

# Nat Duin– en kustlandschap

Grootjans, A., R. Slings, H. Everts, M. Nijssen & A. van Haperen

## Algemene karakterisering en indeling

In dit hoofdstuk bespreken we herstellmogelijkheden in duinvalleivegetaties in verschillende landschappen en binnen die landschappen in verschillende posities. We onderscheiden drie hoofdlandschappen:

- De Waddeneilanden en noordelijk deel van de Hollandse kust (Wadden District) (Figuur 1)
- De Hollandse kust (Renodunaal District) (Figuur 2)
- Zeeuwse kust (Renodunaal District) (Figuur 3)

De duinvalleien van de Waddeneilanden en die van de Hollandse en Zeeuwse duinen verschillen vooral omdat het sediment van deze gebieden erg verschilt, onder andere in initieel kalkgehalte. In de kalkrijke duinen van het Renodunaal District zijn de kwartskorrels in het zand omgeven door een dun laagje ijzeroxide, waardoor het zand een bruingele of blonde kleur heeft. In de kalkarme duinen van de Wadden ontbreekt dit; daar is het zand nagenoeg wit. IJzerhoudend zand is zwaarder en houdt meer water vast, verkit makkelijker en verstuift daarom minder snel. In begroeide toestand ontstaan daarentegen in de kalkrijke duinen gemakkelijker spontane stuifkuilen dan in de kalkarme duinen, doordat in de kalkrijke duinen de humuslaag meestal dun is of ontbreekt. De duinvalleien van de Zeeuwse kust zijn meestal veel kleiner dan die van de Hollandse kust of van de Waddeneilanden. Daarom hebben ze vaak ook afwijkende hydrologische systemen, hoewel ze wel voorkomen in kalkrijke sedimenten. Een bijzonder type duinvalleivegetatie treffen we aan op drooggevallen platen in afgesloten zeearmen (onder andere in Zeeland en langs het IJsselmeer). Deze platen zijn relatief klein en ze grenzen aan of worden omgeven door water dat zijn oorspronkelijke natuurlijke getijdefluctuaties heeft verloren. Dit heeft ook consequenties voor de vegetatie.

Natuurlijke duinvalleien vallen 's zomers droog. Maar door een reeks van natte jaren kunnen duinvalleien soms jaren achtereen niet droogvallen, zodat een duinmeer ontstaat. Meestal is dit een tijdelijke gebeurtenis (Visser 1973). Permanente duinplassen zijn vaak gegraven of ze zijn ontstaan omdat de waterstanden in de omgeving van de plas te hoog opgezet zijn. Ook komt het voor dat duinplassen ontstaan omdat een natuurlijke waterafvoer niet meer functioneert.

## Belang van mozaïeken en gradiënten voor de fauna

De meeste diersoorten zijn niet gebonden aan één habitat, maar zijn afhankelijk van meerdere habitats of gradiënten tussen habitats (onder andere Bijlsma et al. 2010). In een gevarieerd landschap vinden dan ook meer diersoorten een geschikte leefomgeving dan in een eenvormig landschap. De natte duinen vormen in mozaïek met droge duinen het meest fijnmazig gevarieerde en daarmee meest complexe landschap in Nederland (Bink 2010). Het is dan ook niet verwonderlijk dat kustduinen een zeer rijke diergemeenschap herbergen. Veel van deze soortdiversiteit wordt gestuurd door de combinatie van en overgangen tussen droge habitats en natte habitats. Daarnaast is ook de variatie binnen de natte duinen belangrijk. In deze paragraaf worden enkele algemene patronen beschreven met betrekking tot reliëf, mozaïeken van habitats,

hydrologische en geomorfologische dynamiek en vegetatiestructuur. In de afzonderlijke gradiënttypen worden deze patronen verder uitgewerkt.

De fijnkorrelige mozaïekstructuur van warme, droge, voedselarme zuidhellingen en duintoppen en vochtige, koele, voedselrijke noordhellingen en natte valleien waar plantengroei en bodemopbouw overheersen zijn van groot belang voor veel diersoorten. De verschillende habitats fungeren als nestplaats, schuilplaats, foerageergebied of overwinteringslocatie (F1). In het geval van een combinatie van natte en droge habitats vervult het water in veel gevallen een rol als voortplantings- of foerageerplek. De oevervegetatie vormt een intermediaire habitat (V3) die in vlakke valleien soms vrijwel de gehele vochtige habitat beslaat. Indien bestaand uit hoge vegetatie van riet en zeggen vormt de oevervegetatie een scherpe overgang in vegetatiestructuur (V4) met zowel het water als de terrestrische habitat. De oevervegetatie biedt broed- en schuilgelegenheid wanneer deze hoog is (riet- en zeggevegetatie) en foerageermogelijkheid bij lage pioniervegetaties. Kruidenrijke vochtige duinvalleien met een hoge bloemdichtheid hebben een belangrijke functie als voedselvoorziening voor bloembezoekende insecten waarvan de nestplek of waardplant juist in de droge duinen ligt.

Natuurlijke duinvalleien zijn gevormd door de wind – door uitstuiving of omdat strandvlaktes worden afgesloten door een nieuwe duinenrij – en hebben daarom altijd glooiende oevers. Hierdoor is er een geleidelijke overgang (V5) tussen natte en droge duinen. Aangezien duinwateren altijd direct of via lokale kwel door regenwater worden gevoed, zijn er grote waterpeilfluctuaties gedurende het jaar. Sommige duinvalleien vallen jaarlijks geheel droog, maar tussen jaren kunnen ook flinke verschillen optreden in waterstanden. In combinatie met de geleidelijke overgangen op de oever ontstaan hierdoor een serie van aquatische habitats die nooit droogvallen, via amfibische habitats die regelmatig droogvallen naar terrestrische habitats die zelden of nooit geïndundeerd raken. Sommige planten- en diersoorten zijn van een specifiek onderdeel van deze overgang afhankelijk (F2), maar kunnen vaak mee migreren met de waterstand (F4). De hierboven genoemde dynamiek in waterpeil levert daarnaast zeer ondiepe plassen op die snel opwarmen en waar door regelmatig droogvallen geen vissen (predatoren) in aanwezig zijn. Deze omstandigheden zijn noodzakelijk als voortplantingshabitat voor verschillende diersoorten zoals Rugstreeppad en Zwervende Pantserjuffer.

Op groene stranden, jonge primaire duinvalleien en afgesloten zeearmen is er sprake van een zoet-zout overgang. Doordat gedurende de ontwikkeling van deze systemen de invloed van zoet water toeneemt, wordt de overgang tussen zoet en zout steeds vlakker (V5) en verdwijnt de zoute invloed uiteindelijk geheel. Een aantal diersoorten is gebonden aan plantensoorten die vrijwel alleen op deze overgang voorkomen (F2).

Doordat de vegetatiesamenstelling van kalkrijke valleien sterk verschilt van die van kalkarme valleien functioneren deze deels anders voor de fauna. De tweedeling van de ligging van valleien in kalkrijke en kalkarme duinen (Renodunaal versus Waddengebied) die voor het beschrijven van processen en vegetatiepatronen is gemaakt, is voor de fauna nauwelijks relevant.

### **Gradiënttypen**

Op grond van kalkrijkdom, hydrologie en zoutinvloed onderscheiden we in natte duinvalleien vijf gradiënttypen:

- Gradiënttype 1: Kalkrijke duinvalleien met zoet-zout gradiënt (Groen Strand)
- Gradiënttype 2: Kalkrijke duinvalleien in kalkrijke duinen
- Gradiënttype 3: Kalkrijke duinvalleien in kalkarme duinen

- Gradiënttype 4: Ontkalkte binnenduinrand met kalkrijk grondwater
- Gradiënttype 5: Kalkrijke platen in afgesloten zeearmen
- Gradiënttype 6: Schorren en binnendijkse zilte graslanden

De verschillen tussen de valleien worden bepaald door een combinatie van landschappelijke ligging, leeftijd en hydrologische voeding. Gradiënttype 1 is jong en wordt nog beïnvloed door het getij van de Noordzee. Gradiënttypen 2 en 3 hebben gemeen dat ze door kalkrijk grondwater worden beïnvloed, maar ze kunnen sterk verschillen in leeftijd en landschappelijke ligging. Gradiënttype 4 ligt altijd in oude duingebieden die grenzen aan polders of kwelders, maar wordt wel beïnvloed door grondwater. Gradiënttype 1 komt vrijwel uitsluitend voor op de Waddeneilanden, de andere typen komen verspreid voor langs de hele Nederlandse kust. In Figuren 1 – 3 staat aangegeven in welke fysisch-geografische regio's men de gradiënttypen kan aantreffen en welke landschappelijke positie ze daar innemen.

In het Nat Duin- en kustlandschap komen in principe drie typen herstelmaatregelen in aanmerking:

- herstelmaatregelen die het hydrologische systeem betreffen (hydrologisch herstel);
- herstelmaatregelen die een meer natuurlijke morfologie van de duinsystemen nastreven (dynamisch kustbeheer);
- herstelmaatregelen die de successie terugzetten of vertragen.

### Literatuur

- Bink, F., 2010. Ruimte voor insecten. Een nieuwe visie op insectenbescherming. KNNV Uitgeverij Zeist; 266 p.
- Bijlsma, R. J., Huiskes, H. P. J., Kemmers, R. H., Ozinga, W. A., Verberk, W. C. E. P., 2010. Complexe leefgebieden: het belang van gradiëntecosystemen en combinaties van ecosystemen voor het behoud van biodiversiteit. Alterra rapport 1965; 82 p.
- Visser, G. 1973. Chemische samenstelling, flora en fauna van binnendijks water op Terschelling, speciaal met betrekking tot duinplassen. Rapport RIN, Leersum.

# Gradiënttype 1: Kalkrijke duinvalleien met zoet-zout gradiënt (Groen Strand)

## Beknopte beschrijving

Kalkrijke duinvalleien met een goed ontwikkelde zoet-zout gradiënt waren van oorsprong het meest voorkomende type primaire duinvallei (Grootjans et al. 1995, Lammerts & Grootjans 1998). Dit type wordt ook wel 'Groen Strand' genoemd. Het gaat om uitgestrekte laaggelegen zandvlaktes, hetzij op voormalige stranden voor een zeereep met Witte duinen (H2120) (vaak als stuifdijk aangelegd of opgehoogd), hetzij op washoversystemen, tegenwoordig voornamelijk aan de oostzijde van de Waddeneilanden en dan vaak grenzend aan lage natuurlijk opgestoven duintjes of slikkige tot zandige kwelders. Onder invloed van uitstromend zoet grondwater uit het aangrenzende duinmassief raakt zo'n vlakte vrij snel begroeid (Bakker et al. 2005).

Als een strandvlakte door de vorming van een nieuwe duinenrij van de zee wordt afgesnoerd kunnen groene stranden na verloop van tijd overgaan in zoete primaire duinvalleien, meestal aangeduid met de term Achterduinse strandvlakte (Westhoff & van Oosten 1991). Zo'n verzoete strandvlakte valt nog steeds onder gradiënttype 1. Tijdens de vorming van een primaire duinenrij breiden duinvalleivegetaties zich daarachter geleidelijk uit in het verzoetende milieu, waarbij de vroege stadia na 20–30 jaar verruigen (Van Tooren et al. 1983, Olf et al. 1993) en begroeid raken met soorten als Kruiwilg, Riet of Heen. Over de natuurlijke ontwikkeling van Groene Stranden is slechts weinig bekend. Waarschijnlijk kan op washovervlaktes een kleinschalig patroon van kalkrijke zoete pioniervegetaties duurzaam aanwezig zijn (Grootjans et al. 1999). Afhankelijk van het stormregime in voorafgaande perioden kunnen dergelijke vegetaties over hoogt gradiënten heen en weer pendelen, dat wil zeggen ze komen binnen zo'n systeem nu eens hier en dan weer daar voor. De robuustheid van het systeem hangt af van de aanwezigheid van grote duinmassieven met voedende zoetwaterbellen.

## Vegetatiegradiënt

De optimale vorm van deze gradiënt wordt schematisch weergegeven in Figuur 4, de licht beïnvloede vorm in Figuur 5. Groene stranden kunnen grenzen aan het strand, aan embryonale Duinen (H2120) of aan jonge kwelders (H1310A en B). De Groene Stranden die grenzen aan jonge kwelders komen momenteel minder voor, maar typeren wel meer de natuurlijke ontwikkelingen van duinvalleien in zich ontwikkelende duinbogen. Daarom heeft onderstaande bespreking vooral betrekking op deze gradiënt.

De hoge delen van de gradiënt bestaan uit Witte duinen (H2120) indien de duinen nog niet of spaarzaam begroeid zijn, of uit Kalkarme Grijze duinen (H2130B, wanneer de duinen wat ouder zijn en ondiep ontkalkt. In veel gevallen wordt het aspect door Duindoorn (H2160) bepaald. Duindoornfasen kunnen in de tijd afgewisseld worden door meer grazige stadia, ook zonder begrazing. Kalkrijke duinvalleivegetaties met Knopbies (H2190B) bevinden zich in de lage delen van de vallei. In de tijd worden deze vegetaties voorafgegaan door pionierstadia met Parnassia, Sierlijke vetmuur en Duizendguldenkruiden. Nog iets lager beginnen de jonge kwelders (H1310B). Plekken die permanent zout blijven zijn begroeid met pioniervegetaties van Zeekraal (H1310A). Deze pionierstadia kunnen zonder beheer 20–30 jaar in stand blijven. Indien de stapeling van organische stof te hoog wordt, komen onder invloed van de regelmatige overstromingen met sulfaatrijk zeewater zoveel voedingsstoffen ter beschikking dat productieve soorten zoals Riet,

Zeebies en Kruiwilg de overhand krijgen. De kweldervegetaties blijven boomloos, maar kunnen na enige decennia wel vergrassen met Strandkweek.

## Fauna

Groene stranden kennen een soortenarme maar karakteristieke fauna die hoofdzakelijk bestaat uit enkele soorten springstaarten die leven van microbiële matten, en algen en spinnen die op de springstaarten jagen (Ellers et al. 2010). Subtiële verschillen in reliëf van de bodem in combinatie met onregelmatige overstroming met zeewater zorgen voor geleidelijke (verschuivende) overgangen (V5) in zoutgehalte, bodemstructuur (zandig tot slib) en bodemvochtgehalte. De manier waarop deze bodemcondities in de loop van de tijd verschuiven stuurt de aanwezigheid van verschillende diersoorten die sterk verschillen in optimale omgevingscondities (F2). Hierbij kunnen soorten over de geleidelijke overgangen migreren (F4) (Ellers et al. 2010). Vanwege het voedselarme karakter vormen groene stranden zelf voor vogels waarschijnlijk nauwelijks geschikte foerageerhabitat, maar de overgangen naar lagere kwelders en kreekjes (steltlopers) en hoger gelegen ruigere vegetaties (zaadeters) worden wel gebruikt.

Pas wanneer op groene stranden de frequentie van overstromingen afneemt en de invloed van zoet kwelwater toeneemt, wordt de vegetatie gevarieerder en neemt ook het belang van deze habitat voor andere diersoorten toe. De diergemeenschap gaat dan wel steeds meer lijken op die van kalkrijke duinvaleien en krijgt een minder uniek karakter. De (veranderingen in) hydrologie en vegetatiegroei bepalen in grote mate welke functie deze afgesneden groene stranden en duinvaleien voor de fauna vervullen.

Schaars of ijl begroeide droogvallende duinvaleien die waterhoudend zijn tot en met de zomer zijn zeer belangrijk als voortplantingshabitat voor Rugstreeppad, Heikikker en enkele libellensoorten. Deze wateren warmen snel op wat van belang is voor een snelle ontwikkeling van de larven en er komen geen vissen (predatoren) in voor (F2). Hoewel eieren en larven van de Rugstreeppad in lichte mate tolerant zijn voor brakke omstandigheden is de overleving in zoete wateren veel hoger (Creemers & Van Delft 2009). Voor de Rugstreeppad is een mozaïek met geschikte landbiotoop waar de soort kan foerageren en overwinteren noodzakelijk (F1). Ook voor de Zwervende Pantserjuffer en Zwervende Heidelibel zijn ondiepe, sterk opwarmende wateren van belang als voortplantingslocatie. De Zwervende pantserjuffer zet eieren af op opgaande vegetatie (met name russen en zeggen) in het water en kan als larve tijdelijke uitdroging van een duinvallei overleven en daarna succesvol uitsluipen (Ketelaar 2002). De Zwervende Heidelibel zet eieren juist af in open water ver van de oever, maar beide libellensoorten hebben verticaal groeiende (oever)vegetatie nodig om uit te kunnen sluipen en een aangrenzende landbiotoop om uit te kunnen harden en te foerageren als adult (F1).

In Knopbiesvegetaties komt lokaal het motvliedertje *Glyphipterix schoenicolella* voor, waarvan de rupsen voor hun voedsel afhankelijk zijn van zaden van Knopbies die in ons land buiten het kustgebied nauwelijks voorkomt. Het Zanddoorntje is een kleine sprinkhaan waarvan het belangrijkste leefgebied wordt gevormd door schaars begroeide duinvaleien. De soort plant zich voort in de zomer en is in de winter als adult aanwezig die (zelfs onder water) zwemmend aan inundatie kan ontsnappen.

## Sturende processen

Een aantal factoren zijn van cruciaal belang voor de vorming en leeftijdsverwachting van Groene Stranden:

### *Erosie en sedimentatie*

De vorming van nieuwe primaire duinvalleien is een zeldzaam proces. Toch is het telkens nieuw ontstaan van zowel primaire als secundaire duinvalleien de belangrijkste voorwaarde voor het permanent naast elkaar aanwezig zijn alle stadia, waardoor ook aan de levensvoorwaarden voor alle duinvallei-organismen voldaan wordt.

### *Zoete kwel*

Essentieel voor het langdurig voortbestaan van jonge successiestadia is de aanwezigheid van een groot zoetwaterlichaam dat zowel 's zomers als 's winters baserijk en ijzerrijk (zoet) grondwater aanvoert naar de voet van het duin, waar zich de kalkrijke duinvalleivegetaties bevinden. Duinvalleien van dit type staan in de natte periode enige maanden onder water, maar in het vegetatieseizoen (Maart– September) bijna nooit (Grootjans et al. 1995). De grondwaterstanden in de landinwaarts gelegen duingebieden zijn hoger dan het waterpeil in de vallei.

### *Aanwezigheid van microbiële matten*

Een mogelijk belangrijke factor die de levensduur van pionierstadia van kalkrijke duinvalleien beïnvloedt is het al dan niet optreden van microbiële matten die groeien op de bovenste millimeters van een duinvalleibodem (Van Gernerden 1993). Waarschijnlijk kunnen microbiële matten de successiesnelheid in natte duinvalleien aanzienlijk vertragen (Adema et al. 2004). Goed ontwikkelde microbiële matten treft men aan op vlakke, fijnzandige platen, bij voorbeeld een brede en vlakke wash-over, waar het water niet snel doorheen stroomt, maar waar langdurig een ondiepe waterlaag stagneert.

### *Herbivorie*

Jonge successiestadia blijven veel langer in stand bij begrazing. Van nature gebeurt dit door konijnen, maar ook grote grazers kunnen een rol spelen. In het buitenland worden groene standen vaak beweide met vee, maar in Nederland slechts op enkele plaatsen bij voorbeeld de Slufter op Texel (met schapen) of het Groene Strand op Terschelling (met paarden).

## **Standplaatscondities**

In jonge primaire duinvalleien is er invloed van zout door incidentele overstroming met zeewater, maar dit is voor het in stand houden van dit type niet absoluut noodzakelijk. Habitatype H2190B, dat gekenmerkt wordt door Knopbiesvegetaties, vereist vooral een lage beschikbaarheid van nutriënten en een hoge pH. Knopbiesvegetaties van Groene Stranden kunnen niet lang voortbestaan wanneer het organische stofgehalte van de bodem boven de 10% uitkomt (Lammerts et al. 1992, Grootjans et al. 1995) en regelmatig overstroming plaatsvindt met zeewater. In dat geval zal anaerobe mineralisatie optreden door reductie van sulfaat uit het zeewater, waarbij veel voedingstoffen beschikbaar komen (interne eutrofiëring, zie Smolders et al. 2010, en Deel I).

## **Knelpunten**

### *Gebrek aan dynamiek*

Zonder menselijk ingrijpen gaan groene stranden op een termijn van enkele decennia door natuurlijke successie over in soortenarme ruigten. Zonder ingrijpen kan dit type alleen in stand blijven bij een hoge mate van dynamiek in de zeereep, waardoor steeds op andere plaatsen

nieuwe groene stranden ontstaan. Door het intensieve kustbeheer en vastlegging van duinen is dit tegenwoordig meestal niet meer het geval.

#### *Accumulatie van organische stof*

Atmosferische stikstofdepositie en verminderde aanvoer van kalkrijk en ijzerrijk grondwater versnellen de accumulatie van organische stof in de bodem, die vrijwel altijd een verhoging van de beschikbaarheid van voedingsstoffen tot gevolg heeft (Woudwijk 2011). Bij droogvallen of juist bij overspoelen met zeewater mineraliseert een deel van de organische stof, hetgeen de concurrentiepositie van snelgroeiende planten verbetert, ten koste van pioniersoorten. Dit leidt tot versnelling van de successie waardoor de levensduur van de pionierstadia sterk wordt ingekort.

#### *Afname landschappelijke heterogeniteit voor fauna*

Een algemeen probleem voor de fauna dat voorkomt uit de knelpunten die hierboven zijn genoemd, is de verhoogde biomassagroei die leidt tot een homogene, dichte vegetatie en met weinig interne heterogeniteit (V6) en een grofkorrelige mozaïekstructuur (V1b) waarin minder (karakteristieke) diersoorten voorkomen dan in een fijnkorrelige mozaïekstructuur van habitats. Ook de dichtheid aan kruiden en daarmee de bloemdichtheid, neemt af door een versnelde ontwikkeling van bovengrondse biomassa.

