

Herstelstrategie H21 30C: Grijze duinen (heischraal)

Smits, N.A.C. & A.M. Kooijman

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 betreft de min of meer droge graslanden van het duingebied (en vergelijkbare plaatsen in aangrenzende delen van het kustgebied). Het gaat hierbij om soortenrijke begroeiingen met dominantie van laagblijvende grassen, kruiden, mossen en/of korstmossen. Vermengd met deze begroeiingen kunnen kruidenrijke zoombegroeiingen graslanden met dominantie van de dwergstruik Duinroos (*Rosa pimpinellifolia*) voorkomen. Grijze duinen ontstaan achter de zeereep op plekken waar de door de wind veroorzaakt dynamiek voldoende laag is voor het ontstaan van gesloten begroeiingen met kruiden en mossen. Door de bodemvorming ontstaat een zogenoemde 'C-horizont' met een grijze kleur, vandaar de naam van het habitatype. Dynamiek in de vorm van lichte overstuiving, hellingprocessen (dynamiek door neerslag) en begrazing door konijnen zorgt van nature voor de instandhouding van het type. Vanwege de positieve invloed van verstuiving, worden ook stuifplekken binnen graslandcomplexen tot het habitatype gerekend. De hoge soortenrijkdom is voor een belangrijk deel karakteristiek voor de grazige vegetaties zelf, maar een deel van de soorten is juist (mede) afhankelijk van onbegroeide delen (Blauwvleugelsprinkhaan), konijnenholen (Tapuit) of bloemrijke zomen (Duin- en Grote parelmoervlinder). Het ontstaan van duingraslanden is weliswaar een natuurlijk proces, maar de uitgestrektheid van de graslanden in de Nederlandse duinen is waarschijnlijk mede veroorzaakt door menselijke activiteiten (met name beweiding, maar ook grondwateronttrekking). De ecologische variatie van het habitatype is groot, wat samenhangt met onder andere het kalkgehalte (in de toplaag van de bodem) en de dikte van de humuslaag. Op grond hiervan worden drie subtypen onderscheiden. De overgangen tussen de subtypen zijn echter gradueel. De begroeiingen van subtype C wisselen doorgaans af met begroeiingen van subtype A of B. Ze vormen daarbij complexen of een opeenvolging van zones. Overigens komen de duingraslanden als geheel

vaak voor in samenhang met helmduinen, natte duinvalleien en struwelen.

H2130_C Grijze duinen (heischraal). Duingraslanden op bodems die humeuzer en vochtiger zijn dan die van subtypen A en B. Vaak gaat het om smalle overgangen van die droge graslanden naar natte duinvalleivegetaties (H2190) of vochtige tot natte heischrale graslanden (H6230).

In de heischrale grijze duinen komen tien soorten voor van de Vogelrichtlijn waarvoor de stikstofgevoeligheid van het type een probleem kan vormen voor de kwaliteit van het leefgebied. Daarnaast zijn er een aantal typische soorten, waarvoor in dit habitatype mogelijke problemen als gevolg van stikstofdepositie worden verwacht. De specifieke effecten voor fauna worden beschreven in Deel I (paragraaf 2.4). Afhankelijk van het belang en de functie van dit habitatype 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	VHR-soort	belang en functie	N-gevoeligheid van leefgebied	Effecten van stikstofdepositie
Vogels	Blauwe kiekendief	groot; foerageergebied	Ja	Afname prooibeschikbaarheid (6)
Vogels	Bruine kiekendief	klein: foerageergebied	Ja	Afname prooibeschikbaarheid (6)
Vogels	Grauwe kiekendief	groot: foerageergebied	Ja	Afname prooibeschikbaarheid (6)
Vogels	Grauwe klauwier	klein: foerageergebied	Ja	Afname prooibeschikbaarheid (6)
Vogels	Paapje	klein: foerageergebied	Ja	Afname prooibeschikbaarheid (6)
Vogels	Roodborsttapuit	groot; voortplantings- en foerageergebied	mogelijk	Afname prooibeschikbaarheid (6)
Vogels	Scholekster	klein: foerageergebied	mogelijk	Afname prooibeschikbaarheid (6)
Vogels	Tapuit	groot; voortplantings- en foerageergebied	Ja	Afname prooibeschikbaarheid (6)
Vogels	Velduil	Groot: voortplantings- en foerageergebied	Ja	Afname prooibeschikbaarheid (6)
Vogels	Visdief	klein: foerageergebied	mogelijk	Afname prooibeschikbaarheid (6)

Soortgroep	Typische soort	belang en functie	N-gevoeligheid van leefgebied	Effecten van stikstofdepositie
Dagvlinders	Duinparelmoervlinder	groot; voortplantings- en foerageergebied	ja	Afname kwantiteit voedselplanten + bloemdichtheid (3)
Dagvlinders	Heivlinder	groot; voortplantings- en foerageergebied	ja	Afname kwantiteit voedselplanten + bloemdichtheid (3)
Dagvlinders	Kommavlinder	groot; voortplantings- en foerageergebied	ja	Afname kwantiteit voedselplanten +

