

# Herstelstrategie H2190A: Vochtige duinvalleien (open water)

Adams, A.S., E. Brouwer & N.A.C. Smits

## *Leeswijzer*

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

## 1. Kenschets

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

Het habitatype vochtige duinvalleien is veelomvattend: het betreft open water, vochtige graslanden, lage moerasvegetaties en rietlanden, alle voorzover voorkomend in (min of meer natuurlijke) laagten in de duinen. Buiten de duinen worden alleen de in het overige kustgebied voorkomende min of meer grazige vormen tot het habitatype gerekend<sup>1</sup>. Mede door de grote ecologische variatie is het aantal kenmerkende soorten zeer groot.

Het gaat om relatief jonge successiestadia. Begroeiingen van oudere (al of niet verdroogde) successiestadia in duinvalleien behoren tot andere habitatypen, bijvoorbeeld vochtige duinheide met kraaihei (H2140), duinstruwelen (H2160 of H2170), duinbossen (H2180) en vochtige heischrale graslanden (H6230). Ook in cultuur gebrachte valleien (bijvoorbeeld begroeid met blauwgraslanden, H6410) worden niet tot het habitatype gerekend.

Vochtige duinvalleien kunnen van nature op twee manieren ontstaan. Primaire duinvalleien ontstaan doordat strandvlakten door duinen worden afgesnoerd van zee. Secundaire duinvalleien ontstaan in het kielzog van mobiele duinen, maar tegenwoordig alleen nog

---

<sup>1</sup> Reden hiervoor is dat de levensgemeenschappen van het open water en van hogere moerasvegetaties (subtype A en D) weinig specifiek zijn. De door grassen en schijngrassen gedomineerde vormen (subtype B en C) zijn echter wel heel specifiek: begroeiingen elders in het kustgebied worden daarom tot dit habitatype gerekend. Ze hebben zich tot dit habitatype ontwikkeld na bedijking van zeearmen.

doordat stuifkuilen uitstuiven tot op het grondwaterniveau. Daarnaast kunnen vochtige duinvalleien worden ontwikkeld door inrichtingsmaatregelen<sup>2</sup>.

Door de vertraagde reactie van de zoetwaterbel op de neerslag wijkt de grondwaterdynamiek in duinen nogal af van die in het binnenland. Er kunnen jaren achtereenvolgend optreden waarin (grond)waterstanden ver boven, of juist onder het gemiddelde niveau liggen. Deze dynamiek is op zich gunstig voor de instandhouding van open vegetaties waarin ook ruimte is voor concurrentiegevoelige pioniersoorten. Het vormt echter een risico voor het voortbestaan van soorten die slechts in een kleine populatie voorkomen. Voorwaarde voor de instandhouding van de soortenrijkdom is daarom dat er voldoende ruimte is voor soorten om te 'pendelen'. Daarvoor moet binnen de valleien zelf en binnen het duingebied als geheel voldoende variatie aanwezig zijn, met gradiënten die idealiter lopen van open water tot droog duin.

Binnen vochtige duinvalleien bestaat een grote variatie aan standplaatscondities, afhankelijk van ontstaansgeschiedenis, leeftijd, waterregime en kalkgehalte van de bodem of het kwelwater. Om die reden zijn de vochtige duinvalleien in een aantal subtypen opgesplitst. Waterdiepte, vegetatiestructuur en kalkgehalte zijn bepalend voor de verschillen tussen de subtypen.

Subtypen:

#### **H2190\_A Vochtige duinvalleien (open water)**

Duinwateren komen voor in de laagste delen van het duingebied, waar in 'gemiddelde' jaren het water tot ver in het groeiseizoen boven maaiveld staat en die hooguit kort droogvallen in het groeiseizoen. Binnen de duinwateren bestaat grote variatie in ecologische omstandigheden, variërend van brak tot zoet, van voedselarm tot voedselrijk, en van basisch tot zuur. Brakke omstandigheden komen voor in jonge primaire duinvalleien, en in strandvlakten die nog maar kort geleden zijn afgesnoerd van de zee of die nog incidenteel worden overstroomd met zeewater. Brakke omstandigheden kunnen ook ontstaan in drinkplassen en poelen die incidenteel overstroomd met zeewater. In de meeste duingebieden, en zeker in de grotere duinwateren, is het oppervlaktewater door een kalkhoudende ondergrond en aanvoer van baserijk grondwater tamelijk hard. In duingebieden die zeer arm aan kalk zijn, komen duinplassen voor die verwant zijn aan zwakgebufferde vennen (H3130). In de kalkrijke duingebieden zijn de grotere duinwateren van nature vrij voedselrijk als gevolg van de aanvoer van nutriënten met doorstromend grondwater en de aanvoer van organisch materiaal met oppervlakkig afstromend regenwater en door inwaai van blad. Door de geringe zuurgraad van het water wordt het aangevoerde organische materiaal redelijk snel afgebroken. Ook zijn duinmeertjes een favoriete broedplek voor kolonievogels en rustplek voor watervogels. Dit kan zorgen voor een extra aanvoer van nutriënten met mest.

In de Vochtige duinvalleien, open wateren komen twee soorten voor van de Habitatrictlijn waarvoor de stikstofgevoeligheid van het type een probleem kan vormen voor de kwaliteit van het leefgebied. Er zijn geen typische diersoorten waarvoor in dit habitatype mogelijke problemen als gevolg van stikstofdepositie worden verwacht. De specifieke effecten voor fauna worden

---

<sup>2</sup> Daarbij is niet alleen te denken aan het nieuw graven van valleien, maar ook aan het herinrichten van infiltratiegebieden. Infiltratieplassen en -kanalen vallen alleen onder de definitie van het habitatype indien ze (weer) min of meer lijken op natuurlijk gevormde valleien.

beschreven in Deel I (paragraaf 2.4). Afhankelijk van het belang en de functie van dit habitattype voor de soorten, kunnen ook andere habitats noodzakelijke onderdelen van het leefgebied vormen. Voor een volledig overzicht van de deelhabitats, zie bijlage 1 en 2 van Deel II.

Soortgroep	Soort	Status	Belang en functie	N-gevoeligheid van leefgebied	effecten van stikstofdepositie
Weekdieren	Platte schijfhoren	HR	Klein: foerageer-, voortplantings en overwinteringsgebied	Ja (maar effecten waarschijnlijk boven 2100 mol)	Afname voortplantingsgelegenheid (2)
Libellen	Gevlekte witsnuitlibel	HR	Klein: foerageer- en voortplantingsgebied	Ja (maar mogelijk is KDW 2100 mol logischer)	Afname voortplantingsgelegenheid (2)

Voor een goed begrip van de onderstaande paragrafen, is het essentieel om uit te gaan van de definitie van het habitattype en zijn kwaliteitseisen (abiotische randvoorwaarden, samenstellende vegetatietypen, typische soorten en overige kenmerken van goede structuur en functie). Zie daarvoor het profielendocument ([http://www.synbiosys.alterra.nl/natura2000/documenten/profielen/habitattypen/profiel\\_habitatype\\_2190.pdf](http://www.synbiosys.alterra.nl/natura2000/documenten/profielen/habitattypen/profiel_habitatype_2190.pdf)).

De herstelstrategieën zijn gericht op de subtypen A tot en met C. Het vierde subtype, vochtige duinvalleien met hoge moerasplanten, wordt niet tot nauwelijks gevoelig geacht voor stikstofdepositie (een KDW > 2400 mol N/ha/jr; [Van Dobben et al. 2012](#)).

Kalkrijk en voedselarm water komt in Nederland vrijwel alleen voor in duinplassen en dergelijke plassen kennen dan ook een voor Nederland unieke vegetatie met o.a. Weegbreefonteinkruid (*Potamogeton coloratus*) en kranswieren. Grotere duinplassen met kalkarmer water worden vaak gedomineerd door isoëtiden. Kleinere plassen worden vaak gedomineerd door soorten van gebufferde vennen. Vooral de kalkrijkere duinplassen kennen een tamelijk hoge successiesnelheid ([Brouwer et al. 2009](#)).

In feite is er een tweedeling in de open wateren in de duinen die onder het habitattype vallen (zie tabel 1) in oligo- en mesotrofe wateren enerzijds en eutrofe wateren anderzijds.

