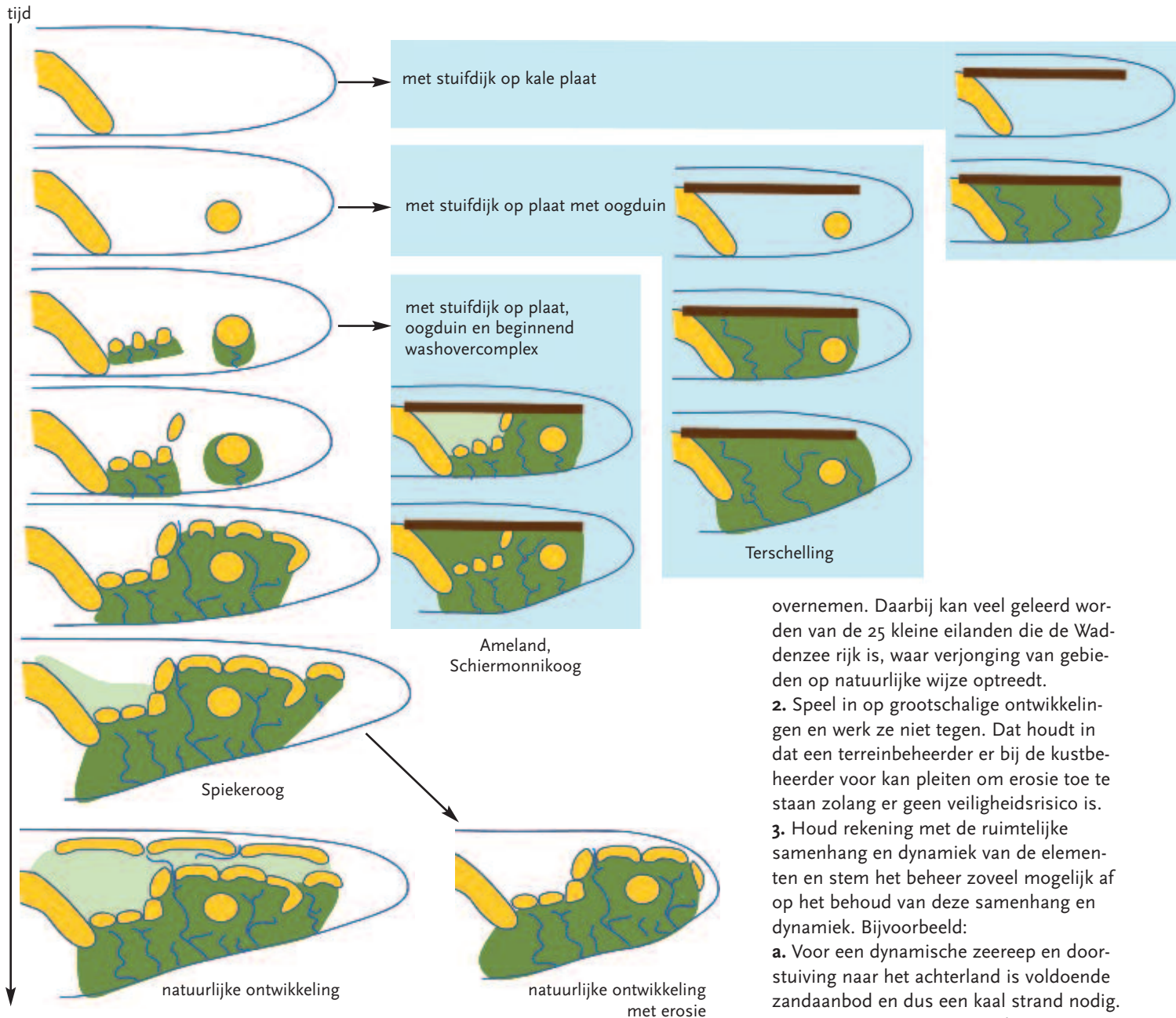


Fig. 5. Schematische ontwikkeling van eilandstaarten in de tijd op natuurlijke wijze en na het aanleggen van een stuifdijk in verschillende fasen.

Beheer- en herstelmaatregelen

De huidige ontwikkeling van de eilandstaarten wijst erop dat de vegetatiesuccessie door blijft gaan, waardoor de dynamiek verdwijnt en de (kansen voor) karakteristieke pioniermilieus verdwijnen. Op kleine schaal zullen interne processen (vernating, dichtvallen van krekken, begrazing, erosie van de kwelderrand, overstuiving, duinerosie tijdens stormen) de vegetatiesuccessie lokaal wel terug kunnen zetten, maar een grootschaliger terugzetten van de vegetatiesuccessie gebeurt alleen door

processen op grotere tijd- en ruimteschaal. Dat valt buiten de scope van het gangbare duin- en kwelderbeheer.

