

**Hierna volgend
artikel is
afkomstig uit:**

De **Levende Natuur**

**Doelstelling van
'De Levende Natuur'**
Het informeren over
ontwikkelingen in onderzoek,
beheer en beleid op het
gebied van natuurbehoud
en natuurbeheer,
die van belang zijn voor
Nederland en België.
De artikelen zijn vooral
gebaseerd op eigen
ecologisch onderzoek,
ervaring of waarneming
van de auteurs.

De Levende Natuur
verschijnt 6x per jaar,
waaronder tenminste
één themanummer.

**U kunt zich abonneren
via onze website:**

[www.delevendenatuur.nl/
lezersservice.php](http://www.delevendenatuur.nl/lezersservice.php)

**of deze bon opsturen
naar:**

Abonnementenadministratie
De Levende Natuur
Antwoordnummer 7086
3700 TB Zeist

Tel. 085 0407400
klantenservice@virtumedia.nl

JA ik wil graag een abonnement
op *De Levende Natuur*

naam: _____

adres: _____

postcode: _____

woonplaats: _____

telefoon: _____

e-mail: _____

**Ik machtig *De Levende Natuur* om het abonnementsgeld
af te schrijven van rekening:**

bank/giro: _____

naam: _____

plaats: _____

datum: _____ handtekening:

Graag aankruisen:

- proefabonnement** – € 13,- (drie nummers)
- particulier** – € 38,- (NL + B) – overige landen € 45,-
- instelling/bedrijf** – € 60,-
- student/promovendus** – € 13,50*

* (max. vier jaar; graag kopie college- of PhD kaart bijvoegen)
Na vier jaar gaat dit abonnement automatisch over in een regulier abonnement.

De prijsontwikkeling kan het stichtingsbestuur dwingen de tarieven
aan te passen. Tevens bent u gerechtigd om uw bank opdracht te geven
het bedrag binnen 30 dagen terug te boeken.

Kleinschalige verstuingen in kustduinen (1) **Effecten op vegetatie en fauna van duingraslanden**



Foto 1. Lichte overstuiving met kalkrijk zand in een oud duingrasland. (foto: Camiel Aggenbach)