Soortgroep	Typische soort	belang en functie	N-gevoeligheid van leefgebied	Effecten van stikstofdepositie
				bloemdichtheid (3)
Sprinkhanen & krekels	Knosprietje	groot; voortplantings- en foerageergebied	ja	Koeler en vochtiger microklimaat (1)
Zoogdieren	Konijn	groot; voortplantings- en foerageergebied	ja	Afname kwaliteit voedselplanten (4) (hypothese)

Voor een goed begrip van de onderstaande paragrafen, is het essentieel om uit te gaan van de definitie van het habitatype en zijn kwaliteitseisen (abiotische randvoorwaarden, samenstellende vegetatietypen, typische soorten en overige kenmerken van goede structuur en functie). Zie daarvoor het profielendocument

(http://www.synbiosys.alterra.nl/natura2000/documenten/profielen/habitattypen/profiel_habitatype_2130.pdf).

NB de C-horizont waarover wordt gesproken in het profiel, moet zijn AC-horizont.

2. Ecologische randvoorwaarden

Voor de abiotische randvoorwaarden (Runhaar et al. 2009) van subtype C wordt uitgegaan van de omstandigheden van de Associatie van Maanvaren en Vleugeltjesbloem (19Aa03; Schaminée et al. 1996).

2.1 Zuurgraad

Voor subtype C wordt pH 5–6,5 als kernbereik gezien, waarbij 4,5–5 en 6,5–7 als aanvullend bereik zijn aangegeven (Runhaar et al. 2009).

2.2 Voedselrijkdom

Voor subtype C geldt de klasse matig voedselarm als kernbereik, met licht voedselrijk als aanvullend bereik (Runhaar et al. 2009).

2.3 Vochttoestand

Voor subtype C geldt vochtig tot zeer vochtig als kernbereik, terwijl matig droog en nat als aanvullend bereik gelden (Runhaar et al. 2009).

2.4 Landschapsecologische processen

Duingebieden zijn sterk dynamische milieus, met een intensieve wisselwerking tussen hydrologie, wind, moedermateriaal, bodemvorming, vegetatieontwikkeling en herbivoren. Een reden voor de grote vegetatievariatie van duinen is de aanwezigheid van zogenaamde 'shifting mosaics'. Dit zijn in de tijd variabele ruimtelijke patronen van successiestadia, waarbij verschillende plekken zich in andere ontwikkelingsstadia bevinden. Hierdoor kunnen veel soorten, elk kenmerkend voor een bepaald stadium of een combinatie daarvan, vlak naast elkaar voorkomen. Hier valt nog veel onderzoek naar te doen, zeker in een relatief jong milieu waarbij weliswaar cyclische successiefenomenen kunnen optreden, maar waarbij ook directionele successielijnen optreden

wegens de toenemende ouderdom en genese van de bodem. Gekoppeld aan het feit dat allerlei typen successiereeksen kunnen optreden (uitgaande van zoete, zoute, droge, natte, kalkarme of kalkrijke condities), leidt dit tot een uitzonderlijk hoge diversiteit aan soorten en levensgemeenschappen (Olf & Boersma 1998). Tijdens de successie treden belangrijke veranderingen in de bodem op, zoals ontkalking, accumulatie van organische stof en veranderingen in nutriëntenbeschikbaarheid. Subtype C treedt vaak op in smalle overgangen van droge graslanden naar natte duinvalleivegetaties (H2190) of vochtige tot natte heischrale graslanden (H6230).

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

2.5 Regulier beheer

Begrazing (zie ook paragraaf 4 en 5).

3. Effecten van stikstofdepositie

Bij de laatste review van empirische ranges is deze voor de grijze duinen naar beneden bijgesteld van 10–20 kg N/ha/jaar (Bobbink et al. 2003) naar 8–15 kg N/ha/jaar ('quite reliable', EUNIS type B1.4 in Bobbink & Hettelingh 2011). Dit kan in de toekomst leiden tot een aanpassing in de gehanteerde KDW.

De kritische depositiewaarde is door Van Dobben et al. (2012) vastgesteld op 10 kg N/ha/jaar (714 mol N/ha/jaar). Deze getallen zijn gebaseerd op de bovenkant van de empirische deelrange (8–10 kg N/ha/jr) als nadere invulling van de empirische range (Van Dobben & Van Hinsberg 2008). Vaak gaat het bij subtype C om smalle overgangen van droge graslanden naar natte duinvalleivegetaties (H2190) of vochtige tot natte heischrale graslanden (H6230). Het intern beheer sluit aan bij de vochtige duinvalleien.