### **Herstelmaatregelen gradiënt**

#### *Herstel van dynamiek*

De meest effectieve maatregel is het verwijderen van de in het verleden op grote schaal aangelegde stuifdijken. Met name op plaatsen waar zich dan weer een wash-over kan ontwikkelen ontstaan nieuwe vestigingsmogelijkheden voor zoet-zout gradiënten met kalkrijke duinvalleitypen. Een wash-over is een opening in de zeereep waardoor bij zware stormen en springtij een grote hoeveelheid Noordzeewater zich een weg baant naar de achtergelegen kwelders en duinvalleien (Löffler et al. 2008). Dit gebeurt maar zeer sporadisch, maar deze gebeurtenissen kunnen wel langdurig een pioniersituatie in stand houden. Zeewater, maar ook regenwater kan zeer langdurig in de wash-over vlakke blijven staan, waardoor de successie sterk vertraagd wordt (De Leeuw et al. 2008). Indien zo'n wash-over vlak langs het hoofdmassief van een eiland ligt, kan bovendien veel kalkrijk grondwater aan de flank van de wash-over uitreden. Deze combinatie van factoren creëert de juiste standplaatscondities voor kalkrijke duinvegetaties en zoete en zoute pioniervegetaties.

#### *Afremmen successie*

Duinvalleivegetaties van het 'Groene Strand type' kunnen zonder menselijk ingrijpen zoals maaien niet langer dan enige decennia in stand blijven (Grootjans et al. 1995, Grootjans et al. 2002). In afwachting van het herstel van de natuurlijke dynamiek is het daarom vaak nodig om in bestaande situaties de vegetatieontwikkeling af te remmen om aan de soorten van jongere stadia kansen te bieden. Begrazing met schapen (de Slufter, groene strand Fanø), paarden (Groene strand, Terschelling) of koeien (Skallingen) vindt nogal eens plaats, maar niet altijd (alleen) uit natuurbeheeroverwegingen. Ook maaien wordt toegepast (Strandvlakte Schiermonnikoog, Kennemerstrand IJmuiden).

### *Aandachtspunten*

- Het verwijderen van stuifdijken en het creëren van nieuwe wash-overs is een zeer ingrijpende maatregel waarvoor zeker niet overal draagvlak is.
- In het Waddengebied hebben zich de laatste decennia, onder invloed van aanlandende zandplaten of door zandsuppleties, op uitgebreide schaal spontaan Groene stranden gevormd (onder andere op Schiermonnikoog en Ameland).
- Wellicht leiden mega-suppleties zoals bij voorbeeld de 'Zandmotor' voor de kust van Delfland tot herstel van Groene stranden. Dit zal moeten blijken uit de monitoring die hier de komende jaren wordt uitgevoerd.
- Bij maaibeheer en begrazingsbeheer bestaat de kans dat gewenste diersoorten uit het gebied worden verdrongen, of dat het bloemaanbod voor bloembezoekende insecten verdwijnt. Indien er meerdere duinvalleien of groene stranden aanwezig zijn (of wanneer de oppervlakte van de enige aanwezige habitat groot genoeg is om deze op te delen), heeft het de voorkeur om de maatregel niet in het gehele gebied uit te voeren, maar om dit beheer te faseren in de tijd. Dit speelt zeker bij intensieve begrazing, maar ook extensieve begrazing kan leiden tot verstoring van vogels die broeden op de grond, of in laag struweel en riet.
- Voor het optimaliseren van beheermaatregelen voor de fauna in duinen is het in de meeste gevallen gewenst om een fijnkorrelige mozaïekstructuur te herstellen. Een belangrijk onderdeel hiervan is het behoud van variatie in reliëf, zowel op meso- tot megaschaal (habitat en gebied overschrijdend), maar ook op nano- tot microschaal (interne heterogeniteit van een habitat).
- Combinaties van habitats en elementen of overgangen tussen habitats die door veel diersoorten gebruikt worden zijn bloemrijke vochtige en droge vegetaties, ondiepe (veelal droogvallende) duinvalleien en droge open zandige plekken. Het verdient aanbeveling om herstelmaatregelen in natte en droge delen dicht bij elkaar uit te voeren zodat de herstelde habitats ook op een voor diersoorten overbrugbare afstand liggen.

### **Voorbeelden**

Strand en Strandvlakte van Schiermonnikoog (Grootjans et al. 1995), Groene Strand, Terschelling, Vliehors, 4<sup>e</sup> Kroonspolder (Vlieland), De Slufter (Texel), duinen bij Ballum (Ameland), Scheelhoek (Goeree), het Zwin (Zeeuws Vlaanderen).

### **Literatuur**

- Adema, E.B., H. van Gemerden, & A.P. Grootjans 2003. Is succession in wet calcareous dune slacks affected by free sulfide? *Journal of Vegetation Science* 14: 153–162.
- Adema E.B., J.A. Elzinga & A.P. Grootjans 2004. Effects of microbial mats on germination and seedling survival of typical dune slack species. *Plant Ecology* 174: 89–96.
- Bakker, J.P., R.M. Veeneklaas, A. Jansen & A. Samwel 2005. Een nieuw Groen Strand op Schiermonnikoog. *De Levende Natuur* 106: 151–155.
- Boesveld, W., A.W. Gmelig Meyling & I. van Lente 2009. Inhaalslag Verspreidingsonderzoek. Mollusken van de Europese Habitatrichtlijn. Resultaten van het inventarisatiejaar 2008. Nauwe korfslak *Vertigo angustior*. Rapport Stichting Anemoon 2009–12.
- Bröring, U. & Niedringhaus, R., 2008. Die Wanzen der suessen und brackigen Gewaesser der Ostfriesischen Inseln (Heteroptera: Nepo-, Gerromorpha). In: R. Niedringhaus, Haeseler, V., Janiesch, P. Die Flora und Fauna der Ostfriesischen Inseln. Artenverzeichnisse und



- Auswertungen zur Biodiversität. Schriftenreihe Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer, Band 11, Wilhelmshaven; pp. 165–169.
- Creemers, R.C.M. & J.J.C.W. van Delft (red) 2009. De amfibieën en reptielen van Nederland. – Nederlandse Fauna 9. Nationaal Natuurhistorisch Museum Naturalis, European Invertebrate Survey – Nederland, Leiden.
- De Leeuw, C.C., A.P. Grootjans, E.J. Lammerts, P. Esselink, P.J. Stuyfzand, L. Stal & C.C. van Turnhout 2008. Ecologische effecten van Duinboog- en Washoverherstel op de Waddeneilanden. Rapport IVEM (RU–Groningen), 130 p.
- Ellers, J., T.C. Dias, A.T.C. Berg, M.P. (2010) Interaction Milieu Explains Performance of Species in Simple Food Webs along an Environmental Gradient. *The Open Ecology Journal*, 2010, 3, 12–21
- Grootjans, A.P., E.J. Lammerts & F. Van Beusekom 1995. Kalkrijke duinvalleien op de waddeneilanden, KNNV Uitgeverij, Utrecht; 176 p.
- Grootjans, A.P., A. Walsweer & F. Van de Ende 1997. The role of microbial mats during primary succession in calcareous dune slacks. *Journal of Coastal Conservation* 3: 95–102.
- Grootjans, A.P., J.W. de Jong & J.A.M. Janssen 1999. Sluifters en Rode Lijstsoorten op Schiermonnikoog. Rapport Laboratorium voor Plantenoecologie, Haren.
- Grootjans, A.P., L. Geelen, A.J.M. Janse & E.J. Lammerts, 2002. Restoration of coastal dune slacks. *Hydrobiologia* 478: 181–203.
- Ketelaar, R. 2002. Zwervende pantserjuffer. – In: Nederlandse Vereniging voor Libellenstudie. De Nederlandse libellen (*Odonata*). (Nederlandse Fauna 4). Nationaal Natuurhistorisch Museum Naturalis, KNNV Uitgeverij & EIS–Nederland, Leiden; pp 151–154.
- Lammerts, E.J. & A.P. Grootjans 1998. Key environmental variables determining the occurrence and life span of basiphilous dune slack vegetation. *Acta Botanica Neerlandica* 47: 369–392.
- Lammerts, E.J., F.P. Sival, A.P. Grootjans & H. Esselink 1992. Hydrological conditions and soil buffering processes controlling the occurrence of dune slack species on the Dutch Wadden Sea islands. In: R.W.G. Carter, T.G.F. Curtis & M.J. Sheehy–Skeffington (eds.): *Coastal Dunes*: pp. 265–272, Balkema, Rotterdam.
- Leentvaar, P. 1981. "Hydrobiologie van natuurlijke duinmeren." *H2O* 14.9: 188–191.
- 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. Uitgave Het Tij Geleerd (Waddenvereniging, SBB, Natuurmonumenten, Rijkswaterstaat, It Fryske Gea, RU–Groningen, Radboud Universiteit Nijmegen, RU–Utrecht; 98 p.
- Oloff, H., J. Huisman & B.F. van Tooren 1993. Species dynamics and nutrient accumulation during early primary succession in coastal sand dunes. *Journal of Ecology* 81: 693–706.
- Smolders, A. J., Lucassen, E. C., Bobbink, R., Roelofs, J. G., & Lamers, L. P. 2010. How nitrate leaching from agricultural lands provokes phosphate eutrophication in groundwater fed wetlands: the sulphur bridge. *Biogeochemistry*, 98(1–3): 1–7.
- Van Gernerden, H. 1993. Microbial mats: a joint venture. *Marine Geology* 113: 3–25.
- Van Tooren, B.F., H. Schat & S.J. ter Borg 1983. Succession and fluctuation in the vegetation of a Dutch beach plain. *Vegetatio* 53: 139–151.
- Westhoff, V. & M.F. van Oosten 1991. De Plantengroei van de Waddeneilanden. *Natuurhistorische bibliotheek van de KNNV nr 53*, Utrecht.
- Woudwijk, W. 2011. Soil subsidence after gas abstraction on Ameland; effects on the accumulation rate of soil organic matter. Master thesis Institute for Energy and Environmental Studies (IVEM), University of Groningen.

## Gradiënttype 2: Kalkrijke duinvalleien in kalkrijke duinen

### Beknopte beschrijving

Duinvalleien van dit type zijn meestal secundaire duinvalleien die niet zijn ontstaan door afsnoering achter zich op het strand vormende primaire duinen, maar door verstuing van eerder vastgelegde duinen. In tegenstelling tot het voorgaande gradiënttype is er dus nooit een directe invloed van zeewater. Kalkrijke duinvalleien in kalkrijke duinen komen vooral voor langs de Hollandse kust en op de Zuid-Hollandse en Zeeuwse eilanden (Renodunaal District). In de kalkrijke duinen vindt, net als in de kalkarme duinen, ontkalking plaats onder invloed van infiltrerend neerslagwater. Maar omdat in het Renodunaal district de oorspronkelijke kalkgehalten van het zand afkomstig van het strand tot 10–15 maal hoger zijn dan in het Waddendistrict, duurt het veel langer tot de kritische waarde van 0,3% CaCO<sub>3</sub> bereikt is, waarbij de zuurgraad niet meer door kalk in het substraat gebufferd wordt (Lammerts et al. 1992). Dit betekent dat jonge duinvalleien achter de zeereep bijna altijd omringd zijn door kalkrijke duinen en dat het toestromende grondwater altijd kalkrijk is, ook in het Waddendistrict. Het hier beschreven type kan ook voorkomen in centraal gelegen duinmassieven mits er ‘bovenstrooms’ nog infiltratiegebieden zijn met een hogere grondwaterstand. Van daaruit kan kalkrijk grondwater aangevoerd worden. Het hydrologische systeem van dit type vallei is vrijwel identiek aan dat van duinvalleien in een ontkalkte bodem.

### Vegetatiegradiënt

De optimale vorm van deze gradiënt wordt schematisch weergegeven in Figuur 6, de licht beïnvloede vorm in Figuur 7. De hoge delen van de gradiënt bestaan uit Kalkrijke Grijze duinen (H2130A). Deze zijn nog in het geheel niet of zeer ondiep ontkalkt omdat door overstuing vanuit de Witte duinen en door omwerking van de bodem door dieren, basenrijk substraat in de top laag aanwezig is. Meer landinwaarts kunnen ook Kalkarme Grijze Duinen voorkomen (H2130B). De typische kalkrijke duinvalleivegetaties met Knopbies (H2190B) bevinden zich in de lage delen van de vallei. Successie, al dan niet natuurlijk, leidt in de meeste gevallen tot de ontwikkeling van Duindoornstruwelen (H2160) in de droge delen en struwelen van Kruiwilg (H2170) of Grauwe wilg in de lage delen. In de tijd vindt bij afwezigheid van beheer een afwisseling plaats van Duindoornfasen in droge episoden en Duinriet- en Rietfasen in natte. Uiteindelijk ontwikkelen zich hier, behalve in de zeeduinen, vochtige en droge Duinbossen (H2180A en H2180B; zie ook Droog Duinlandschap). Wanneer op beperkte ruimtelijke schaal verzuring optreedt kunnen in door maaien verschaalde valleien blauwgrasland-achtige vegetaties (H6410) tot ontwikkeling komen, en aan de bovenrand, op de grens van de grondwaterinvloed, kan zich heischraal duingrasland ontwikkelen (H2130C).

### Fauna

De fauna van kalkrijke duinvalleien in kalkrijke duinen lijkt sterk op die van kalkrijke valleien in kalkarme duinen en van brakke valleien waar de invloed van zeewater aan het afnemen is. Schaars of ijl begroeide valleien die pas laat in de zomer droogvallen kunnen zeer belangrijk zijn als voortplantingshabitat voor Rugstreeppad, Heikikker en enkele libellensoorten. Deze wateren warmen snel op, wat van belang is voor een snelle ontwikkeling van de larven. Bovendien is in duinvalleien predatie door vissen bijna altijd afwezig (F2). Voor de Rugstreeppad is een mozaïek

met geschikte landbiotoop waar de soort kan foerageren en overwinteren noodzakelijk (F1). Ook voor de Zwervende Pantserjuffer en de Zwervende Heidelibel zijn ondiepe, sterk opwarmende wateren van belang als voortplantingslocatie. De Zwervende pantserjuffer zet eieren af op opgaande vegetatie (met name russen en zeggen) in het water en kan als larve tijdelijke uitdroging van een duinvallei overleven en daarna succesvol uitsluipen (Ketelaar 2002). De Zwervende Heidelibel zet eieren juist af in open water ver van de oever, maar beide libellensoorten hebben verticaal groeiende (oever)vegetatie nodig om uit te kunnen sluipen en een aangrenzende landbiotoop om uit te kunnen harden en te foerageren als adult (F1). Duinplassen die af en toe of zelfs permanent 's zomers water hebben, kennen vaak een rijke watermacrofauna, zeker wanneer de onderwatervegetatie goed is ontwikkeld (Leentvaar 1981, Bröring & Niedringhaus 2008). Wanneer de vegetatiesuccessie verder gaat richting rietmoeras wordt de habitat geschikt als broed- en foerageerlocatie voor onder andere Roerdomp en Rietzanger.

Kalkrijke valleien kennen vaak een grote kruidenrijkdom en een hoge dichtheid aan bloemen van onder andere Moeraskartelblad en Watermunt. Hierdoor zijn deze valleien van groot belang als foerageerplek voor bloembezoekende insectensoorten. Deze soorten zijn vaak niet bestand tegen inundatie en zijn voor nestgelegenheid (bijen) en waardplanten (vlinders) gebonden aan de droge duinen (F1). Door de hoge soortenrijkdom en dichtheden aan libellen en bloembezoekende insecten kunnen duinvalleien een belangrijke bijdrage leveren aan de prooibeschikbaarheid voor insectivore vogels als Grauwe Klauwier en Paapje (F3).

In Knopbiesvegetaties komt lokaal het motvlindertje *Glyhipterix schoenicolella* voor, waarvan de rupsen voor hun voedsel afhankelijk zijn van zaden van Knopbies die in ons land buiten het kustgebied nauwelijks voorkomt. Het Zanddoortje is een kleine sprinkhaan waarvan het belangrijkste leefgebied wordt gevormd door schaars begroeide duinvalleien. De soort plant zich voort in de zomer en is in de winter als adult aanwezig die (zelfs onder water) zwemmend aan inundatie kan ontsnappen.

De Nauwe Korfslak komt in de natte duinvalleien alleen voor in de strooisellaag van ruigtes en duindoornstruweel op een overgang naar droge duinen. Sommige vindplaatsen bestaan uit strooiselpakketten aan de zeezijde van de duinen en hebben een brak karakter (Boesveld et al. 2009). Deze binding aan vochtige, kalkrijke omstandigheden houdt waarschijnlijk verband met het voedsel dat bestaat uit schimmels en algen. De soort moet continu onder vochtige omstandigheden leven en tolereert slechts korte perioden van uitdroging of juist overstroming. De Nauwe Korfslak migreert op de overgangszone tussen duinvalleien en droge duinen mee met de waterstand, waar de dichtheden op het meest gunstige deel van deze overgang zeer hoog kunnen zijn (De Bruyne 2002, Boesveld et al. 2009; zie ook Droog Duinlandschap gradiënttype 3). Duindoornstruwelen in de Renodunale duinen zijn een zeer belangrijke broed- en foerageerhabitat voor Nachtegaal. Over de diergemeenschappen van vochtige en droge duinbossen is zeer weinig bekend.

## **Sturende processen**

### *Erosie en sedimentatie*

De vorming van nieuwe duinvalleien is een zeldzaam proces. Toch is het telkens nieuw ontstaan van zowel primaire als secundaire duinvalleien de belangrijkste voorwaarde voor het permanent naast elkaar aanwezig zijn alle stadia, waardoor ook aan de levensvoorwaarden voor alle duinvallei-organismen voldaan wordt.

### *Kwel en wegzijging*

Aanvoer van baserijk grondwater gedurende tenminste een deel van het jaar is essentieel voor het langdurig in stand houden van de jonge successiestadia. Duinvalleien van dit type staan in de natte periode enige maanden onder water, niet alleen omdat dan de nuttige neerslag hoger is maar ook omdat dan de grondwaterstanden in de landinwaarts gelegen infiltratiegebieden hoger zijn dan het waterpeil in de vallei (Grootjans et al. 1995). Hierdoor kwelt kalkrijk grondwater aan één kant van de vallei op, stroomt over het oppervlak naar de overkant en infiltreert vervolgens aan de andere kant weer de bodem in op weg naar zee of naar de binnenduinrand (Stuyfzand 1993). In de zomer is de aanvoer van grondwater meestal niet voldoende om de verdamping door de vegetatie bij te houden en valt de vallei droog. Vanaf dat moment vindt in de vallei wegzijging en daardoor ook ontkalking plaats.

### *Herbivorie*

Bij het ontbreken van voldoende nieuwvorming van duinvalleien kan begrazing helpen bij het handhaven van jonge successiestadia. Meestal is dit door konijnen, maar ook grote grazers kunnen een rol spelen.

### **Standplaatscondities**

Habitattype H2190B, vooral gekenmerkt door Knopbiesvegetaties, vereist een lage beschikbaarheid van nutriënten en een hoge pH (Lammerts et al. 1999). Deze condities worden optimaal gevonden in kalkrijke natte duinvalleien. De laagste delen van de vallei worden het langst geïnundeerd, in sommige jaren valt de vallei niet droog. Omdat het grondwater bij dit valleitype zeer hoge gehalten heeft aan calcium en bicarbonaat ligt de pH rond de 7. Als het grondwater door de vallei stroomt vindt verdunning door neerslagwater nauwelijks plaats. In het vroege voorjaar kan er in de kwelzone van een vallei een geringe hoeveelheid kalk worden afgezet als het grondwater met calcië oververzadigd is. Vooral bij hoger wordende buitentemperaturen kan het koude grondwater worden opgewarmd, en dan ontwijkt CO<sub>2</sub> en slaat de kalk (travertijn, soms wel tuf genoemd) neer (Sival et al. 1998, Pentecost 2005). Ook microbiële matten kunnen in deze zoete valleien op kaal zand goed groeien, hoewel minder goed dan in zoet-zout gradiënten. Doordat de blauwwieren in de mat veel CO<sub>2</sub> opnemen voor hun groei, kan dit bij zeer kalkrijk grondwater kalkafzetting stimuleren. Deze extra kalkaanvoer draagt ertoe bij dat het pionierstadium verlengd wordt (Adema et al. 2005), deels omdat verzuring wordt tegengegaan, deels ook omdat fosfaten niet alleen door het neerslaande ijzer gefixeerd worden, maar ook door de neerslaande kalk (Boyer & Wheeler 1989, Chafetz 1994).

### **Knelpunten**

#### *Gebrek aan dynamiek*

De vorming van nieuwe kalkrijke duinvalleien is al ruim 1,5 eeuw onderdrukt door het op veiligheid en recreatie gerichte, stabiliserende beheer, met name van de zeereep. Daardoor worden de pioniersituaties steeds zeldzamer en raken, mede door verdroging en atmosferische depositie, de bestaande valleien meer en meer verzuurd, met name aan de inzijgingskant.

#### *Accumulatie van organische stof*

Verminderde aanvoer van kalkrijk en ijzerrijk grondwater en verhoogde atmosferische stikstofdepositie versnellen de accumulatie van organische stof, en dit heeft vrijwel altijd een

verhoging van de beschikbaarheid van voedingstoffen tot gevolg. Bij droogvallen mineraliseert een deel van de geaccumuleerde organische stof, hetgeen de concurrentiepositie van snelgroeiende planten verbetert, ten koste van pioniersoorten.

#### *Verdroging*

De laatste 50(-90) jaar is vrijwel overal in het duingebied de grondwaterstand gedaald. Dit kan vele oorzaken hebben, waarvan grondwateronttrekking en het aanplanten van dennenbos de belangrijkste zijn. Verder heeft de toegenomen stikstofdepositie de laatste decennia ook tot gevolg gehad dat vrijwel overal de vegetatiegroei in het duingebied is versterkt. Sterk verboste en vergaste vegetaties onderscheppen en verdampen meer water dan de pioniervegetaties van open duin (Stuyfzand 1993). Bij droogvallen mineraliseert een deel van de geaccumuleerde organische stof, hetgeen de concurrentiepositie van snelgroeiende planten verbetert ten koste van pioniersoorten, waardoor de successie verder versneld wordt (Adema et al. 2002).