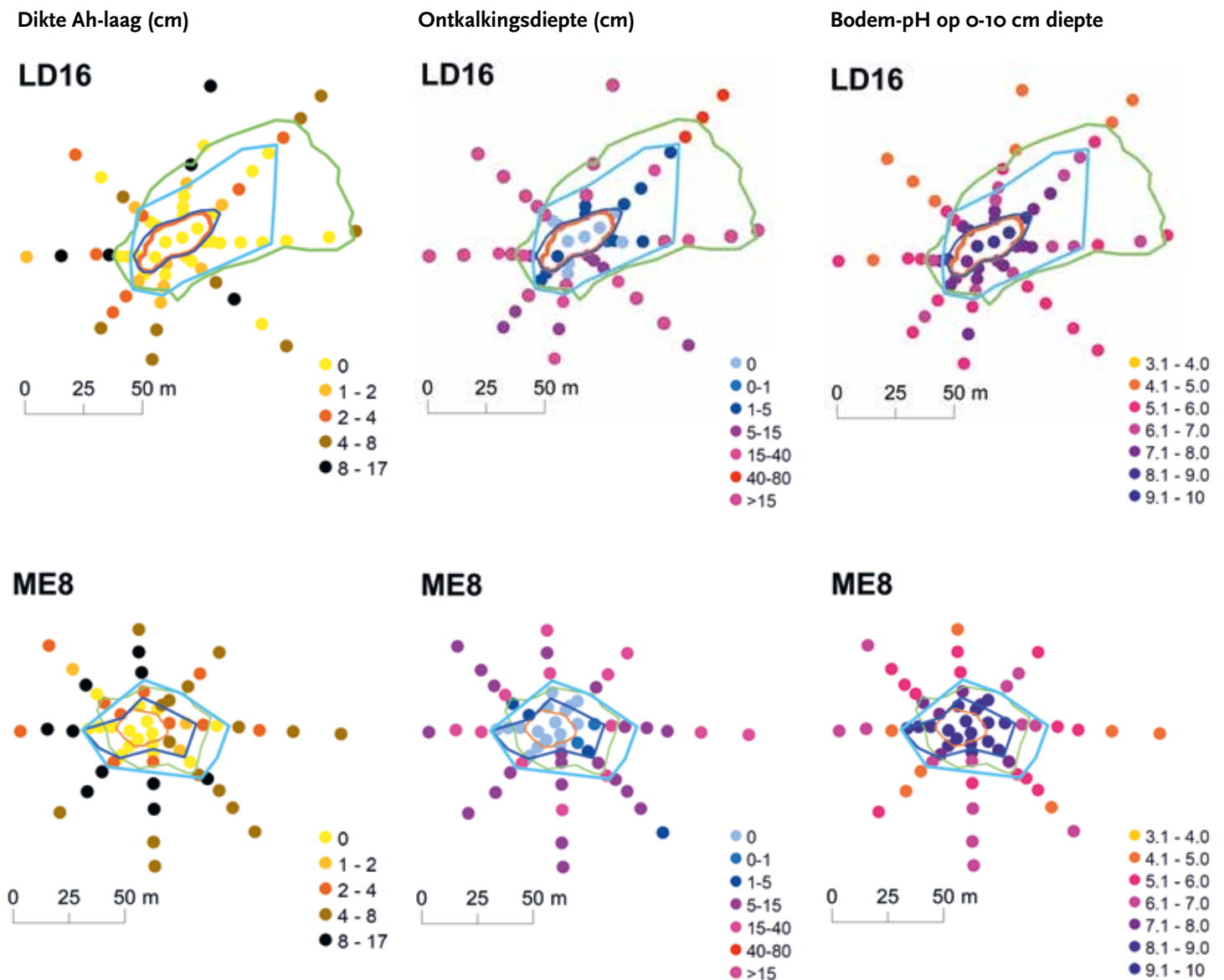
In kustduinen leiden verhoogde stikstofdepositie en het instorten van konijnenpopulaties tot verrijking van de vegetatie. Vooral duingraslanden van het habitatype Grijze duinen (H2130) zijn in oppervlakte en kwaliteit achteruitgegaan, terwijl Nederland 18 procent van het Europese areaal van deze graslanden herbergt en dus een grote verantwoordelijkheid heeft (Houston, 2008). Subtiële verstuinging kan de kwaliteit van deze ‘Grijze duinen’ verbeteren en herstel van kleinschalige dynamiek door het activeren van stuifkuilen is dan ook een herstelmaatregel die steeds vaker wordt toegepast. Maar wat zijn eigenlijk de ecologische effecten van kleinschalige dynamiek?

Camiel Aggenbach, Marijn Nijssen, Annemieke Kooijman, Bas Arens, Yuki Fujita & Mark van Til

Duingraslanden kunnen langdurig aanwezig zijn, wanneer de vegetatie kort wordt gehouden door konijnen en beweiding. In gesloten duingraslanden zijn humusvorming, ontkalking en verzuring belangrijke processen die de vegetatieontwikkeling bepalen. Kleinschalige verstoring van deze bodem- en vegetatieontwikkeling door winderosie en overstuiving (eolische dynamiek), watererosie en begrazing door konijnen vormen de belangrijkste natuurlijke factoren voor het in stand houden en ontwikkelen van soortenrijke duingraslanden in kalkrijke en kalkarme kustduinen

(Smits & Kooijman, 2014). In de duinen achter de zeereep is kleinschalige verstuiving vanuit stuifkuilen de belangrijkste vorm van eolische dynamiek. Zulke verstuiving werkt als volgt. Wanneer de bodem in korte tijd met grote hoeveelheden zand bedekt wordt, sterft de overstoven vegetatie af en biedt het kale zand een vestigingsplaats voor pioniersoorten. Bij minder sterke overstuiving sterven planten niet af, maar wordt in geval van kalkhoudend zand de oppervlakkige verzuring van de bodem tegengegaan door het verse zand (foto 1). Deze lichte overstuiving geeft

een andere richting aan de ontwikkeling van de vegetatie (Van Haperen, 2009; Ketner-Oostra & Sykora, 2012) en faunage-meenschappen van deze graslanden (Wouters & Remke, 2012) dan dat sterke overstuiving of begrazing doet. Verstuiving werkt dus niet alleen als sloper en architect van het duinlandschap, maar ook als motor achter gunstige biochemische en ecologische processen. Dit geldt nog sterker in het geval van hoge stikstofdepositie, omdat de overstuiving de verzurende en ook vermestende effecten hiervan kan verkleinen.