*Tabel 1. Onderscheiden varianten en bijbehorende vegetatie-eenheden ([Runhaar et al. 2009](#)).*

Variant	Vegetatie-eenheid
Oligo- en mesotrofe wateren	04Ba02
	04Ba03
	06Ab01
	06Ac01
	06Ac02
	06Ac03
	06Ac04
	06RG01
	SBB-09B-b

Mesotrofe wateren	04Bb01
	04Bb03
	04Ca01
	05Aa01
	05Aa02
	05Ca03
	08Aa01
	29Aa04

In zoverre deze vegetaties in infiltratieplassen liggen behoren deze infiltratieplassen ook tot het habitattypen. Aangezien dit over het algemeen voedselrijke, basische, permanente wateren zijn, kan maar een deel van de vegetaties hier voorkomen.

Belangrijk is dat er in deze herstelstrategie een koppeling wordt gemaakt met andere habitattypen, vooral met de kranwierwateren (H3140) en de zwak gebufferde vennen (H3130). Wat er aan waterkwaliteitseisen en abiotische randvoorwaarden staat vermeld in H3140 geldt ook voor kranwierwateren in de duinen. Dezelfde opmerking is van toepassing voor H3130, zij het dat de zwak gebufferde duinwateren met Oeverkruid en het Verbond van Waternavel en Stijve moerasweegbree meer gebufferd zijn.

## 2. Ecologische randvoorwaarden

Voor de ecologische randvoorwaarden (Runhaar et al. 2009) wordt uitgegaan van de omstandigheden van 15 kenmerkende gemeenschappen: de Associatie van Stekelharig kranblad, de Associatie van Ruw kranblad, de Associatie van Gewoon kranblad, de Associatie van Groot boomglanswier en de Associatie van Brakwater kranblad (04Ba02, 04Ba03, 04Bb01, 04Bb03, 04Ca1), de Associatie van Fijn hoornblad, de Associatie van Zilte waterranonkel en de Associatie van Teer vederkruid (05Aa01, 05Aa02, 05Ca03), de Associatie van Ongelijkbladig fonteinkruid, Pilvaren-associatie, Associatie van Vlottende bies, Associatie van Veelstengelige waterbies, Associatie van Waterpunge en Oeverkruid (06Ab01, 06Ac01, 06Ac02, 06Ac03, 06Ac04), de Lidsteng-associatie (08Aa01) en het SBB-type RG Waterdrieblad (SBB-09B-b). Deze 15 gemeenschappen zijn nog aangevuld met twee minder kenmerkende gemeenschappen, te weten de rompgemeenschap van Oeverkruid (06RG01) en de Slijkgroen-associatie (29Aa04).

Voor de leesbaarheid zijn in de onderstaande tekst regelmatig vegetatietypen als een hogere eenheid genoemd. Steeds worden alleen die (sub)associaties bedoeld die tot het betreffende subtype behoren (zie profiel).

### 2.1 Zuurgraad

De duinplassen hebben een bereik vanaf pH(H<sub>2</sub>O) 4,5, van matig zuur tot basisch (tabel 1). Binnen dit subtypen komen de plassen met Kranblad- en Brakwater-kranbladvegetaties (uit het *Charion fragilis*, *Charion vulgaris* en *Charion canescentis*) en vegetaties van het Verbond van Gesteelde zannichellia uitsluitend voor aan de basische kant van het spectrum, vanaf een pH van 7/7,5. De Lidsteng-associatie en Associatie van Waterpunge en Oeverkruid en Ongelijkbladig fonteinkruid komen ook net iets zuurder voor tot een pH van respectievelijk 6,5 en 6. De

Associaties van Vlottende bies en Veelstengelige waterbies zitten aan de zure kant van de range, tussen een pH van 4,5 en 6. De Associaties van Teer vederkruid en Pilvaren-associatie zitten wat betreft zuurgraad in het midden (Runhaar et al. 2009).

Duinplassen bevatten meestal tamelijk hard tot hard water, alleen in de sterkst ontkalkte delen van de duinen in het Waddendistrict komen enkele zwak gebufferde tot zure duinplassen voor. Net als bij vennen is de hardheid van het water een belangrijke sturende factor. Deze bepaalt of er soorten van gebufferde milieus voorkomen, zoals grote fonteinkruiden, of soorten van zwakgebufferde wateren (vensoorten). De pH en de alkaliniteit (buffering) van het water zijn parameters die hiermee gecorreleerd zijn (Brouwer et al. 2009).

## 2.2 Voedselrijkdom

Duinplassen zijn matig voedselarm tot zeer voedselrijk (tabel 1). Voor zover brakke voedselrijke watertypen (Associatie van Fijn hoornblad, Associatie van Zilte waterranonkel) in duinvalleien voorkomen gaat het om relatief voedselarme vormen, maar binnen de duinplassen behoren ze, samen met beide vegetatietypen van het Verbond van Gewoon kransblad en de Associatie van Brakwater-kransblad tot de typen van voedselrijkere locaties. Zeer voedselarme omstandigheden zijn in duinplassen niet snel te verwachten vanwege relatief mineraalrijke ondergrond en inwaai vanuit zee. De vier vegetatietypen behorend tot het Verbond van Waternavel en Stijve moerasweegbree groeien op de meest voedselarme standplaatsen (Runhaar et al. 2009).

## 2.3 Vochttoestand

Duinplassen komen voor in diep water tot op inunderende standplaatsen. Dat wil zeggen dat de plassen behorende tot de Kransbladorde, het Verbond van Gesteelde zannichellia, de Associatie van Teer vederkruid en de Associatie van Ongelijkbladig fonteinkruid permanent tenminste 20 cm water bevatten, alleen de Associatie met Zilte waterranonkel kan ook droogvallen. De andere vegetaties komen in plassen dieper dan 50 cm niet goed ontwikkeld voor en komen voor op plaatsen die 's zomers droogvallen of alleen in de winter geïnundeerd zijn. De Associaties van Veelstengelige waterbies en Waterpunge en Oeverkruid komen zelfs niet (goed ontwikkeld) voor op locaties die permanent onder water staan (Runhaar et al. 2009).

Jonge duinvalleien in recent afgesnoerde strandvlakten kunnen nog incidenteel met zeewater overstromen. Dit is optimaal voor pioniervegetaties die afhankelijk zijn van brak water (bijvoorbeeld de Associatie van Brakwater-kransblad) maar remt de verdere successie richting bijvoorbeeld de Associatie van Waterpunge en Oeverkruid (Runhaar et al. 2009).

## 2.4 Landschapsecologische processen

Open duinwateren komen voor in de laagste delen van duinvalleien in alle verschillende landschappen van het duinlandschap, waarbij de kalk- en ijzerrijkdom van het zand en de kalkrijkdom en de invloed van grondwater variëren. Onder invloed van kalkrijk grondwater kunnen kalkrijkere duinwateren voorkomen in de kalkarmere duinen van het Waddengebied en in de binnenduinen. Is de invloed van het grondwater minder, dan komen hier meer zwak gebufferde wateren voor.

Zie ook de informatie uit de landschapdoorsneden in het Natte duinlandschap (Deel III).

## 2.5 Regulier beheer

Door het ontbreken van de natuurlijke processen zoals uitstuiving, aangroei en dergelijk is beheer ten behoeve van behoud noodzakelijk. Om de effecten van toenemende eutrofiëring en de vorming van een sliblaag tegen te gaan, kunnen de wateren uitgebaggerd worden. Helofyten, zoals Riet (*Phragmites australis*) en lisdodde (*Typha spp.*) kunnen binnen enkele tot enkele tientallen jaren de verlanding in duinplassen voltooien, zeker in de kleinere plasjes en poelen kan dit snel gaan. Deze successie wordt voorkomen door begrazing of maaien of door plaatselijk schonen van de oever. Bij vegetaties van het Verbond van Gesteelde zannichellia en de Associatie van Teer vederkruid is dit in mindere mate nodig (Schaminée et al. 1995; Verdonschot & Janssen 2000; Brouwer et al. 2009). Oevers worden vaak meegenomen in begrazing van omliggende terreinen (bijvoorbeeld de duinvallei). Duinplassen op Terschelling kennen een vrij intensief beheer van jaarlijks, of in droge jaren, maaien en afvoeren van de oevervegetatie (Brouwer et al. 2009). In infiltratieplassen wordt periodiek riet gesneden en worden drijvende algen periodiek verwijderd.