#### *Afname van herbivorie*

Door het wegvallen van konijnenbegrazing als gevolg van ziektes (myxomatose en VHS) treedt in veel duinvalleien een versnelde successie op met vergrassing, verrieting en verstruiking als gevolg.

#### *Afname landschappelijke heterogeniteit voor fauna*

Een algemeen probleem voor de fauna dat voortkomt uit de knelpunten die hierboven zijn genoemd, is de verhoogde biomassagroei die leidt tot een homogene, dichte vegetatie met weinig interne heterogeniteit (V6) en een grofkorrelige mozaïekstructuur (V1b). Hierin komen minder karakteristieke diersoorten voor dan in een fijnkorrelige mozaïekstructuur van habitats. Ook de dichtheid aan kruiden, en daarmee de bloemdichtheid, neemt af door een versnelde biomassagroei.

### **Herstelmaatregelen gradiënt**

#### *Herstel van dynamiek*

De beste methode om dynamiek te herstellen is het weer tot ontwikkeling laten komen van micro-paraboolduinvorming, met bijbehorende duinvalleien, in de zeereep (zie herstelmaatregelen Droog Duinlandschap). Waar klifvorming in de zeereep plaatsvindt, treedt dit spontaan op zodra het zeereepbeheer wordt gestaakt (bij voorbeeld bij Heemskerk en Bergen). Waar geen zeereepkliffen meer gevormd worden, kunnen kerven in de zeereep gemaakt worden of kan op een grote oppervlakte herhaaldelijk helm van de zeereep verwijderd worden. Daarnaast kunnen ook vroeger mobiele maar door beplanting gefixeerde duinen gereactiveerd worden. Hier is inmiddels veel ervaring mee, waarbij in alle gevallen de vorming van pioniervalleien optrad (Arens et al. 2007). In het project "Duurzame verstuiving" (Arens et al. 2007, 2009), zijn de praktijkvoorbeelden en de daaruit getrokken lessen uitgebreid beschreven.

#### *Omvorming*

In de vastelandsduinen, waar het grootste deel van de natte valleien in het verleden ontgonnen is, kunnen voormalige landbouwcomplexen weer omgevormd worden tot natte duinvalleien. Na uitgebreid bodemonderzoek en een inschatting van de lokale hydrologie, wordt hierbij de oude, verrijkte bouwvoor afgegraven, zo mogelijk tot op de ongeroerde ondergrond. Met deze aanpak is in de kalkrijke duinen zeer veel ervaring opgedaan en er zijn aansprekende resultaten mee

behaald. Nabeheer om struikgroei onder controle te houden, is in vrijwel alle gevallen noodzakelijk gebleken (Grootjans et al. 2007).

#### *Begrazen, maaien, plaggen*

Bij het ontbreken van voldoende nieuwvorming zijn begrazing en maaien middelen om de levensduur van de jongere stadia zo lang mogelijk te rekken, en is plaggen een middel tot herstel. Bij begrazing is het doorgaans noodzakelijk om elke 3 tot 5 jaar een beperkte maaibeurt uit te voeren om de opslag van struweel en bos tegen te gaan (Grootjans et al. 2007). Het op kleine schaal plaggen in bestaande natte duinvalleien kan tot herstel van jonge stadia leiden, vooral wanneer de pioniersoorten nog in de omgeving aanwezig zijn (Van Beckhoven 1995, Ernst et al. 1996, Bekker et al. 1999). Plaggen kan met name in kalkrijke duingebieden een effectieve maatregel zijn om jonge successiestadia te ontwikkelen, maar voor een langdurige instandhouding van pionierstadia blijft toestroming van voldoende grondwater noodzakelijk. Kalkrijke duinvalleien die alleen door neerslagwater worden gevoed hebben ook op een kalkrijke bodem een korte levensduur (Grootjans et al. 2002).

#### *Hydrologisch herstel*

Herstelmaatregelen op de standplaats (bij voorbeeld plaggen) zijn er veelal op gericht om de beschikbaarheid van voedingstoffen te verlagen. Echter, zonder hydrologisch herstel kunnen de pionierstadia weer snel verdwijnen (Grootjans et al. 2002). Indien een natuurlijke afvoer van een vallei ontbreekt, kunnen zich in de laagste delen van een vallei soms permanente open watervlakken vormen (H2190A), die zich, indien het water diep genoeg is, ook zonder beheer lange tijd kunnen handhaven. Zij worden dan geflankeerd door vegetaties van vochtige valleien met hoge moerasplanten (H2190D), die de kalkrijke duinvalleivegetaties vervangen. Maatregelen die kunnen bijdragen aan vernatting en hydrologisch systeemherstel zijn:

- verlaging van de verdamping in de omgeving van valleien door ontbossing, omvorming van naald- naar loofbos of, op plaatsen waar loofbos niet duurzaam kan zijn, andere duinvegetaties, inclusief kaal zand met kleinschalige verstuing;
- beëindigen van grootschalige menselijke activiteiten die hebben geleid tot een algemene daling van de grondwaterstand in de duinen. Dit zijn bij voorbeeld landbouwenclaves, recreatieve voorzieningen en drinkwaterwinnings;
- creëren van een hydrologische bufferzone door peilverhoging in de binnenduintrand en aangrenzende polders;
- herstel van verdroogde valleien door uitgraven tot op het grondwaterniveau;
- stimuleren secundaire valleivorming door herstel van grootschalige verstuing.

#### *Aandachtspunten*

- Er zijn voorbeelden dat herstelmaatregelen in gebieden waar vroeger duininfiltratie ten behoeve van de drinkwaterproductie heeft plaatsgevonden, minder duurzaam zijn dan in ongestoorde duingebieden (Grootjans et al. 2007). Dit uit zich veelal in de aanwezigheid van eutrafente soorten als Riet, Waterbies en Lisdodde in de centra van de nieuw gecreëerde of herstelde valleien. Dit wordt waarschijnlijk veroorzaakt door de nog in het systeem achtergebleven fosfaat dat zich tijdens het infiltreren van vervuild rivierwater heeft opgehoopt (Stuyfzand 1993). Bij hydrologisch herstel van dergelijke gebieden kan dit fosfaat weer meegevoerd worden naar de herstelde valleien. Maar anderzijds zijn er ook gevallen waarin waardevolle natte valleien langdurig aanwezig zijn in nog actieve gebieden met kunstmatige infiltratie (R. Slings, mond. med.). Hydrologisch en bodemchemisch vooronderzoek zal dus altijd nodig zijn voordat tot herstelmaatregelen wordt overgegaan.

- Plaggen zonder hydrologisch herstel leidt in de duinen niet alleen niet tot duurzaam herstel, maar kan ook tot gevolg hebben dat een groot deel van de zaadbank en de diergemeenschap wordt vernietigd, waardoor herstel in een later stadium wordt verhinderd of sterk vertraagd (Bekker et al. 1999). Door fasering van deze maatregel in tijd en ruimte en door delen van het gebied loodrecht op de hoogtegradiënt (in plaats van op één hoogte) te plaggen, blijven geschikte habitats aanwezig en kunnen soorten blijven migreren op de hoogtegradiënt, waardoor de kans op verlies van soorten nihil is.
- Bij bovengenoemde maatregelen kunnen ook cultuurhistorische of archeologische waarden in het geding zijn. Dit is een belangrijke afweging bij de keuze van herstelmaatregelen.
- Voor het optimaliseren van beheermaatregelen voor de fauna in duinen is het in de meeste gevallen gewenst om een fijnkorrelige mozaïekstructuur te herstellen. Een belangrijk onderdeel hiervan is het behoud van variatie in reliëf, zowel op meso- tot megaschaal (habitat en gebied overschrijdend), maar ook op nano- tot microschaal (interne heterogeniteit van een habitat).
- Combinaties van habitats of overgangen tussen habitats die door veel diersoorten gebruikt worden zijn: bloemrijke vochtige en droge vegetaties, ondiepe (veelal droogvallende) duinvalleien, en droge open zandige plekken. Het verdient aanbeveling om herstelmaatregelen in natte en droge delen dicht bij elkaar uit te voeren zodat de herstelde habitats ook op een voor diersoorten overbrugbare afstand liggen.
- Bij maaibeheer en begrazingsbeheer bestaat de kans dat gewenste diersoorten uit het gebied worden verdrongen, of dat het bloemaanbod voor bloembezoekende insecten verdwijnt. Indien er meerdere duinvalleien of groene stranden aanwezig zijn (of wanneer de oppervlakte van de enige aanwezige habitat groot genoeg is om deze op te delen), heeft het de voorkeur om de maatregel niet in het gehele gebied uit te voeren, maar om dit beheer te faseren in de tijd. Dit speelt zeker bij intensieve begrazing, maar ook extensieve begrazing kan leiden tot verstoring van vogels die broeden op de grond, of in laag struweel en riet.

### Voorbeelden

Meinderswaal, veel valleien in de vastelandskust: Houtglop, Reggers Sandervlak (Everts et al. 2008), Kokkendal, Paadje van Praat (Everts et al. 2007); Vuurtorenvallei, Schiermonnikoog (Grootjans et al. 1995, Lammerts & Grootjans 1998, Woudwijk 2010); Mokslootvalleien, Texel (Sival et al. 1998).

### Literatuur

- Adema, E.B., A.P. Grootjans, J. Petersen & J. Grijpstra 2002. Alternative stable states in a wet calcareous dune slack in the Netherlands. *Journal of Vegetation Science* 13: 107–144.
- Adema, E.B., J. van de Koppel, H.A.J. Meyer & A.P. Grootjans 2005. Enhanced nitrogen loss may explain alternative stable states in dune slack succession. *Oikos* 109: 374–386.
- Arens, S.M., M.A.M. Löffler & E.M. Nuijen 2007. Evaluatie Dynamisch Kustbeheer Friese Waddeneilanden. Rapport Bureau voor Strand- en Duinonderzoek en Bureau Landwijzer in opdracht van Rijkswaterstaat Noord-Nederland. RAP2006.04.
- Arens, S.M., L. Geelen, H. van der Hagen & Q.L. Slings 2009. Duurzame verstuing in de Hollandse Duinen; Kans, droom of nachtmerrie. Eindrapport Fase 2. Arens Bureau voor Strand- en Duinonderzoek, Waternet, nv PWN, Dunea, RAP2009.03.

- Bekker, R.M., E.J. Lammerts, A. Schutter & A.P. Grootjans 1999. Vegetation development in dune slacks: the role of persistent seed banks. *Journal of Vegetation Science* 10: 745–754.
- Boesveld, W., A.W. Gmelig Meyling & I. van Lente 2009. Inhaalslag Verspreidingsonderzoek. Mollusken van de Europese Habitatrichtlijn. Resultaten van het inventarisatiejaar 2008. Nauwe korfslak *Vertigo angustior*. Rapport Stichting Anemoon 2009–12.
- Boyer, M.L.H. & B.D. Wheeler 1989. Vegetation patterns in spring-fed calcareous fens: calcite precipitation and constraints on fertility. *Journal of Ecology* 77: 597–609.
- Bröring, U. & Niedringhaus, R., 2008. Die Wanzen der süßen und brackigen Gewässer der Ostfriesischen Inseln (Heteroptera: Nepo-, Gerromorpha). In: R. Niedringhaus, Haeseler, V., Janiesch, P. Die Flora und Fauna der Ostfriesischen Inseln. Artenverzeichnisse und Auswertungen zur Biodiversität. Schriftenreihe Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer, Band 11, Wilhelmshaven; pp. 165–169.
- Chafetz, H.S. 1994. Bacterially induced precipitates of calcium carbonate and lithification of microbial mats, In: W.E. Krumbein, D.M. Paterson & L.J. Stal (eds), *Biostabilisation of sediments*, BIS Verlag, Oldenburg; pp. 149–163.
- De Bruyne, R. 2002. De nauwe korfslak *Vertigo angustior* in Nederland. Nederlandse Faunistische Mededelingen 16: 11–20.
- Ernst, W.H.O., Q.L. Slings & H.J.M. Nelissen 1996. Pedogenesis in coastal wet dune slacks after sod-cutting in relation to revegetation. *Plant & Soil* 180: 219–230.
- Everts, F.H., M. Jongman, N.P.J. de Vries & M.E. Tolman 2007. Vegetatiekartering Noordhollands Duinreservaat deelgebieden Bergen Zuid – Wimmenum 2006. Rapport PWN.
- Everts, F.H., N.P.J. de Vries, D.P. Pranger, M.E. Tolman & M. Jongman 2008. Vegetatiekartering deelgebieden Egmond – Bakkum 2007. Rapport PWN
- Grootjans, A.P., E.J. Lammerts & F. Van Beusekom 1995. Kalkrijke duinvallen op de Waddeneilanden, KNNV Uitgeverij, Utrecht, 176 p.
- Grootjans, A.P., L. Geelen, A.J.M. Jansen & E.J. Lammerts 2002. Restoration of coastal dune slacks. *Hydrobiologia* 478: 181–203.
- Grootjans, A.P., E.B. Adema, C. Aggenbach, F.H. Everts & A.J.M. Jansen 2007. Restauratie van Duinvallen. *De Levende Natuur* 108 (3): 77–82.
- Ketelaar, R. 2002. Zwervende pantserjuffer. – In: Nederlandse Vereniging voor Libellenstudie. De Nederlandse libellen (*Odonata*). (Nederlandse Fauna 4). Nationaal Natuurhistorisch Museum Naturalis, KNNV Uitgeverij & EIS-Nederland, Leiden; pp. 151–154.
- Lammerts, E.J., F.P. Sival, A.P. Grootjans & H. Esselink 1992. Hydrological conditions and soil buffering processes controlling the occurrence of dune slack species on the Dutch Wadden Sea islands. In: R.W.G. Carter, T.G.F. Curtis & M.J. Sheehy-Skeffington (eds.): *Coastal Dunes*: 265–272, Balkema, Rotterdam.
- Lammerts, E.J. & A.P. Grootjans 1998. Key environmental variables determining the occurrence and life span of basiphilous dune slack vegetation. *Acta Botanica Neerlandica* 47: 369–392.
- Lammerts E.J., D.M. Pegtel, A.P. Grootjans & A. van der Veen 1999. Nutrient limitation and vegetation change in a coastal dune slack. *Journal of Vegetation Science* 10:11–122.
- Leentvaar, P. "Hydrobiologie van natuurlijke duinmeren." *H2O* 14.9 1981: 188–191.
- Pentecost, A. 2005. *Travertine*. Springer.
- Sival, F.P. & A.P. Grootjans 1996. Seasonal variation in buffering capacity of a dune slack in relation to organic matter, nitrogen pool and vegetation. *Vegetatio* 126: 39–50.



- Sival, F.P., H.J. Mûcher & S.P.J. van Delft 1998. Carbonate accumulation affected by hydrological conditions and their relevance for dune slack vegetation. *Journal of Coastal Conservation* 4:91–100.
- Stuyfzand, P.J. 1993. Hydrochemistry and hydrology of the coastal dune area of the Western Netherlands. Ph.D thesis, Vrije Universiteit Amsterdam, published by KIWA; 366 p.
- Van Beckhoven, K. 1995. Rewetting of coastal dune slacks: effects on plant growth and soil processes. PhD thesis, Vrije Universiteit Amsterdam, Amsterdam.

## Gradiënttype 3: Kalkrijke duinvalleien in kalkarme duinen

### Beknopte beschrijving

Evenals in de kalkrijke duinen (gradiënttype 2) zijn deze duinvalleien meest ontstaan door secundaire verstuiving, en kennen geen directe invloed van zeewater. Kalkrijke duinvalleien in kalkarme duinen komen vooral voor op de Waddeneilanden en langs de Hollandse kust ten noorden van Bergen, waar de duinen van nature kalkarmer zijn dan ten zuiden van Bergen. Omdat in deze gebieden het initiële kalkgehalte van het strandzand veelal niet meer is dan een paar procent, is de toplaag van het duinzand al na een jaar of vijftig tot een halve meter diep ontkalkt. Duinmassieven van meer dan 200 jaar oud, zijn al gauw tot meer dan twee meter ontkalkt (Rozema et al. 1985, Sival et al. 1997). Valleien gelegen in het centrum van de duinmassieven worden hierdoor aan de zeereepkant omringd door relatief kalkrijke, nog ondiep ontkalkte duinen, terwijl ze meer naar binnen begrensd worden door kalkarme en diep ontkalkte duinen. Het toestromende grondwater uit het centrale duinmassief is echter meestal wel kalkrijk, omdat de stroombanen diep genoeg gaan om niet ontkalkte sedimenten te doorstromen. Kalkprofielen door zo'n centraal gelegen kalkrijke vallei illustreren vaak perfect hoe het hydrologische systeem in het verleden lange tijd heeft gefunctioneerd (zie figuur 8): sterk ontkalkt aan weerszijden van de vallei en ondiep ontkalkt in de kwelzone en het centrum van de vallei (Sival & Grootjans 1996, Grootjans et al. 1996).

### Vegetatiegradiënt

De optimale vorm van deze gradiënt wordt schematisch weergegeven in Figuur 8, de licht beïnvloede vorm in Figuur 9. Aan de zeereepkant komen nog Kalkrijke Grijze duinen (H2130A) voor, waar regelmatige overstuiving vanuit de Witte duinen plaatsvindt. Meer landinwaarts komen alleen Grijze Duin (Kalkarm, H2130B) voor, en vaak ook Duinheiden (H2140) met lokaal Grijze Duinen (Heischraal, H2130C) aan de randen van de vallei. Ook kan Blauwgrasland (H6410) aanwezig zijn. In pioniersituaties van dit type kunnen Kruiwilgstruwelen (H2170) tot ontwikkeling komen.

Het kalkrijke duinvalleitype met Knopbies (H2190B) komt meestal maar aan één kant van de vallei voor, namelijk in de kwelzone. Maar indien tijdens de vroege ontwikkeling van de jonge vallei zaden zich naar andere delen verspreid hebben bij voorbeeld met het stromende oppervlaktewater, kan ook daar een populatie van Knopbies langere tijd stand houden.

Het midden van deze zwak-basenrijke valleien wordt meestal ingenomen door open water (H2190A), vaak met een vegetatie van het Oeverkruid-verbond (6Aa). Oeverkruidvegetaties kunnen langer dan 80 jaar in een pionierfase blijven (Adema et al. 2002) doordat Oeverkruid door het inbrengen van zuurstof in de bodem zijn eigen milieu heel lang voedselarm weet te houden (Adema et al. 2005). Tegenwoordig gaat dit type echter vrijwel overal vrij snel over in zuurdere stadia (Woudwijk 2011). Het open water wordt zonder beheer geflankeerd door vegetaties van vochtige valleien met hoge moerasplanten (H2190D), die hier de kalkrijke duinvalleivegetaties (H2190B) vervangen. Valleien die verzuren gaan eerst over in kleine zeggenvegetaties (H2190C), daarna in kruiwilgstruwelen die echter meestal niet voldoen aan de eisen van habitatype H2170. Verdere successie, al dan niet natuurlijk, leidt in de meeste gevallen tot de ontwikkeling van Duinheiden met Kraaihei (H2140A) aan de zeereepkant en tot Duinbos (H2180) in het overige gebied. Duindoornstruwelen (H2160) hebben in de kalkarme duinen slechts een korte levensduur.

## Fauna

De fauna van kalkrijke duinvalleien in de kalkarme duinen lijkt sterk op die van kalkrijke valleien in de kalkrijke duinen en van brakke valleien waar de invloed van zeewater aan het afnemen is. Schaars of ijl begroeide valleien die pas laat in de zomer droogvallen kunnen zeer belangrijk zijn als voortplantingshabitat voor Rugstreeppad, Heikikker en enkele libellensoorten. Deze wateren warmen snel op, wat van belang is voor een snelle ontwikkeling van de larven. Bovendien is in duinvalleien predatie door vissen bijna altijd afwezig (F2). Voor de Rugstreeppad is een mozaïek met geschikte landbiotoop waar de soort kan foerageren en overwinteren noodzakelijk (F1). Ook voor de Zwervende Pantserjuffer en de Zwervende Heidelibel zijn ondiepe, sterk opwarmende wateren van belang als voortplantingslocatie. De Zwervende pantserjuffer zet eieren af op opgaande vegetatie (met name russen en zeggen) in het water en kan als larve tijdelijke uitdroging van een duinvallei overleven en daarna succesvol uitsluipen (Ketelaar 2002). De Zwervende Heidelibel zet eieren juist af in open water ver van de oever, maar beide libellensoorten hebben verticaal groeiende (oever)vegetatie nodig om uit te kunnen sluipen en een aangrenzende landbiotoop om uit te kunnen harden en te foerageren als adult (F1). Duinplassen die af en toe of zelfs permanent 's zomers water hebben, kennen vaak een rijke watermacrofauna, zeker wanneer de onderwatervegetatie goed is ontwikkeld (Leentvaar 1981, Bröring & Niedringhaus 2008). Wanneer de vegetatiesuccessie verder gaat richting rietmoeras wordt de habitat geschikt als broed- en foerageerlocatie voor onder andere Roerdomp en Rietzanger.

Kalkrijke valleien kennen vaak een grote kruidenrijkdom en kennen een hoge dichtheid aan bloemen van onder andere Moeraskartelblad en Watermunt. Hierdoor zijn deze valleien van groot belang als foerageerplek voor bloembezoekende insectensoorten. Deze soorten zijn vaak niet bestand tegen inundatie en zijn voor nestgelegenheid (bijen) en waardplanten (vlinders) gebonden aan de droge duinen (F1). Door de hoge soortenrijkdom en dichtheden aan libellen en bloembezoekende insecten kunnen duinvalleien een belangrijke bijdrage leveren aan de prooibeschikbaarheid voor insectivore vogels als Grauwe Klauwier en Paapje (F3).

In Knopbiesvegetaties komt lokaal het motvliedertje *Glyptotendipes schoenicolella* voor, waarvan de rupsen voor hun voedsel afhankelijk zijn van zaden van Knopbies die in ons land buiten het kustgebied nauwelijks voorkomt. Het Zanddoortje is een kleine sprinkhaan waarvan het belangrijkste leefgebied wordt gevormd door schaars begroeide duinvalleien. De soort plant zich voort in de zomer en is in de winter als adult aanwezig die (zelfs onder water) zwemmend aan inundatie kan ontsnappen.

