



UvA-DARE (Digital Academic Repository)

Kleinschalige verstuingen in kustduinen (2)

Sturende factoren, maatregelen en herstelstrategieën voor dynamiek

Arens, B.; Aggenbach, C.; Kooijman, A.; Nijssen, M.; van Til, M.

Publication date

2020

Document Version

Final published version

Published in

Levende Natuur

License

CC BY

[Link to publication](#)

Citation for published version (APA):

Arens, B., Aggenbach, C., Kooijman, A., Nijssen, M., & van Til, M. (2020). Kleinschalige verstuingen in kustduinen (2): Sturende factoren, maatregelen en herstelstrategieën voor dynamiek. *Levende Natuur*, 121(2), 54-58. <https://natuurtijdschriften.nl/pub/1019402>

General rights

It is not permitted to download or to forward/distribute the text or part of it without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), other than for strictly personal, individual use, unless the work is under an open content license (like Creative Commons).

Disclaimer/Complaints regulations

If you believe that digital publication of certain material infringes any of your rights or (privacy) interests, please let the Library know, stating your reasons. In case of a legitimate complaint, the Library will make the material inaccessible and/or remove it from the website. Please Ask the Library: <https://uba.uva.nl/en/contact>, or a letter to: Library of the University of Amsterdam, Secretariat, Singel 425, 1012 WP Amsterdam, The Netherlands. You will be contacted as soon as possible.

**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 (2)

Sturende factoren, maatregelen en herstelstrategieën voor dynamiek

In de Nederlandse kustduinen was kleinschalige verstuing in de vorm van stuifkuilen de vorige eeuw de meest voorkomende vorm van eolische dynamiek. Dit zorgde voor een rijk geschakeerd duinlandschap waarin verjonging van bodem en vegetatie optrad. Tegenwoordig is in veel duingebieden de kleinschalige dynamiek gering en staan duingraslanden onder druk door een hoge atmosferische stikstofdepositie en toenemende stabilisatie. Het stimuleren van kleinschalige verstuing is een belangrijke mitigerende maatregel tegen de negatieve effecten van stikstofdepositie. Daarom worden door veel beheerders plannen gemaakt om verstuing in duingebieden te bevorderen. Daarbij zijn de vragen vaak 'waar?', 'hoe?' en 'hoeveel?' Dit artikel gaat op basis van recent onderzoek in op de omvang en trends van kleinschalige verstuing, de bepalende factoren en de wijze waarop reactivatie van verstuing als herstelmaatregel voor droge duingraslanden kan worden ingezet.

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

De grootschalige dynamiek van wandelende parabol- en loopduinen is in de Nederlandse kustduinen, net als in de rest van West-Europa (Provoost et al., 2011) eind 19^e/begin 20^e eeuw sterk afgenomen door stabilisatie. Sindsdien is in de duinen achter de zeereep kleinschalige verstuing in de vorm van stuifkuilen de belangrijkste vorm van dynamiek geweest. Kale plekken, stuifplekken en stuifkuilen beïnvloeden hun omgeving door uitstuing (deflatie) en door bedekking met zand (accumulatie), die geringer wordt met toenemende afstand vanaf de verstuing. Op de kleinste schaal zijn het kale plekken die zeer lokaal, deels door de graafactiviteit van het konijn, deels door verstuing daarvan, voor bedekking met vers zand zorgen (foto 1a). Op de grootste schaal zijn het grote stuifkuilen met een omvang van ruwweg maximaal 1.500 m² die voor een veel grotere ruimtelijke verspreiding van zand in hun omgeving zorgen (foto 1c). In veel duingebieden is de ontwikkeling van duingraslanden sterk verweven met kleinschalige eolische dynamiek. De dynamiek zorgt zowel voor verjonging van de bodem, als voor pioniersituaties en successie naar nieuwe duingraslanden (zie onder andere Aggenbach et al., dit nummer). Door veranderingen in het gebruik van het duin en bewust vastleggen zijn kleinschalige verstuingen de afgelopen eeuw in