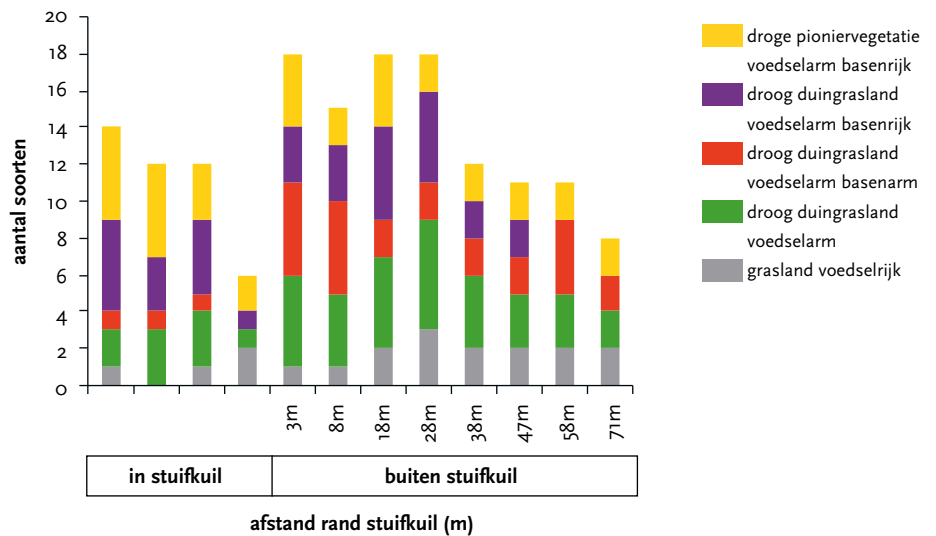


Figuur 1. Het patroon van de dikte van de humushoudende toplaag (Ah-horizont), ontkalkingsdiepte en bodem-pH in op 0-10 cm diepte rondom stuifkuilen in de Luchterduinen (onderdeel van de AWD, de Amsterdamse Waterleidingduinen) (LD16) en Meijndel (ME8). Stuifkuil LD16 is 14-25 jaar geleden gestabiliseerd en ligt een omgeving die 40-80 cm diep is ont kalkt. Hier is de instuifzone die zichtbaar is in het bodemprofiel (groene lijn) veel groter dan de uitstuifzone (oranje lijn), maar is door het geringe kalkgehalte van het uitgestoven zand de zone waarin pH sterk (donkerblauw) tot zwak (lichtblauw) wordt beïnvloed kleiner dan de instuifzone. Stuifkuil ME8 is 6-15 jaar geleden gestabiliseerd en ligt in een omgeving met 5-15 cm diep ont kalkte bodem. Hier is de zichtbare instuifzone vrij klein, maar heeft het kalkrijke zand nog buiten deze zone invloed op de pH van de bodem.

Hoewel de gunstige effecten van verstuiving op duingraslanden buiten kijf staan, is meer kennis nodig over de aanleg van stuifkuilen om een zo duurzaam mogelijk effect op de kwaliteit en het oppervlak van Grijze duinen te hebben. In het OBN-onderzoek 'Herstel Grijze duinen door reactiveren kleinschalige dynamiek' zijn daarom de ruimtelijke effecten op bodem, vegetatie en fauna van zowel actieve als reeds gestabiliseerde stuifkuilen onderzocht (zie Aggenbach et al., 2018; tekstkader *Onderzoek aan bodem, vegetatie en fauna in en rond stuifkuilen*).