3.1 Verzuring

Het kalkarme deel van het heischrale subtype heeft van nature een lage pH. Desalniettemin kan verdere verzuring optreden, waarbij aluminium concentraties kunnen toenemen en remmend kunnen werken op meer gevoelige soorten (Bobbink & Hettelingh 2011). Waarschijnlijk treden echt toxische concentraties echter pas op bij zeer lage pH, als alle aluminium en ijzeroxiden zijn opgelost, en de Fe–Al buffer is uitgeput (Verstraten et al. 1990: onderzoek in bossen; Van der Salm 1998). Dat is tot nu toe nog niet gebeurd. Op meer kalkrijke plekken (pH 6–7) in het heischrale subtype zijn de relaties tussen N depositie en verzuring niet duidelijk (Bobbink & Hettelingh 2011), waarschijnlijk omdat de pH dan nog gebufferd wordt door calciumcarbonaat. Versnelde daling van de pH is echter wel waargenomen bij een bodem pH_{NaCl} tussen de 5–6, waar de kalkbuffer is uitgeput. In ondiep ontkalkte duinbodems daalde de pH bij niets doen in vijf jaar tijd van 6.6 naar 5.7, terwijl er in kalkrijke of reeds kalkarme locaties geen verschil was (Kooijman et al. 2005) Daling van de pH leidt tot veranderingen in soortensamenstelling, waarbij soorten van kalkrijke standplaatsen verdwijnen.

De natuurlijke ontkalking in de kalkrijke duinen wordt versterkt door hoge atmosferische depositie. In eerste instantie leidt verzuring en ontkalking niet zozeer tot daling van de pH, omdat deze pas echt zakt als de calciumcarbonaat–buffer op is. Wel leidt dit proces, zoals eerder

aangegeven, tot oplossing van de calciumfosfaat in de bodem, waardoor de P die voorheen was vastgelegd beschikbaar komt voor de vegetatie (Kooijman & Besse 2002). Door het vrijkomen van 60 mg m⁻² P bij iedere mm die ontkalkt raakt, wordt de gevoeligheid voor N-depositie sterk verhoogd (Kooijman et al. 1998, 2009).

Subtype C is gevoelig voor verzuring als natte jaren uitblijven. Daarnaast wordt het type gestimuleerd door enige overstuiving met kalkrijk zand.

Verzuring leidt ook tot veranderingen in nutriëntbeschikbaarheid (Kooijman & Besse 2002; Remke et al. 2009a). In de Nederlandse duinen was netto N-mineralisatie hoger in verzuurde dan in kalkrijke bodems (Kooijman & Besse 2002). In duinen rondom de Baltische zee leidde hoge N-depositie wel tot hogere N-mineralisatie in zure bodems, maar niet in kalkrijkere bodems (Remke et al. 2009a). Op zuurdere standplaatsen is de N-mineralisatie hoger bij hogere N-depositie, wat groei van vergrassers als *Ammophila arenaria* en *Carex arenaria* kan stimuleren, waardoor de soortenrijkdom van de vegetatie afneemt (Kooijman et al. 2005, Remke 2010). Daarnaast zijn metalen zoals aluminium hier meer vrij aanwezig en kunnen remmend werken op meer gevoelige soorten (Bobbink & Hettelingh 2011).

3.2 Vermesting

Kooijman et al. (1998, 2005, 2009) concluderen dat atmosferische depositie de oorzaak kan zijn van een toename van hoge grassen in kalkarme duinen, maar in kalkrijke duinen waarschijnlijk vooral leidt tot versnelling van dit proces. Het gaat hierbij om grassen als *Ammophila arenaria* en *Calamagrostis epigejos* (Kooijman & De Haan 1995; Kooijman & Besse 2002). Remke et al. (2009b) laten zien dat vergrassing in kalkarme duinen rond de Baltische Zee al optreedt bij een natte N-depositie van 5 kg ha⁻¹ jaar⁻¹, wat overeenkomt met een totale N-depositie van 8 kg ha⁻¹ jaar⁻¹. In zowel kalkrijke als kalkarme duinen is wel een sterke negatief verband gevonden tussen het percentage open duinen en N depositie (Van Hinsberg & Van den Hoek 2003).

3.3 Toxische effecten

Bij lage pH van de bodem komt meer aluminium beschikbaar als gevolg van verzuring. Aluminium kan negatieve (toxische) invloeden hebben op het voorkomen van karakteristieke soorten, maar waarschijnlijk is de invloed in de grijze duinen relatief beperkt (Verstraten et al. 1990: onderzoek in bossen; Van der Salm 1989). In duinen rond de Baltische Zee bleef de Al:Ca ratio rond de 1, ook bij relatief hoge N-depositie (Remke et al. 2009b), wat lager is dan de grenswaarde van 2 die gehanteerd wordt door de Graaf et al. (1997).

3.4 Fauna

Voor het leefgebied van VHR en/of typische diersoorten geldt dat de effecten van stikstofdepositie via de volgende factoren doorwerkt: koeler en vochtiger microklimaat, afname kwantiteit voedselplanten + bloemdichtheid, Afname kwaliteit voedselplanten en afname prooibeschikbaarheid. 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.