Eilandstaarten behoren tot de meest dynamische delen van de Nederlandse kust en passief 'beheer' door middel van natuurlijke processen is daarom het best passend. Echter, de vele ingrepen hebben de dynamiek van wind en water dermate beperkt, dat de drempel voor een natuurlijk herstel te hoog is geworden en alleen verdergaande maatregelen nog een oplossing kunnen bieden. Daarbij wordt het volgende aanbevolen:

1. Uit het oogpunt van natuurlijkheid en duurzaamheid hebben eenmalige ingrepen de voorkeur boven ingrepen die herhaald moeten worden. Het is wenselijk dat natuurlijke processen het vervolgens zelf

overnemen. Daarbij kan veel geleerd worden van de 25 kleine eilanden die de Waddenzee rijk is, waar verjonging van gebieden op natuurlijke wijze optreedt.

2. Speel in op grootschalige ontwikkelingen en werk ze niet tegen. Dat houdt in dat een terreinbeheerder er bij de kustbeheerder voor kan pleiten om erosie toe te staan zolang er geen veiligheidsrisico is.

3. Houd rekening met de ruimtelijke samenhang en dynamiek van de elementen en stem het beheer zoveel mogelijk af op het behoud van deze samenhang en dynamiek. Bijvoorbeeld:

a. Voor een dynamische zeereep en doorstuiving naar het achterland is voldoende zandaanbod en dus een kaal strand nodig. Wanneer er een groen strand aanwezig is, zal deze het zand invangen en heeft actief dynamiseren van de zeereep weinig zin.

b. De dynamiek van wad en kwelder kan worden hersteld door het weghalen van oeverbekleding aan de wadrand om zo kweldererosie toe te staan.

4. Soms zijn aanvullende maatregelen nodig. Een goed doorwortelde kleilaag van een halve meter dik op een brede, oudere kwelder zal bijvoorbeeld niet zo gauw door een storm worden geërodeerd. Als op korte termijn naar verjonging wordt gestreefd, zou de kwelder op die plek eventueel afgegraven kunnen worden. Op Norderney (Duitsland) is met succes een plagproject van de kwelder uitgevoerd waarbij ook de drainage is aangepast (Linders et al., 2013), wat tot nu toe resulteerde in de gewenste verjonging van de vegetatie.

5. Het treffen van herstelmaatregelen is altijd maatwerk en moet op de juiste plaats en in de juiste vorm gebeuren: elk eiland, maar ook elk deel van een grote eilandstaart, heeft een eigen geschiedenis, grootschalige ontwikkeling en kansen. Op de ene plaats is het doorbreken van een stuifdijk de enige methode om overwash te herstellen, terwijl op een andere plaats door grootschalige erosie dynamisering spontaan optreedt. En als gekozen wordt voor het stimuleren van een washover, heeft dit de meeste kans van slagen in een laagte in het landschap.

6. Houd ook voldoende ruimte voor de oudere successiestadia. De aanwezigheid van de volledige set aan natuurlijke biogeomorfologische successiestadia geeft de grootste biodiversiteit, omdat verschillende planten- en diersoorten in verschillende successiestadia hun optimum hebben. De climaxstadia hebben daarbij niet per definitie een lagere waarde: op de kwelder hebben ongewervelden juist de hoogste biodiversiteit in climaxstadia (van Klink, 2014).

Conclusies

Eilandstaarten ontwikkelen zich op de Nederlandse Waddeneilanden in beginsel spontaan van een kale plaat naar een samenhangend geheel van landschapselementen met grote natuurwetenschappelijke betekenis. Stuifdijken hebben er voor gezorgd dat dit proces en de bijbehorende successie werd versneld, en dat de samenhang tussen de elementen en de abiotische en biotische variatie in ruimte en tijd zijn afgenomen.

Het is naar verwachting niet haalbaar een verouderde eilandstaart door middel van een aantal doorbraken van de stuifdijk zo te redynamiseren dat er een geheel natuurlijke eilandstaart van een jonge fase ontstaat; daarvoor is de biogeomorfologische successie te ver gevorderd. De geomorfologische processen uit de beginfase, die zorgen voor de landschappelijke variatie, kunnen in latere fasen maar ten dele worden hersteld. Maar ook het ten dele terugbrengen van de dynamiek kan zeer waardevol zijn en op een deel van de eilandstaart veerkracht en biodiversiteit laten toeneemen. Daarbij moet goed rekening worden gehouden met de samenhang tussen de landschapselementen.

Werkelijke verjonging en veroudering spelen zich af op tijdschalen van meerdere decennia tot eeuwen: als ook grootschalige erosie als onderdeel van de natuurlijke

dynamiek wordt toegestaan, kan dat op langere termijn ruimte geven voor nieuwvorming. Daarom wordt aanbevolen om het eilandstaartbeheer meer af te stemmen op de grootschalige ontwikkeling van het gehele eiland en zijn omgeving.