Effecten op bodem en vegetatie

De omgeving van een stuifkuil wordt beïnvloed door het instuiven van zand. De zone met zichtbare aanwezigheid van ingewaaid zand (accumulatie- of instuifzone) is afgeleid uit het bodemprofiel en is gemiddeld een factor 2,5 groter (fig. 1) dan het actieve deel van de stuifkuil, waaruit zand wegstuift (deflatie- of uitstufzone). Sleufvormige stuifkuilen die sterk op de wind zijn geëxponeerd door een hoge ligging en weinig opgaande begroeiing in de omgeving, hebben een veel grotere instuifzone (vijf- tot tienmaal zo groot als de uitstufzone) dan laaggelegen en door struweel en bos ingesloten stuifkuilen. De zone waar de pH door overstuiving wordt beïnvloed, kan groter zijn dan waar de afzetting van instuivend kalkrijk zand nog terug te vinden is in het humusprofiel. Deze zone is bij stuivend zand met een laag kalkgehalte juist kleiner dan de zone waarbij geringe overstuiving nog wel zichtbaar is. Door verschillen in expositie op de wind en het kalkgehalte van het zand, varieert de oppervlakteverhouding tussen uitstufzone en de zone waar de pH wordt beïnvloed tussen de 0,5 en 20. De grootte van de stuifkuil zelf is dus niet de enige parameter die bepaalt hoe ver de invloed van een stuifkuil strekt. De structuur en soortensamenstelling van de vegetatie rondom stuifkuilen vertoont een duidelijke samenhang met de gradiënten in humusprofiel, kalkrijkdom en zuurgraad. De uitstufzones van actieve stuifkuilen hebben weinig of geen vegetatie, die van gestabiliseerde stuifkuilen een vegetatie met veel (korst)mossen en weinig vaatplanten. In de instuifzone is een gradiënt aanwezig met 1) dichtbij de uitstufzone een relatief lage soortenrijkdom door sterke overstuiving en droogtestress; 2) op enige afstand van de uitstufzone op een oude, licht overstoven bodem de hoogste



Figuur 2. De verdeling van het aantal soorten over ecologische plantensoortgroepen in de uitstufzone en de omgeving stuifkuil in het achterduin van de Luchterduinen die 14-25 jaar geleden gestabiliseerd.

Onderzoek aan bodem, vegetatie en fauna in en rond stuifkuilen

Om te weten op welke schaal een stuifkuil invloed heeft op de omliggende duinen is in en rondom acht stuifkuilen in Meijndel en de Luchterduinen, in de AWD, in detail de bodem en vegetatie onderzocht. Vier daarvan waren nog actief stuivend en vier andere zijn ca. 10 tot 20 jaar geleden gestabiliseerd. De omgeving van deze stuifkuilen varieerde in ontkalkingsdiepte (15-80 cm) en het kalkgehalte van het diepere duinzand (1,5 – 3,2 % DG). Metingen zijn verricht langs transecten in verschillende windrichtingen vanuit de stuifkuil tot voorbij de instuifzone. Op elke meetlocatie is het humusprofiel (o.a. dikte humushoudende toplaag, dikte overstuivingslaag) en de ontkalkingsdiepte beschreven en op 2,5, 5,0, 7,5, 10, 15, 20 en 25 cm is de pH gemeten. Op basis hiervan zijn rond de uitstufzone de volgende drie zones begrenst: zone met een zichtbare overstuivingshorizont in het bodemprofiel; zone zonder zichtbare overstuiving maar met sterke invloed op pH van de bodemtoplaag (> 7,5 door kalkbuffering); idem met zwakke beïnvloeding van de bodem-pH (<7,5 en minstens twee eenheden hoger dan de laagste pH-metingen aan buitenkant van het meetnet). Tevens is op elk meetpunt een vegetatieopname gemaakt. Het ruimtelijke patroon van de vegetatie is in verband gebracht met deze zonering, eolische toestand (actief of gestabiliseerd) en kalkgehalte van het duinzand.

Kleine fauna is onderzocht in drie duingebieden: Meijndel (kalkrijk), Texel (matig kalkrijk) en Camperduin (kalkarm). In elk gebied is in een actieve en in een gestabiliseerde (tien tot vijftien jaar geleden) stuifkuil de voedselkwaliteit van vier plantensoorten gemeten en de samenstelling van kleine fauna, beide in drie zones: sterke instuiving (pionier duingrasland met > 50 % bedekking met planten), matige instuiving en geen instuiving. In het plantenmateriaal zijn totaalgehalten van C, Ca, Mg, N, Na, K, P en Si gemeten. Kleine fauna is bemonsterd met piramidevormige emergentievallen (grondoppervlak 50 x 50 cm). De in de piramide aanwezige fauna verplaatst zich naar het lichte punt boven en wordt daar gevangen in een pot. Patronen in voedselkwaliteit en fauna zijn in verband gebracht met gebied (kalkrijkdom), eolische toestand en eolische zone.