Grijze duinen zijn door hun droge en warme microklimaat, ijle begroeiing en soortenrijke vegetatie van oudsher zeer rijk aan ongewervelde diersoorten. Stikstofdepositie heeft daarom in deze terreinen al snel een fikse achteruitgang van duinspecifieke diersoorten tot gevolg. Productieverhoging van de vegetatie heeft zeer waarschijnlijk geleid tot een afname van

prooigrootte (als gevolg van verandering in microklimaat), diversiteit en abundantie van prooien. Daarnaast wordt de zichtbaarheid en bereikbaarheid van de nog aanwezige prooisoorten beperkt door de hogere vegetatie.

Begrazing wordt vaak ingezet in grijze duinen om verruiging tegen te gaan. Dit doel wordt vrijwel altijd gehaald, maar een toename van ongewervelde dieren en dus een toename van geschikte prooidieren kon tot op heden niet eenduidig worden aangetoond (Van den Burg et al. 2009; Van Oosten et al. in prep.). Zowel lichte instuiving van vers bodemmateriaal (beter buffering en binding van fosfaat) als een herstel van de konijnenpopulatie na de ziekte RHD zal de kwaliteit van duingraslanden vrijwel zeker laten toenemen. Konijnen hebben ook last van een te sterke verruiging van de vegetatie.

4. Andere omstandigheden die de effecten van stikstofdepositie kunnen beïnvloeden

Er zijn meerdere omstandigheden die dezelfde effecten kunnen geven als stikstofdepositie of die de effecten van stikstofdepositie kunnen beïnvloeden, zowel positief als negatief. De belangrijkste daarvan passeren hierna de revue.

Verstoring (via beheer of recreatie) is bijvoorbeeld noodzakelijk, maar niet teveel. Bonte & Maes (2008) onderzochten de effecten van betreding/verstoring door grote grazers in vergelijking met betreding door toeristen op specifieke fauna-elementen. De negatieve effecten van lokale verstoring bleken afhankelijk van de landschappelijke context en zijn ernstiger wanneer oppervlakte en verbinding afnemen. Het voorkomen van duin arthropoden hangt af van de landschappelijke context, maar ook van de interactie hiervan met kenmerken van lokale verstoring door betreding (Bonte & Maes 2008).

4.1 (Ontoereikend) beheer

In het verleden werden duingraslanden door konijnenbegrazing kort gehouden, maar door het ineensstorten van de konijnenpopulatie is deze graasinvloed weggefallen (Van Haperen 2009). Tegenwoordig worden vaak runderen en/of paarden ingezet, maar de effecten daarvan specifiek op dit subtype zijn niet onderzocht. Op het oog lijken de kenmerkende plantensoorten van deze maatregel te profiteren (mond. meded. Slings, PWN). Onderzoek van Ten Harkel en Van der Meulen (1995) oppert dat konijnenbegrazing ook bij verhoogde stikstofdepositie dominantie van grassen in stabiele duingraslanden kan voorkomen. Subtype C is relatief mobiel: het pendelt op en neer langs de bovenrand van duinvalleien. Om die reden is het belangrijk de randen van duinvalleien door middel van beheer open te houden. Wanneer deze uitwijkruimte nog niet te zeer met houtige gewassen is begroeid, kan begrazing voor deze pendelruimte zorgen. Anders dient het hout eerst mechanisch te worden verwijderd en opgevolgd door begrazing. Ontoereikend regulier beheer wordt niet apart onder paragraaf 5 of 6 behandeld.

4.2 Bufferend vermogen van de bodem

In kalkhoudende bodems wordt de pH gebufferd door kalk. Pas bij lage pH (<6) wordt het bufferend vermogen van de bodem aangetast. Aangezien een belangrijk deel van de pH-range van dit subtype in deze range valt, is, zonder aanvulling van buffervoorraad (vanuit grondwater of opstuivend zand) het gevaar voor snelle verzuring groot. Stabilisatie van het duin en verzurende

neerslag zorgen dan voor een versnelde verzuring van het duin. Voor behoud en herstel van het bufferend vermogen is aanvoer van vers zand noodzakelijk. Voor het behoud/herstel van subtype C is buffering van de bodem door middel van gebufferd grondwater een belangrijke factor.

4.3 Verdroging

Subtypen A en B komen onder droge omstandigheden voor, terwijl subtype C onder zeer vochtig tot vochtige omstandigheden voorkomt (aanvullend bereik van nat tot matig droog). Verdroging treedt op als gevolg van bosaanplant en waterwinning. Momenteel worden lokaal weer op vrij veel plaatsen vernattingsmaatregelen genomen. Subtype C is het meest gevoelig voor verdroging, aangezien periodiek tot in het maaiveld opstijgend basenrijk grondwater een essentiële voorwaarde is.