## 3. Effecten van stikstofdepositie

De kritische depositiewaarde van duinplassen is vastgesteld op 1000 mol N/ha/jaar (14 kg N/ha/jaar) voor de oligo- tot mesotrofe vormen en 2143 mol N/ha/jaar (30 kg N/ha/jaar) voor de (matig) eutrofe vormen. Voor de oligo- tot mesotrofe vormen is dit getal gebaseerd op de modeluitkomst passend binnen de empirische range, volgens het model AquAcid voor vennen (Arts et al. 2002). Hier hoort de empirische range van 10–20 kg N/ha/jaar bij voor het EUNIS-type C1.16 'Dune slack pools' is gebaseerd op expert judgement (Van Dobben et al. 2012; Bobbink et al. 2003; Bobbink & Hettelingh 2011). Voor de (matig) eutrofe vormen is dit getal een expertoordeel, gebaseerd op vergelijkbare situaties in laagveengebied (H3150) en kwelders (H1330) (Van Dobben et al. 2012).

### 3.1 Verzuring

De hogere atmosferische depositie van zuur en N in de afgelopen decennia heeft in de hoger gelegen infiltratiegebieden geleid tot een aantal (soms irreversibele) veranderingen, zoals versnelde ontkalking, verzuring, en oplossing van calciumfosfaat (Kooijman et al. 2009). In valleien heeft de hogere depositie vooral geleid tot een versnelde ophoping van organische stof in en op de bodem. Vooral in het kalkarme Wadden district heeft dit laatste ertoe geleid dat in de opgehoogde bodem buffering van basenrijk grondwater minder effectief is geworden (Sival & Grootjans 1996).

Op plekken die vrijwel het gehele jaar door kalkrijk grondwater (in natuurlijke situaties en in infiltratieplassen) worden gevoed, wordt de zuurgraad mede gebufferd door het hoge bicarbonaatgehalte van het grondwater. Op deze systemen heeft verzuring door atmosferische depositie een heel gering effect (o.a. Stuyfzand & Lüers 2000).

In kalkgebufferde systemen zorgt ophoping van organische stof voor een lichte daling van de pH. Het achterliggende proces is vermoedelijk een toename van de zuurproductie door afbraak van organisch materiaal. De pH blijft echter hoog vanwege de aanvoer van kalkrijk grondwater dat de pH op een niveau van ca. 6,0 blijft bufferen, zolang de bodem ter plekke voldoende kalk kan oplossen. Hierdoor blijft het milieu geschikt voor basenminnende soorten, zelfs wanneer de vallei

vooral door neerslagwater wordt gevoed (Aggenbach & Jansen 2004; Grootjans et al. 1995). Valleien die sterker door grondwater worden gevoed kunnen langer in een pioniersstadium blijven bestaan.

In kalkarme systemen met een matig sterke voeding van matig basenrijk grondwater is een laag organisch stofgehalte noodzakelijk voor het handhaven van zwak zure omstandigheden. Bij een toename van de N-depositie neemt de N-beschikbaarheid en daarmee de biomassa toe. Dit leidt tot een toename van het organisch stofgehalte, wat leidt tot een verdere verzuring, een verminderde afbraak van organisch materiaal en toename van beschikbaar fosfaat. Daarmee wordt een zichzelf versterkend proces op gang gebracht (Kooijman et al. 2004; Aggenbach & Jansen 2004). Als de wateren regelmatig droog vallen stabiliseert de hoeveelheid organische stof tot een niveau waarbij opbouw en afbraak in evenwicht zijn.

Vanwege de geringe buffering, kan depositie van N indirect leiden tot verzuring. Extra ammonium zal worden genitrificeerd in deze wateren (bij pH > 4.0). Gedurende dit proces worden H<sup>+</sup>-ionen gevormd waardoor de pH daalt. Experimentele studies hebben aangetoond dat een behandeling van 2 jaar met 19 kg N/ha/jaar al tot grote veranderingen leidt (Schuurkes et al. 1987). Wanneer als gevolg van deze verzuringsprocessen de pH daalt beneden 5, zullen zuur-intolerante zachtwater soorten verdwijnen (Arts et al. 1990).

### 3.2 Vermesting

In kalkrijke en ijzerrijke (maar organische stofarme) bodems kan P een beperkende factor zijn, door P-fixatie in calcium- of ijzerfosfaat. Bij een hoge pH (kalkrijke bodems) is bovendien de hoeveelheid N die vrijkomt bij mineralisatie betrekkelijk laag, mogelijk als gevolg van hoge microbiële activiteit en N-behoefte. Er wordt waarschijnlijk een aanzienlijk deel van de N in de bodem vastgelegd. Basenminnende vegetaties in natte duinvalleien zijn daardoor N gelimiteerd, wat ze zeer gevoelig maakt voor atmosferische depositie (Lammerts & Grootjans 1997; Kooijman et al. 2009).

Bij eutrofiëring gaan algen en snelgroeïende vaatplanten (o.a. helofyten) overheersen. De algengroei beïnvloedt het doorzicht van het water negatief, wat slecht is voor op de bodem groeiende planten van duinwateren (Jansen et al. 2010b).

Als gevolg van de wisselende waterstanden die van nature in een aantal duinwateren voorkomen, vallen grote delen van de oeverzone in de zomer droog. Deze droogval is in algemene zin kortdurend en deze is gunstig: mineralisatie van organisch materiaal wordt hierdoor bevorderd, organische laagjes drogen op en worden door de wind verspreid. Dit draagt bij aan een vermindering van de ophoping van organisch materiaal en het ontstaan van pionierssituaties. Door de verhoogde atmosferische depositie van stikstof gaat de vegetatie van de omliggende infiltratiegebieden harder groeien (Nijssen et al. 2001). Door deze vergrassing en verbossing wordt er in de infiltratiegebieden meer water verdampt (Bakker et al. 1979), waardoor de aanvoer van grondwater naar de valleien afneemt. Dit effect speelt vooral in de kalkarme duinen van het Wadden District (Kooijman & Besse 2002). Als gevolg van verdroging kan de mate waarin wateren droogvallen veranderen, duinplassen die eerst kortdurend gedeeltelijk droog vielen, vallen nu helemaal en ook langdurig droog. Hierdoor wordt het vochttekort groter, hetgeen leidt tot verschuiving in concurrentieverhoudingen en verschuivingen in soorten. Ook wordt organisch materiaal afgebroken en komen voedingsstoffen vrij (zie ook definities in het [profielendocument](#)).

In de wateren in kalkarme valleien die vooral door neerslag gevoed worden, is de productie van oorsprong zeer gering, organisch materiaal hoopt zich nauwelijks op en de successie verloopt zeer langzaam. Koolstof, anorganisch stikstof (i.e. door planten vrij opneembaar stikstof) en fosfaat zijn in deze wateren limiterend voor de plantengroei. Atmosferische depositie van stikstof leidt tot een aanrijking met ammonium en/of nitraat (Arts et al. 2001). Doordat de afbraak van organisch materiaal minder goed verloopt dan in kalkrijkere omstandigheden, groeit de laag organische stof in de bodem snel. Wanneer zo'n vallei droogvalt en er zuurstof in de bodem dringt, komen er meer voedingsstoffen beschikbaar en verliezen de laagproductieve pioniersoorten de competitie van soorten van latere successiestadia. Deze eutrofiëring wordt versterkt door depositie van stikstof uit de lucht.

### 3.3 Fauna

Voor het leefgebied van de VHR en/of typische diersoorten geldt dat de effecten van stikstofdepositie via de volgende factoren doorwerkt: Afname voortplantingsgelegenheid door te dichte vegetatie (2). Een uitsplitsing van deze factoren naar de onderscheiden soorten is terug te vinden in de kenschets en een beschrijving van de specifieke factoren is terug te vinden in paragraaf 2.4 van Deel I.