De Nauwe Korfslak komt in de natte duinvalleien alleen voor in de strooisellaag van ruigtes en duindoornstruweel op een overgang naar droge duinen. Sommige vindplaatsen bestaan uit strooiselpakketten aan de zeezijde van de duinen en hebben een brak karakter (Boesveld et al. 2009). Deze binding aan vochtige, kalkrijke omstandigheden houdt waarschijnlijk verband met het voedsel dat bestaat uit schimmels en algen. De soort moet continu onder vochtige omstandigheden leven en tolereert slechts korte perioden van uitdroging of juist overstroming. De Nauwe Korfslak migreert op de overgangszone tussen duinvalleien en droge duinen mee met de waterstand, waar de dichtheden op het meest gunstige deel van deze overgang zeer hoog kunnen zijn (De Bruyne 2002, Boesveld et al. 2009; zie ook Droog Duinlandschap gradiënttype 3). Over de diergemeenschappen van vochtige en droge duinbossen is zeer weinig bekend.

## **Sturende processen**

### *Erosie en sedimentatie*

De vorming van nieuwe duinvalleien is een zeldzaam proces. Toch is het telkens nieuw ontstaan van zowel primaire als secundaire duinvalleien de belangrijkste voorwaarde voor het permanent naast elkaar aanwezig zijn alle stadia, waardoor ook aan de levensvoorwaarden voor alle duinvallei-organismen voldaan wordt.

### *Kwel en wegzijging*

Aanvoer van baserijk grondwater gedurende tenminste een deel van het jaar is essentieel voor het langdurig in stand houden van de jonge successiestadia. Duinvalleien van dit type staan in de natte periode enige maanden onder water, niet alleen omdat dan de nuttige neerslag hoger is maar ook omdat dan de grondwaterstanden in de landinwaarts gelegen infiltratiegebieden hoger zijn dan het waterpeil in de vallei (Grootjans et al. 1995). Indien de stroombanen voldoende diep door het sediment gaan en daardoor kalk in oplossing gaat, kwelt kalkrijke grondwater aan één kant van de vallei op, stroomt vervolgens over het oppervlak naar de overkant en infiltreert weer aan de andere kant (Stuyfzand 1993). Het grondwater stroomt heel langzaam over het oppervlak en als het binnenkomende grondwater niet zeer kalkrijk is of als de toestroming gering is, wordt het oppervlaktewater tijdens regenbuien sterk verdund. Hierdoor verzuurt het infiltratiedeel van de vallei meestal snel en heeft daarom een dikkere organische laag (Sival & Grootjans 1996).

### *Herbivorie*

Bij het ontbreken van voldoende nieuwvorming van duinvalleien kan begrazing helpen bij het handhaven van jonge successiestadia. Meestal is dit door konijnen, maar ook grote grazers kunnen een rol spelen.

## **Standplaatscondities**

Habitattype H2190B, vooral gekenmerkt door Knopbiesvegetaties, vereist een lage beschikbaarheid van nutriënten en een hoge pH (Lammerts et al. 1999). Deze condities worden optimaal gevonden in kalkrijke natte duinvalleien. De laagste delen van de vallei worden het langst geïnundeerd, in sommige jaren valt de vallei helemaal niet droog (Grootjans et al. 1995). Het oppervlaktewater in dit valleitype is meestal matig kalkrijk door verdunning met regenwater. Het kalkrijke grondwater dat in de kwelzone binnenstroomt is meestal niet verzadigd met calcië, waardoor vrijwel nooit secundaire kalk wordt afgezet (Pentecost 2005).

## **Knelpunten**

### *Gebrek aan dynamiek*

De vorming van nieuwe duinvalleien is al ruim 1,5 eeuw onderdrukt door het op veiligheid en recreatie gerichte, stabiliserende beheer, met name van de zeeoep. Daardoor worden de pioniersituaties steeds zeldzamer en raken, mede door verdroging en atmosferische depositie, de bestaande valleien meer en meer verzuurd, met name aan de inzigingskant.

### *Accumulatie van organische stof*

Verminderde aanvoer van kalkrijk en ijzerrijk grondwater en verhoogde atmosferische stikstofdepositie versnellen de accumulatie van organische stof, en dit heeft vrijwel altijd een verhoging van de beschikbaarheid van voedingstoffen tot gevolg (Woudwijk 2011). Bij droogvallen

mineraliseert een deel van de geaccumuleerde organische stof, hetgeen de concurrentiepositie van snelgroeïende planten verbetert, ten koste van pioniersoorten.

#### *Verdroging*

De laatste 50(-90) jaar is vrijwel overal in het duingebied de grondwaterstand gedaald. Dit kan vele oorzaken hebben, waarvan grondwateronttrekking en het aanplanten van dennenbos de belangrijkste zijn. Verder heeft de toegenomen stikstofdepositie de laatste decennia ook tot gevolg gehad dat vrijwel overal de vegetatiegroei in het duingebied is versterkt. Sterk verboste en vergraste vegetaties onderscheppen en verdampen meer water dan de pioniervegetaties van open duin (Stuyfzand 1993). Bij droogvallen mineraliseert een deel van de geaccumuleerde organische stof, hetgeen de concurrentiepositie van snelgroeïende planten verbetert ten koste van pioniersoorten, waardoor de successie verder versneld wordt (Adema et al. 2002).

#### *Afname van herbivorie*

Door het wegvallen van konijnenbegrazing als gevolg van ziektes (myxomatose en VHS) treedt in veel duinvalleien een versnelde successie op met vergrassing, verrieting en verstruiking als gevolg.

#### *Afname landschappelijke heterogeniteit voor fauna*

Een algemeen probleem voor de fauna dat voorkomt uit de knelpunten die hierboven zijn genoemd, is de verhoogde biomassagroei die leidt tot een homogene, dichte vegetatie en met weinig interne heterogeniteit (V6) en een grofkorrelige mozaïekstructuur (V1b). Hierin komen minder karakteristieke diersoorten voor dan in een fijnkorrelige mozaïekstructuur van habitats. Ook de dichtheid aan kruiden, en daarmee de bloemdichtheid, neemt af door een versnelde ontwikkeling van bovengrondse biomassa.

### **Herstelmaatregelen gradiënt**

#### *Herstel van dynamiek*

Dynamisch kustbeheer biedt op veel plaatsen mogelijkheden voor een min of meer spontaan herstel van de gradiënt (zie bijvoorbeeld Arens et al. 2007, Arens et al. 2009). Met name op plaatsen waar enige afslag optreedt blijkt het proces van parabolisering weer op gang te komen, ook als dit gecombineerd wordt met (beperkt) suppleren. Een flexibele manier van suppleren, bij voorbeeld pas nadat enige afslag het zand in beweging heeft gebracht, zou daarom een zeer belangrijke aanpassing van het huidige kustbeleid kunnen zijn voor grootschalig herstel van de gradiënt. Daarnaast kunnen ook vroeger mobiele maar door beplanting gefixeerde duinen gereactiveerd worden door het verwijderen van vegetatie.

#### *Begrazen, maaien, plaggen*

Bij het ontbreken van voldoende nieuwvorming zijn begrazing en maaien middelen om de levensduur van de jongere stadia zo lang mogelijk te rekken, en is plaggen een middel tot herstel. Bij begrazing is het doorgaans noodzakelijk om elke 3 tot 5 jaar een beperkte maaibeurt uit te voeren om de opslag van struweel en bos tegen te gaan (Grootjans et al. 2007). Pootafdrukken kunnen van belang zijn voor pioniersoorten, zoals levermossen. Plaggen kan ook leiden tot hydrologisch herstel wanneer wordt uitgegraven tot op het grondwater.

### *Hydrologisch herstel*

Het uitvoeren van herstelmaatregelen op standplaatsniveau zoals maaien om de beschikbaarheid van voedingsstoffen te verlagen is in ontkalkte landschappen alleen zinvol indien tevens hydrologisch herstel plaatsvindt. Zonder herstel van de kalkrijke grondwaterinstroom komen de typische soorten van kalkrijke valleien niet terug (Grootjans et al. 2002). Bij voldoende vernatting van de omgeving kan zich in de laagste delen van de vallei een type met open water vormen (H2190A), dat zich ook zonder beheer lange tijd kan handhaven.

Maatregelen die kunnen bijdragen aan vernatting en hydrologische systeemherstel zijn in de kalkarme duinen vooral:

- verlaging van de verdamping in de omgeving van valleien door ontbossing, omvorming van naald- naar loofbos of, op plaatsen waar loofbos niet duurzaam kan zijn, andere duinvegetaties, inclusief kaal zand met kleinschalige verstuing;
- herstel van verdroogde valleien door uitgraven tot op het grondwaterniveau;
- stimuleren secundaire valleivorming door herstel van grootschalige verstuing.

### *Aandachtspunten*

- Een langere levensduur van de pionierstadia is in de kalkarme duinen waarschijnlijk alleen mogelijk als de grondwaterstanden in de omgeving worden verhoogd.
- Plaggen zonder hydrologisch herstel leidt in de duinen niet alleen niet tot duurzaam herstel, maar kan ook tot gevolg hebben dat een groot deel van de zaadbank en de diergemeenschap wordt vernietigd, waardoor herstel in een later stadium wordt verhinderd of sterk vertraagd (Bekker et al. 1999). Door fasering van deze maatregel in tijd en ruimte en door delen van het gebied loodrecht op de hoogtegradiënt (in plaats van op één hoogte) te plaggen, blijven geschikte habitats aanwezig en kunnen soorten blijven migreren op de hoogtegradiënt, waardoor de kans op verlies van soorten nihil is.
- Bij bovengenoemde maatregelen kunnen ook cultuurhistorische of archeologische waarden in het geding zijn. Dit is een belangrijke afweging bij de keuze van herstelmaatregelen.
- Voor het optimaliseren van beheermaatregelen voor de fauna in duinen is het in de meeste gevallen gewenst om een fijnkorrelige mozaïekstructuur te herstellen. Een belangrijk onderdeel hiervan is het behoud van variatie in reliëf, zowel op meso- tot megaschaal (habitat en gebied overschrijdend), maar ook op nano- tot microschaal (interne heterogeniteit van een habitat).
- Combinaties van habitats of overgangen tussen habitats die door veel diersoorten gebruikt worden zijn: bloemrijke vochtige en droge vegetaties, ondiepe (veelal droogvallende) duinvalleien, en droge open zandige plekken. Het verdient aanbeveling om herstelmaatregelen in natte en droge delen dicht bij elkaar uit te voeren zodat de herstelde habitats ook op een voor diersoorten overbrugbare afstand liggen.

### **Voorbeelden**

Kapenglop, Schiermonnikoog (Grootjans et al. 1995), Mokslootvalleien, Texel (Grootjans et al. 2001), Koegelwiek, Terschelling (Grootjans et al. 1995), Buizerdvlak, Noord-Hollands Duinreservaat (Everts et al. 2009).

## Literatuur

- Adema, E.B., A.P. Grootjans, J. Petersen & J. Grijpstra 2002. Alternative stable states in a wet calcareous dune slack in the Netherlands. *Journal of Vegetation Science* 13:107–144.
- Adema, E.B., J. van de Koppel, H.A.J. Meyer & A.P. Grootjans 2005. Enhanced nitrogen loss may explain alternative stable states in dune slack succession. *Oikos* 109: 374–386.
- Arens, S.M., M.A.M. Löffler & E.M. Nuijen 2007. Evaluatie Dynamisch Kustbeheer Friese Waddeneilanden. Rapport Bureau voor Strand- en Duinonderzoek en Bureau Landwijzer in opdracht van Rijkswaterstaat Noord-Nederland. RAP2006.04.
- Arens, S.M., L. Geelen, H. van der Hagen & Q.L. Slings 2009. Duurzame verstuiving in de Hollandse Duinen; Kans, droom of nachtmerrie. Eindrapport Fase 2. Arens Bureau voor Strand- en Duinonderzoek, Waternet, nv PWN, Dunea, RAP2009.03.
- Bekker, R.M., E.J. Lammerts, A. Schutter & A.P. Grootjans 1999. Vegetation development in dune slacks: the role of persistent seed banks. *Journal of Vegetation Science* 10: 745–754.
- Boesveld, W., A.W. Gmelig Meyling & I. van Lente 2009. Inhaalslag Verspreidingsonderzoek. Mollusken van de Europese Habitatrichtlijn. Resultaten van het inventarisatiejaar 2008. Nauwe korfslak *Vertigo angustior*. Rapport Stichting Anemoon 2009–12.
- Bröring, U. & Niedringhaus, R., 2008. Die Wanzen der süßsen und brackigen Gewässer der Ostfriesischen Inseln (Heteroptera: Nepo-, Gerromorpha). In: R. Niedringhaus, Haeseler, V., Janiesch, P. Die Flora und Fauna der Ostfriesischen Inseln. Artenverzeichnisse und Auswertungen zur Biodiversität. Schriftenreihe Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer, Band 11, Wilhelmshaven; pp. 165–169.
- De Bruyne, R. 2002. De nauwe korfslak *Vertigo angustior* in Nederland. *Nederlandse Faunistische Mededelingen* 16: 11–20.
- Everts, F.H., D.P. Pranger, M.E. Tolman & N.P.J. de Vries 2009. Vegetatiekartering Bergen-Noord 2009. Rapport EGG 821. EGG/PWN Groningen/Velserbroek.
- Grootjans, A.P., E.J. Lammerts & F. van Beusekom 1995. Kalkrijke duinvalleien op de Waddeneilanden, KNNV Uitgeverij, Utrecht; 176 p.
- Grootjans, A. P., Everts, H., Bruin, K., & Fresco, L. (2001). Restoration of Wet Dune Slacks on the Dutch Wadden Sea Islands: Recolonization After Large-Scale Sod Cutting. *Restoration Ecology*, 9(2), 137–146.
- Grootjans, A.P., L. Geelen, A.J.M. Jansen & E.J. Lammerts 2002. Restoration of coastal dune slacks. *Hydrobiologia* 478: 181–203.
- Grootjans, A.P., Adema, E. B., Bleuten, W., Joosten, H., Madaras, M., & Janáková, M. (2006). Hydrological landscape settings of base-rich fen mires and fen meadows: an overview. *Applied Vegetation Science* 9(2): 175–184.
- Grootjans, A.P., E.B. Adema, C. Aggenbach, F.H. Everts & A.J.M. Jansen 2007. Restauratie van Duinvalleien. *De Levende Natuur* 108 (3): 77–82.
- Ketelaar, R. 2002. Zwervende pantserjuffer. – In: Nederlandse Vereniging voor Libellenstudie. De Nederlandse libellen (*Odonata*). (Nederlandse Fauna 4). Nationaal Natuurhistorisch Museum Naturalis, KNNV Uitgeverij & EIS-Nederland, Leiden; p. 151–154.
- Lammerts, E.J., D.M. Pegtel, A.P. Grootjans & A. van der Veen 1999. Nutrient limitation and vegetation change in a coastal dune slack. *Journal of Vegetation Science* 10:11–122.
- Leentvaar, P. "Hydrobiologie van natuurlijke duinmeren." *H2O* 14.9 (1981): 188–191.
- Pentecost, A., 2005. Travertine. Springer.
- Rozema, J.P. Laan, R. Broekman, W.H.O. Ernst & C.A.J. Appelo 1985. On the lime transition and decalcification in the coastal dunes of the province of North Holland and the Island of Schiermonnikoog. *Acta Botanica Neerlandica* 34: 393–411.

- Sival, F.P. & A.P. Grootjans 1996. Seasonal variation in buffering capacity of a dune slack in relation to organic matter, nitrogen pool and vegetation. *Vegetatio* 126: 39–50.
- Sival, F.P., T. Verschoore & A.P. Grootjans 1997. Variation in groundwater composition and decalcification depth in a dune slack; effects on basiphilous vegetation. *Journal of Coastal Conservation* 3: 79–86.
- Stuyfzand, P.J. 1993. Hydrochemistry and hydrology of the coastal dune area of the Western Netherlands. Ph.D thesis Vrije Universiteit Amsterdam, published by KIWA; 366 p.
- Woudwijk, W. 2011. Soil subsidence after gas abstraction on Ameland; effects on the accumulation rate of soil organic matter. Master thesis Institute for Energy and Environmental Studies (IVEM), University of Groningen.



## Gradiënttype 4: Ontkalkte binnenduintrand met kalkrijk grondwater

### Beknopte beschrijving

De binnenduintrand is, op enkele uitzonderingen –zoals bij Bakkum– na, vrijwel overal sterk ontkalkt, ook in het kalkrijke Renodunale District. Dit komt omdat deze duinmassieven meestal reeds tijdens de eerste fase van de vorming van de Jonge Duinen, vanaf ca. 800 – 1000 ontstaan zijn, en dus een langdurige periode van ontkalking achter de rug hebben (Bakker et al. 1979). Valleien in de binnenduintrand zijn daardoor voor hun basenvoorziening vrijwel geheel afhankelijk van de toestroming van kalkrijk grondwater. Indien dit grondwater afkomstig is van een groot duinmassief, is het veelal zeer kalkrijk, soms zelf oververzadigd met calciet. Maar als de afgelegde weg korter is, bij voorbeeld door de aanwezigheid van lokale kleilagen, kan het uitstromende grondwater kalkarm zijn. Het meest voorkomende type ligt aan de voet van het ontkalkte duinmassief maar is zelf basenrijk. Dit type vallei heeft niet zelden een veenbodem, die soms ook al eeuwenoud is.

### Vegetatiegradiënt

De optimale vorm van deze gradiënt wordt schematisch weergegeven in Figuur 10, de licht beïnvloede vorm in Figuur 11. De hogere delen van de gradiënt bestaan uit Droge Duinheiden (H2140B), Kalkarme (H2130B) of Kalkrijke (H2130A) Grijze Duinen of droge Duinheiden met kraaihei (H2140B), met lokaal aan de randen van de vallei natte Duinheiden (H2140A) of Grijze Duinen (Heischraal, H2130C). Een enkele keer vindt onder toestroming van kalkarm grondwater of door de vorming van een regenwaterlens veenmosontwikkeling plaats, waardoor Vochtige Duinvalleien (ontkalkt, H2190C) ontstaan, ook vorming van Duinblauwgrasland (H6410) is mogelijk, maar in de meeste gevallen is een meer basenrijk type aanwezig (Vochtige duinvalleien kalkrijk, H2190B). Zonder beheer ontwikkelen zich vochtige Duinbossen (H2180B). Bij sterke toevoer van grondwater kan op beperkte schaal een duinvalleitype met Grote zeggen (H2190D) of zelfs open water (H2190A) voorkomen. Dit zijn feitelijk veenvormende systemen die ook de oorsprong kunnen vormen van duinbeken en –rellen. Bij minder toevoer van grondwater ontwikkelen zich Kruiwilgstruwelen (niet kwalificerend voor H2170), die al snel overgaan in vochtige Duinbossen (H2180B). Een bijzonder geval treffen we aan in de Kroon's Polders van Vlieland. Hier heeft zich in de 1<sup>e</sup> Polder een Knopbiesveld ontwikkeld (H2190B) op een sterk organische bodem. In de 4<sup>e</sup> Polder bestaat een veenvormende vegetatie van hetzelfde type, die niet beheerd wordt en waar Riet domineert, maar niet overal (De Vries 1961, De Bakker et al. 2005). Plaatselijk wordt hier in het voorjaar zelfs kalk afgezet.

### Fauna

De diergemeenschappen van ontkalkte binnenduintranden met kalkrijk grondwater zijn nauwelijks onderzocht, maar zijn in potentie zeer rijk aan soorten. Voor een deel zullen de gemeenschappen lijken op die van kalkrijke duinvalleien in kalkarme duinen.

Schaars of ijl begroeide droogvallende duinvalleien die waterhoudend zijn tot en met de zomer zijn belangrijk als voortplantingshabitat voor Rugstreppad, Heikikker en enkele libellensoorten. Deze wateren warmen snel op wat van belang is voor een snelle ontwikkeling van de larven en er

komen geen vissen (predatoren) in voor (F2). Voor de Rugstreeppad is een mozaïek met geschikte landbiotoop waar de soort kan foerageren en overwinteren noodzakelijk (F1). Ook voor de Zwervende Pantserjuffer en Zwervende Heidelibel zijn ondiepe, sterk opwarmende wateren van belang als voortplantingslocatie. De Zwervende pantserjuffer zet eieren af op opgaande vegetatie (met name russen en zeggen) in het water en kan als larve tijdelijke uitdroging van een duinvallei overleven en daarna succesvol uitsluipen (Ketelaar 2002). De Zwervende Heidelibel zet eieren juist af in open water ver van de oever, maar beide libellensoorten hebben verticaal groeiende (oever)vegetatie nodig om uit te kunnen sluipen en een aangrenzende landbiotoop om uit te kunnen harden en te foerageren als adult (F1).

Vegetaties met kalkrijke kwel kennen vaak een grote kruidenrijkdom en kennen een hoge dichtheid aan bloemen van onder andere Moeraskartelblad en Watermunt. Hierdoor zijn deze locaties van groot belang als foerageerplek voor bloembezoekende insectensoorten. Deze soorten zijn vaak niet bestand tegen vochtige omstandigheden of inundatie en zijn voor nestgelegenheid (bijen) en waardplanten (vlinders) gebonden aan de droge duinen (F1). Door de hoge soortenrijkdom en dichtheden aan libellen en bloembezoekende insecten kunnen duinvalleien een belangrijke bijdrage leveren aan de prooibeschikbaarheid voor insectivore vogels als Grauwe Klauwier en Paapje (F3). In Knopbiesvegetaties komt lokaal het motvlindertje *Glyphipterix schoenicolella* voor, waarvan de rupsen voor hun voedsel afhankelijk zijn van zaden van Knopbies die in ons land buiten het kustgebied nauwelijks voorkomt. Het Zanddoorntje is een kleine sprinkhaan waarvan het belangrijkste leefgebied wordt gevormd door schaars begroeide duinvalleien. De soort plant zich voort in de zomer en is in de winter als adult aanwezig die (zelfs onder water) zwemmend aan inundatie kan ontsnappen.