4.4 N-limitatie versus P-limitatie

Kalkrijke grijze duinen zijn gekenmerkt door co-limitatie van N en P (Kooijman et al. 1998; Kooijman & Besse 2002). In Bobbink en Hettelingh (2011) worden meerdere bemestingsexperimenten genoemd die het belang van N-limitatie in stabiele duingraslanden aantonen. Na een lange periode van hoge atmosferische stikstofdepositie kan de vegetatie echter P-gelimiteerd zijn geworden, waardoor, in combinatie met relatief hoge konijnenbegrazingsdruk, verdere verrijking met N geen effect meer heeft op de soortensamenstelling (Bobbink & Hettelingh 2011). Kalkarme grijze duinen lijken vooral N-gelimiteerd, vooral in ijzerarme bodems waar P-fixatie niet op kan treden.

5. Maatregelen tegen de effecten van stikstofdepositie

5.1 Afvoeren nutriënten

Voor subtype C is het verwijderen van strooisel en ruwe humus belangrijk (Schaminée et al. 1996). Als beheer zijn terugzetten struweel, (konijnen)begrazing, extensieve begrazing als onderdeel van een groot gebied, maaien en afvoeren eventueel voorafgegaan door plaggen/chopperen aan de orde. Branden geldt als hypothetische maatregel: hier is vooralsnog onvoldoende ervaring mee om deze maatregel als bewezen te beschouwen. Voor Grauwe klauwier en Paapje geldt dat gefaseerd maaibeheer waarschijnlijk bijdraagt aan een grotere prooibeschikbaarheid (hypothese). Voor de velduil dienen bij begrazing terreindelen onbegraasd te blijven tegen nestverstoring door grote grazers.

6. Maatregelen gericht op functioneel herstel

Veel natuurgebieden van het kustlandschap moeten het zonder of met heel weinig natuurlijke dynamiek stellen en krijgen de dynamiek ook op termijn niet terug. Dat heeft uiteenlopende oorzaken. De kustdynamiek is niet terug te krijgen in sterk versnipperde dungebieden en afgesneden zeearmen, bijv. daar waar pal achter de zeereep drinkwater wordt geproduceerd, of waar een landelijk belangrijke gasleiding langs de buitenste duinenrij loopt. Ook aanlandingspunten voor kabels en leidingen vormen belangrijke belemmeringen. Toch is ook in deze situaties met een kleinschaliger en meer gecontroleerde dynamiek nog veel winst te behalen

(Slings et al. 2007: www.natuurkennis.nl). Begrazing en verstuiven zijn geschikte maatregelen op landschappelijke schaal. Bij begrazing wordt in een afname van de vergrassing geconstateerd en een toename van de biodiversiteit in de richting van kruidenrijke duingraslanden (Kooijman et al. 2005). Verstuiving gaat de vergrassing niet direct tegen, maar laat de landschappelijke variatie toenemen en zorgt tevens voor pioniermilieus waardoor de successie opnieuw kan beginnen. Op lokaal niveau kunnen plaggen en jaarlijks maaien geschikte maatregelen zijn om de vergrassing terug te dringen (Kooijman et al. 2005). Met deze maatregelen wordt duurzaam herstel van het type middels patroongericht beheer (in stand houden van wat er is) en/of procesbeheer (waardoor er steeds ergens een geschikt habitat ontstaat voor het type) gefaciliteerd.

6.1 Bevorderen grootschalige dynamiek

Onder kalkrijke omstandigheden is het belangrijk dat er voldoende aanvoer van vers zand is, waardoor de kalkbeschikbaarheid van de bodem hoog genoeg blijft. De meest duurzame maatregel is, waar mogelijk, het bevorderen van grootschalige dynamische processen in de nabijgelegen Witte duinen (H2120), de belangrijkste bron voor vers kalkrijk zand. Wanneer de bodem in sterke mate ontkalkt is, zijn soms ingrijpendere beheerinspanningen nodig, zoals bijvoorbeeld ondiep afplaggen en diep afgraven. Wanneer bij plaggen de bovenste bodemlaag nog steeds ontkalkt is en bijgevolg een lage pH heeft, komen kalkminnende planten niet terug. Deze ingrijpende maatregelen zijn alleen duurzaam wanneer de effecten van verzuring worden geremd door voldoende inwaai van vers stuivend zand, dat iets kalkrijker is. Een bijkomend probleem treedt op bij oudere, gedeeltelijk ontkalkte grijze duinen (maar nog steeds behorende bij subtype H2130A). Mede door de doorgaans dieper landinwaartse ligging van deze duingraslanden is de invloed van stuivende duinen beduidend lager, waardoor buffering vanuit dynamische processen minder optreedt. Mogelijk kan het aanleggen/reactiveren van secundaire stuifkuilen hierbij een positieve bijdrage leveren. De levensduur van deze duingraslanden is van nature vaak beperkt en kan alleen met intensief beheer verlengd worden.

6.2 Tegengaan ophoping organisch materiaal

Wanneer dit habitatype goed ontwikkeld is, dient het beheer gericht te zijn op het tegengaan van de ophoping van organisch materiaal. Dit kan door de inzet van begrazing (vooral tijdens de winter) worden bereikt. Dit kan bovendien helpen om eventuele vergrassing van het terrein tegen te gaan. Een andere optie is het plaatselijk terugzetten van de successie door sterke overstuiving vanuit lokale bronnen. Dit moet dan wel in die mate plaatsvinden dat de oorspronkelijke organische laag en wortelzone door een aantal centimeters vers zand bedekt wordt.