veel duingebieden gestabiliseerd. Dit heeft grote gevolgen voor de biodiversiteit en daarmee ook voor de kwaliteit van Grijze duinen, de soortenrijke duingraslanden die een belangrijk habitatype vormen in de Nederlandse duinen. De laatste jaren is er veel aandacht voor verstuingen vanuit de zeereep. Met de komst van dynamisch kustbeheer en suppleren, het kunstmatig toevoegen van zand aan de kust, wordt de eerste duinenrij langs het strand (de zeereep, vaak ook de waterkering) minder stringent onderhouden en is er meer ruimte voor het optreden van natuurlijke processen. Dit biedt perspectieven voor de Grijze duinen achter de zeereep. In veel duingebieden streven natuurbeheerders er dan ook naar om verstuing vanuit de zeereep zoveel mogelijk te stimuleren. Er zijn echter vaak redenen waarom verstuingen vanuit de zeereep niet mogelijk zijn, bijvoorbeeld vanwege de veiligheid tegen overstroming, of door achterliggende infrastructuur zoals een gasleiding of fietspad. Daarnaast zijn er ook duinzones die simpelweg te ver van zee liggen om baat te hebben bij verstuingen vanuit de zeereep. In veel duingebieden zijn beheerders voor dynamiek door de wind binnen het duinlandschap dan ook aangewezen op lokale verstuingen. De afgelopen drie decennia is geëxperimenteerd met (re) activatie van stuifkuilen (Van der Meulen et al., 1996; Van Boxel et al., 1997).

Kleinschalige verstuing is een belangrijk proces voor Grijze duinen en het stimuleren daarvan is een belangrijke maatregel om negatieve effecten van stikstofdepositie tegen te gaan. Dit artikel presenteert nieuwe inzichten uit recent OBN-onderzoek (Aggenbach et al., 2018) over 1) de huidige toestand en trends van kleinschalige verstuingen, 2) welke factoren daar een rol in spelen, 3) hoe maatregelen in een duingebied kunnen worden afgewogen en 4) hoe maatregelen praktisch gezien kunnen worden uitgevoerd. De ecologische effecten van kleinschalige verstuing worden elders besproken door Aggenbach et al. (p. 48-53).

Regionale verschillen in activiteit en trends van kleinschalige verstuing

In de meeste duinlandschappen langs de Nederlandse kust komen veel (gestabiliseerde) stuifkuilen voor. Vaak zijn ze onderdeel van grotere landschapeenheden, zoals parabol- of loopduinen. In het verleden zijn ze vrijwel overal in de duinen ontstaan, en overal actief geweest. Verstuingen in de duinen komen nu eens op gang, doven dan weer uit. Voor verschillende gebieden is het voorkomen en de ontwikkeling van stuifkuilen onderzocht (bijvoorbeeld Jungerius et al., 1981; Pluis & Van Boxel, 1993; Jungerius & Van der Meulen, 1997; Van Boxel et al., 1997; Arens & Neijmeijer, 2014; Oldenburg, 2015; Arens,



Foto 1. Verschillende schalen: graafjes in de zeeduinen, Amsterdamse Waterleidingduinen (1a), grote stuifkuilen met onderlinge beïnvloeding in het Vlaggenduin (1b) en mega-stuifkuil in de Westerduinen Schiermonnikoog, (1c). (foto's: Mark van Til)

2017). Omdat een integraal overzicht tot nu toe ontbrak is in het OBN-onderzoek op basis van luchtfoto's een overzicht gemaakt van actieve kleinschalige verstuivingen langs de gehele Nederlandse kust voor 2000 en 2014. Verstuivingen in de zeereep zijn buiten beschouwing gelaten. Het grootste deel van het duin is verstoken van dynamiek. Van het gehele Nederlandse duingebied (38.000 ha) is al het potentieel dynamisch gebied onderzocht (10.400 ha), waarvan 63 % volledig stabiel blijkt te zijn. Dit betreft niet alleen open duin, maar ook gebieden waar inmiddels habitats als bos of natte duinvalleien ontwikkeld zijn en nu dus ook geen dynamiek verwacht wordt. Tabel 1 geeft een overzicht van de resultaten per regio. In totaal zijn er 686 deelgebieden met een oppervlak van 3.900 ha geïnventariseerd waarvoor het aantal stuifkuilen in 2000 en 2014 is bepaald. In 4,4 % hiervan zijn actieve stuifkuilen tussen 2000 en 2014 verdwenen, in 10,4 % van de gebieden zijn stuifkuilen ontstaan in deze periode. In 71,7 % van de deelgebieden zijn in zowel 2000 als 2014 actieve stuifkuilen aangetroffen. In 2000 waren in alle geïnventariseerde deelgebieden bij elkaar iets meer dan 2000 actieve stuifkuilen aanwezig, in 2014 zijn dit er ruim 2.700, een toename van ruim 30 %. Tegen de verwachting in is er sprake van een overduidelijke toename in stuifkuildynamiek tussen 2000 en 2014, maar dan