- De Nauwe Korfslak komt in de natte duinvalleien alleen voor in de strooisellaag van ruigtes en duindoornstruweel op een overgang naar droge duinen. Sommige vindplaatsen bestaan uit strooiselpakketten aan de zeezijde van de duinen en hebben een brak karakter (Boesveld et al. 2009). Deze binding aan vochtige, kalkrijke omstandigheden houdt waarschijnlijk verband met het voedsel dat bestaat uit schimmels en algen. De soort moet continu onder vochtige omstandigheden leven en tolereert slechts korte perioden van uitdroging of juist overstroming. De Nauwe Korfslak migreert op de overgangszone tussen duinvalleien en droge duinen mee met de waterstand, waar de dichtheden op het meest gunstige deel van deze overgang zeer hoog kunnen zijn (De Bruyne 2002, Boesveld et al. 2009; zie ook Droog Duinlandschap gradiënttype 3).

## Sturende processen

### *Kwel*

Veelal bestaat het gebied uit een complex van vele kleine valleien in een fijnmazig patroon, die hydrologisch met elkaar in verbinding staan. Verbindende factor is een grondwaterstroming die wordt gestuurd door met het reliëf samenhangende opbollingen van het grondwater. De bolling ontstaat vooral in neerslagrijke perioden. Het grondwater stroomt als gevolg daarvan door de kalkhoudende ondergrond en kwelt op aan de “hoge” kant in een vallei op om vervolgens aan de andere zijde weer te infiltreren (Grootjans et al. 2002). Toevoer van grondwater uit de grote duinmassieven is cruciaal; hierdoor wordt verzuring voorkomen.

## Standplaatscondities

Het grondwater stroomt niet zelden het hele jaar naar de vallei. Tijdens zeer droge zomers kunnen de grondwaterstanden tot 30–40 cm wegzakken (Woudwijk 2011). Door de sterke aanvoer van baserijk grondwater is dit type minder gevoelig voor verzuring door atmosferische depositie, als het hydrologische systeem tenminste nog intact is. Hierdoor kan een sterke stapeling van organische stof plaatsvinden zonder dat verzuring optreedt; de pH blijft het hele jaar hoog (6–7).

## Knelpunten

### *Verdroging*

Verminderde aanvoer van grondwater zal onmiddellijk leiden tot een verhoogde stikstofbeschikbaarheid en daarmee een versterkte concurrentiepositie van Riet en andere snelgroeiende soorten. Veenvormende systeempjes in de binnenduinrand staan vrijwel overal onder druk als gevolg van ontwatering in landbouwgebieden, drinkwateronttrekking en versnelde ontwikkeling van Duinbossen. Dit is met name het geval omdat de binnenduinrand aan de lage kant meestal wordt begrensd door diep ontwaterde landbouwpolders of bloembollenvelden. In zulke gevallen is de vegetatiegradiënt minder goed ontwikkeld. Door maaibeheer blijven de Heischrale Grijze Duinen en de Duinheiden nog wel in stand, maar het Kalkrijke Duinvalleitype is onder die omstandigheden slecht ontwikkeld of afwezig. Soms komt nog (gedegradeerd) Blauwgrasland voor, maar dat is thans nagenoeg verdwenen (Grootjans et al. 1995).

### *Afname landschappelijke heterogeniteit voor fauna*

Een algemeen probleem voor de fauna dat voortvloeit uit bovengenoemd knelpunt, is de verhoogde biomassagroei die leidt tot een homogene, dichte vegetatie met weinig interne heterogeniteit (V6) en een grofkorrelige mozaïekstructuur (V1b). Hierin komen minder karakteristieke diersoorten voor dan in een fijnkorrelige mozaïekstructuur van habitats. Ook de dichtheid aan kruiden, en daarmee de bloemdichtheid, neemt af door een versnelde biomassagroei.

## Herstelmaatregelen gradiënt

### *Hydrologisch herstel*

In de binnenduinrand volstaat feitelijk het herstellen van de toestroom van grondwater.

Maatregelen die kunnen bijdragen aan vernatting en hydrologische systeemherstel zijn:

- verlaging van de verdamping in de omgeving van valleien door ontbossing, omvorming van naald- naar loofbos of, op plaatsen waar loofbos niet duurzaam kan zijn, andere duinvegetaties, inclusief kaal zand met kleinschalige verstuiving;
- beëindigen van grootschalige menselijke activiteiten die hebben geleid tot een algemene daling van de grondwaterstand in de duinen. Dit zijn bij voorbeeld landbouwenclaves, recreatieve voorzieningen en drinkwaterwinningen;
- creëren van een hydrologische bufferzone door peilverhoging in de binnenduinrand en aangrenzende polders;
- herstel van verdroogde valleien door uitgraven tot op het grondwaterniveau.

### *Plaggen*

Valleien met een lokaal hydrologisch systeem waar de bodem vroeger door het landbouwkundig gebruik sterk bemest is kunnen hersteld worden door plaggen.

### *Maaïen*

Duinblauwgraslanden dienen bij voorkeur gemaaid te worden. Maaïen wordt vooral ingezet om vergrassing en verstruiking tegen te gaan in verouderende valleien of in systemen waarin de hydrologie suboptimaal is. Ook wanneer begrazing onvoldoende effect heeft, bij voorbeeld bij ontwikkeling van kruipwilg of wanneer plekken met veel bedreigde planten onvoldoende afgegraasd zijn, kan maaïen een goede maatregel zijn.

### *Begrazen*

Valleien en ook de omringende duinen kunnen in relatief hoge dichtheden begraasd worden. In dit geval dient de bosvorming tegen te worden gegaan door periodiek de wilgen en berken af te maaïen. Begrazing wordt in dit soort situaties vaak toegepast als voortzetting van het traditionele gebruik. Bij de keuze van het soort vee en de dichtheid is dat gebruik het uitgangspunt.

### *Aandachtspunten*

- Plaggen dient in samenhang met hydrologisch herstel te gebeuren. Zonder herstel van de kalkrijke grondwaterinstroom komen de typische soorten van kalkrijke valleien niet terug (Grootjans et al. 2002) en wordt de zaadbank uitgeput hetgeen later herstel bemoeilijkt.
- Bij de keuze van herstelmaatregelen dient ook rekening gehouden te worden met cultuurhistorische en archeologische waarden.
- Bij de aanleg van hydrologische bufferzones dient de oppervlakkige afvoer van (regen)water uit de valleien gewaarborgd te worden.
- Voor het optimaliseren van beheermaatregelen voor de fauna in binnenduinenranden is het gewenst om een fijnkorrelige mozaïekstructuur te herstellen. Een belangrijk onderdeel hiervan is het behoud van variatie in reliëf, zowel op meso- tot megaschaal (habitat en gebied overschrijdend), maar ook op nano- tot microschaal (interne heterogeniteit van een habitat).
- Combinaties van habitats en elementen of overgangen tussen habitats die door veel diersoorten gebruikt worden zijn: bloemrijke vochtige en droge vegetaties, ondiepe (veelal droogvallende) duinvalleien, en droge open zandige plekken. Het verdient aanbeveling om herstelmaatregelen in natte en droge delen dicht bij elkaar uit te voeren zodat de herstelde habitats ook op een voor diersoorten overbrugbare afstand liggen.

### **Voorbeelden**

Grienglop en Arnica vallei, Schiermonnikoog (Grootjans et al. 1995), Kroon's Polders, Vlieland (Grootjans et al. 1995), Kooibosjes (Terschelling), Groene Strand (Terschelling), Noordkeeg (Ameland), Vennewater, Egmond-Binnen (Everts et al. 2008, Van 't Veer et al. 2010).

### **Literatuur**

Bakker, T.W.M., J.A. Klijn & F.J. Zadelhoff 1979. Duinen en duinvalleien. Een landschaps-ecologische studie van het Nederlandse duingebied. Pudoc Wageningen.

- Boesveld, W., A.W. Gmelig Meyling & I. van Lente 2009. Inhaalslag Verspreidingsonderzoek. Mollusken van de Europese Habitatrichtlijn. Resultaten van het inventarisatiejaar 2008. Nauwe korfslak *Vertigo angustior*. Rapport Stichting Anemoon 2009–12.
- De Bakker, N.V.J., E.B. Adema & F.H. Everts 2005. Vegetatieveranderingen in de 2<sup>e</sup>, 3<sup>e</sup> en 4<sup>e</sup> Kroon's Polders Vlieland. Report COCON–RUG/EGG consult Everts & De Vries; 17 p.
- Bruyne, de R. 2002. De nauwe korfslak *Vertigo angustior* in Nederland. Nederlandse Faunistische Mededelingen 16: 11–20.
- De Vries, V. 1961. Vegetatiestudie op de westpunt van Vlieland. Proefschrift Universiteit van Amsterdam.
- Everts, F.H., A.P. Grootjans & D.P. Pranger 1999. Monitoring Effectgericht Maatregelen Vroongronden op Schouwen. Rapport SBB–Middelburg, RUG–Groningen en EGG–consult, Everts & de Vries, Groningen.
- Everts, F.H., N.P.J. de Vries, D.P. Pranger, M.E. Tolman & M. Jongman 2008. Vegetatiekartering deelgebieden Egmond – Bakkum 2007. Rapport PWN
- Grootjans, A.P., E.J. Lammerts & F. van Beusekom 1995. Kalkrijke duinvallen op de waddeneilanden, KNNV Uitgeverij, Utrecht; 176 p.
- Grootjans, A.P., L. Geelen, A.J.M. Jansen & E.J. Lammerts 2002. Restoration of coastal dune slacks. *Hydrobiologia* 478: 181–203.
- Ketelaar, R. 2002. Zwervende pantserjuffer. – In: Nederlandse Vereniging voor Libellenstudie. De Nederlandse libellen (*Odonata*). (Nederlandse Fauna 4). Nationaal Natuurhistorisch Museum Naturalis, KNNV Uitgeverij & EIS–Nederland, Leiden; pp. 151–154.
- Nijssen, M., G.J. van Duinen, M. Geertsma, J. Jansen, J. Kuper & H. Esselink 2001. Gevolgen van verzuring, vermesting en verdroging en invloed van beheer op fauna en flora van duingebieden op Ameland en Terschelling. Rapport Stichting Bargerveen, Nijmegen, 175p.
- Van 't Veer, R. & D. Hoogeboom 2010. Atlas Natura 2000 Kustgebieden Noord–Holland. Rapport Provincie Noord–Holland.
- Woudwijk, W. 2011. Soil subsidence after gas abstraction on Ameland; effects on the accumulation rate of soil organic matter. Master thesis, Institute for Energy and Environmental Studies (IVEM), University of Groningen.

## Gradiënttype 5: Kalkrijke platen in Afgesloten zeearmen

### Beknopte beschrijving

Op kalkrijke ontziltende platen in afgesloten zeearmen hebben zich soms duinvalleiachtige systemen ontwikkeld. Dit is met name het geval in Zeeland, zoals in het Veerse meer en in de Grevelingen, maar ook elders zijn dergelijke vegetaties aan te treffen (Lauwersmeergebied, oevers van het IJsselmeer). De platen kunnen geheel of voor een groot deel worden omgeven door water en zijn dan voor hun voortbestaan afhankelijk van erosie beschermende maatregelen langs de oevers. In de plaat heeft zich na de afsluiting van de zeearm een zoet waterlichaam gevormd en de top laag is na verloop van tijd ontzilt. Het zoete waterlichaam dat met zijn buik in het zoute water ligt (Figuur 12), verliest water naar zowel de randen van de plaat als naar eventueel aangrenzende polders, waarbij aanwezige kleilagen sturend kunnen zijn. De kwelzone langs de randen van de plaat kan zeer breed zijn. Het kalkgehalte van de platen is hoog en kan in Zeeland oplopen tot 4 – 6%. Het lutumgehalte van de bodem bepaalt mede de bodemvruchtbaarheid; de kenmerkende duinvalleisoorten vindt men vooral op lutumarme gronden.

### Vegetatiegradiënt

De optimale vorm van deze gradiënt wordt schematisch weergegeven in Figuur 12, de licht beïnvloede vorm in Figuur 13. De hogere zandige delen van de gradiënt bestaan uit Kalkrijke Grijze Duinen (H2130A) omdat de bodem nog niet ontkalkt is. Meer naar de randen van de platen komen Kalkrijke Vochtige Duinvalleien voor (H2190B). Op de overgang naar open water kunnen, afhankelijk van het reliëf, struwelen voorkomen of Schorren en zilte graslanden (buitendijks, H1330A) als zout water uit het meer van invloed is. De duinvalleivegetaties hebben een duidelijke inslag van soorten van voedselrijke graslanden, zowel Nat, matig voedselrijk grasland (Lg08) in de nattere delen als Kamgrasweide (Lg11) in de drogere delen. Vooral in de drogere delen is er een sterke tendens tot opbouw van organische stof, waarbij verstruiking plaatsvindt met Kruiwilg (H2170). Deze ontwikkeling gaat ten koste van de typerende duinvalleisoorten, en uiteindelijk vormt zich duindoornstruweel (H2160). In nattere delen begint zich Berkenbroek (H2180B) te vormen. In armen waar in het meer een onnatuurlijk waterpeil is ingesteld komen aan de randen Ontkalkte Vochtige Duinvalleien voor (H2190C). Dit wordt veroorzaakt door een sterke opbouw van organische stof in combinatie met de vorming van een regenwaterlens op de kalkrijke ondergrond. Op dit soort plaatsen komen bijzondere veenmossen voor.

### Fauna

Over de fauna van kalkrijke platen in afgesloten zeearmen is zeer weinig bekend. Deels zal deze lijken op de fauna van groene stranden, zeker zolang er nog enige mate van een zoet-zout-gradiënt aanwezig is. Echter, doordat er geen overstroming met zout zeewater meer plaatsvindt, is de zoet-zout gradiënt meestal erg kort.

## **Sturende processen**

### *Kwel*

Cruciaal voor deze platen is dat het peilregime in het meer een natuurlijk verloop heeft ('s winters hoog, 's zomers laag). Dat betekent dat in neerslagrijke perioden het zoetwaterlichaam zich voldoende kan laden en daarmee maximaal opbolt. De kans wordt daarmee kleiner dat delen van de kwelzone in drogere perioden omslaan in een infiltratiegebied. Dit komt ten goede aan de ontwikkeling van de voor deze platen karakteristieke kalkrijke duinvalleivegetaties, en vormt een rem op de verstruiking en plaatselijke verzuring. Een laag peil en eventueel aanwezige binnendijkse polders hebben een verdrogende invloed op de plaat, en beïnvloeden tevens kwelzones aan die zijde van de plaat. De aanwezige kleilagen vormen evenwel een zekere rem op de wegzijging, waarbij het van belang is dat deze lagen niet zijn doorgraven.

## **Standplaatscondities**

De waterstanden op de platen variëren tussen standen boven maaiveld en 60 centimeter beneden maaiveld. In droge periodes kan de stand dieper wegzakken, vooral bij een onnatuurlijk peilregime. De pH is hoog, tussen 7 en 8 en wordt gebufferd door hoge kalkgehalten (Nienhuis et al. 2001).

## **Knelpunten**

### *Peilregime*

Een tegennatuurlijk peilregime in het meer ('s zomers hoog, 's winters laag) leidt tot verminderde kwel en daarmee tot het wegvallen van buffering en accumulatie van organische stof. Dit wordt versterkt door atmosferische stikstofdepositie. Dit heeft vrijwel altijd een verhoging van de beschikbaarheid van voedingstoffen tot gevolg. Bij omslag van kwel naar infiltratie mineraliseert een deel van de geaccumuleerde organische stof, hetgeen de concurrentiepositie van snelgroeïende soorten (struiken) verbetert, ten koste van de duinvalleisoorten.

## **Herstelmaatregelen gradiënt**

### *Natuurlijk peilbeheer*

Het is cruciaal dat in natte perioden het zoetwaterlichaam voldoende kan opbollen zodat kalkrijk grondwater naar lageregelegen delen kan stromen. Daartoe is instellen van een meer natuurlijk peilbeheer in de meren van belang. Met name te lage waterstanden in de winterperiode moeten voorkomen worden. Ook is van belang drainerende structuren te saneren of de invloed daarvan te beperken. Het gaat hier bijvoorbeeld om sloten, bossen en doorgravingen van slecht doorlatende kleilagen.

### *Maaïen en Begrazen*

In dit soort situaties kan de successie vertraagd worden met maaïen of begrazen. Omdat de opslag van bomen en struiken in dit relatief voedselrijke milieu snel en op grote schaal plaatsvindt moet tijdig en frequent ingegrepen worden.

## Voorbeelden

De Schotsman, Zeeland (Nienhuis et al. 2001), Slikken van Flakkee zuid, Veermansplaat, Zeeland (De Kraker 2005), Goudplaat, Haringvreter, Workumerwaard, Friesland (Klimkowska et al. 2011) Lauwersmeer (Joenje 1978).

## Literatuur

De Kraker, K. 2005. Kartering meetsoorten Grevelingen 2005. Uitgave SBB, 144 p.

Joenje, W., 1978. Plant colonization and succession on embanked sandflats. Proefschrift Rijksuniversiteit Groningen; 160 p.

Klimkowska, A., R. Wegman & H. van Dobben 2011. Effects of pilot eco-dynamical design 'sand engine' on the vegetation of Workummer Buitenwaarden, Frisian IJsselmeer coast. Monitoring set-up. Report of the terrestrial vegetation study. Alterra; 28 p.

Nienhuis, P.R., F.H. Everts, D.P. Pranger & A.P. Grootjans 2001. Effectvoorspelling peilveranderingen Veerse Meer op vegetatie van de Schotsman. Rapport Everts & De Vries/Ten Haaf & Bakker/SBB. Groningen, Alkmaar, Middelburg.



## Gradiënttype 6: Schorren en binnendijkse zilte graslanden

### Beknopte beschrijving

Op plaatsen die onder invloed staan van de getijdebeweging van de Noordzee maar in de luwte liggen achter eilanden of in krekken of geulen vindt sedimentatie van slib plaats. Op dit sediment kunnen zich schorren (in N-Nederland kwelders genoemd, die term wordt hier verder gebruikt) vormen, waarbij de vegetatie bijdraagt aan de invang van slib en daarmee de sedimentatie vergroot. Kwelders zijn een dynamisch milieu met een voortdurende afwisseling van sedimentatie en erosie. Op kwelders vormt zich een karakteristiek patroon van slenken (krekken), oeverwallen en komgronden (Arens et al. 2009). In de krekken beweegt het waterpeil mee met de getijdebeweging. Hierlangs heeft zout water toegang tot de hoogste (verst van de waterlijn gelegen) delen van de kwelder. Tegelijk zorgen de krekken voor ontwatering, en houden zij daarmee de invloed van zoet regenwater beperkt. In en in de directe omgeving van de krekken is de watersnelheid het hoogst, waardoor de iets boven het gemiddeld kwelderniveau gelegen oeverwallen vaak zandig zijn. Verder van de krekken is het overstromingswater tijdens hoogwater minder dynamisch, waardoor hier de fijnere fractie sedimenteert, dit zijn de zgn. komgronden. Op de kwelders van de Waddeneilanden is de sedimentatie enkele mm tot 1 cm per jaar, op die van de Friese en Groningse kust ca. 1 – 3 cm per jaar (Dijkema et al. 1990, 2007) en in Zeeland in de Oosterschelde lager en in de Westerschelde hoger dan de waarden in de Waddenzee (Storm 1999). Wanneer de sedimentatie aan de rand van de kwelder is voortgeschreden tot een niveau boven de hoogwaterlijn kan erosie optreden, meestal door afkalving en klifvorming (kliferosie; Van de Koppel et al. 2005, Dijkema et al. 2007). Dit is met name het geval wanneer geulen tot dicht bij de kwelder komen. Door de dynamiek van geulen in het aangrenzende intergetijdengebied kunnen in ruimte en tijd grote verschillen in erosie en sedimentatie optreden. Doordat de hoogte van de kwelder vanaf de rand geleidelijk toeneemt, neemt de overstromingsfrequentie af, van tweemaal per dag tot enkele malen per jaar. De hoogste delen worden alleen bij stormvloed overstroomd en zijn vaak in gebruik genomen voor begrazing. Langs de Friese en Groningse kust blijven de kwelders alleen in stand wanneer de sedimentatie op kunstmatige wijze wordt bevorderd door het plaatsen van rijshoutdammen ('kwelderwerken', vroeger 'landaanwinningswerken' genaamd) (Dijkema et al. 1990, 2001). In de loop van de eeuwen zijn veel hoge kwelders bedijkt en in gebruik genomen als landbouwgrond (Dijkema 1987). Een bijzondere vorm betreft de binnendijkse kwelders, die door bedijking zijn afgesloten van de directe invloed van zeewater en getijden, maar nog steeds een zilte bodem hebben. De zoutinvloed kan hier een relict uit het verleden zijn ('fossiel zout' in veenpakketten of grondwater), maar kan ook in stand worden gehouden door zoute kwel of door toestroom van zout of brak oppervlaktewater. Dit is met name het geval in Zeeland waar de oudste (vaak middeleeuwse) polders door inklinking zo laag zijn komen te liggen ten opzichte van het zeewaterpeil dat zoute kwel kan optreden. Binnendijkse kwelders vindt men in Zeeland in zogenaamde inlagen en karrevelden, maar ook in 'gemoerneerde' gebieden zoals de Yerseke Moer. Inlagen zijn laaggelegen polders tussen de waker- en slaperdijk, en karrevelden zijn polders die gebruikt zijn om klei af te graven ten behoeve van dijkverhoging (Kuipers & Jacobusse 1998). Moernereren was het afgraven van zilt veen (in Zeeland gelegen onder kleilagen, de z.g. darink) waaruit na verbranding zout werd gewonnen. De brakke venen in Noord-Holland kunnen tot de binnendijkse kwelders gerekend worden maar dit type wordt behandeld onder het Laagveenlandschap, gradiënttype 3.