6.3 Herstel buffercapaciteit

In het algemeen is de buffercapaciteit van een natte bodem redelijk te sturen. Om voldoende basische ionen in de bovenste bodemlagen te krijgen, is toestroming van basenrijk grondwater vaak essentieel. Soms wordt een deel van de basentoevoer ook beïnvloed door de aanwezigheid van kalkrijke bodemlagen in de ondergrond of is de bodem zelf basenrijk door de aanwezigheid van kalk. Kwel is dan nodig om de basen te transporteren naar de wortelzone. Herstel van de kwel zorgt daarnaast voor gemiddeld nattere omstandigheden, waardoor reductieprocessen worden bevorderd. Aangezien deze processen zuurconsumerend zijn, kunnen ook zij een bijdrage leveren aan een goede buffercapaciteit, in ieder geval tijdelijk. Een waarschuwing daarbij is wel dat het grondwater niet sterk belast moet zijn met nitraat en/of sulfaat, omdat dat vaak gepaard kan gaan met eutrofiëring (sulfaat verdringt fosfaat van het

ijzercomplex; verhoogde sulfaatconcentraties zijn een direct gevolg van bemesting of ontstaan door oxidatie van pyriet bij aanwezigheid van verhoogde nitraatconcentraties). Lichte overstuiving met vers zand is een andere mogelijkheid om de buffer op peil te houden.

6.4 Begrazing

Als gevolg van een tegenwoordig verminderde graasactiviteit van konijnen wordt de strooisellaag dikker, het vegetatiedek raakt meer gesloten en het aantal plekken met open zand neemt af (Pluis 1986). De biomassa neemt dus toe, de lichtbeschikbaarheid af, de interceptie van stikstofdepositie neemt toe en de turnover en mineralisatie nemen toe, welke dan weer leiden tot een hogere biomassaproductie. Deze positieve feedbacks dragen bij tot de instandhouding en versterking van de vergrassing (Ten Harkel & Van der Meulen 1995). Konijnbegrazing zorgt voor een kleinschalige gradiënt van begrazings- en omwoelingsintensiteit en de mate van heterogeniteit die dit oplevert kan niet door grote grazers geëvenaard worden (Dekker 2007). Om deze reden kan begrazing door grotere grazers niet als vervangend voor konijnenbegrazing worden gezien (Van den Burg 2009).

6.5 Hydrologische maatregelen

Voor behoud/herstel van de vochtige/natte variant van de grijze duinen (subtype C) kunnen hydrologische maatregelen van belang zijn. De mate waarin de hydrologie hersteld kan worden, is in de praktijk afhankelijk van de grootte van het systeem en het landgebruik. Algemene maatregelen zijn het in de wijde omgeving vergroten van de nuttige neerslag door het instellen van begrazing, het kappen van struweel en (naald)bos en het bevorderen van verstuiving. Een mogelijk positief effect van zeespiegelstijging is het vernatten van verdroogde (zeeduin)valleien, waardoor ook de kansen van subtype C weer toenemen.

7. Maatregelen voor uitbreiding

Vooralsnog lijken er voor de uitbreiding van subtype C geen specifieke maatregelen voor uitbreiding onderzocht (**kennislacune**). Wel zijn er goede resultaten behaald met het plaggen van de rand van een duinvallei in het Noord-Hollands Duinreservaat, waarbij voor voldoende pendelruimte van nat naar droog is gezorgd. Hier vestigden zich zelfs de meest kritische soorten: Veldgentiaan (*Gentianella campestris*) en beide geslachten van Rozenkransje (*Antennaria dioica*).

8. Effectiviteit en duurzaamheid

Modelmatig lijkt de overschrijding van de kritische depositiewaarden in de duinen mee te vallen (Milieu- en Natuurplanbureau 2006), maar Kooijman et al. (2009) tonen echter aan dat de werkelijke depositiewaarden van met name ammoniak in de duinregio flink is onderschat. Recente onderzoeken aan duingraslanden geven bovendien aan dat de kritische depositiewaarden voor deze habitattypen naar beneden bij gesteld dient te worden (Remke et al. 2009a). Tenslotte moet er, naast het huidige depositieniveau, ook rekening gehouden worden met het effect van de erfenis uit het verleden. Knelpunten in termen van goede staat van instandhouding, veroorzaakt door deze depositie uit het verleden zijn in veel gevallen nog niet aangepakt.