vooral in de kalkrijke duinen van de Hollandse vastelandskust. De aantallen stuifkuilen variëren per deelgebied aanzienlijk. Het aantal deelgebieden met slechts één actieve stuifkuil is verreweg het grootste (263 in 2000, 261 in 2014). Het aantal deelgebieden met tien of meer kuilen is aanzienlijk lager, maar wel fors toegenomen van 43 in 2000 naar 73 in 2014. Figuur 1 illustreert de huidige dichtheid van actieve stuifkuilen in aantallen per km² onderzocht duingebied. Met name langs de Hollandse kust is de concentratie van actieve stuifkuilen plaatselijk groot. Langs de Waddenkust, met uitzondering van Texel, en in de Delta met uitzondering van de kop van Schouwen zijn bijzonder weinig actieve stuifkuilen te vinden. Tussen Bergen en Egmond en in het Vlaggenduin, direct ten zuiden van Katwijk, is de dichtheid extreem groot, met aantallen van meer dan 400/km². De grootte van stuifkuilen varieert ook sterk en neemt gemiddeld toe in de tijd. In 2000 domineren kleine stuifkuilen; meer dan 50 % heeft een doorsnede van minder dan 10 m. In 2014 is dat minder dan 20 %, terwijl het aantal grotere stuifkuilen met een doorsnede van meer dan 15 m is verdubbeld.

Factoren die kleinschalige verstuiving bepalen

Om inzicht te krijgen in de mogelijke oorzaken van veranderingen in kleinschalige verstuiving,

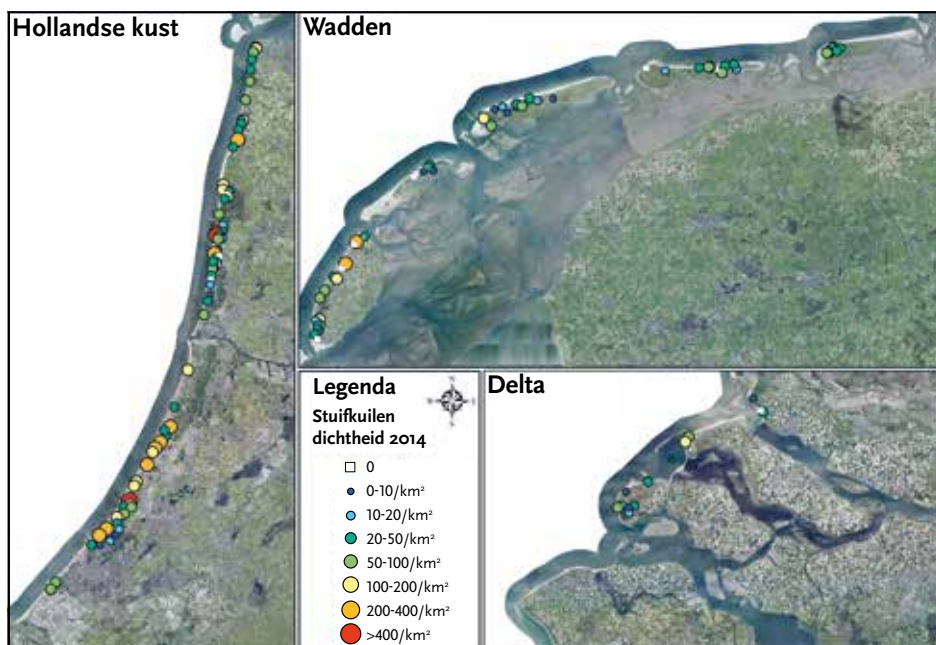
zijn de inventarisatiegegevens van de jaren 2000 en 2014 statistisch geanalyseerd. De verschillen in eolische activiteit lijken vooral bepaald door combinaties van elkaar versterkende factoren, die samen tot 70 % (inventarisatie 2000) en 79 % (inventarisatie 2014) van de variantie in het aantal kuilen en het eolisch actieve oppervlak verklaren. Echter, deze factoren verschillen tussen kalkrijke en kalkarme duinen.