Literatuur

- Bakker, J.P., 2014.** Ecology of salt marshes; 40 years of research in the Wadden Sea. Wadden Academy, Leeuwarden.
- Corenblit, D., A. Baas, T. Balke, T. Bouma, F. Fromard, V. Garófano-Gómez, E. González, A.M. Gurnell, B. Hortobágyi, F. Julien, D. Kim, L. Lambs, J.A. Stallins, J. Steiger, E. Tabacchi & R. Walcker, 2015.** Engineer pioneer plants respond to and affect geomorphic constraints similarly along water-terrestrial interfaces world-wide. *Global Ecology and Biogeography*: n/a-n/a. 10.1111/geb.12373.
- Groot, A.V. de, A.P. Oost, R.M. Veeneklaas, E.J. Lammerts, W.E. van Duin, B.K. van Wesenbeeck, E.M. Dijkman & E.C. Koppenaar, 2015.** Ontwikkeling van eilandstaarten: geomorfologie, waterhuishouding en vegetatie. IMARES Rapport C183/14, IMARES Wageningen UR
- Haaf, M.E. ten & P. Buijs, 2008.** Verdiepende Studies Morfologie: Morfologie, hydraulica en ecologie van washoversystemen, Universiteit Utrecht.
- Heteren, S. van, A.P. Oost, A.J.F. van der Spek & E.P.L. Elias, 2006.** Island-terminus evolution related to changing ebb-tidal-delta configuration: Texel, The Netherlands. 10.1016/j.margeo.2006.10.002. *Marine Geology* 235(1-4): 19-33.
- Klink, R. van, 2014.** Of dwarves and giants: how large herbivores shape arthropod communities on salt marshes. Proefschrift, Rijksuniversiteit Groningen
- Linders, H.W., U. Meyer-Spehtmann & H. Andretzke, 2013.** Monitoring 2012 Kompensationsmaßnahme Ostheller Norderney, Ecoplan Bürogemeinschaft Landschaftsplanung, Leer.
- Löffler, M.A.M., C.C. de Leeuw, M.E. ten Haaf, S.K. Verbeek, A.P. Oost, A.P. Grootjans, E.J. Lammerts & R.M.K. Haring, 2008.** Eilanden natuurlijk. Natuurlijke Dynamiek en veerkracht op de Waddeneilanden. Het Tij Geleerd.
- Oost, A.P., 1995.** Dynamics and sedimentary development of the Dutch Wadden Sea with emphasis on the Frisian inlet. PhD Thesis, Universiteit Utrecht.
- Rooijen, A.A. van & A.P. Oost, 2014.** Memo morfologische veranderingen Rottumeroog en Rottumerplaat voor de periode 1983-2014. Deltares-rapport 1209381-008, Deltares, Delft.
- Wolff, W.J., 1986.** De Waddenzee: eigenschappen van een dynamisch kustgebied. 252, RIJP: 11-22.

Summary

Development of island tails

Large parts of the island tails of the Wadden Islands (i.e. the downdrift, eastern parts that are open to the sea) are ageing and have lost dynamics. Undisturbed, the development of island tails consists of four phases, from a bare beach plain on which the abiotic processes dominate, through the interaction between biota and abiotics, to the final stage in which the biotic processes dominate. Human alterations (e.g. sand-drift dikes and embankments) have reduced natural dynamics and increased the speed of succession. On the long term this has reduced the diversity in landforms, vegetation types and successional stages. Island tails are (potentially) some of the most dynamic parts of the Dutch coast. It seems possible to introduce more dynamics through active management. There are however limits to the effects that can be expected, as the geomorphological processes from the initial phases, that cause landscape variation, cannot always be restored on a large scale in later phases of the succession.

Dankwoord

Bij het opstellen van het conceptuele model is onder andere gebruik gemaakt van de langjarige kwelderdata van de Rijksuniversiteit Groningen, verzameld onder leiding van Jan Bakker.

Dr. A.V. de Groot, dr. O.G. Bos & drs. W.E. van Duin
IMARES Wageningen UR
Postbus 57
1780 AB Den Helder
alma.degroot@wur.nl
oscar.bos@wur.nl
willem.vanduin@wur.nl

Dr. A.P. Oost & dr. B.K. van Wesenbeeck
Deltares
Postbus 177
2600 MH Delft
albert.oost@deltares.nl
bregje.vanwesenbeeck@deltares.nl

Dr. R.M. Veeneklaas
Bosgroep Noord-Oost Nederland
Balkerweg 48a
7738 PB Witharen
r.Veeneklaas@bosgroepen.nl

Dr. E.J. Lammerts
Stichting ERA en Staatsbosbeheer
Leonard Springerlaan 23
9727 KB Groningen
e.lammerts@staatsbosbeheer.nl