Maatregelen gericht op het verwijderen van voedingsstoffen zijn vaak ingrijpend (plaggen, toplaag verwijdering). Vooral nog is onduidelijk in hoeverre deze maatregelen op duurzame en verantwoorde wijze herhaalbaar zijn. Er is nauwelijks kennis voorhanden over de effecten van het herhaaldelijk uitvoeren van deze ingrijpende maatregelen op bodemprocessen, behoud van de zaadbank in de bodem en hervestiging van invertebraten. De meest voorkomende maatregel in grijze duinen is begrazing met runderen, paarden of schapen, wat een grote invloed heeft op de aanwezige stofstromen en op de vorming van bodem en vegetatie. Hoe begrazing ingrijpt op deze processen en in welke mate dit effect heeft op het type grijze duinen is tot op heden niet goed bekend. Een brongerichte aanpak gericht op verlaging van de depositieniveaus is derhalve een hoofdvoorwaarde voor duurzaam herstel in alle subtypen behorende tot dit habitattype.

Het herstel van dynamische processen levert naar verwachting de meest duurzame bijdrage aan het behoud van de kwaliteit van bestaande, hoog kwalitatieve kalkrijke grijze duinen (subtype A). Waar dit niet mogelijk is, kunnen maatregelen gericht op de afvoer van voedingsstoffen en herstel van de kalkrijkdom van de bodem (maaien, plaggen, toplaagverwijdering) ingezet worden. Deze maatregelen zijn naar verwachting minder duurzaam; onder de huidige depositieniveaus zal het habitattype na uitvoering van de maatregelen opnieuw verzuurd en vermest raken. Duurzaam herstel van gedegenererd kalkrijk duingrasland kan alleen dan gewaarborgd worden wanneer verzuring tegengegaan wordt door een hogere eolische dynamiek. De huidige depositiewaarden zijn in veel gevallen nog te hoog om van duurzame herstelmaatregelen te kunnen spreken.

De effecten van begrazing hangen sterk af van het type begrazingsbeheer en de uitgangssituatie van het terrein. De beheerder heeft hierbij alleen invloed op de begrazingsvorm, maar kan ook met een verstandige keuze voor begrenzing en eventueel het uitrasteren van terreindelen ook de uitgangssituatie van het te begrazen terrein beïnvloeden (Van den Burg 2009).

Specifiek voor subtype C geldt dat herstel van de hydrologie en het bevorderen van verstuing bij uitstek de duurzaamheid kunnen vergroten.

Als het voortbestaan van specifieke locaties met het voorkomen van de zeldzame typische (zogenaamde “urgente”) soorten Rozenkransje (*Antennaria dioica*) en Veldgentiaan (*Gentianella campestris*) in hun voortbestaan bedreigd worden, kan het noodzakelijk zijn om aanvullend op de hierboven genoemde maatregelen specifieke maatregelen te treffen (Klimkowska et al. 2011).

9. Overzichtstabel

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

maatregel	type	Doel	potentiële effectiviteit	randvoorwaarden / succesfactoren	vooronderzoek	herhaalbaarheid	responstijd	mate van bewijs
Plaggen / chopperen	H/U	Afvoer nutriënten	Groot	Altijd opgevolgd door maaien of begrazen; mits bronpopulaties behouden blijven	Op standplaats	Beperkte duur	Direct	B
Maaien	H/U	Afvoer nutriënten	Matig	Op maat	Niet noodzakelijk	Beperkte duur	Lang	B
Begrazen	H/U	Afvoer nutriënten	Klein	Op maat	Niet noodzakelijk	Beperkte duur	Lang	B
Terugzetten struweel	H/U	Tegengaan successie	Matig	Altijd opgevolgd door maaien of begrazen	Niet noodzakelijk	Zo lang als nodig	Direct	B
Branden	H/U	Tegengaan successie, afvoer nutriënten	Matig	Altijd opgevolgd door maaien of begrazen; mits bronpopulaties behouden blijven	Op standplaats	Beperkte duur	Direct	H
Herstel dynamiek	H/U	Herstel overstuiving en buffercapaciteit	Groot	Voldoende kalkrijk zand, voldoende verstuiving	LESA	Zo lang als nodig	Even geduld	B
Hydrologische maatregelen	H/U	Vernatting herstel buffering	Groot	Schoon water	LESA	Enmalig	Even geduld	B
Begrazing	H/U	Herstel dynamiek	Groot	Geheel afhankelijk van druk en tijdstip	Niet noodzakelijk	Beperkte duur	Even geduld	B

** Voor herstelmaatregelen ten behoeve van het habitatype Grijze duinen is het belangrijk in gedachte te houden dat de maatregelen niet worden herhaald op dezelfde plek, maar dat er wordt afgewisseld in de ruimte.