De kalkarme duinen van het Waddendistrict en de kalkrijke duinen langs het vasteland verschillen in een aantal cruciale factoren, die in de kalkrijke duinen veel gunstiger uitpakken voor de dynamiek van stuifkuilen:

1. Er zijn hogere duinen waardoor de versnelling van de wind tegen de duinhellingen extremer is.
2. Er is een gunstiger ligging van de kust op de wind.
3. Er is meer extreme neerslag waardoor de kans op watererosie groter is, en daarmee het ontstaan van aangrijpingspunten voor de wind (Jungerius & Van der Meulen, 1988).
4. De bodem en vegetatie zijn iets minder gevoelig voor N-depositie, waardoor de Kritische Depositie Waarde (KDW) minder wordt overschreden.
5. Er zijn meer konijnen.
6. Door de hogere kalkrijkdom en pH van de bodem zijn bedekkende soorten als helm, zandzegge en kraaiheide minder dominant.

In het kalkarme district gaan deze soorten, mede door de hoge N-depositie, sterk woekeren, waardoor de bedekking van de bodem groot en de erodeerbaarheid laag is. Bovendien is in veel kalkrijke duingebieden het humusprofiel nog weinig ontwikkeld en waren in 2000 nog veel plekken met een korte vegetatie van pioniersoorten en mossen aanwezig, waardoor de erodeerbaarheid van de bodem nog hoog was. Door al deze

Figuur 1. Dichtheid van aantallen stuifkuilen per km² voor Wadden, Hollandse kust en Delta.



factoren kunnen verstuingen in de kalkrijke duinen veel makkelijker weer op gang komen dan in het kalkarme waddendistrict.

Keuze langetermijnstrategie kleinschalige dynamiek

Het plannen van maatregelen voor kleinschalige verstuing ten behoeve van onderhoud van Grijs duinen dient ingebed te zijn in een strategie voor een langere termijn (vijftig tot honderd jaar). Eolische activiteit, successie en de ecologische effecten van verstuing opereren namelijk op een tijdschaal van decennia. Doel is niet alleen het bevorderen van eolische dynamiek, maar vooral het bereiken van gunstige ecologische effecten in ruimte en tijd.

Figuur 2 geeft een stroomschema om een strategie en een plan voor maatregelen te ontwikkelen. Een eerste spoor is het vaststellen in hoeverre er een ecologische 'noodzaak' is voor verstuing op basis van natuurdoelen, de huidige autonome ontwikkeling in verstuingen én de toestand van duingraslanden. Een tweede spoor is het in kaart brengen van zowel de mogelijkheden om kleinschalige verstuing te bevorderen als het toekomstige perspectief voor spontane (autonome) activatie van verstuing. De uitkomsten van beide sporen worden met elkaar vergeleken en geven richting aan de strategie. De volgende strategieën zijn mogelijk:

- Verhogen van de verstuinggevoeligheid door vegetatiebeheer met beweiding en het verwijderen van opgaande begroeiing. Verder kan de ontwikkeling overgelaten worden aan spontane opleving van stuifkuilen. Deze strategie is mogelijk in delen van de kalkrijke Hollandse vastelandsduinen, met name in het buitenduin, waar de laatste jaren stuifkuilen spontaan actief worden.
- Kiezen voor (re)activatie van stuifkuilen met maatregelen op een korte termijn (< 10 jaar), omdat de huidige verstuing-

activiteit te gering is en er weinig zicht is op spontane (re)activatie. Deze strategie is belangrijk in de (oppervlakkig ontcalcite) midden- en binnenduinzones van de vastelandsduinen, het Waddendistrict en het Deltadistrict. Op een langere termijn is spreiding van maatregelen in de tijd van belang, om er voor te zorgen dat er steeds ergens in het landschap actieve stuifkuilen aanwezig zijn.

