

ontwikkeling+beheer natuurkwaliteit

o+bn

Kleinschalige verstuiwing voor herstel van Grijze duinen



Uitgave:

OBN / VBNE

Publicatie vanuit het OBN Deskundigenteam Duin- en Kustlandschap

Tekst:

Cora de Leeuw

Redactie:

Mark van Til, Camiel Aggenbach, Bas Arens

Vormgeving:

Aukje Gorter

Druk:

KNNV Uitgeverij

Foto's:

Bas Arens blz. 1, 6, 7, 25, 28, 30

Ben Kruijssen blz. 34

Camiel Aggenbach blz. 2

Inaturalist blz. 12 (onder)

Freek Zwart blz. 4, 5

Leo van Breukelen blz. 3

Mark van Til blz. 10, 31, 32

Marijn Nijssen blz. 18

Martijn van Schaik blz. 33

Pieter Stuyfzand blz. 16

Saxifraga-Luc Hoogenstein blz. 14

Saxifraga-Mark Zekhuis blz. 13

Saxifraga-Piet Munsterman blz. 12 (boven)

Figuren:

Annemieke Kooijman blz. 18

Bas Arens blz. 19, 22, 23, 24, 29

Camiel Aggenbach blz. 9, 10, 20, 21, 27

Marijn Nijssen blz. 13

Remco Versluijs blz. 14

Wijze van citeren:

De Leeuw, C.C., M. van Til, C.J.S. Aggenbach & S.M. Arens, 2019. Kleinschalige verstuiving voor herstel van Grijze duinen. OBN Deskundigenteam Duin- en Kustlandschap. KNNV Uitgeverij, Zeist. OBN/VBNE, Driebergen.

Omslagfoto: Kleinschalige verstuiving in de Luchterduinen (Amsterdamse Waterleiding-duinen).

Inhoud

1 Inleiding	3
2 Grijze duinen	4
3 Belang van kleinschalige verstuiving	6
4 Bodem en vegetatie	8
5 Fauna	12
6 Bepalende factoren voor verstuiving	15
7. Kleinschalige verstuiving in Nederland	22
8. Bevorderen van kleinschalige verstuiving	27
9. Ter verdieping	35

Foto ondergrond: Instuivend zand op Duinsterretje in de Kennemerduinen.

1. Inleiding

Door veranderingen in het gebruik en het beheer van de Nederlandse kustduinen zijn actieve verstuingen de afgelopen eeuw in veel duingebieden afgenomen. Factoren die daarbij een belangrijke rol hebben gespeeld zijn langdurige vastlegging door beplanting, het weren van menselijk gebruik uit de duinen, hoge stikstofdepositie, een lage konijnenstand en daarmee samenhangend versnelde vegetatiesuccessie. Dit alles heeft grote gevolgen voor de biodiversiteit van met name het habitatype Grijze duinen (H2130), ook wel duingraslanden genoemd.

Grijze duinen komen in een groot deel van het kustgebied voor. De staat van instandhouding van deze duingraslanden is door bovenstaande oorzaken zeer ongunstig. Nederland heeft voor het in stand houden van

Vergraste Grijze duinen



de Grijze duinen binnen de Europese Unie een grote verantwoordelijkheid. In het kader van het Europese natuurbeschermingsprogramma Natura2000 zijn dan ook vrijwel alle duingebieden, inclusief de habitattypen en bijbehorende flora en fauna, aangewezen als beschermde natuur. De doelstelling daarbij is het in stand houden en uitbreiden van het areaal Grijze duinen.

Dynamiek in de vorm van kleinschalige verstuinging kan sterk bijdragen aan de kwaliteit van duingraslanden en daarmee aan het behoud van het habitatype Grijze duinen. Een consortium van KWR Watercycle Research Institute, Arens Bureau voor Strand- en Duinonderzoek, Stichting Bargerveen en de Universiteit van Amsterdam heeft in opdracht van het OBN Deskundigenteam Duinen Kustlandschap en de duinwaterleidingbedrijven Dunea, PWN, Waternet en Evides in de periode 2014-2018 uitgebreid onderzoek gedaan naar kleinschalige verstuingingsdynamiek.