Verklaring kolommen:

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

Type: H = herstelmaatregel, U = uitbreidingsmaatregel

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

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

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

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

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

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

Mate van bewijs:

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

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

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

10. Literatuur

- 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.
- Bonte, D. & D. Maes 2008. Trampling affects the distribution of specialised coastal dune arthropods. *Basic and Applied Ecology* 9: 426.
- De Graaf, M.C.C., R. Bobbink, P.J.M. Verbeek & J.G.M. Roelofs 1997. Aluminium toxicity and tolerance in three heathland species. *Water Air and Soil Pollution* 98: 229–239.
- Dekker, J.J.A. 2007. Rabbits, refuges and resources. How living in burrows affects foraging of herbivores. Proefschrift. Wageningen University, Wageningen.
- 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, 299 p.
- 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., H. Noordijk, A. van Hinsberg, & C. Cusell 2009. Stikstofdepositie in de duinen – een analyse van N-depositie, kritische niveaus, ervaringen uit het verleden en stikstofefficiëntie in verschillende duinzones. Universiteit van Amsterdam & Planbureau voor de Leefomgeving. 56 p.
- Kooijman, A. M., J.C.R. Dopheide, J. Sevink, I. Takken & J. M. Verstraten 1998. Nutrient limitations and their implications on the effects of atmospheric deposition in coastal dunes; lime-poor and lime-rich sites in the Netherlands. *Journal of Ecology* 86: 511–526.
- Kooijman, A. M., M. Besse, R. Haak, J.H. Boxtel, H. Esselink, C. ten Haaf, M. Nijssen, M. van Til & C. van Turnhout 2005. Effectgerichte maatregelen tegen verzuring en eutrofiering in open droge duinen. "Eindrapport fase 2". Directie Kennis, Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, Ede. Rapport DK nr. 2005/dk008-O. 158 p.
- Kooijman, A.M. & M.W.A. de Haan 1995. Grazing as a measure against grass encroachment in Dutch dry dune grasslands: effects on vegetation and soil. *Journal of Coastal Conservation* 1: 127–134.
- Milieu- en Natuurplanbureau 2006. Natuurbalans. MNP, Bilthoven. 141 p.
- Oloff, H. & S.F. Boersma 1998. Lange termijn veranderingen in de konijnenstand van Nederlandse duingebieden. Oorzaken en gevolgen voor de vegetatie. Rapport Landbouwuniversiteit Wageningen.
- Pluis, J.L.A. 1986. Landschapsecologisch onderzoek van het wilde konijn, *Oryctolagus cuniculus* (L), in Meijndel, Report of the Laboratory of Physical Geography and Soil Science, Amsterdam, and the Dune Water Works of the Hague.
- Remke, E., E. Brouwer, A. Kooijman, I. Blindow, H. Esselink, & J.G.M. Roelofs 2009a. Even low to medium nitrogen deposition impacts vegetation of dry, coastal dunes around the Baltic Sea. *Environmental Pollution* 157: 792–800.

- Remke, E., E. Brouwer, A. Kooijman, I. Blindow & J.G.M. Roelofs 2009b. Low Atmospheric Nitrogen Loads Lead to Grass Encroachment in Coastal Dunes, but Only on Acid Soils. *Ecosystems* 12: 1173–1188.
- Remke, E.S. 2010. Impact of atmospheric nitrogen deposition on lichen-rich, coastal dune grasslands. Thesis Radboud University Nijmegen, 14 January 2010. 165 pp.
- 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., A.H.F. Stortelder, E.J. Weeda 1996. De Vegetatie van Nederland deel 3. Graslanden, zomen en droge heiden. Opuluspress, Uppsala/Leiden.
- Slings, R., E. Brouwer & H. Beije 2007. Website O+BN. <http://www.natuurkennis.nl>.
- Ten Harkel, M.J. & F. van der Meulen 1995. Impact of grazing and atmospheric nitrogen deposition on the vegetation of dry coastal dune grasslands. *Journal of Vegetation Science* 7: 445–452.
- Van den Burg, A.B. (ed) 2009. Preadvies Duin- en Kustlandschap. Directie Kennis, Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, Ede. 171 p.
- Van der Salm 1989. Zuurneutralisatie in arme zandgronden. FGBL rapport nr 36. UvA, 57 p.
- 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 Haperen A.M.M. 2009. Een wereld van verschil, Landschap en plantengroei van de duinen op de Zeeuwse en Zuid-Hollandse eilanden. Proefschrift KNNV Uitgeverij. ISBN 978 90 5011 3175, 276 p.
- Van Hinsberg, A. & D.C.J. van der Hoek 2003. Oproep: meer onderzoek naar oorzaken van verstruiking. *De Levende Natuur* 104: 58–59.
- Van Oosten, H., A. Kooijman, C. van Turnhout, J. Dekker, A. van den Burg & M. Nijssen (in prep). Begrazingsbeheer in relatie tot herstel van faunagemeenschappen in droge duingraslanden. Eindrapportage 1e fase 2010–2011. OBN-Rapport Stichting Bargerveen, IBED-UvA, SOVON Vogelonderzoek Nederland en Zoogdiervereniging in opdracht van Directie Kennis van het ministerie van Economie, Landbouw en Innovatie.
- Verstraten, J.M., Dopheide, J.C.R., Duysings J.J.H.M., Tietema, A. & W. Bouten 1990. The proton cycle of a deciduous forest ecosystem in the Netherlands and its implications for soil acidification. *Plant and Soil* 127: 61–69.