## 4. Andere omstandigheden die de effecten van stikstofdepositie beïnvloeden

### 4.1 Aanvoer nutriënten

In de kalkrijke duingebieden zijn de grotere duinwateren van nature vrij voedselrijk als gevolg van de aanvoer van nutriënten met doorstromend grondwater (kwelplassen) (o.a. Stuyfzand & Moberts 1987) en de aanvoer van organisch materiaal met oppervlakkig afstromend regenwater en door inwaai van blad. Door de geringe zuurgraad van het water wordt het aangevoerde organische materiaal redelijk snel afgebroken. Parameters die correleren met de voedselrijkdom van duinwateren zijn de concentraties van fosfaat in de waterlaag en in het bodemwater en van nitraat en ammonium in het bodemwater. Ook zijn duinmeertjes een favoriete broedplek voor kolonievogels en rustplek voor watervogels. Dit kan zorgen voor een extra aanvoer van nutriënten met mest en verslechtering van het doorzicht door het omwoelen van de bodem (Verdonschot & Janssen 2000; Brouwer et al. 2009; Jansen et al. 2010b; zie ook profielendocument). Verder vertonen infiltratieplassen een zeer hoge nutriëntfluxen, ondanks vergaande defosfatering door coagulatie en selectieve inname van infiltratiewater (Stuyfzand 1986).

### 4.2 Vochtgehalte

Het vochtgehalte is van invloed op de afbraaksnelheid van organisch materiaal en daarmee de beschikbaarheid van stikstof. Enerzijds leiden hogere vochtgehalten (zolang de zuurstofvoorziening op peil is) tot hogere afbraaksnelheden en lagere N-mineralisatie (Van Beckhoven 1995). Anderzijds kan zodra zuurstofarme condities optreden de strooiselafbraak worden geremd en de N-mineralisatie hoger worden. Het is dus erg moeilijk het effect van vochtgehalte op de N-voorziening te voorspellen. Onder zuurstofarme condities kan N bovendien ook verdwijnen naar de atmosfeer door denitrificatie (Adema et al. 2002). Denitrificerende bacteriën gebruiken dan nitraat als electron-acceptor voor de afbraak van organische stof. Dit kan resulteren in gasvormige N-verbindingen die ontsnappen en niet meer beschikbaar zijn voor



de planten. Dit nitraat kan uit ammonium gevormd worden bij oeverkruid dat veel zuurstof lekt uit de wortels (Kooijman et al. 2004).

## 4.2 Natuurlijke dynamiek

Als gevolg van het dynamische karakter van duinsystemen (zoals bijvoorbeeld de afsnoering van een nieuwe primaire duinvallei) kan de hydrologie van een duinsysteem dusdanig veranderen dat oorspronkelijk brakke duinvalleien verzoeten of dat door kustuitbreiding de grondwaterstand in de achterliggende duinen wordt verhoogd (Bakker et al. 1979; Stuyfzand 1993; Stuyfzand et al. 2010). Ook door de verminderde mogelijkheid om neerslagwater af te voeren, kunnen vochtige duinvalleien 'verdrinken' (Westhoff & Van Oosten 1991) en overgaan in een duinmeertje (H2190A), vooral in het Renodunale district.

Dynamische processen als overstuiving, uitstuiving, natuurlijke fluctuaties van de waterstand en incidentele overstroming door zeewater bepalen in grote mate de vegetatie van jonge duinplassen (Brouwer et al. 1996). Aan de andere kant treedt in duinwateren van nature verlanding op. Deze natuurlijke ophoping van organisch materiaal accumulatie van voedingsstoffen, die onder bepaalde omstandigheden ook weer vrij kunnen komen, wordt versterkt door de stikstofdepositie (Verdonschot & Janssen 2000).

## 4.3 Natuurlijke successie/verzuring

Duinwateren ontstaan doordat duinen tot op het grondwater worden uitgeblazen (secundaire duinvalleien) of door het afsnoeren van de zeereep door duinvorming (primaire duinvalleien). Als vervolgens de grondwaterspiegel stijgt, of de uitstuiving in een langdurige droge episode plaatsvindt, ontstaan er duinplassen. Deze duinplassen zijn in eerste instantie gebufferd, niet alleen in het kalkrijke Renodunaal district, maar ook in het kalkarme Wadden district. Bij primaire duinvalleien kan het water in eerste instantie zelfs (licht) brak zijn. Het relatief harde en voedselarme water van pas ontstane duinplassen zorgt voor een geschikt milieu voor een aantal zeldzame fonteinkruiden en kranswieren. Wanneer onvoldoende dynamiek aanwezig is, krijgt afgestorven plantenmateriaal de kans om op te hopen. Afhankelijk van dynamiek en van factoren als het kalkgehalte van de bodem en de grootte en diepte van de duinplas vindt binnen enkele tientallen tot enkele honderden jaren verlanding plaats. Deze verloopt in het algemeen van open water, via rietvegetaties en grote zeggenvegetaties naar struweel en bos (Brouwer et al. 2009). Bij duinplassen van het doorstroomtype verdwijnen ook weer veel nutriënten door inzijging.

## 4.4 Buffering via grondwater

De kalkrijke duinvalleien hebben een grote basenrijkdom en een hoge pH. In de kalkrijke duinen is het vooral het kalkgehalte van de bodem dat zorgt voor de neutrale tot basische condities. In de kalkarme duinen is aanvoer van basenrijk grondwater nodig voor instandhouding van kalkrijke duinvalleivegetaties. Hogere kweldruk met basenrijk (of zwak gebufferd) water leidt tot een hogere zuurneutraliserende capaciteit van het systeem en tot minder stapeling van N in het systeem, waardoor stikstofdepositie hier relatief weinig negatieve invloed op het systeem uitoefent. Dit proces is gevoelig voor meteorologische fluctuaties. In extreme jaren slaat de verzuring toe en in jaren met een meer dan normaal neerslagoverschot blijft herstel van de basenrijkdom uit (Grootjans et al. 1991). Afhankelijk van het type hydrologisch proces zijn extreem natte jaren of juist extreem droge jaren aldus de start van de degradatie van de basenrijke toestand. Hoe en wanneer perioden met afwijkend neerslagpatroon doorwerken is afhankelijk van de lokale hydrologische processen die voor buffering van de zuurgraad zorgen (Aggenbach & Jansen 2004).

#### 4.5 Ontoereikend regulier beheer

Door het ontbreken van de natuurlijke processen zoals uitstuiwing, aangroei en dergelijk is beheer ten behoeve van behoud noodzakelijk. Met uitzondering van vegetaties van het Verbond van Gesteelde zannichellia en de Associatie van Teer vederkruid is regelmatig beheer in de vorm van maaien, begrazen of plaggen van oevers of baggeren van het water noodzakelijk. Wordt geen van deze beheersvormen uitgevoerd, dan zullen de wateren dichtgroeien. Ontoereikend regulier beheer wordt niet apart onder paragraaf 5 of 6 behandeld.

#### 4.6 Voormalige zwaveldepositie en andere sulfaatbelasting

De effecten van voormalige zwaveldepositie en andere sulfaatbelasting in dit habitatype worden verder toegelicht in Intermezzo II van Deel I.

## 5. Maatregelen tegen de effecten van stikstofdepositie

De belangrijkste aanbeveling is om de mechanismen voor P-fixatie in de bodem zoveel mogelijk te benutten. Als er aanvoer van baserijk (grond)water aanwezig is, moet dat behouden blijven. Als de duinen ijzerrijk zijn, is het belangrijk ervoor te zorgen dat er zo min mogelijk organische stof op de bodem ophoopt, door begrazen, maaien en plaggen (Kooijman et al. 2009). Voor de duinplassen betekent dit vooral beheer van de oevers, ten dienste van het herstel van de oeverzone.

### 5.1 (Extra) begrazen en maaien oever

Begrazing helpt pionierstadia zo lange mogelijk in stand te houden. Bovendien levert het op kleine schaal door vertrapping open plekken op waar soorten kunnen kiemen. Het blijkt dat bij vrij intensief begrazingsbeheer van het duingebied, waarbij ook de oevers van de wateren worden meegenomen, duinwateren goed behouden kunnen blijven. Er moet wel opgelet worden dat de grazers niet te veel in het water gaan. Door de betreding en het opwervelen van slib wordt het water troebel, terwijl de meeste vegetaties van de duinwateren helder water vereisen. Ook jaarlijks, of in elk geval in droge jaren, maaien en afvoeren is een goede maatregel (Brouwer et al. 2009). Maaien is vooral een goede maatregel als de oever begroeid is met riet. Via maaien zullen ook meer voedingsstoffen afgevoerd worden dan via begrazing.