- Verhoging van de instuing van kalkhoudend zand vanaf strand/zeereep, eventueel in combinatie met het activeren van stuifkuilen en/of gericht supplementen. Deze optie is aantrekkelijk voor diep ontcalcite duinen vlak achter de zeereep in het Waddendistrict, waar met alleen stuifkuilen geen kalkhoudend zand kan worden opgewerkt.
- Afzien van maatregelen voor activatie, ondanks een wens voor kleinschalige verstuing op basis van ecologische overwegingen. De mogelijkheden voor (re)activatie zijn dan te gering, of aan de uitvoering van maatregelen zitten grote nadelen, zoals te lange werkpaden voor machines, te veel verstoring van het landschap, geen mogelijkheden om plagsel af te voeren, etc.

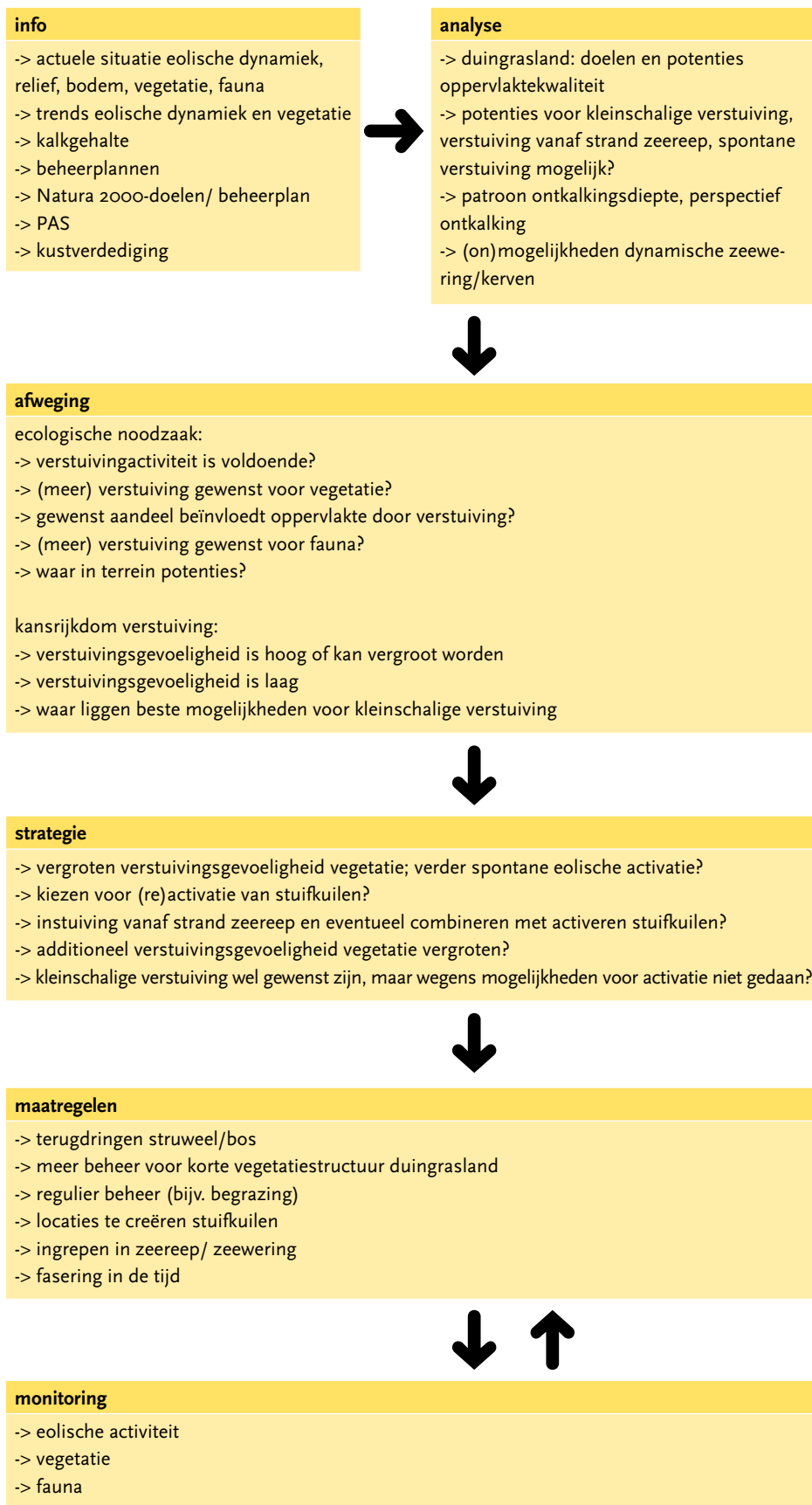
De brochure Kleinschalige verstuing (VBNE 2019) geeft meer uitleg over uitwerking van strategieën en maatregelen.