soortenrijkdom; 3) ver verwijderd van de uitstufzone op een oude bodem met veel organische stof, maar zonder of met zeer geringe invloed van instuiving weer een relatief lage soortenrijkdom. Het kalkgehalte van het duinzand dat verstoven wordt, heeft invloed op het vegetatiepatroon rondom de uitstufzone. Wanneer het zand matig

kalkhoudend is, komen in de periferie van de beïnvloedingszone meer zuurminnende duingrasland soorten voor, zoals gewoon gaffeltandmos, dan in geval van kalkrijk duinzand. Verstuiving in diep ontcalcete duingebieden leidt alleen maar tot verstuiving van kalkarm zand. Overstoven bodems hebben hierdoor hooguit een zwakke



Foto 2. Een oud, oppervlakkig ontkalkt humusprofiel dat is overstoven met een laag kalkrijk zand. op deze bodem komt een jong duingrasland voor met basenminnende soorten (foto: Camiel Aggenbach).



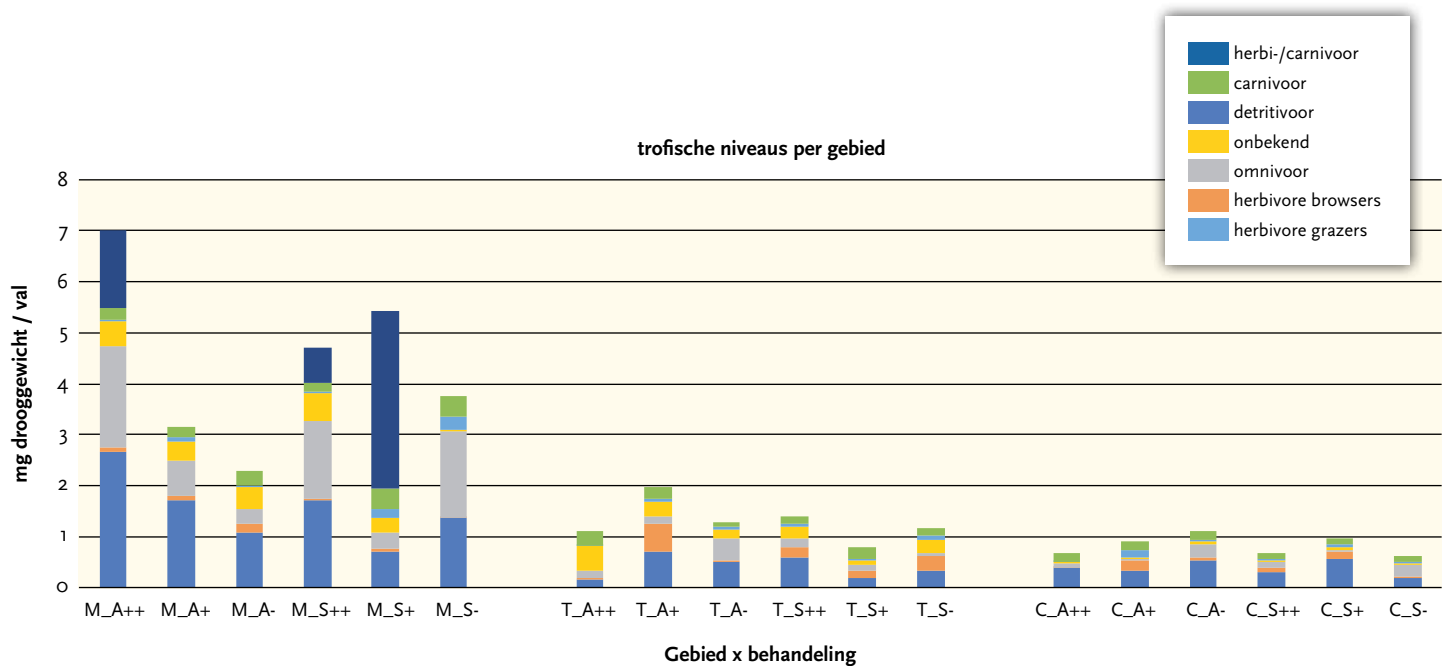
Foto 3. Een stuifkuil in het achterduin van de Luchterduinen die 14-25 jaar geleden is gestabiliseerd met een jong stadium van duingrasland. (foto: Camiel Aggenbach)

verhoging van de pH en dat leidt dan niet tot het voorkomen van basenminnende duingraslandsoorten. Duingrasland ontstaat dan vooral na stabilisatie in de voormalige uitstuifzone.