### 5.2 Plaggen oever

Als P-fixatie in de bodem niet mogelijk is, dan is het wenselijk om de N-mineralisatie zo laag mogelijk te houden. Dat kan door het organische stofgehalte van de bodem sterk naar beneden te dringen, bijvoorbeeld door de oevers te plaggen (Kooijman et al. 2009). Ook zonder het verwijderen van de sliblaag is het plaggen van de oever een effectieve maatregel voor het herstel van de waardevolle oevervegetatie (Brouwer et al. 2009). Bij het plaggen en vrijstellen is het voor de fauna gunstig om gefaseerd te werk te gaan. Ook voor de flora biedt dit waarschijnlijk voordelen, omdat er dan diverse successiestadia naast elkaar aanwezig zijn en de aanwezige zaadbank over een reeks van jaren kan worden angesproken (Brouwer et al. 2009). Bij herhaaldelijk plaggen van de gehele vallei zal het oppervlak van de vallei substantieel verlaagd worden en zal het grondwater relatief steeds hoger komen te staan. Voor een aantal vegetaties van duinwateren mag het water niet te diep worden of is periodieke droogval noodzakelijk (zie

paragraaf 2.3). Bovendien worden door het plaggen van de vallei de hellingen steeds steiler (Arens & Geelen 2001).

In hydrologisch gedegradeerde systemen dienen plag- en graafwerkzaamheden pas te worden uitgevoerd nadat de hydrologische herstelmaatregelen zijn uitgevoerd. In kalkrijke duingebieden is, althans op korte termijn, plaggen heel succesvol, omdat de bodem na afgraven nog erg kalkrijk is en een hoge basenverzadiging heeft, en daarmee niet afhankelijk is van toestromend kalkrijk grondwater. In ontkalkte duingebieden heeft plaggen zonder hydrologisch herstel heeft maar beperkt succes. Na korte tijd (5–10 jaar) verdwijnen de pionierstadia weer. In gevallen waarbij tevens de grondwaterstanden in de omgeving worden verhoogd lijkt de levensduur van de pionierstadia verlengd te worden.

### 5.3 Baggeren

Als zich als gevolg van vermessing een sliblaag op de bodem van een duinwater heeft gevormd is actief beheer in de vorm van de verwijdering van organische sedimenten de enige optie voor een spoedig herstel van de levensgemeenschappen van het duinwater (Brouwer et al. 2009). Met de organische sedimenten worden opgehoopte nutriënten (stikstof, fosfaat, koolstof), zuur (gereduceerde zwavelverbindingen) en basische kationen (bufferstoffen) uit het systeem verwijderd. Belangrijk is dat afvoer van deze organische sedimenten niet los kan worden gezien van herstel van de waterhuishouding (paragraaf 6.1) en in combinatie dient te worden uitgevoerd. Het is ook belangrijk om organische sedimenten tot hoog op de oever te verwijderen teneinde een volledige zonerings te kunnen herstellen.

Voor gemeenschappen van de kranswieren is het gunstig als er periodiek pioniersituaties ontstaan. Op het mineraal sediment kunnen de kranswieren zich (tijdelijk) massaal ontwikkelen. In duinplassen kunnen deze pioniersituaties ontstaan door droogval (zie ook *Herstelstrategie H3140*). Ook kunnen ze gecreëerd worden door baggeren van het duinwater (Brouwer et al. 2009).

Voor de fauna zou de verwijdering van organische sedimenten gefaseerd moeten plaats vinden om refugia te behouden ten behoeve van diersoorten die nog in de duinplassen voorkomen, zoals mogelijk de VHR-soorten Platte schijfhoren en Gevlekte witsnuitlibel. (Brouwer et al. 2009; Ketelaar 2001; Van Kleef 2010; Van Kleef et al. 2001). Veel soorten macrofauna kunnen baggerwerkzaamheden niet overleven indien hierbij in één keer de hele plas wordt opgeschoond (Van Kleef & Esselink 2004; Van Kleef 2010). Voor de meeste planten van duinplassen is dit niet erg, aangezien zij langlevende zaden produceren. Echter veel nog aanwezige karakteristieke diersoorten verdwijnen en het is niet vanzelfsprekend dat zij in staat zullen zijn terug te keren (Brouwer et al. 2009, Van Kleef 2010). Bosman et al. (1999), Ketelaar (2001) en Van Kleef (2010) geven een aantal opties om te voorzien in de overleving van nog aanwezige soorten in geval van baggerwerkzaamheden:

- Fasering in de tijd en ruimte. Niet het hele duinwater en de oever in één keer opschonen, maar indien mogelijk een deel van de plas afscheiden en pas opschonen als het herstelde deel bevolkt is door dieren uit het niet-geschoonde deel. Ketelaar (2010) geeft als richtlijn om minimaal 10 % van de oever- en watervegetatie in stand te houden t.b.v. de libellenpopulaties. Ook plaggen dient gefaseerd plaats te vinden, slechts 25 % per jaar wordt aanbevolen (Ketelaar 2010). Een richtlijn kan zijn dat verdere opschoning niet plaats vindt

voordat in het herstelde deel een tijdspanne is verlopen van enkele malen de lengte van de levenscyclus van de belangrijkste aanwezige fauna taxa.

- Nat baggeren, baggeren zonder het geheel droog te leggen; ook kan overwogen worden om niet over te gaan tot baggeren wanneer bijzondere libellensoorten aanwezig zijn (Ketelaar 2001).
- Werken me zo licht mogelijk materiaal.
- Tijdelijk opslaan van organisch materiaal op oevers, opdat grote en sterke dieren terug kunnen kruipen.
- Delen van de oorspronkelijke vegetatie sparen.
- Maatregelen uitvoeren op het moment dat een te sparen soort zich op het land bevindt.
- Zorgen voor herstel van de buffercapaciteit.

In algemene zin kan gesteld worden dat gefaseerd te werk gaan, niet te rigoureuus ingrijpen en enigszins 'sloordig' werken – dat wil zeggen niet al het organisch materiaal verwijderen – richtlijnen zijn voor een faunavriendelijk venherstel (Brouwer et al. 2009; Van Kleef 2010; Ketelaar 2001).

#### 5.4 Vogels beheersen

Vooraf in grotere duinwateren kunnen vogelkolonies die in de onmiddellijke omgeving broeden een probleem vormen. Beheermaatregelen kunnen gericht zijn op het beperken van de omvang van deze kolonies of het isoleren van het belaste gedeelte (Verdonschot & Jansen 2001). Dit kan ook van belang zijn in de plassen met de zeldzame Associatie van Brakwater–kransblad, om de noodzakelijke lage voedselrijkdom en de helderheid van het water te garanderen (Klimkowska et al. 2011).

## 6. Maatregelen gericht op functioneel herstel

Bij de maatregelen gericht op functioneel herstel moet opgemerkt worden dat voor de keuze van de maatregelen steeds bepaald moet worden of de waargenomen ontwikkelingen het gevolg zijn van natuurlijke processen, of dat deze door menselijk ingrijpen zijn veroorzaakt. Het aanpassen van de hydrologie van een systeem is alleen dan te verantwoorden als de hydrologie door eerder menselijk handelen verslechterd is. Wanneer de hydrologie als gevolg van natuurlijke nieuwe duinvorming aan de zeeoep is veranderd, is ingrijpen niet wenselijk.

### 6.1 Hydrologisch herstel

De belangrijkste aanbeveling is om de mechanismen voor P-fixatie in de bodem zoveel mogelijk te benutten. Als de duinen kalkrijk zijn, is het belangrijk ervoor te zorgen dat ook dat zo blijft, bijvoorbeeld door aanvoer van basenrijk (grond)water (Kooijman et al. 2009). In kalkarme duinen is de aanvoer het belangrijkste buffersysteem. Hydrologische herstelmaatregelen dienen gefundeerd te worden op hydroecologische onderzoek op lokale en regionale schaal. In systemen waar de toevoer van basenhoudend grondwater de zuurgraad buffert, is inzicht in de lokale hydrologie noodzakelijk om de juiste maatregelen te nemen (Aggenbach & Jansen 2004).