Het onderzoek was er op gericht om de belangrijkste factoren te achterhalen die het ontstaan en de levensduur van kleinschalige verstuinging in kustduinen sturen. Daarnaast is onderzocht wat de effecten zijn op bodem, vegetatie en fauna. De onderzoeksresultaten zijn vertaald in waar, hoeveel, wat en wanneer kleinschalige dynamiek kan bijdragen aan het beheer en behoud van de Grijze duinen. Deze aanbevelingen kunnen goed gebruikt worden in het Programma Aanpak Stikstof (PAS). Grootschalige ingrepen en een hoge intensiteit aan maatregelen kunnen namelijk averechts werken.

Deze brochure beschrijft de belangrijkste bevindingen uit dit onderzoek en wil daarmee bijdragen aan een optimaal beheer van de duinen en een duurzaam behoud van het habitatype Grijze duinen.

2. Grijze duinen

Met Grijze duinen wordt bedoeld het habitattype H2130 van de Habitatrichtlijn. Het betreft droge graslanden van de duinen in het kustgebied. Hierbij horen soortenrijke begroeiingen van laagblijvende grassen, kruiden, mossen en/of korstmossen, en graslanden met de dwergstruik Duinroosje. In totaal bestaat dit habitattype uit verschillende plantengemeenschappen, met een groot aantal karakteristieke plantensoorten (zoals Duinviooltje, Ruw vergeet-mij-nietje, Muurpeper, Kandelaartje en Kruiwend stalkruid), vele dagvlindersoorten (Bruin blauwtje, verschillende parelmoervlinders, Heivlinder, Kommavlinder), diverse soorten sprinkhanen (zoals het Knosprietje), broedvogels (zoals de Tapuit) en zoogdieren (vooral het Konijn).

Grijze duinen ontstaan achter de zeereep op plaatsen waar de dynamiek zo laag is, dat open tot gesloten begroeiingen met kruiden en (korst)mossen kunnen ontstaan. Daartussen komen open, zandige plekken voor. Door bodemvorming krijgt het zand vlak onder

de humuslaag een grijze kleur, waaraan dit habitattype de naam Grijze duinen heeft te danken. Deze bodemvorming is nog niet op gang gekomen in stuivende duinen van vooral de zeereep, die daarom Witte duinen (habitattype H2120) worden genoemd.

De ecologische variatie van het habitattype Grijze duinen is groot. Dit hangt onder meer samen met het kalkgehalte en kalkprofiel in de toplaag van de bodem, de mate van overstuiving, de dikte van de humuslaag, het reliëf (waardoor er verschillen ontstaan in microklimaat en vochtbeschikbaarheid) en de begrazingsintensiteit. Om die reden worden er drie subtypen Grijze duinen onderscheiden, te weten:

- kalkrijke Grijze duinen (vooral voorkomend ten zuiden van Bergen aan Zee, waar zand uit het stroomgebied van de Rijn is afgezet) met een kalkrijke, weinig tot niet ontkalkte bodem;
- kalkarme Grijze duinen (vooral ten noorden van Bergen aan Zee en op de Waddeneilanden, waar

Karakteristieke, kleurrijke soorten van de Grijze duinen.



Ruw vergeet-mij-nietje



Duinviooltje



Vals muizenoor

zand uit Noordoost-Europa voorkomt) met een bodem die van nature kalkarm is of waarvan de toplaag ontkalkt is;

- heischrale droge duingraslanden op iets meer humeuze en vochtige bodems, die vaak op de overgang naar natte duinvalleivegetaties liggen en waar de zuurgraad gebufferd wordt door grondwater.

In deze brochure beperken we ons tot de eerste twee subtypen, die van de Grijze duinen op kalkrijke en op kalkarme bodems.

Het belang van het habitatype Grijze duinen in Nederland is heel groot. Dat komt omdat de oppervlakte aan Grijze duinen in ons land relatief groot is ten opzichte van de rest van Europa. Daarnaast ligt ons land centraal in het verspreidingsgebied van het habitatype Grijze duinen, dat zich uitstrekt van Gibraltar tot de Oostzee. In Nederland komen Grijze duinen langs de hele kust voor, van het Zwin tot op Rottumeroog.