Duurzaamheid van verstuivingsinvloed
Het gunstige effect van kleinschalige

dynamiek op bodem en vegetatie wordt niet alleen bepaald in de periode van actieve verstuiving, maar ook door de successie die na stabilisatie optreedt op de verjongde, humusarme, relatief basenrijke bodems. 10 – 25 jaar na stabilisatie van stuifkuilen zijn er nog duidelijk positieve effecten waarneembaar

in de bodem en vegetatie (fig. 2). De rijkdom aan basenminnende plantensoorten, zoals duinviooltje, geel walstro en groot duinsterretje (*Syntrichia ruralis* var. *arenicola*) is zelfs het hoogste in de uitstuifzone en direct aangrenzende instuifzone van stuifkuilen die zo'n tien à twintig jaar geleden gestabiliseerd zijn. Stabilisatie van een stuifkuil na een actieve periode biedt dus juist de mogelijkheid voor de ontwikkeling van jonge stadia van duingrasland (foto 2). Bij stuifkuilen met kalkrijk zand, heeft de nieuwe bodem bovendien een toplaag die decennialang bestand is tegen ontkalking en verzuring. Zo laat modellering van ontkalking zien dat de bovenste 10 cm van een nieuwe bodem met 2 % kalk pas na tachtig jaar is ontkalkt (Stuyfzand et al., 2019). In de Luchterduinen bij Vogelenzang is een reeks locaties waarvan de ouderdom van de bodem varieert van nul tot ca. negentig jaar (Aggenbach et al., 2013). Daaruit bleek dat onder kalkrijke omstandigheden de effecten op de soortensamenstelling in de uitstuifzone minstens negentig jaar na stabilisatie aanhouden. De vegetatie heeft dan nog steeds een groot aandeel basenminnende soorten. Op bodems met een relatief laag kalkgehalte, die snel oppervlakkig ontkalken, zijn veel basenminnende en zwak gebufferde soorten na circa veertig tot zestig jaar verdwenen. Dit geeft aan dat



Figuur 3. Biomassa van ongewervelden in piramidevallen per trofische groep in de kalkrijke duinen van Meijendel (M), matig kalkrijke duinen van Texel (T) en zeer kalkarme duinen in Camperduin (C). Dynamiek-classes: actieve gradiënt met sterke (A++), matige (A+) en geen overstuiving (A-). Gestabiliseerde gradiënt met voorheen veel (S++), matige (S+) en geen overstuiving (S-).



Foto 4. Het knopsrietje is gebonden aan open, schrale graslanden met kaal zand en profiteert van kleinschalige dynamiek. (foto: Saxifraga – Mark Zekhuis)

na stabilisatie de effecten van verstuing nog decennialang kunnen aanhouden. Hetzelfde onderzoek laat ook zien dat twintig tot veertig jaar nodig is voor successie vanuit een kale, humusarme zandbodem naar gesloten, soortrijk duingrasland. Bij het uitwerken van maatregelen voor kleinschalige verstuing is het daarom belangrijk om op een schaal van decennia te kijken en te beseffen dat ook het stabiliseren van verstuing nodig is om successie op nieuwe bodems

mogelijk te maken (foto 3; zie ook Arens et al., dit nummer).

Effecten op plantkwaliteit en fauna

Snel groeiende soorten als helm worden door sterke overstuiving vitaler. Ze vormen nieuwe wortels en scheuten die veel voedzamer en beter verteerbaar zijn voor ongewervelde herbivoren dan de oude wortels van planten die in stabiele duinen groeien. Verstuing levert daarmee hoge dichtheden op van ongewervelden als de