In systemen waar het basenrijke grondwater toestroomt vanuit aangrenzende duinen gedurende winter- en voorjaarsperiode is inundatie in de valleien noodzakelijk voor het oppersen van dit water. De mate en duur van oppersing worden hier bepaald door de (1) de regionale

drainagebasis (c.q. de zomergrondwaterstanden), (2) de mate van opbolling van het freatisch grondwater in winter en voorjaar en (3) de inundatieduur van de laagte. Wanneer de regionale drainagebasis (zomergrondwaterstanden) te laag zijn neemt in het winterseizoen de toevoer van baserijk grondwater af en verzuren baserijke standplaatsen op den duur (Aggenbach & Jansen 2004). Het beperken van verdamping en verhogen van de inzijging wordt hierbij nagestreefd. Hierbij kan het tegengaan van vergrassing (via begrazen) en het kappen van struweel en naaldbos een positieve invloed hebben.

Bij maatregelen voor herstel van de waterhuishouding (o.a. Verdonschot & Janssen 2000) kan gedacht worden aan:

- Herstel van verdroogde valleien door uitgraven tot op het grondwaterniveau of verwijderen van organische stoflaag. Hiermee worden ook voedingsstoffen afgevoerd ( zie ook paragraaf 5.2 en 5.3);
- In hogere delen in de omgeving verdamping verminderen en inzijging vergroten door:
  - o verwijderen van bos en struweel
  - o omvorming van naaldbos naar loofbos of andere duinvegetaties, inclusief kaal zand
  - o verminderen begroeiing door intensivering van de begrazing of herstel kleinschalige verstuing (zie ook paragraaf 6.2 herstel dynamiek)
- Saneren grootschalige cultuurgronden, landbouwenclaves, recreatieve voorzieningen en drinkwatervoorzieningen in de duinen die ertoe leiden dat de algemene grondwaterstand in de duinen daalt;
- Peilverhoging in de binnenduinrand en de aangrenzende polders (hydrologische bufferzone creëren).

### 6.1.1 Inlaat van brak water

Als het voortbestaan van specifieke locaties met het voorkomen van de zeldzame Associatie van Brakwater–kransblad in hun voortbestaan bedreigd worden, kan het noodzakelijk zijn om brak water in het gebied in te laten (Klimkowska et al. 2011).

## 6.2 Herstel dynamiek

Wanneer uitgegaan wordt van het bevorderen van de dynamische processen binnen het duinsysteem als geheel, hoeft niet altijd gekozen te worden voor het behoud van duinvalleien of de staat waarin deze verkeren. Wel dient het beheer als geheel te leiden tot het duurzaam behoud van voldoende oppervlakte aan duinvalleien en voldoende variatie aan omgevingseigenschappen (zowel kalkrijk als kalkarm).

Kalkrijke pioniervegetaties kunnen met behulp van menselijke ingrepen hersteld en in stand gehouden worden, maar een betere oplossing is het heractiveren van duinvormende processen (Sykora et al. 2004). Op deze manier komen er steeds nieuwe ‘jonge’ valleien bij, wat voor het behoud van het scala aan duinvalleien op lange termijn noodzakelijk is. Het gaat daarbij om valleien met kale grond of vegetatieloos water. Bij aangroeiende kusten ontstaan van nature zogenoemde primaire duinvalleien door afsnoering van strandvlakten. Door dynamisch kustbeheer kunnen zo ook nieuwe duinvalleien ontstaan. In het duingebied zelf kunnen zogenoemde secundaire duinvalleien ontstaan door uitstuing van zand tot op de grondwaterspiegel of door herstel van verouderde, verdroogde of voor infiltratie gebruikte valleien door middel van plaggen (Geelen et al. 1995). Op plaatsen waar in de ondergrond van duinbodems nog veel fosfaat aanwezig is als gevolg van de jarenlange kunstmatige

duininfiltratie, kan de duurzaamheid van de herstelmaatregelen ook relatief kort zijn (1–15 jaar) omdat de successie versneld kan worden door een te hoge fosfaat nalevering (Stuyfzand & Koerselman 1995; Grootjans et al. 2007). In zo'n geval moet het plaggen herhaald worden, en verdient het aanbeveling om vooraf de ondergrond eerst met fosfaatarm infiltratiewater te doorspoelen (indien dat kan).

Daarnaast is verstuing op zichzelf een zeer geslaagde anti-verzuringsmaatregel. Niet alleen leidt verstuing tot een hogere pH in de pioniervegetaties, maar ook in de ogenschijnlijk stabiele vegetaties in de omgeving (Kooijman et al. 2000). Mogelijk is dit een overblijfsel van eerdere verstuing in vroeger tijden. Hiermee gepaard gaat een duidelijke afname van de beschikbaarheid van nutriënten. Vooral de N-beschikbaarheid is laag, omdat er in vers zand bijna geen organische stof zit. Bij verhoogde N-depositie wordt het zand sneller weer vastgelegd door algen. Verstuing leidt tot een duidelijke toename van de oppervlakte kaal zand en pioniervegetatie, maar houdt de voortgaande vergrassing en struweelvorming niet tegen. Ook voor verstuing geldt dat maatwerk, gebaseerd op fundamentele kennis van het ecosysteem noodzakelijk is (Kooijman et al. 2004).

## 7. Maatregelen voor uitbreiding

Duinplassen ontstaan door stijging van de waterspiegel in aangroeiende duinen (verdrinking van vochtige duinvalleien). Op sommige plekken zijn in bomkraters duinpoelen aanwezig of zijn duinpoelen ontstaan als drinkpoel voor vee, door het lokaal uitdiepen van duinvalleien (Verdonschot & Janssen 2000; Brouwer et al. 2009).

Bij aangroeiende kusten ontstaan zogenoemde primaire duinvalleien spontaan door afsnoering van strandvlakten. In het duingebied zelf kunnen zogenoemde secundaire duinvalleien ontstaan door uitstuing van zand tot op de grondwaterspiegel (of door herstel van verouderde, verdroogde of voor infiltratie gebruikte valleien). Deze natuurlijke dynamiek is niet overal in het duingebied mogelijk. De ontwikkeling van jonge, kalkrijke vochtige duinvalleien kan het eenvoudigst worden gerealiseerd via dynamisch kustbeheer. Het ontwikkelen van nieuwe primaire duinvalleien door kustontwikkeling, of volledig afgraven van oude infiltratieplassen is een effectieve manier om nieuwe kalkrijke duinvalleien te creëren (Grootjans et al. 2002). Het gaat daarbij om valleien met kale grond of water zonder vegetatie. Bij afwezigheid van een zaadbank of bronpopulaties in de omgeving is het ontwikkelen van duinvalleien vanuit een nulsituatie zeer moeilijk te realiseren.

## 8. Effectiviteit en duurzaamheid

Duinplassen die vermist en niet verzuringsgevoelig zijn, kennen een gunstige ontwikkeling indien alle bronnen voor hernieuwde vermisting voldoende zijn bestreden. Hernieuwde vermisting vindt plaats bij overmatige bladnwaai, onvoldoende peilfluctuatie en onderlopen van niet opgeschoonde oevers tijdens hoogwater (Brouwer et al. 2009).

Voor de kalkrijke duinen bestaan enkele monitorreeksen op basis waarvan een voorzichtige uitspraak kan worden gedaan over de effectiviteit van de effectgerichte maatregelen (Jansen et al. 2010a). In de duinwateren profiteert een aanzienlijk aantal Rode lijstsoorten van de effectgerichte maatregel “Afvoer van organisch materiaal”. Binnen vijf jaar na uitvoering van de maatregelen hebben zich in bijna de helft van de reeksen 3 tot 5 Rode lijstsoorten gevestigd. Vijf tot tien jaar na uitvoering van de maatregelen hebben zich in bijna 60% van de reeksen drie tot tien Rode lijstsoorten gevestigd of uitgebreid; in een derde deel van deze reeksen gaat het zelfs om zes tot tien van dergelijke kwetsbare of bedreigde soorten. De effectiviteit van de maatregelencombinatie “Hydrologisch herstel in combinatie met afvoer van organisch materiaal” kan niet worden bepaald vanwege het geringe aantal reeksen.