Praktische tips voor reactivatie

In verschillende duingebieden zijn plannen voor activering van stuifkuilen al uitgewerkt (bijvoorbeeld in de Amsterdamse Waterleidingduinen (fig. 3), Kennemerduinen, Zwanenwater en Noordduinen) of in ontwikkeling (bijvoorbeeld voor de Waddeneilanden). Is er sprake van recent natuurlijk herstel van de verstuingdynamiek? Dan kan beter niet ingegrepen worden. Is de huidige dynamiek gering en is er ook geen sprake van herstel, dan is het belangrijk om een goed beeld te krijgen van waar in de afgelopen decennia (tot maximaal vijftig jaar) verstuingen actief zijn geweest. Dit zijn vaak potentieel geschikte plekken, bijvoorbeeld doordat ze gunstig op de wind liggen, de bodem nog nauwelijks ontwikkeld is, en er nog geen dichte vegetatie voorkomt. Op plekken die al langer stabiel zijn kan aanleg van stuifkuilen positief werken als nog duingrasland aanwezig is. In geval van struweel en ruige vegetatie is het lokaal stimuleren van eolische dyna-

Regio	Totaal oppervlak duingebied (ha)	Opp. gebieden zonder actieve stuifkuilen (ha)	Opp. gebieden met actieve stuifkuilen (ha)	Aantal actieve stuifkuilen		Dichtheid actieve stuifkuilen (1/ha)	
				2000	2014	2000	2014
Wadden	2.991	2.228	763 (26 %)	236	212	0,31	0,28
Noord-Holland	2.112	886	1.226 (58 %)	524	637	0,43	0,52
Zuid-Holland	4.093	2.764	1.329 (32 %)	981	1.568	0,74	1,18
Delta	1.231	676	555 (45 %)	64	88	0,12	0,16

Tabel 1. Resultaten inventarisatie stuifkuilen langs de Nederlandse kust. Van de ± 38.000 ha duingebied in Nederland is ± 10.400 ha potentieel dynamisch duingebied onderzocht.



Figuur 2. Stroomschema voor het afwegen van een langetermijnstrategie voor kleinschalige verstuing.

ontkalkte bovengrond, waarin zich soorten manifesteren als duinriet, zandzegge, grijs kronkelsteeltje en/of groot laddermos. Geschikte plekken liggen hoog op de hellingen van de hoogste duinen, waar extremere windsnelheden voorkomen, met een zuidwestelijke tot zuidoostelijke oriëntatie. Hellingen op het zuiden ontvangen meer straling en zijn daarom gevoeliger voor droogtestress, water- en winderosie. Verwijder zo mogelijk grote obstakels in de overheersende windrichting, over het algemeen aan de zuidwest- tot noordwestkant, zoals struweel, vrijstaande bomen of bosjes, die een goede windwerking belemmeren. Zorg er tenslotte voor dat goed ontwikkelde brongebieden van gewenste soorten behouden blijven en niet onder het zand verdwijnen. Plant- en diersoorten kunnen zich vanuit deze brongebieden na de ingreep uitbreiden in nieuw geschikt leefgebied.