kleine julikever, waarvan de larven van verse helmwortels leven (Van Duinen et al., 2000). In binnenlandse stuifzanden verhoogt verstuing de hoeveelheid voor herbivoren opneembaar stikstof in bladeren van Buntgras, terwijl stikstofdepositie juist leidt tot een verhoogde concentratie van niet-opneembaar stikstof. De lagere voedingswaarde van deze grassen correleren met een afname in groei en verhoogde mortaliteit van de sprinkhaan knopsrietje (foto 4) (Nijssen & Siepel, 2010). Veel bloembezoekers profiteren van het hogere aanbod van bloeiende kruiden in de strooizone van stuifkuilen en insecten die open zand nodig hebben vinden er geschikte nest- en schuilplekken. Daarnaast vinden in de gradiënt van veel naar weinig overstuiving telkens andere ongewervelde diersoorten hun optimum (Wouters & Remke, 2012; Groenendijk, 2018). Tapuit en grauwe klauwier maken van het hogere en gevarieerde aanbod van ongewervelde prooien gebruik door in de strooizones van dynamische plekken te foerageren (Kuper et al 2000; Versluis, 2008).

Maar treden deze positieve effecten op fauna zowel in kalkrijke als kalkarme duinen op en hoe lang werken deze door nadat een stuifkuil is gestabiliseerd? Effecten van verstuing op voedselkwaliteit van buntgras en geel walstro zijn onderzocht in actieve en gestabiliseerde stuifkui-

len (tien tot vijftien jaar) in zeer kalkrijke duinen (Meijndel), in matig kalkrijke duinen (Texel) en in zeer kalkarme duinen (Camperduin). Bij Camperduin was de voedingswaarde van buntgras zeer laag bij actieve en bij voormalige overstuiving. Dit is deels te wijten aan het zeer lage gehalte van beschikbare elementen in een bodem met weinig gemakkelijk verweerbare mineralen en daarnaast in sterk mate aan droogtestress in de zeer organisch stof arme bodems. Alleen op bodems die al lange tijd stabiel zijn met weinig tot geen overstuiving, werden in de planten hogere waarden van stikstof (N) en fosfor (P) gemeten, maar in vergelijking met andere gebieden waren gehalten van calcium (Ca), magnesium (Mg) en ijzer (Fe) laag. In de iets kalkrijkere duinen op Texel en de kalkrijke duinen van Meijndel was er nauwelijks een effect van overstuiving op

de gehalten aan N en P, maar Ca en Fe namen sterk toe bij overstuiving, terwijl Mg, mangaan (Mn) en silicium (Si) juist afnamen bij actieve overstuiving. Vooral de afname van Si verhoogt de eetbaarheid en verteerbaarheid van het plantmateriaal. Deze veranderingen treden zowel op bij buntgras als bij geel walstro.

De biomassa aan ongewervelde fauna in Meijndel (gemeten met emergentievallen) is een factor 6 hoger dan in Camperduin en tweemaal hoger dan in de duinen van Texel (fig. 3). Bovendien is er een positieve correlatie tussen biomassa (vooral van grotere ongewervelden) en actieve overstuiving in Meijndel en een negatieve correlatie in Camperduin. Texel geeft zowel met betrekking tot plantkwaliteit als fauna een intermediair beeld. Wanneer de effecten van verstuiving per voedselgilde worden onderzocht, blijkt dat detritivoren

en omnivoren (onder andere muggenlarven en springstaarten) afnemen bij overstuiving, terwijl er een licht positief effect is van actieve verstuiving op herbivore grazers (met name vlinderrupsen en bladhaantjes) en van gestabiliseerde instuifzones op omnivoren. Verstuiving in kalkrijke duingebieden kan de plantkwaliteit én biomassa aan fauna dus stimuleren. Dit effect is kleiner in kalkarme duinen en kan zelfs negatief uitpakken bij sterke overstuiving als organisch stof in de bodem volledig ontbreekt, zoals in Camperduin. Effecten van verstuiving op plantkwaliteit en de abundantie van vegetatie bewonende fauna zijn 10 tot 15 jaar na stabilisatie vrijwel niet meer aanwezig. Voor de fauna is het daarom belangrijk om te zorgen dat er continu actieve stuifkuilen in een duingebied aanwezig zijn.

Literatuur

Aggenbach C.J.S., A. Kooijman, R.P. Bartholomeus & Y. Fujita, 2013. Herstelbaarheid van droge duingraslanden in relatie tot accumulatie van organisch stof en stikstof in de bodem. KWR 2013.028. KWR Watercycle Research Institute, Nieuwegein.