## Vegetatiegradiënt

De oorspronkelijke vorm van deze gradiënt wordt schematisch weergegeven in Figuur 14, de door begreppeling en bedijking beïnvloede vorm in Figuur 15. De laagste delen van de kwelder worden tweemaal per dag overstromd en hebben een vegetatie die meestal bestaat uit pollen van Engels slijkgras, met open slik daartussen (H1320). Op de iets hogere delen vestigt zich Zeekraal (H1310A), maar op slikkige vlakten kunnen ook aaneengesloten vegetaties van Engels slijkgras voorkomen (H1320). Op zandige plekken, veelal in zout-zoetovergangsmilieus zoals duinvoeten of ingedijkte zandplaten kan zich een bijzonder type vestigen met Zeevetmuur en Deens lepelblad (H1310B). Op voedselrijke plaatsen zoals vloedmerken komen soorten voor als Schorrenkruid en Spijesmelde (H1210). Hoger op de kwelder, waar overstroming niet meer dagelijks plaatsvindt, ontstaat – zeker in geval van begrazing met vee – een gesloten grasmat van Kweldergras en Zilte rus (H1330A), met daarin pollen van Lamsoor (vooral op zandige kwelders) en Zeeaster (de laatste soort het meest in de Zuidwestelijke delta). Op zandige oeverwallen komt de dwergstruik Gewone zoutmelde voor. Op de hoogste delen, waar slechts incidenteel overstroming plaatsvindt, worden Rood zwenkgras en Fioringras dominant, vaak met Aardbeiklaver en pleksgewijs Zeealsem en Kwelderzegge (H1330A). Op de meest zoete, sporadisch door zeewater overstromde en vaak door zoete kwel of toestroom van zoet oppervlaktewater (uit de aangrenzende duinen of in estuaria) beïnvloede plaatsen kan Riet tot dominantie komen (te rekenen tot H2190D). Wanneer begrazing uitblijft ontwikkelt de hoge kwelder zich in 10 – 30 jaar tot een soortenarme vegetatie met een sterke dominantie van Zeekweek (Dijkema et al. 2007). Op de hoogste delen kan zich, wanneer de waterafvoer stagneert of kwel uit de aangrenzende duinen optreedt terwijl overstroming met zout water uitblijft, een grazige vegetatie ontwikkelen die gedomineerd wordt door bij voorbeeld Fioringras (te rekenen tot H2190C) (Veeneklaas et al. 2012).

## Fauna

De gradiënt vormt vooral een belangrijk leefgebied voor vogels. Strand- en Bontbekplevier zijn beide soorten die broeden op schrale en open plekjes. N-depositie kan op deze locaties mogelijk leiden tot een afname van broedbiotoop doordat deze versneld dichtgroeien. Beide soorten foerageren graag op slikkige plekjes en aanspoelzones, een combinatie van open zandige broedbiotoop en slikkige foerageerbiotoop is van belang voor het voorkomen van deze soorten (F1). Voor een aantal roofvogels waaronder Blauwe en Bruine kiekendief en Velduil vormen kwelders een belangrijk foerageergebied terwijl in de nabijgelegen duinen wordt gebroed (F1). Het versneld dichtgroeien van open kwelders, mogelijk als gevolg van stikstofdepositie, maakt potentiële prooidieren minder goed zichtbaar en bereikbaar.

Niet alleen voor vogels vormen kwelders een belangrijke broed- of foerageerbiotoop maar er is ook een aantal insecten dat veel gebruik maakt van deze gradiënt. Een van de meest kenmerkende is de Schorzijdebij. Deze maakt haar nesten in open zandige biotopen die gemakkelijk dichtgroeien als gevolg van een verhoogde stikstofdepositie. De bijen foerageren vooral op Zeeaster (Peeters et al. 1999). Zowel kwelders met Zeeaster als open zandige biotopen moeten in de nabijheid van elkaar voorkomen (F1).

Voor een aantal steltlopers is de combinatie van broedbiotoop, veelal de minder dynamische plekken waaronder Schorren en zilte graslanden (H1330A) en een meer dynamische foerageerbiotoop zoals Zilte pionierbegroeiingen (H1310A) en droogvallende krekken van belang (F1). Er valt daarbij te denken aan soorten als Tureluur en Scholekster.

## Sturende processen

### *Sedimentatie en erosie*

Alle buitendijkse kwelders danken hun bestaan aan sedimentatie van slib. Wanneer geen sedimentatie meer optreedt of deze te gering wordt, zal erosie gaan domineren over sedimentatie waardoor de kwelder opnieuw lager komt te liggen. Wanneer een kwelder door sedimentatie hoog boven het gemiddeld hoogwaterniveau is komen te liggen kan erosie en/of inklinking optreden. Dit is een natuurlijk proces dat weer kan omslaan in sedimentatie wanneer het niveau tot onder het gemiddeld hoogwater is gedaald. Op de meeste kwelders is de sedimentatie voldoende groot om de huidige zeespiegelstijging (gemiddeld ca. 3 mm/jaar) bij te houden. Op zandige kwelders, zoals op de Waddeneilanden is er een sterke positieve relatie tussen sedimentatie en voedselrijkdom die bepalend is voor de vegetatieontwikkeling (pers. med. J. Bakker).

### *Toevoer van zout water*

Kweldervegetatie wordt grotendeels gevormd door zout-afhankelijke of zouttolerante soorten. Bedijking of veranderingen in de lokale hydrologie kunnen leiden tot verzoeting. Wanneer dit optreedt, zullen de soorten van kwelders op den duur verdwijnen en plaats maken voor soorten van het zoete milieu (Bakker et al. 2007). Het kan echter zeer lang duren voordat de kweldersoorten geheel verdwenen zijn; zo komen langs de (reeds 75 jaar geleden verzoete) IJsselmeerkust hier en daar nu nog steeds zoutplanten voor; deze verdwijnen pas wanneer riet, houtige gewassen of andere hoog competitieve soorten gaan domineren.

### *Ontwatering*

Aangezien kwelders worden doorsneden door kreek is er meestal een goede ontwatering. Echter, wanneer de ontwatering stagneert (bij voorbeeld omdat een kreek wordt afgedamd of door de ontwikkeling van oeverwallen) treedt accumulatie op van zee- of regenwater, waardoor een plas ontstaat en de kweldervegetatie afsterft (Dijkema et al. 2011b). Tegelijk is zo'n plek alleen nog bij stormvloed bereikbaar voor vers zeewater, waardoor de sedimentatie sterk vermindert. In de 'kwelderwerken' wordt door begreppeling de ontwatering verbeterd waarmee de plantengroei en daarmee indirect ook de sedimentatie wordt gestimuleerd. Echter, intensieve begreppeling versnelt ook de successie op de kwelder. Door goede ontwatering kunnen soorten van de hoger gelegen zones van de kwelder als Zeekweek ook lager in de zonering gaan domineren.

### *Herbivorie*

Lage kwelders worden het gehele jaar begraasd door hazen en in de winter en het voorjaar door ganzen. Hierdoor wordt de successie van deze kwelders geremd. Hoge kwelders worden vaak begraasd door vee. Deze begrazing kan essentieel zijn voor de instandhouding van een soortenrijke vegetatie (Bakker 1987, 1989, Olf et al. 1997). Zonder begrazing door vee ontstaat er op buitendijkse kwelders een soortenarme vegetatie die gedomineerd wordt door Zeekweek, terwijl er binnendijks successie naar bos optreedt (Van der Pluijm & De Jong 2003).

### *Grondwaterbeweging en -kwaliteit*

Met name voor binnendijkse kwelders is aanvoer van zout via grondwater van belang om verzoeting en verdroging te voorkomen. Maar ook buitendijks kan grondwater van invloed zijn op de vegetatie. Door indamping kan het zoutgehalte van grondwater hoger zijn dan van het overstromingswater.

## Standplaatscondities

De overstromingsfrequentie varieert van tweemaal daags in de pionierzone tot enkele malen per jaar op de hoogste delen. Het zoutgehalte kan variëren van zeewater tot licht brak, afhankelijk van de hydrologie en de ligging ten opzichte van de estuariene gradiënt, maar kan bij indroging van stagnerende plassen ook oplopen tot hoger dan dat van zeewater. Door de dominante invloed van zeewater is de pH hoog en er treedt nauwelijks accumulatie van organische stof op. Kwelders zijn matig voedselrijk door de voortdurende aanvoer van nutriëntenrijk sediment, maar kunnen plaatselijk zeer voedselrijk zijn door afzetting van vloedmerk ('veek').

## Knelpunten

### *Gebrek aan dynamiek*

In afwezigheid van dynamiek waarbij een voortdurende nieuwvorming van kwelders kan plaatsvinden zullen de bestaande kwelders 'verstarren' waarbij de lage kwelder opslibt tot het niveau van een hoge kwelder, en op de hoge kwelder de successie vastloopt in een soortenarm eindstadium gedomineerd door Zeekweek. Deze successie wordt versneld door stikstofdepositie (Van Wijnen & Bakker 1999, 2000).

### *Erosie*

De kwelders langs de Fries-Groningse kust kunnen slechts in stand gehouden worden door kunstmatige stimulatie van de opslibbing middels 'kwelderwerken'. Wanneer dit achterwege blijft treedt klifvorming op en daarmee erosie die kan voortschrijden tot aan de dijk. Vlaksgewijze erosie in het intergetijdengebied is een geringere bedreiging omdat perioden van erosie en sedimentatie elkaar daar afwisselen. In het Zuidwestelijk deltagebied (en met name in de Oosterschelde na de afsluiting) treedt op grote schaal erosie van kwelders op door bedijking, verkleining van de getijdeslag en vermindering van de aanvoer van sediment (Storm 1999, Jacobse et al. 2008). In het bekken van de Westerschelde treedt erosie op door uitdieping van vaargeulen maar hier treedt in Saeftinghe juist groei van het kwelderareaal op die de erosie compenseert (Nolte et al. 2011).

### *Bodemdaling*

De bodem van (vooral de noordelijke) Nederlandse kustzone daalt door een combinatie van natuurlijke en antropogene factoren (isostasie, tektoniek, compactie, en lokaal door winning van delfstoffen). Wanneer de opslibbing die bodemdaling niet kan bijhouden kan regressie optreden, dat wil zeggen de successie gaat terug van 'oude' naar 'jonge' stadia. In extreme gevallen zou een kwelder kunnen verdrinken. Op Ameland, waar veel onderzoek is gedaan naar de effecten van bodemdaling, blijkt –ondanks het plaatselijk optreden van netto verlaging van het maaiveld– de verwachte regressie echter nauwelijks op te treden (Dijkema et al. 2011b).

### *Zeespiegelstijging*

Wanneer de zeespiegel stijgt zou dit hetzelfde effect moeten hebben als bodemdaling (Van Dobben & Slim 2012). Echter, doordat gedurende de laatste eeuw de zeespiegelstijging een vrijwel constante waarde had van 2 à 3 mm / jaar (en dus veel kleiner dan de opslibbing van 1 tot enkele cm / jaar) is hiermee nog geen directe ervaring opgedaan. De zeespiegelstijging waarbij kwelders verdrinken wordt geschat op ca. 9 mm / jaar, maar wordt sterk bepaald door de overlevingskansen van de aangrenzende wadplaten.

### *Vergroting van de getijdeslag*

In de Westerschelde heeft de vergroting van de getijdeslag (door de combinatie van een natuurlijke vergroting van de getijdeslag op de Noordzee en de uitdieping van de vaargeul) geleid tot verhoging van de platen en opslibbing van de schorren. Hiermee zijn de oevers steiler geworden, is het areaal slik sterk afgenomen, en zijn de bestaande schorren hoger geworden. De kwaliteit van de bestaande schorren is daardoor minder geworden, terwijl de mogelijkheden voor de vorming van nieuwe schorren zeer beperkt is. Overigens heeft in het Westerscheldebekken de laatste decennia geen netto afname van het schorrenareaal plaatsgevonden anders dan door biotoopverlies (Nolte et al. 2011); dit komt vooral door de aangroei op Saeftinghe.

### *Biotoopverlies*

In het verleden (tot ca. 1940) zijn grote kwelderarealen bedijkt en als landbouwgrond in gebruik genomen (Dijkema 1987). Meer recent is tussen 1960 en 1977 in het Westerscheldebekken nog een groot areaal schorren verloren gegaan door de aanleg van het Schelde-Rijnkanaal en het Sloehavengebied (Nolte et al. 2011).

### *Afname van herbivorie*

Zonder begrazing met vee leidt op hoge kwelders de successie tot een soortenarm eindstadium van Zeekweek. Konijnen, hazen en ganzen spelen op de hogere kwelder slechts een ondergeschikte rol in het afremmen van deze successie (Olf et al. 1997).

## **Herstelmaatregelen gradiënt**

### *Vergroten van dynamiek*

Dynamisch kustbeheer kan een mogelijkheid bieden tot herstel of uitbreiding van kwelders indien dit vanuit een oogpunt van veiligheid mogelijk is, er voldoende sediment beschikbaar is en er luwten zijn waar sedimentatie kan plaatsvinden. Momenteel wordt alleen op de oostpunten van de Waddeneilanden aan deze voorwaarden voldaan, maar daar zijn geen herstelmaatregelen nodig.

### *Vergroten van het areaal:*

Ontpolderen of de aanleg van wisselpolders (polders die afwisselend gebruikt worden voor zilte landbouw en geopend worden naar de zee om op te slibben) kunnen het voor verkweldering beschikbare areaal vergroten. Veel polders liggen echter zo hoog dat omvorming tot lage of middelhoge kwelder alleen mogelijk is na afgraven (Van Oevelen et al. 2000, Wolters 2006). Ook kan worden getracht onbegroeide wadplaten te laten verkwelderen met behulp van begreppeling, rijshoutdammen of vooroeververdegiging (Van Loon-Steensma et al. 2013, in prep.). Dit gaat dan onvermijdelijk ten koste van H1140 (droogvallende wadplaten) en eventueel indirect van H1110 (niet-droogvallende delen die alsnog gaan droogvallen en dus H1140 worden (Baptist et al. 2012).

### *Afgraven van bestaande kwelders*

Door het maaiveld te verlagen kunnen jonge stadia van de successie hersteld worden. Dit kan over grote oppervlakten gebeuren, maar ook op kleinere schaal (Kiehl et al. 2012). In het verleden gebeurde dit –althans in Zuidwest-Nederland– regelmatig, bijvoorbeeld omdat de opgeslibde klei werd gebruikt voor de versteviging van dijken. De Zeeuwse karrevelden zijn op deze wijze ontstaan, maar ook na de ramp van 1953 is op diverse plaatsen op schorren klei afgegraven (bij voorbeeld Schor van Waarde, Van der Pluijm & De Jong 2008).

*Kwelderwerken*: door het planten van rijshoutdammen, eventueel in combinatie met begreppeling, kan de sedimentatie sterk vergroot worden. Langs de Fries–Groningse kust is dit het reguliere beheer, maar het concept kan ook elders worden toegepast om de ontwikkeling van kwelders te stimuleren (Dijkema et al. 2011a, Baptist et al. 2012, Van Duin & Dijkema 2012).

#### *Herstel van binnendijkse brakke condities*

Verzoetende binnendijkse zilte graslanden kunnen worden hersteld door de toevoer van brak water te vergroten, bijvoorbeeld door lokale begreppeling (Bosch 2004). De beschikbaarheid van voldoende zout water is hierbij vaak een knelpunt. Eventueel kan water uit de diepere ondergrond opgepompt worden (zie ook Laagveenlandschap, gradiënttype 3), maar dit is vaak van mindere kwaliteit (zuurstofarm, hogere nutriëntenconcentraties). Bovendien is het ecologisch effect van overspoeling met zout oppervlaktewater niet noodzakelijk gelijk aan dat van toestromend zilt grondwater.

#### *Herbivorie*

Extensieve begrazing met landbouwhuisdieren (schapen, koeien, paarden) kan voorkomen dat een eenvormig eindstadium van successie optreedt (Bakker 1987, 1989, Olf et al. 1997). Op de Groninger kwelderwerken wordt daarom de beweiding hersteld door het veeveilig maken van de oorspronkelijke greppels en toegangsdammen ([www.kwelderherstelgroningen.nl](http://www.kwelderherstelgroningen.nl)).

### **Voorbeelden**

Schiermonnikoog (J.P. Bakker), Ameland (K. Dijkema), Fries–Groningse kust incl. Dollard (Dijkema & Bossinade), Oosterschelde, Westerschelde (Nolte et al. 2011)

### **Literatuur**

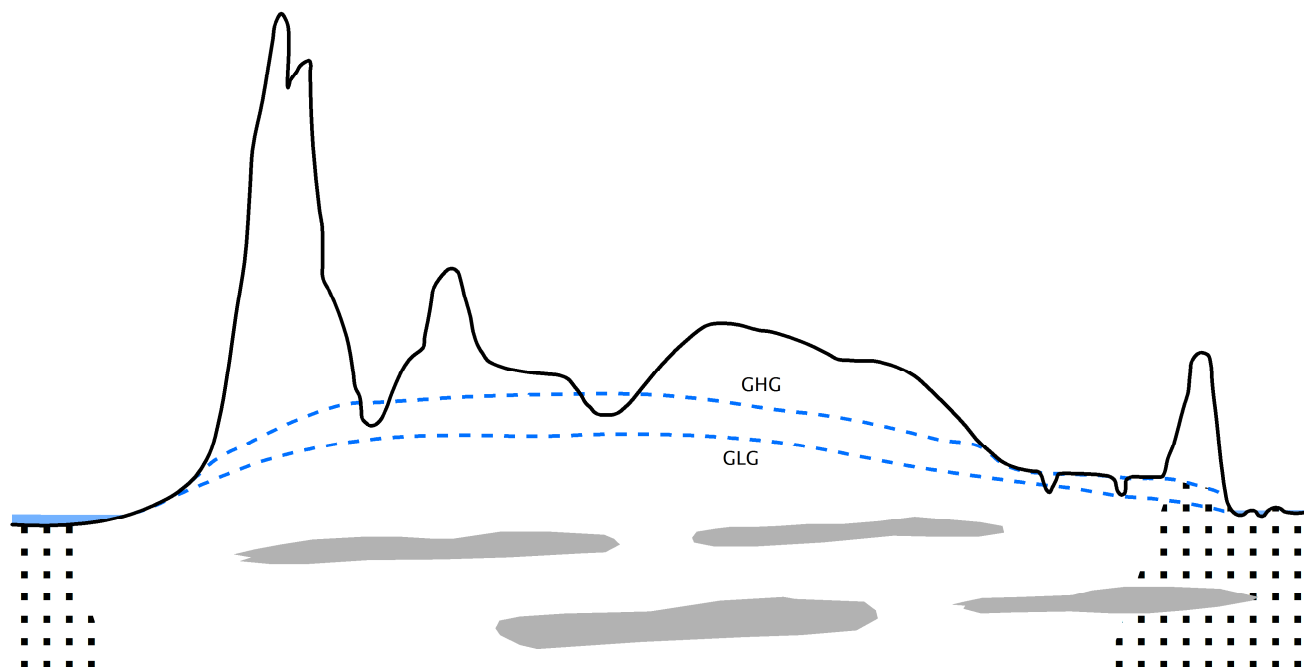
- Arens, S.M., A.B. van den Burg, P. Esselink, A.P. Grootjans, P.D. Jungerius, A.M. Kooijman, C. de Leeuw, M. Löffler, M. Nijssen, A.P. Oost, H.H. van Oosten, P.J. Stuyfzand, C.A.M. van Turnhout, J.J. Vogels & M. Wolters 2009. Preadvies Duin- en Kustlandschap. Directie Kennis, Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, Ede; 171 p.
- Baptist, M.J., K.S. Dijkema, W.E. van Duin & C.J. Smit 2012. Een ruimere jas voor natuurontwikkeling, uitgewerkt voor een casus Afsluitdijk. Rapport C084/12 IMARES Wageningen UR, Texel; 27 p.
- Bakker, J.P. 1987. Diversiteit in de vegetatie door begrazing: 150–164. In: S. de Bie, W. Joenje & S.E. van Wieren (red.): *Begrazing in de natuur*. Pudoc, Wageningen.
- Bakker, J.P. 1989. *Nature Management by Grazing and Cutting; On the ecological significance of grazing and cutting regimes applied to restore former species-rich grassland communities in the Netherlands*. Proefschrift Rijksuniversiteit Groningen. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht/Boston/London.
- Bakker, J.P., M. Wolters, M. Smith, S. de Vries & Y de Vries 2007. Vestiging van binnendijkse brakwater vegetatie langs de Groninger kust. *De Levende Natuur* 108: 170–175.
- Bosch, G.J. 2004. *Natuurontwikkeling van zilte vegetatie binnendijks van kustgebieden in Zeeland en Groningen: Natuurontwikkeling binnen milieukundige en ecologische kaders*. Afstudeerverslag OU Heerlen / RUG.

- 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. 1987. Changes of salt-marsh area in the Netherlands Wadden Sea after 1600. In: A.H.L. Huiskes, C.W.P.M. Blom & J. Rozema (eds), *Vegetation between land and sea*. Junk, Dordrecht, pp. 42–49.
- 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. Rapport in het kader van het WOT programma Informatievoorziening Natuur i.o. (WOT IN). Alterra rapport 1574; IMARES-rapport C104/07; WOT IN serie nr. 5. 63 p.
- Dijkema, K.S., W.E. van Duin, E.M. Dijkman, A. Nicolai, H. Jongerius, H. Keegstra, L. van Egmond, H. Venema & J.J. Jongsma 2011a. Vijftig jaar monitoring en beheer van de Friese en Groninger kwelderwerken: 1960–2009. Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, Wageningen UR. Werkdocument 229; 96 p.
- Dijkema, K.S., H.F. van Dobben, E.C. Koppenaar, E.M. Dijkman, W.E. van Duin 2011b. 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](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*. Proefschrift Rijksuniversiteit Groningen.
- Jacobse, S., Scholl, O., van de Koppel, J. 2008. Prognose van schor- en slikontwikkeling in de Oosterschelde. Rijkswaterstaat Rapport 9T4814.BO
- Kiehl, K., A. Groeneveld, U. Meyer-Spethmann & H-W. Linders 2012. Restoration of natural dynamics by topsoil removal on Elymus-dominated Wadden-Sea marshes. Poster ECER 2012.
- Kuipers, J.J.B. & Ch. Jacobusse 1998. Het Zeeuwse monument. Inlagen en karrevelden. De Koperen Tuin, Goes; 72 p.
- 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.
- Peeters, T.M.J., I.P. Raemakers & J. Smit 1999. *Voorlopige atlas van de Nederlandse bijen (Apidae)*. EIS-Nederland, Leiden.
- 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
- Van de Koppel, J., D. van der Wal, J.P. Bakker & P.M.J. Herman 2005. Self-organization and vegetation collapse in salt marsh ecosystems. *The American Naturalist* 165: E1–E12.
- Van der Pluijm, A., & D. de Jong 2003. *Oerbos en savanne in de Grevelingen: de twee gezichten van de Slikken van Flakkee: 30 Jaar vegetatieontwikkeling op de Slikken van Flakkee (Grevelingenmeer) 1972 – 2001*. Rapport RIKZ/2003.050
- Van der Pluijm, A., & D. de Jong 2008. *Vegetatieontwikkeling westelijk deel Schor van Waarde (Westerschelde) 1981 – 2006*. Werkdocument Rijkswaterstaat, Dienst Zeeland, Middelburg

- Van Dobben, H.F. & P.A. Slim 2012. Past and future plant diversity of a coastal wetland driven by soil subsidence and climate change. *Climatic Change* 110: 597–618
- Van Duin, W.E. & Dijkema K.S. 2012. Randvoorwaarden voor kwelderontwikkeling in de Waddenzee en aanzet voor een kwelderkanskaart. IMARES–rapport CO76/12. 51 p.
- 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 bijlagen.
- 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.
- 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* 16:205–216. Doi: 10.1111/j.1654-109X.2012.01228.x.
- Wolters, H.E. 2006. Restoration of salt marshes. Dissertatie Rijksuniversiteit Groningen; 168 p.