Het is van belang om in de eerste jaren na de ingreep te controleren op hergroei vanuit wortels die zijn blijven zitten (met name helm, dauwbraam en duindoorn), en dode wortelresten die bloot stuiven. Dit belemmert de verstuing en beperkt de levensduur. Nabeheer waarbij een paar keer per jaar wortelresten en -uitlopers worden verwijderd, kan bij kleine stuifkuilen door vrijwilligers worden uitgevoerd. Bij wat grotere stuifkuilen is mechanisch nabeheer een betere optie. Verwijderen van begroeiing voor reactiveren van verstuingen stuit bij omwonenden en recreanten vaak op onbegrip. Communicatie vooraf is essentieel, om betrokkenen te informeren over het herstelbeheer. Neem bezwaren serieus. Maak duidelijk waar je als beheerder naar toe wilt, door voorbeelden te laten zien van bijvoorbeeld een verarmd stuk duin tegenover een goed functionerende stuifkuil, met de bijbehorende rijke variatie in begroeiing en kleine fauna.

Belang van eenduidige onderzoeksmonitoring

Gereactiveerde stuifkuilen kunnen snel stabiliseren, zeker zonder nabeheer. Hoewel we denken te weten welke factoren reactivatie kansrijk maken, is nog onzeker hoe dat uitpakt in de praktijk. Verder blijkt uit het OBN-onderzoek dat de effecten op bodem, vegetatie en fauna zeer variabel zijn. Dit heeft te maken met de grote variatie in eigenschappen van

miek niet voldoende voor herstel van duingrasland, maar moet meestal op grotere schaal vegetatie worden verwijderd en aanvullend beheer plaatsvinden om omvorming naar Grijze duinen te realiseren.

Bij de locatiekeuze van de te reactiveren of aan te leggen stuifkuilen is het cruciaal of de omgeving rond de kuil baat heeft bij overstuing en overpoeding met kalk- en basenhoudend zand. Dat is het geval bij duingrasland met een verzuurde en

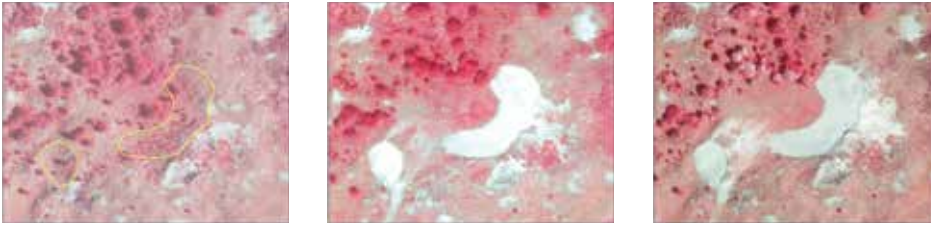


Foto 2. Voorbeeld van een eind 2013 op een westhelling aangelegde stuifkuil in de Amsterdamse Waterleidingduinen, waarvoor in het lage deel vóór de rechter kuil bomen zijn verwijderd (luchtfoto links: 2013; midden: 2014; rechts: 2015, onder veldsituatie). Aan de (noord)oostzijde van beide kuilen is een duidelijke instuifzone zichtbaar.

duinen (geochemie, kalkgehalte/ontkalkingsdiepte, successiestadium, reliëf). Activatie van vele stuifkuilen om negatieve effecten van stikstofdepositie tegen te gaan biedt de mogelijkheid om langs de gehele kuststrook van Nederland de effecten van deze maatregel te volgen binnen een grote range van duinlandschappen en omstandigheden. Door een aanzienlijke steekproef van geactiveerde locaties op eenduidige manier te volgen is het mogelijk meer grip te krijgen op de effectiviteit van eolische reactivatie en ecologische effecten en zodoende de effectiviteit van maatregelen te bepalen. We pleiten er daarom ook voor om de monitoringsactiviteiten die in het kader van vele reactiveringsmaatregelen worden gepland te bundelen. De uitkomsten van zulke monitoring zullen dan ook bijdragen aan het verbeteren van de uitvoeringspraktijk.

Literatuur

Aggenbach, C.J.S., S.M. Arens, Y. Fujita, A. Kooijman, T. Neijmeijer, M. Nijssen, P.J. Stuyfzand, M. van Til, J.H. van Boxel & L.H. Cammeraat, 2018. Herstel Grijze duinen door reactiveren kleinschalige dynamiek. 2018/ OBN 67-DK, Vereniging van Bos- en Natuureigenaren. Driebergen.