Herstelmaatregelen in duinplassen zijn op de middellange termijn redelijk succesvol, wel zal vaak aanvullend gemaaid, begraasd en/of geplagd moeten worden. Dit aanvullend beheer is noodzakelijk vanwege de hoge N-depositie, maar ook omdat de productiviteit van natte ecosystemen onder natte omstandigheden zo hoog is dat lichtbeperking kan optreden (Kooijman et al. 2004). Bij een voldoende intensief beheer kan de hele levensgemeenschap zich snel ontwikkelen en zich ook op de middellange termijn handhaven (Brouwer et al. 2009). In kalkrijke duinen kunnen permanente open watervlakken zich, indien het water diep genoeg is, ook zonder beheer lange tijd handhaven. In ontkalkte duinen dienen de effectgerichte maatregelen altijd gecombineerd te worden met herstel van de waterhuishouding om effectief te zijn.

Van groot belang bij een succesvol herstel na plaggen is de aanwezigheid van diasporen in de vorm van een zaadbank of bronpopulatie in de buurt (Bekker et al. 2002). Herstelprojecten zijn niet succesvol als er geen zaadbank aanwezig is, zoals bij het graven van nieuwe duinplassen. Als er wel een zaadbank aanwezig is, maar de hydrologische condities niet optimaal zijn, is het herstel niet duurzaam. Bovendien is er het gevaar dat soorten die nog wel in de zaadbank zaten verdwijnen. Als de hydrologische condities in orde zijn en er een zaadbank en/of bronpopulaties aanwezig zijn, verloopt het herstel goed. Het meest succesvol zijn herstelprojecten waar daarnaast ook nog diasporen van buiten het gebied aangevoerd worden (Grootjans et al. 2002).

## 9. Overzichtstabel

Deze overzichtstabel is bedoeld als ondersteuning bij de te nemen maatregelen (paragraaf 5, 6 en 7) en dient slechts samen met de tekst te worden toegepast.

maatregel	type	doel	potentiële effectiviteit	Randvoorwaarden / succesfactoren	vooronderzoek	herhaalbaarheid	responstijd	mate van bewijs
(Extra) begrazen oever	H	Voorkomen strooiselophoping	Matig	Afhankelijk van kalkrijkdom bodem Risico: vertrapping oever als te weinig water beschikbaar	Op standplaats	Zo lang als nodig	Even geduld	V
Maaien oever	H	Voorkomen strooiselophoping	Groot	Afhankelijk van kalkrijkdom bodem, in droge jaren	Op standplaats	Zo lang als nodig	Even geduld	V
Plaggen oever	H	afvoer nutriënten	Groot	Afhankelijk van kalkrijkdom bodem en/of aanvoer grondwater, kleinschalig uitvoeren. Risico: aantasting geomorfologie, verzuring	Op standplaats	Beperkte duur	Direct	V
Baggeren	H/U	Afvoer nutriënten, helder maken water	Groot	Kleinschalig en niet te vaak en te lang achter elkaar. In combinatie met herstel waterhuishouding.	Op standplaats	Beperkte duur	Direct	V
Vogels beheersen	H	Voorkomen verrijking	Matig	Indien bijv. grote broedkolonies aanwezig zijn, m.n. in grotere wateren	Op standplaats	Zolang als nodig	Even geduld	H
Plaggen duinvallei	H/U	Herstel hydrologie	Groot	Zie bij 2190 B of C	LESA	Beperkte duur	Even geduld	V
Verwijderen bos en struweel of omvormen naaldbos in omgeving	H/U	Herstel hydrologie Verdamping verminderen en inzijging vergroten	Matig		LESA	Zo lang als nodig	Vertraagd	H



maatregel	type	doel	potentiële effectiviteit	Randvoorwaarden / succesfactoren	vooronderzoek	herhaalbaarheid	responstijd	mate van bewijs
Saneren drainerende terreinen	H/U	Herstel hydrologie, stoppen daling grondwaterstand	Groot		LESA	eenmalig	Even geduld	H
Peilverhoging binnenduinrand	H/U	Hydrologische bufferzone	Groot		LESA	eenmalig	Even geduld	H
Inlaat brak water	H/U	Voorkomen verzoeting	Matig	Bij voorkomen brakwaterkranwieren	LESA	Zo lang als nodig	Direct	H
Herstel verstuiwing	H/U	Herstel dynamiek	Groot	Minder effectief in door infiltratie beïnvloede gebieden	LESA	eenmalig	Lang	H
Dynamisch kustbeheer	U	Ontwikkeling nieuwe duinvallei	Groot		LESA	Eenmalig	Lang	B
Afgraven oude infiltratieplassen	U	Ontwikkeling nieuwe duinvallei	Groot		Op standplaats	Eenmalig	Lang	B

#### Verklaring kolommen:

**Maatregel:** soort maatregel, corresponderend met informatie uit paragraaf 5, 6 en 7

**Type:** H = herstelmaatregel, U = uitbreidingsmaatregel

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

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

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

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

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

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

**Mate van bewijs:**

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

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

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

## 10. Literatuur

- Adema, E.B., A.P. Grootjans, J. Petersen & J. Grijpstra 2002. Alternative stable states in a wet calcareous dune slack. *Journal of Vegetation Science* 13: 107–114.
- Aggenbach, C.J.S. & A.J.M. Jansen 2004. Effectgerichte maatregelen tegen verdroging, verzuring en stikstofdepositie in beekdalen (Twente) en natte duinvalleien in het Renodunale District (Goeree–Overflakkee). Rapport EC–LNV nr. 2004/280–O.
- Arens, B. & L. Geelen 2001. Geomorfologie en regeneratie van duinvalleien; het van Limburg Stirum project als voorbeeld. *Landschap* 3: 133–146.
- Arts, G.H.P., H. van Dam, F.G. Wortelboer, P.W.M. van Beers & J.D.M. Belgers 2002. De toestand van het Nederlandse ven. Alterra–rapport 542, AquaSense–rapport 02.1715. Alterra, Wageningen/AquaSense, Amsterdam/RIVM, Bilthoven.
- Arts, G.H.P., J.G.M. Roelofs & M.J.H. de Lyon 1990. Differential tolerances among soft–water macrophyte species to acidification. *Can. J. Bot.* 68: 2127–2134.
- Arts, G.H.P., P.W.M. van Beers, J.D.M. Belgers & F.G. Wortelboer 2001. Gedifferentieerde normstelling voor nutriënten in vennen: onderbouwing en toetsing van kritische depositieniveaus en effecten van herstelmaatregelen op het voorkomen van isoetiden. Wageningen, Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte, Bilthoven, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu. Alterra–rapport 262.
- Bakker, T.W.M., J.A. Klijn & F.J. van Zadelhoff 1979. Basisrapport T.N.O. Duinvalleien. Deelrapport Terschelling. TNO, Delft.
- Bekker, R.M., W.H.O. Ernst & Y. de Vries 2002. Zaadvoorraad van duinvalleien; bron of belemmering van herstel? *Landschap* 18: 173–184.
- Bobbink, R., M. Ashmore, S. Braun, W. Fluckiger, I.J.J. van den Wyngaert 2003. Empirical nitrogen critical loads for natural and semi–natural ecosystems: 2002 update. In: B. Achermann & R. Bobbink (eds.) *Empirical critical loads for nitrogen*. Environmental Documentation No. 164 Air, pp. 43–170. Swiss Agency for Environment, Forest and Landscape SAEFL, Berne.
- Bobbink, R. & J.P. Hettelingh (eds) 2011. Review and revision of empirical critical loads and dose–response relationships. Proceedings of an expert workshop, Noordwijkerhout, 23–25 June 2010. RIVM rapport 680359002, 244p.
- Bosman, W., C. van Turnhout & H. Esselink 1999. Effecten van herstelmaatregelen op diersoorten: "Eerste versie van Standaard Meetprotocol Fauna (SMPF) en Richtlijnenprogramma Uitvoering Herstelmaatregelen Fauna (RUHF)". Rapport stichting Bargerveen, Nijmegen.
- Brouwer, E., R. Bobbink, J.G.M., Roelofs & G.M. Verheggen 1996. Effectgerichte maatregelen tegen verzuring en eutrofiëring van oppervlaktewateren. Eindrapport monitoring tweede fase. Vakgroep Oecologie, Katholieke Universiteit Nijmegen.
- Brouwer, E., H. van Kleef, H. van Dam, J. Loermans, G.H.P. Arts, & J.D.M. Belgers 2009. Effectiviteit van herstelbeheer in vennen en duinplassen op de middellange termijn. Rapport DKI nr. 2009/DKI 126–O. Directie Kennis en Innovatie, Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, Ede.
- Geelen, L.H.W.T., E.F.H.M. Cousin & C.F. Schoon 1995. Regeneration of Dune Slacks in the Amsterdam Waterwork Dunes. In: M.G. Healy & J.P. Doody (eds.). *Directions in European Coastal Management*. Cardigan, Samara Publishing Limited: p. 525–532.
- Grootjans, A.P., E.J. Lammerts & F. van Beusekom 1995. Kalkrijke duinvalleien op de Waddeneilanden. Ecologie en regeneratiemogelijkheden. Natuurhistorische bibliotheek van de KNNV, KNNV, Utrecht.