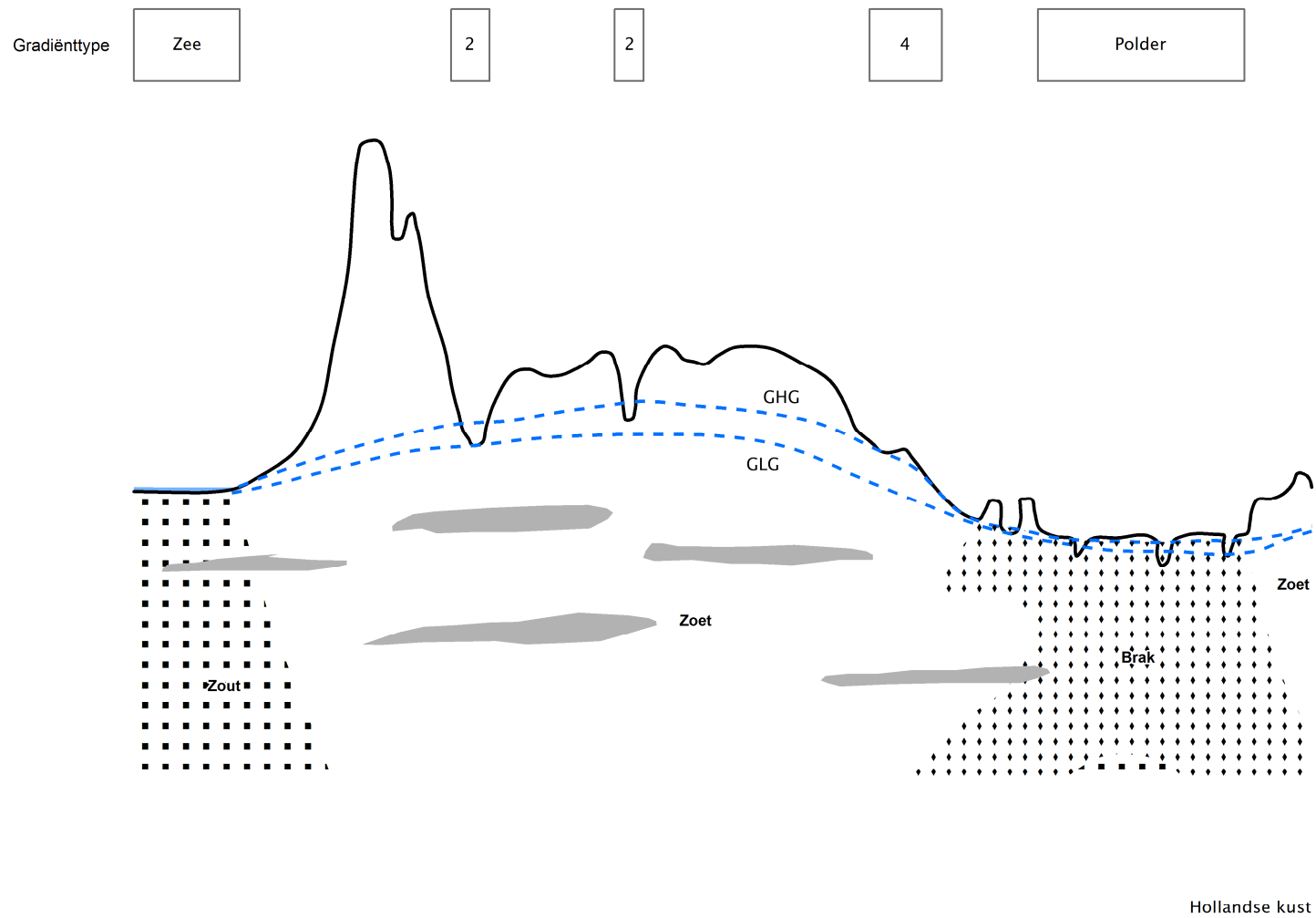


Gradiënttype    Zee    1    2    3    4    Polder    Wad

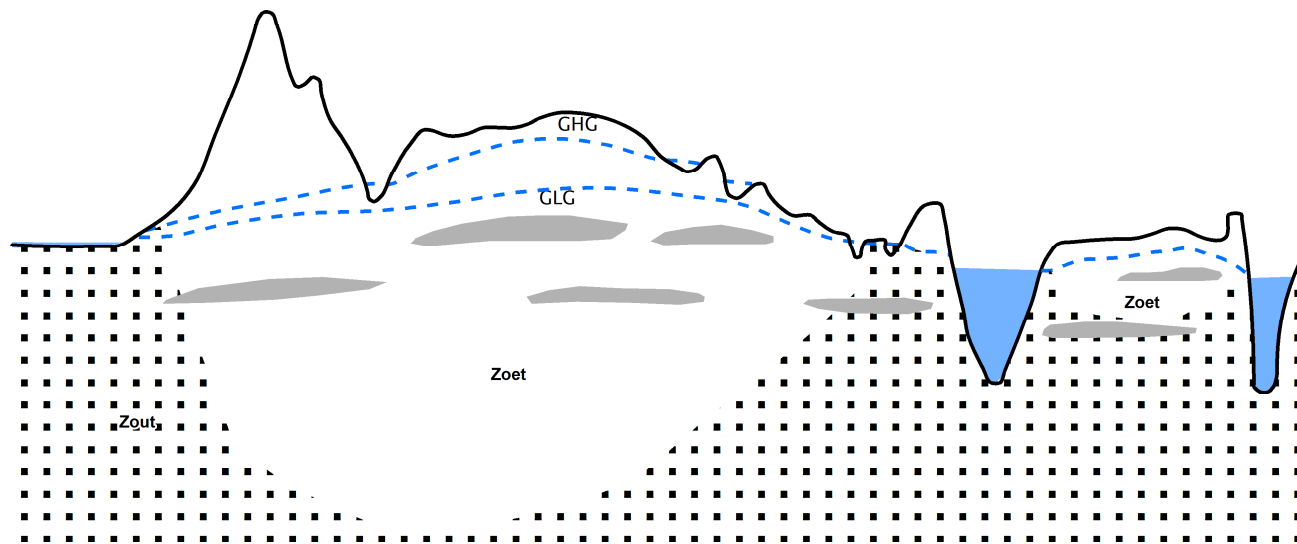


Waddeneilanden & noordelijk deel van de Hollandse kust (Wadden district)

*Figuur 1: Schematische doorsnede van het Nat Duin- en kustlandschap: Waddeneilanden. De nummers verwijzen naar de gradiënttypen. Legenda in Figuur 16.*

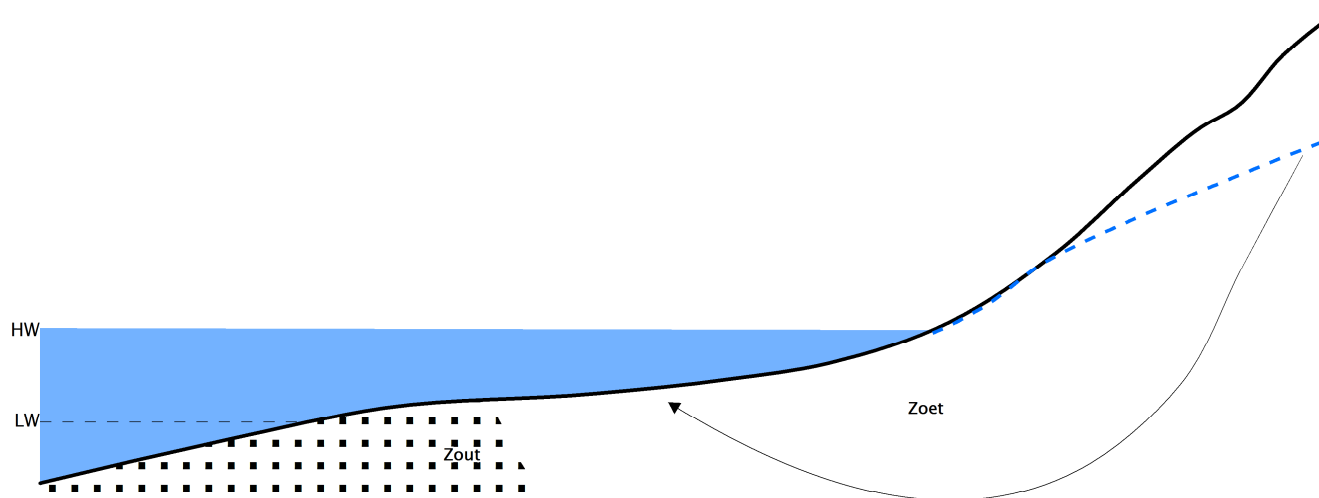
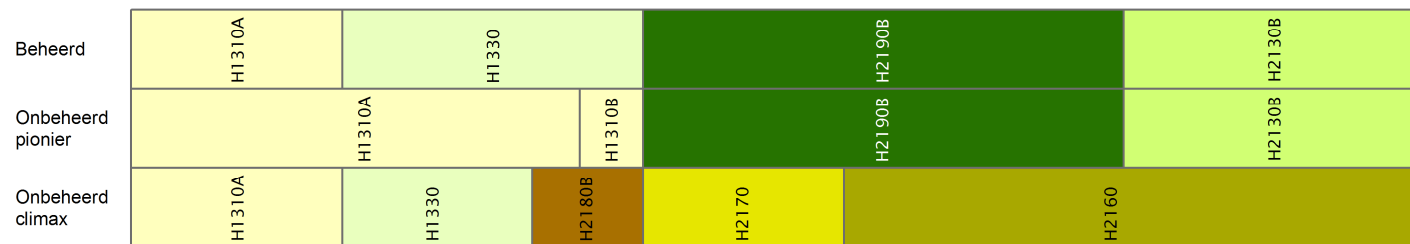


*Figuur 2: Schematische doorsnede van het Nat Duin- en kustlandschap: Hollandse kust. De nummers verwijzen naar de gradiënttypen. Legenda in Figuur 16.*



Zeeuwse kust

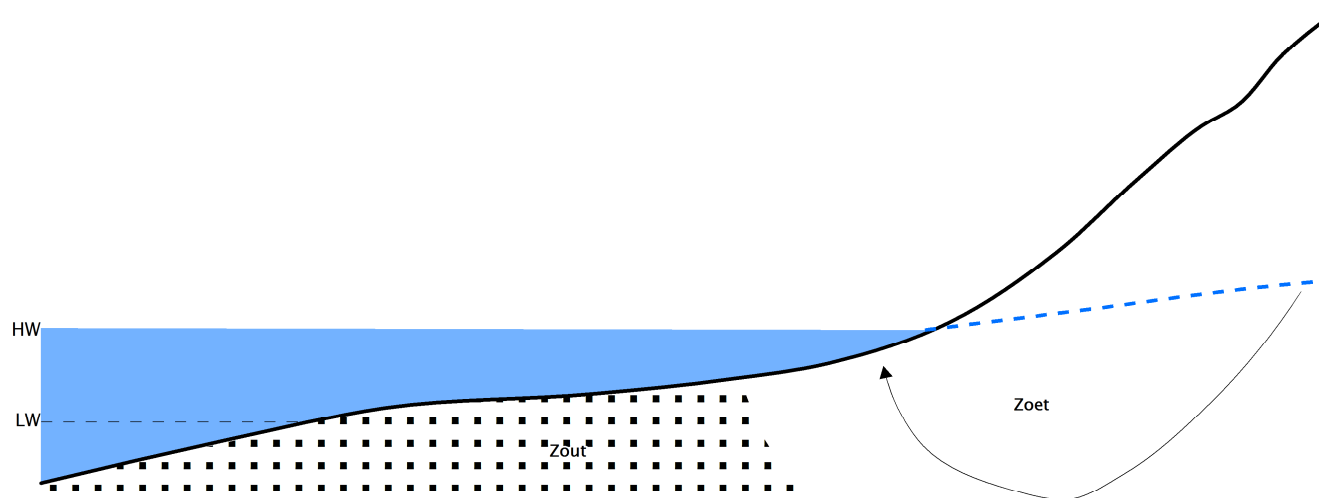
*Figuur 3: Schematische doorsnede van het Nat Duin- en kustlandschap: Zeeuwse kust. De nummers verwijzen naar de gradiënttypen. Legenda in Figuur 16.*



Gradiënttype 1, niet beïnvloed

*Figuur 4: gradiënttype 1, Kalkrijke duinvalleien met zoet-zout gradiënt (Groen Strand), niet beïnvloed. Legenda in Figuur 16.*

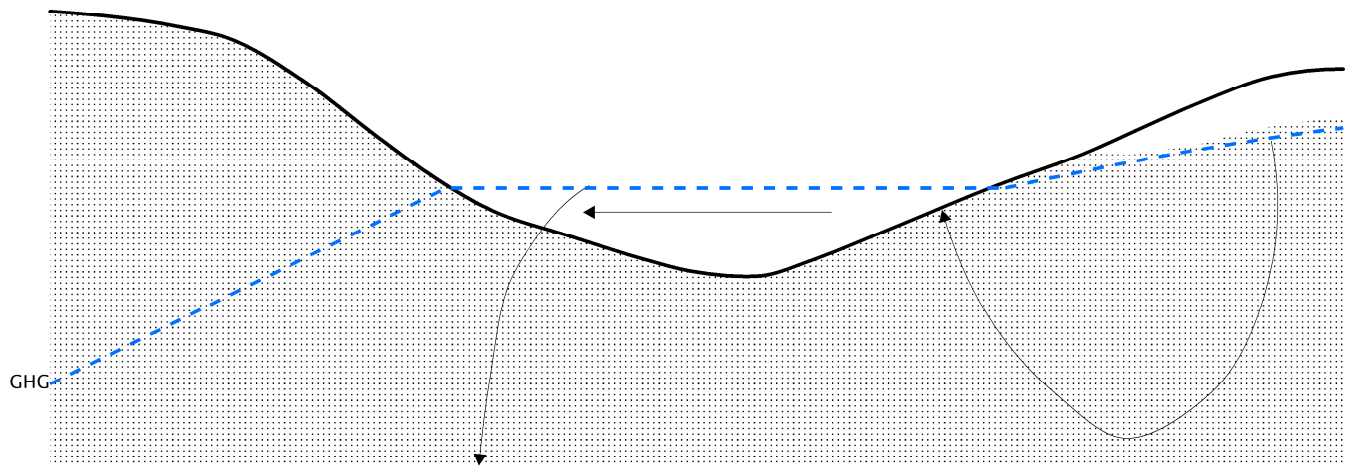
Beheerd	HI1310A	HI1330	H2190B	H2130B	
Onbeheerd pionier	HI1310A	HI1310B	H2190B	H2130B	
Onbeheerd climax	HI1310A	HI1330	H2180B	H2170	H2160



Gradiënttype 1, licht beïnvloed

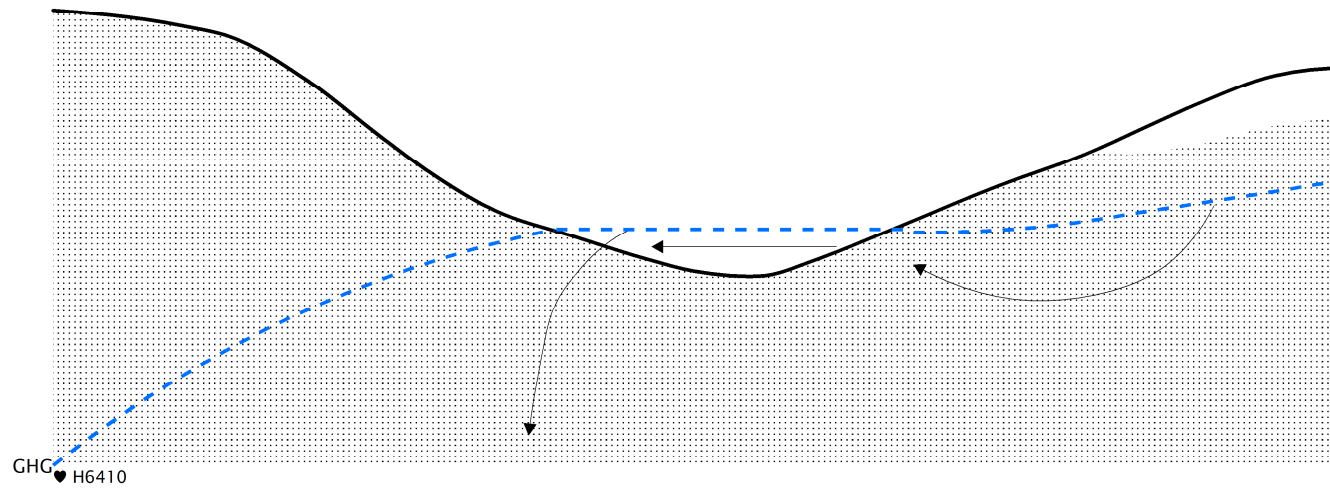
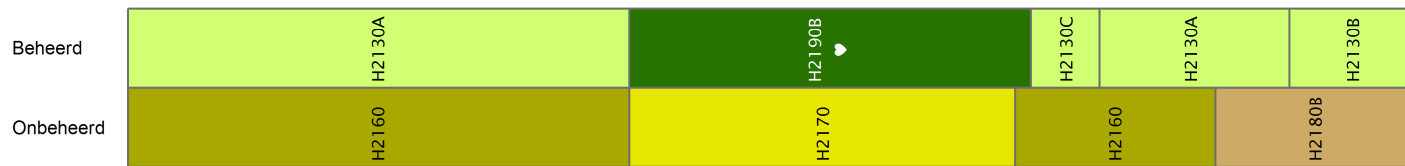
*Figuur 5: gradiënttype 1, Kalkrijke duinvalleien met zoet-zout gradiënt (Groen Strand), licht beïnvloed. Legenda in Figuur 16.*

Beheerd	H2130A	H2190B	H2190A	H2190B	H2130A	H2130B
Onbeheerd	H2160	H2190D	H2190A	H2190D	H2160	H2180B



Gradiënttype 2, niet beïnvloed

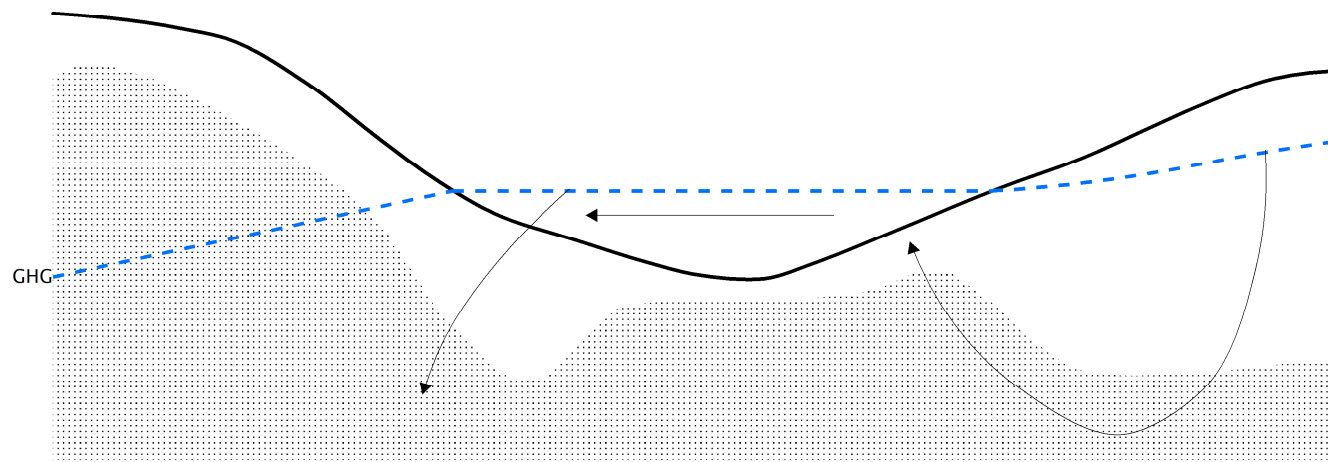
*Figuur 6: gradiënttype 2, Kalkrijke duinvalleien in kalkrijke duinen, niet beïnvloed. Legenda in Figuur 16.*



Gradiënttype 2, licht beïnvloed

*Figuur 7: gradiënttype 2, Kalkrijke duinvalleien in kalkrijke duinen, licht beïnvloed. Legenda in Figuur 16.*

Beheerd jonge stadia	H2130A	H2130B	H2130C	H6410	H2190A	H2190B	H6410	H2130C	H2140
Beheerd oudere stadia	H2130A	H2130B	H2130C	H2190C	H2190A	H2190C	H6410	H2130C	H2140
Onbeheerd	H2160	H2170		H2190D	H2190A	H2190D	H2170		H2180B