Aggenbach, C.J.S., M. Nijssen, A. Kooijman, B. Arens, Y. Fujita & M. van Til, 2020. Kleinschalige verstuingen in kustduinen (1) - Effecten op vegetatie en fauna van duingraslanden. De Levende Natuur 121 (2), 48-53.

Arens, S.M. & T. Neijmeijer, 2014. Ontwikkeling van stuifkuilen in de Amsterdamse Waterleidingduinen-Zuidwestkern, 2001-2013. Rapport Arens Bureau voor Strand- en Duinonderzoek RAP2014.02 in opdracht van Waternet.

Arens, S.M., 2017. Monitoring Vlaggenduin; Luchtfoto-analyse 1996-2015. Arens Bureau voor Strand- en Duinonderzoek RAP2017.05 in opdracht van Gemeente Katwijk.

Jungerius, P.D., A.J.T. Verheggen & A.J. Wiggers, 1981. The development of blowouts in 'De Blink', a coastal dune area near Noordwijkerhout, The Netherlands. *Earth Surface Processes and Landforms*, 6, 375-396.

Jungerius, P.D. & F. van der Meulen, 1988. Erosion processes in a dune landscape along the Dutch coast. *Catena* 15: 217-228.

Jungerius, P.D. & F. van der Meulen, 1997. Aeolian dynamics in relation to vegetation in a blowout complex in the Meijndel dunes, The Netherlands. *Journal of Coastal Conservation* 3, 63-70.

Oldenburg, C., 2015. Stuvend zand. Een onderzoek naar geografische en morfologische kenmerken van stuifplekken in kustduinen. Rapport PWN Waterleidingbedrijf Noord-Holland, p 61.

Pluis, J.L.A. & J.H. van Boxel, 1993. Wind Velocity and Algal Crusts in Dune Blowouts. *Catena*, 20(6), 581-594.

Provoost, S, M.L Jones & S.E. Edmondson, 2011. Changes in landscape and vegetation of coastal dunes in northwest Europe: *Biological Conservation* 15: 207-226.

Van Boxel, J.H., P.D. Jungerius, N. Kieffer & N. Hampele, 1997. Ecological effects of reactivation of artificially stabilized blowouts in

coastal dunes. *Journal of Coastal Conservation* 3: 57-62.

VBNE 2019. Brochure Kleinschalige verstuing. VBNE, Driebergen.

Van der Meulen, F., A.M. Kooijman, M.A.C. Veer & J.H. van Boxel, 1996. Effectgerichte maatregelen tegen verzuring en eutrofiering in open droge duinen. Eindrapportage fase 1. Amsterdam: Vakgroep Fysische Geografie en Bodemkunde, UvA.

Summary

Restoration of blowout dynamics in coastal dunes

The development of blowouts in the Dutch coastal dunes between 2000 and 2014 differs considerably between the main dune regions along the Dutch coast. In the calcite poor Wadden area in the north, the number of active blowouts is extremely low, and were diminished in 2014. In the calcareous dunes along the mainland coast a spectacular increase is observed. In the southern part of the Delta, numbers again are very low, but slightly increased between 2000 and 2014. Occurrence of active blowouts is not stimulated by one main factor; the combination of lower sensitivity for nitrogen deposition, presence of rabbit populations, dune relief and extreme weather events is likely to be decisive for the development of blowouts. Meanwhile, dune managers are willing to increase blowout dynamics because small scale aeolian processes benefit the distribution and quality of grey dunes, an important habitat type in the European Natura 2000 network. The results of this study help managers to make decisions on restoration activities and provide practical guidelines for implementation.

Dr. S.M. Arens

Arens Bureau voor Strand- en Duinonderzoek
Arens@duinonderzoek.nl

Drs. C.J.S. Aggenbach

KWR Watercycle Research Institute
Camiel.Aggenbach@kwrwater.nl

Dr. A. Kooijman

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

Drs. M. Nijssen

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

Ir. M. van Til

Waternet
Mark.van.Til@waternet.nl