Aggenbach, C., S. Arens, Y. Fujita, A. Kooijman, T. Neijmeijer, M. Nijssen, P. Stuyfzand, M. van Til, J. van Boxel & L. Cammeraat, 2018. Herstel Grijs duinen door reactiveren kleinschalige dynamiek. OBN223-DK. VBNE, Driebergen.

Arens, S.M., C.J.S. Aggenbach, A. Kooijman, M. Nijssen & M. van Til, 2020. Kleinschalige dynamiek in kustduinen II. Succesfactoren voor herstel van kleinschalige stuifkuilen in kustduinen. De Levende Natuur, 121(2), 54-58.

Duinen, G. J. van, P. Beusink, M. Nijssen & H. Esselink, 2000. Larval development of *Anomala dubia* (Scarabaeidae) in coastal dunes: Effects of sand-spray and *Ammophila arenaria* root biomass. Proc. Neth. Entomol. Soc. Meet, 16, 63-70.

Groenendijk, D. 2018. Stuifkuilen in de kustduinen in relatie tot fauna. De Levende Natuur 119(5), 208-209.

Haperen, A.M.M. van, 2009. Een wereld van verschil, landschap en plantengroei van de duinen op de Zeeuwse en Zuid-Hollandse Eilanden. Proefschrift Wageningen Universiteit, 274 pp.

Houston J., 2008. Management of Natura 2000 habitats. 2130 *Fixed coastal dunes with herbaceous vegetation ('grey dunes'). Report European Commission.

Ketner-Oostra R. & K. Sýkora, 2012. Effect van overstuiving op korstmosrijke duinen op Terschelling. De Levende Natuur, 113(4), 167-173.

Kuper J., G.J. van Duinen, M. Nijssen, M. Geertsma & H. Esselink, 2000. Is the decline of the red-backed shrike (*Lanius collurio*) in the Dutch coastal dune area caused by a decrease in insect diversity? The Ring, 22(1).

Nijssen M. & H. Siepel, 2010. The characteristic fauna of inland drift sands. In *Inland drift sand landscapes* (pp. 255-278). KNNV Publishing.

Smits N.A.C. & A.M. Kooijman, 2014. Herstelstrategie H2130A: Grijs duinen (kalkrijk).

Stuyfzand, P.J., C.J.S. Aggenbach & Y. Fujita, 2019. Ontkalking en verzuring van de Nederlandse kustduinen: status quo, toekomst en maatregelen. KWR 2019.045, KWR Watercycle Research Institute, Nieuwegein.

Versluijs, R., 2008. Voedsel-ecologie van de Tapuit: Bereikbaarheid voedsel als knelpunt in de Nederlandse kalkrijke kustduinen. Rapport Stichting Bargerveen/Radboud Universiteit Nijmegen.

Wouters, B. & E. Remke, 2012. Onderzoeksprogramma Levende Duinen. Stichting Bargerveen rapport, Nijmegen. 130 pag. + bijlagen.

Summary

Ecological effects of small scaled dynamics in coastal dunes

Effects of small scale aeolian processes due to blowout development in coastal dunes were studied for soil, vegetation and fauna. Deflation of sand by wind erosion and slight to heavy sand burial have positive effects on soil pH and the abundance of calcareous plant species. Also, plant quality as well as the biodiversity and biomass of invertebrates can improve by sand deposition. These effects are

important in slightly decalcified dunes, with burial by calcite rich sand. Effects are less significant to absent in calcite poor dunes. Effects on soil pH and species composition of the vegetation can last for several decades after the stabilization of blowouts, but effects on plant quality and invertebrate fauna in the vegetation disappear after ten to fifteen years. This has consequences for restoration management strategies in coastal dunes (see Arens et al. this volume).

Drs. C.J.S. Aggenbach
KWR Watercycle Research Institute
camiel.aggenbach@kwrwater.nl

Drs. M. Nijssen
Stichting Bargerveen / Radboud Universiteit Nijmegen
M.Nijssen@science.ru.nl

Dr. S.M. Arens
Arens Bureau voor Strand- en Duinonderzoek
arens@duinonderzoek.nl

Dr. A. Kooijman
IBED Universiteit van Amsterdam
A.M.Kooijman@uva.nl

Dr. Y. Fujita
NMI
yuki.fujita@nmi-agro.nl

Ir. M. van Til
Waternet
Mark.van.Til@waternet.nl