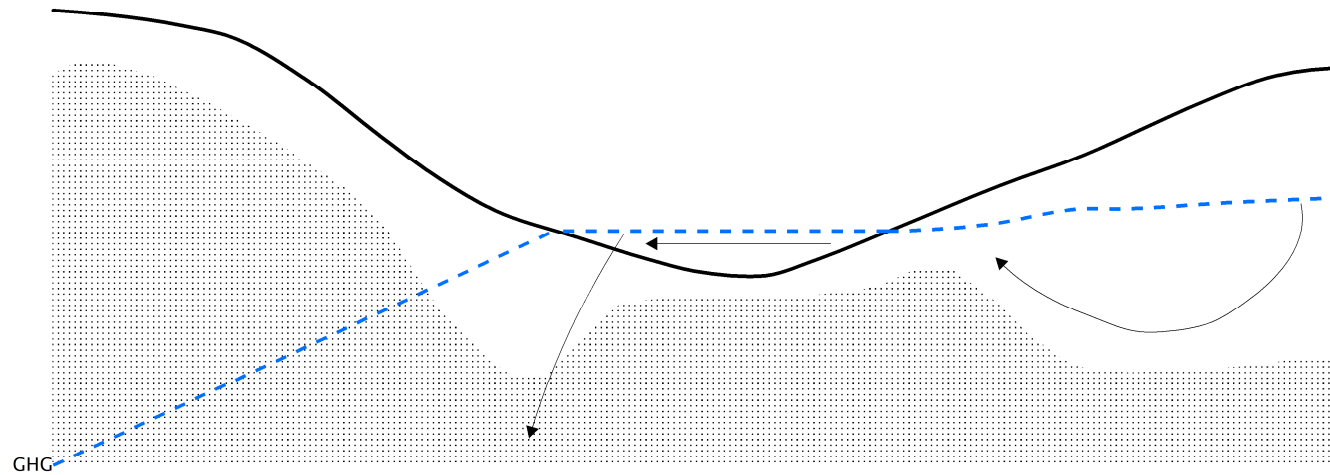


Gradiënttype 3, niet beïnvloed

*Figuur 8: Gradiënttype 3: Kalkrijke duinvalleien in kalkarme duinen, niet beïnvloed. Legenda in Figuur 16.*

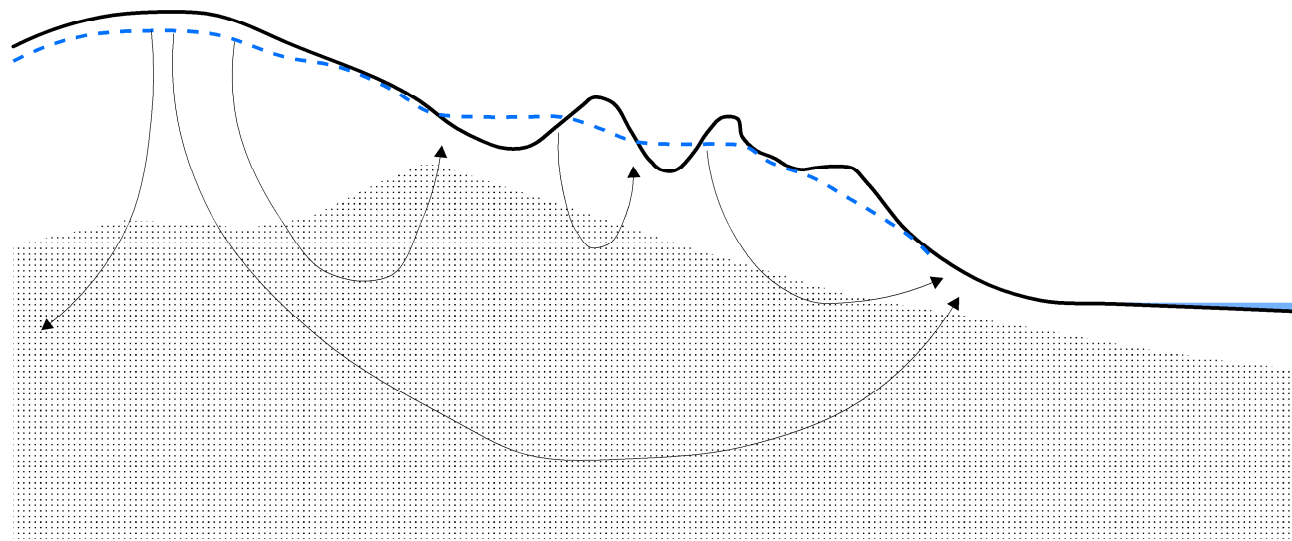
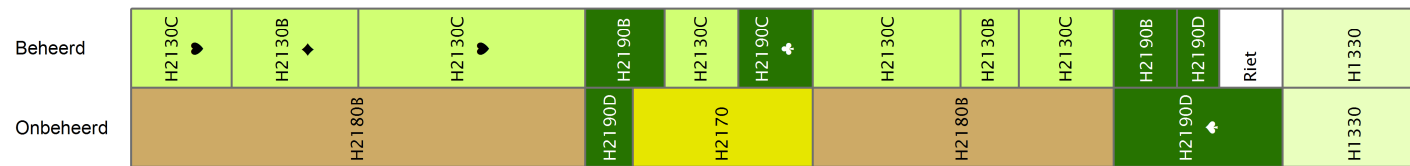


Beheerd jonge stadia	H2130A	H2130B	H2130C	H2190A	H2130C	H2140
Beheerd oudere stadia	H2130A	H2130B	H2130C	H2190C	H2130C	H2140
Onbeheerd	H2160	H2180B	H2170			H2180B



Gradiënttype 3, licht beïnvloed

*Figuur 9: Gradiënttype 3, Kalkrijke duinvalleien in kalkarme duinen, licht beïnvloed. Legenda in Figuur 16.*

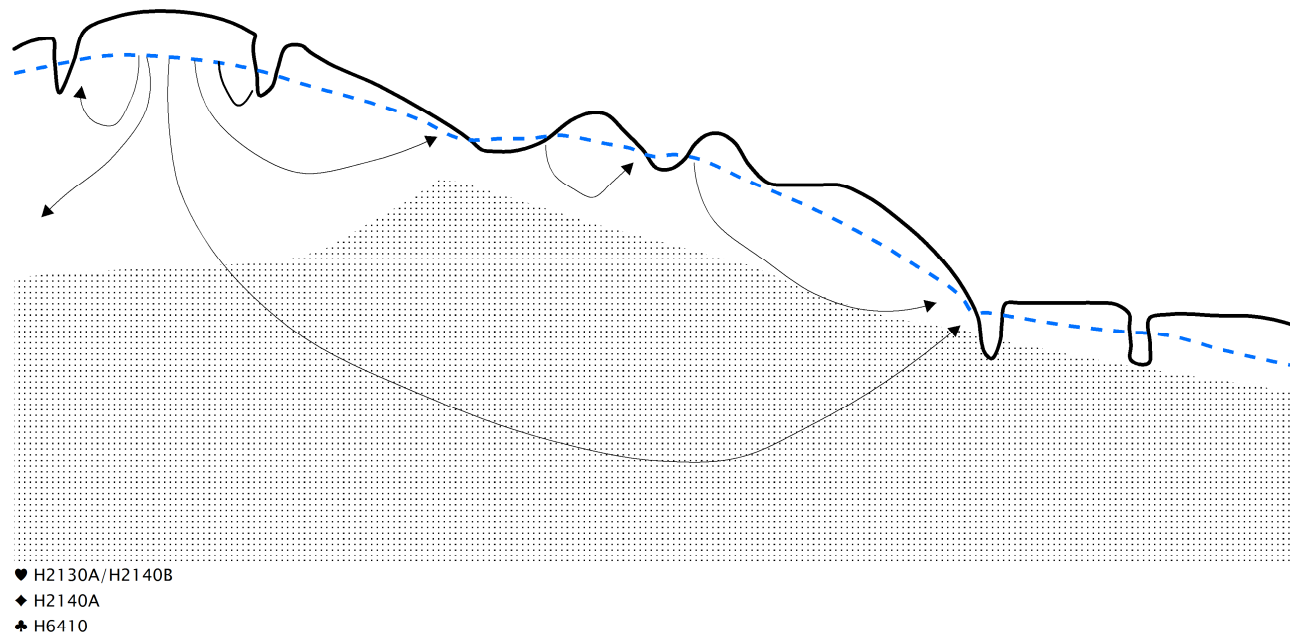


- ♡ H2140
- ♦ H2130A/H2140B
- ♣ H6410
- ♠ H2190A

Gradiënttype 4, niet beïnvloed

*Figuur 10: Gradiënttype 4, Ontkalkte binnenduinrand met kalkrijk grondwater, niet beïnvloed. Legenda in Figuur 16.*

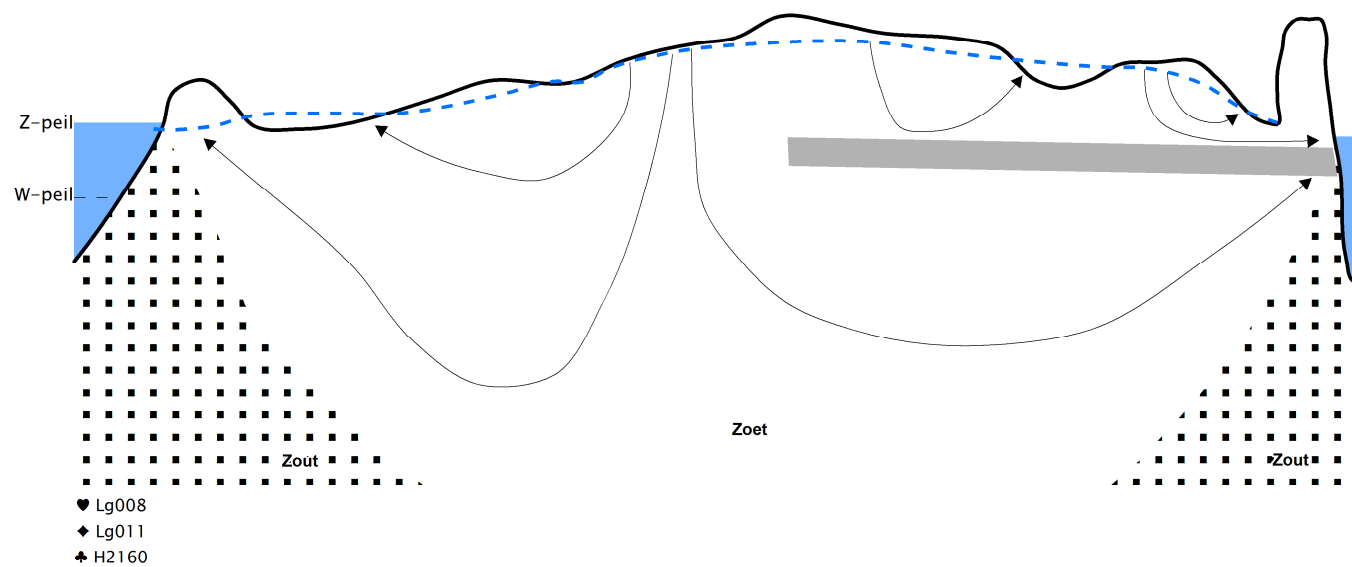
Beheerd	H2130B	H2130C	H2190C	H2130C	H2130B	H2130C	H2190C	H2130B	H2130C	H2130B	Polder
Onbeheerd	H2180B		H2170			H2180B			Polder		



Gradiënttype 4, licht beïnvloed

*Figuur 11: Gradiënttype 4, Ontkalkte binnenduinrand met kalkrijk grondwater, licht beïnvloed. Legenda in Figuur 16.*

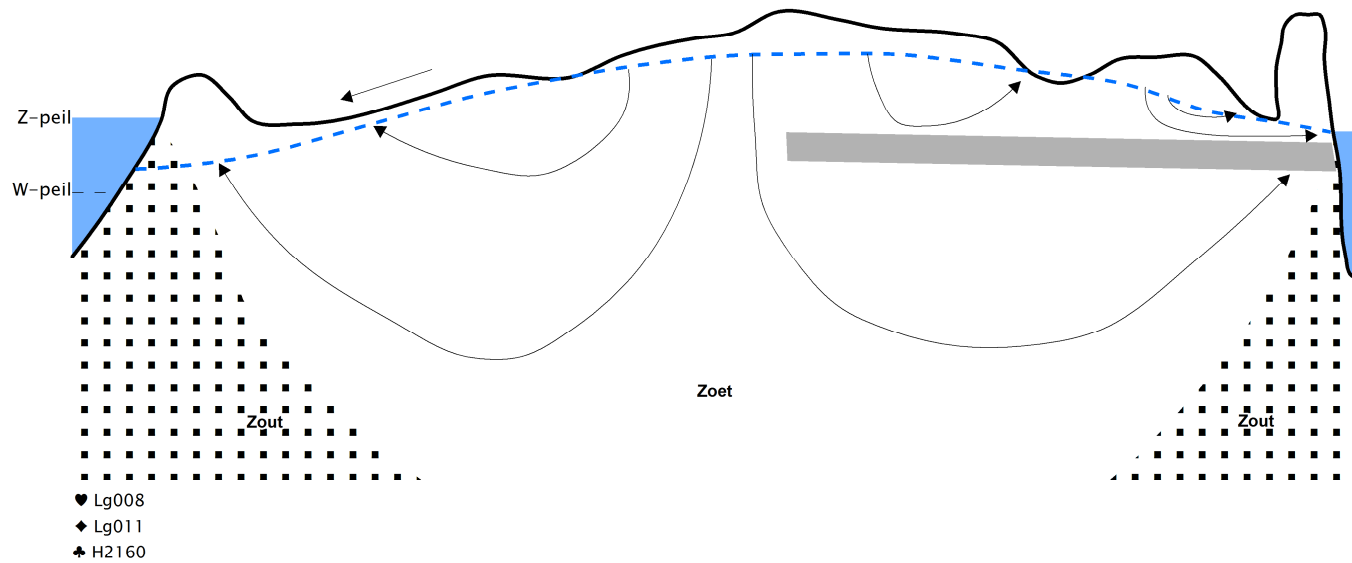
Beheerd	H1310A	H2130A	H2190A	H2190B	H2130A	H2190B	H2190A	H2190B	H2130A	H2190B	H2190A	H1310A
Onbeheerd	H1310A	H2180B	H2190A	H2170	H2180B	H2170	H2180B	H2170	H2180B	H2170	H2180B	H1310A



Gradiënttype 5, niet beïnvloed

Figuur 12: Gradiënttype 5, Kalkrijke platen in Afgesloten zeearmen, niet beïnvloed. Legenda in Figuur 16.

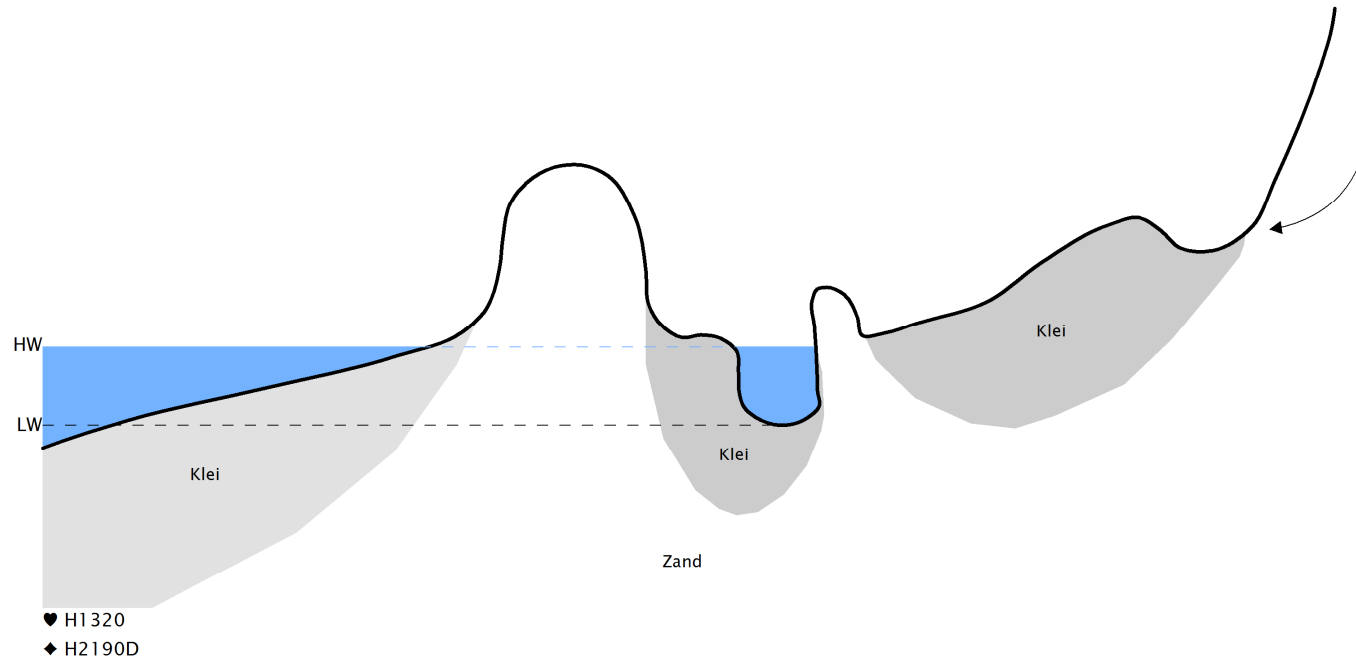
Beheerd	H1310A	H2190C	H2190D	H2190B	H2130A	H2190B	H2130A	H2190B	H1310A
Onbeheerd	H1310A	H2180B	H2170	H2180B	H2180B	H2170	H2180B	H2180B	H1310A



Gradiënttype 5, licht beïnvloed

Figuur 13: Gradiënttype 5, Kalkrijke platen in Afgesloten zeearmen, licht beïnvloed. Legenda in Figuur 16.

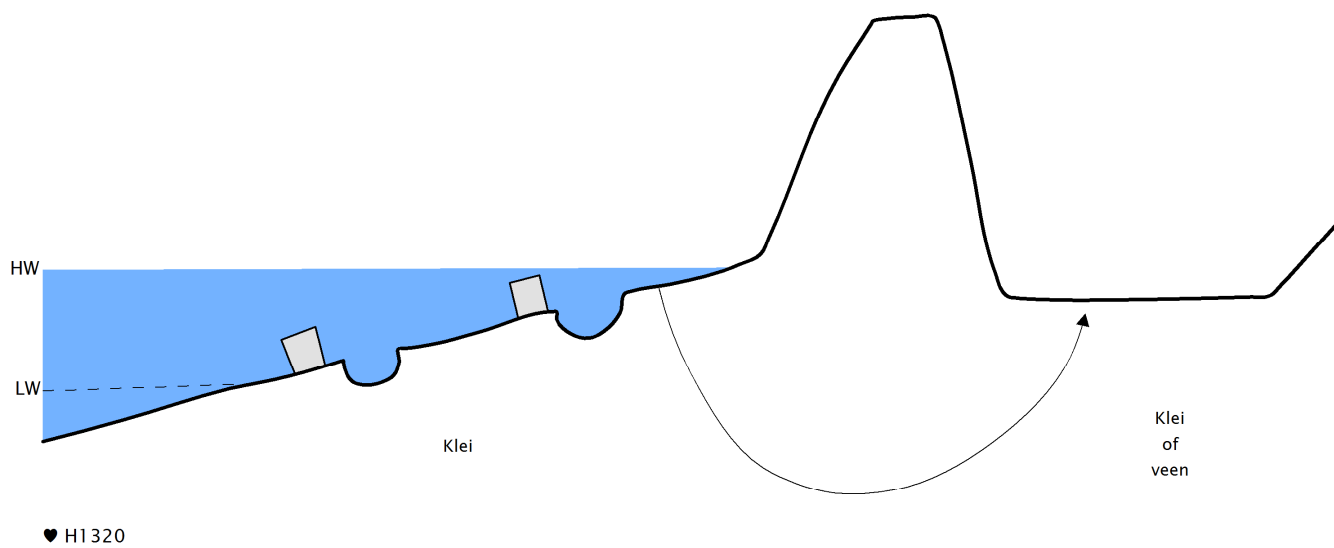
H1320	H1310A	H1310B	H2130A	H1310B	H1330A		H2190C	H2130A	
Intergetijdengebied		Zandrug			Kreek	Oeverwal	Kwelder	Brak of zoet	Duin



Gradiënttype 6, niet beïnvloed

*Figuur 14: gradiënttype 6, Schorren en binnendijkse zilte graslanden, niet beïnvloed. Legenda in Figuur 16.*

















H1310A	H1330A		H1330B
Kwelderwerken		Dijk	Brakke polder



Gradiënttype 6, beïnvloed

*Figuur 15: gradiënttype 6, Schorren en binnendijkse zilte graslanden, licht beïnvloed. Legenda in Figuur 16*

### Legenda Duinen nat

	H1310A	Zilte pionierbegroeiing (zeekraal)
	H1310B	Zilte pionierbegroeiing (zeevetmuur)
	H1330	Schorren en zilte graslanden
	H2130A	Grijze duinen (kalkrijk)
	H2130B	Grijze duinen (kalkarm)
	H2130C	Grijze duinen (heischraal)
	H2140	Duinheiden met kraaihei
	H2140A	Duinheiden met kraaihei (vochtig)
	H2140B	Duinheiden met kraaihei (droog)
	H2150	Duinheiden met struikhei
	H2160	Duindoornstruwelen
	H2170	Kruipwilgstruwelen
	H2180B	Duinbossen (vochtig)
	H2190A	Vochtige duinvalleien (open water)
	H2190B	Vochtige duinvalleien (kalkrijk)
	H2190C	Vochtige duinvalleien (ontkalkt)
	H2190D	Vochtige duinvalleien (hoge moerasplanten)
	H6410	Blauwgraslanden

Lg008 Nat, matig voedselrijk grasland

Lg011 Kamgrasweide & Bloemrijk weidevogelgrasland van het rivieren- en zeekleigebied

	Maaiveld
	Grondwaterstand (GHG/GLG)
	Stroomrichting
	Slecht doorlatende laag (sdl)
	Veen
	Zout
	Brak
	Kalkhoudend
HW	Hoog water
LW	Laag water
Z-peil	Zomerpeil
W-peil	Winterpeil

*Figuur 16: Legenda Nat Duinlandschap.*