- Grootjans, A.P., F.H. Everts, C.J.S. Aggenbach, & E.B. Adema 2007. Restauratie van duinvalleien. *De Levende Natuur* 108: 77–82.
- 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., P.S. Hartog, L.F.M. Fresco & H. Esselink 1991. Succession and fluctuation in a wet dune slack in relation to hydrological changes. *Journal of Vegetation Science* 2: 545–554.
- Jansen, A.J.M., mmv R. Bobbink, E. Brouwer, H. van Dobben, A. van Hinsberg 2010a. Stikstofdepositie en rode lijstsoorten: na effectgerichte maatregelen in de habitattypen in landschappen van duinen, heiden, kalkgraslanden, rivieren, beekdalen en laagveenmoerassen. Ede. Rapport Unie van Bosgroepen.
- Jansen, A.J.M., R.M. Bekker, R. Bobbink, J.H. Bouwman, R. Loeb, H. van Dobben, G.A. van Duinen, & M.F. Wallis de Vries 2010b. De effectiviteit van de regeling Effectgerichte Maatregelen (EGM) voor Rode-lijstsoorten. De tweede Rode Lijst met Groene Stip voor vaatplanten en enkele diergroepen in Nederland. Rapport DKI nr. 2010/dk137-O.
- Ketelaar, R. 2010. Recovery and further protection of rheophilic Odonata in the Netherlands and North Rhine– Westphalia *Brachytron* 12: 38–49.
- Ketelaar, R. 2001. Verspreidingsgegevens van libellen als instrument bij het herstel van vennen. *De Levende Natuur* 102: 166–170.
- Klimkowska, A., H. Keizer–Vlek, M. Wallis de Vries, R.J. Bijlsma, A. Schotman & H. van Dobben 2011, in prep. Urgente maatregelen tot behoud van bedreigde typische soorten en vegetatietypen van de Habitatrichtlijn. Alterra–rapport.
- Kooijman, A.M. & M. Besse 2002. The higher availability of N and P in lime–poor than in lime–rich coastal dunes in the Netherlands. *Journal of Ecology* 90: 394–403.
- Kooijman, A.M., A.P. Grootjans, M. van Til & E. van der Spek 2004. Aantastingen in droge en natte duinen: dezelfde oorzaken, verschillende gevolgen? In: *Duurzaam natuurherstel voor behoud van biodiversiteit* (eds. G.A. van Duinen, R. Bobbink, C. van Dam, H. Esselink, R. Hendriks, M. Klein, A.M. Kooijman, J. Roelofs & H. Siebel), pp. 171–187. EC–LNV, Ede.
- Kooijman, A.M., H. Noordijk, A. van Hinsberg, & C. Cusell 2009. Stikstofdepositie in de duinen – een analyse van N–depositie, kritische niveaus, erfenissen uit het verleden en stikstofefficiëntie in verschillende duinzones. Universiteit van Amsterdam & Planbureau voor de Leefomgeving. 56p.
- Kooijman, A.M., M. Besse & R. Haak 2000. Effectgerichte maatregelen tegen verzuring en eutrofiëring in open droge duinen. Eindrapport fase 2. Rapport Universiteit Amsterdam.
- Lammerts, E.J. & A.P. Grootjans 1997. Nutrient deficiency in dune slack pioneer vegetation: a review. *Journal of Coastal Conservation* 3: 78–94.
- Nijssen, M., G.J. van Duinen, M. Geertsma, J. Jansen, J. Kuper & H. Esselink 2001. Gevolgen van verzuring, vermessing en verdroging en invloed van beheer op fauna en flora van duingebieden op Ameland en Terschelling. Rapport Stichting Bargerveen, Nijmegen, 175 p.
- Runhaar, H., M.H. Jalink, H. Hunneman, J.P.M. Witte & S.M. Hennekens 2009. Ecologische vereisten habitattypen. KWR 09–018, 45 pp.
- Schaminée, J.H.J., E.J. Weeda & V. Westhoff 1995. *De Vegetatie van Nederland deel 2. Wateren, moerassen en natte heiden*. Opulus press, Uppsala/Leiden.
- Schuurkes, J.A.A.R., M.A. Elbers,, J.J.F. Gudden & J.G.M. Roelofs 1987. Effects of simulated ammonium sulphate and sulphuric acid rain on acidification, water quality and flora of small–scale soft water systems. *Aquat. Bot.* 28: 199–225.
- 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.

- Stuyfzand, P.J. & F. Lüers 2000. Balans van milieugevaarlijke stoffen in natuurterreinen met en zonder kunstmatige infiltratie. *Kiwa-Meded.* 126, 241 p
- Stuyfzand, P.J. & F.M.L. Moberts 1987. De bijzondere hydrologie van kwelplassen in duinen met kunstmatige infiltratie. *H2O* 20: 52-57 + 62.
- Stuyfzand, P.J. & W. Koerselman 1995. Natuurherstel in infiltratiegebieden; naar een strategie voor geëutrofiëerde duinen. *Landschap* 12: 13-28.
- Stuyfzand, P.J. 1986. Macroparameters bij duininfiltratie; kwaliteitsveranderingen van oppervlaktewater bij kunstmatige infiltratie in de Nederlandse kustduinen. *KIWA-Meded.* 82, 336 p.
- Stuyfzand, P.J. 1993. Hydrochemistry and hydrology of the coastal dune area of the Western Netherlands. Dissertatie Vrije Universiteit Amsterdam, published by KIWA.
- Stuyfzand, P.J., M. de Haan & B. Hofs 2010. Gevolgen van kustverbreding en klimaatverandering voor duingrondwater, kunstmatig infiltraat, drinkwater en het duinecosysteem. *KWR-rapport KWR 09.092.*
- Sýkora, K.V., J.C.J.M. van den Bogert & F. Berendse 2004. Changes in soil and vegetation during dune slack succession. *Journal of Vegetation Science* 15: 209-218.
- Van Beckhoven, K. 1995. Rewetting of coastal dune slacks. Proefschrift Vrije Universiteit, Amsterdam.
- Van Dobben, H.F., R. Bobbink, A. van Hinsberg & D. Bal 2012. Overzicht van kritische depositiewaarden voor stikstof, toegepast op habitattypen en leefgebieden van Natura 2000. *Alterra-rapport*, Wageningen.
- Van Kleef, H.H., R.S.E.W. Leuven & H. Esselink 2001. Herstelbeheer in vennen: macrofauna in gevaar? *De Levende Natuur* 102 (4): 171-172.
- Van Kleef, H. & H. Esselink 2004. Analyse van de effecten van herstelmaatregelen op watermacrofauna in zwakgebufferde oppervlaktewateren. Een vergelijkend onderzoek in vier vennen waar herstelmaatregelen zijn uitgevoerd. *Rapport EC-LNV*, Ede.
- Van Kleef, H. 2010. Identifying and crossing thresholds in managing moorland pool macro-invertebrates. Proefschrift RU, Nijmegen. 147 pp.
- Verdonschot, P.F.M. & S.N. Janssen 2000. Natuurlijke levensgemeenschappen van de Nederlandse binnen wateren deel 12, Zoete duinwateren. Achtergronddocument bij het 'Handboek Natuurdoeltypen in Nederland'. AS-12 Expertisecentrum LNV, Wageningen.
- Westhoff, V. & M.F. van Oosten 1991. De plantengroei van de Waddeneilanden. *KNNV-uitgeverij*, Utrecht.