Instandhouding

Grijze duinen worden van nature in stand gehouden door een samenspel van factoren, zoals dynamiek in de

vorm van lichte overstuiving, hellingprocessen (dynamiek door neerslag en watererosie) en begrazing door konijnen. Konijnen houden de bovengrondse biomassa laag en zorgen voor open stuifplekken. Ook door menselijke invloed in de vorm van beweiding en het kappen van struiken bleef de vegetatie lange tijd kort.

De staat van instandhouding is voor alle drie de typen zeer ongunstig door sterk voortgeschreden verzuring, verstruweling en grootschalige eutrofiëring door stikstofdepositie. Bovendien treedt in veel duingraslanden geen verjonging meer op door afname van verstuiving.

Voor de instandhouding van een goede kwaliteit van de Grijze duinen is het noodzakelijk dat de begroeiing overwegend kort is en varieert van open tot gesloten. Daarbij spelen grazers als het Konijn, beweiding en overstuiving een belangrijke rol. In een situatie zoals bij een lage konijnenstand en/of hoge atmosferische stikstofdepositie, kunnen grassen of struiken de overhand krijgen, ten koste van kruiden en andere soorten die afhankelijk zijn van een open structuur. In dat geval is aanvullend beheer noodzakelijk. Dit kan zijn beweiding met ingezette grazers, maaien, branden, verwijdering van bos en struweel, maar ook verhoging van de verstuivingsdynamiek.



Kruipend stalkruid



Ossentong met Duinparelmoervlinder



Muurpeper

3. Belang van kleinschalige verstuiving

Het kustduinenlandschap is in het verleden ontstaan door grootschalige processen, zoals de ontwikkeling van parabool-, loop- en kopjesduinen. Daarbinnen is het landschap verder gevormd door de vorming van stuifkuilen en andere kleinschalige verschijnselen. Door sterke wind- ofwel eolische dynamiek ontstonden in eerste instantie Witte duinen, waar Helm domineert. Hier zijn de omstandigheden te dynamisch voor de vestiging van soorten van duingraslanden. Grijze duinen ontstonden op grotere afstand van deze dynamiek (in een ruimtelijke gradiënt) of op locaties waar de dynamiek langzaam afneemt (in de tijd). In een sterker gestabiliseerd duinlandschap draagt kleinschalige verstuiving door het afwisselend ontstaan en weer stabiliseren van stuifkuilen bij aan een grote variatie in het kalkprofiel, humusprofiel en de vegetatie. Dit zorgt voor een grote biodiversiteit van flora en fauna in de Grijze duinen.

Eolische dynamiek zorgt enerzijds voor verjonging van de bodem op plaatsen waar het zand uitstuift of waar een dik pakket zand wordt afgezet. Dit leidt tot situaties

met een humusarmer en relatief basisch (minder zuur) milieu, waar karakteristieke pioniersoorten van kunnen profiteren. Door stabilisatie in een stuifkuil en in de instuifzone kan er successie optreden naar soortenrijk duingrasland. Anderzijds is een belangrijk effect van kleinschalige verstuiving dat zand instuift in bestaande vegetatie op een oude bodem. Wanneer dat zand kalkhoudend is, wordt de basenhuishouding van een verzuurde bodem verbeterd en neemt de pH van de bodemtoelaag toe.

Naast een afname van de verstuivingsdynamiek in de duinen achter de zeereep is ook de dynamiek in de zeereep zelf tot de jaren 90 van de vorige eeuw sterk teruggelopen. Dit is veroorzaakt door een lang en zeer intensief beheer van vastlegging van de zeereep voor de kustveiligheid, tegen overstrooming van het achterland. In het verre verleden zorgde een actieve zeereep, met afwisselend kustaangroei en kustafslag, ervoor dat zand zich vanaf het strand via de zeereep het binnenland in kon verplaatsen. De dynamiek die nu nog aanwezig is, beperkt zich veelal tot de voorkant van de zeereep.

Grootschalige dynamiek is voor duingraslanden alleen op langere tijdschalen zinvol. De vegetatie van Grijze duinen kan zich namelijk pas ontwikkelen wanneer de intensiteit van de verstuiving weer afneemt of stabiliseert. Voor herstel van duingraslanden op korte termijn (tot enkele decennia) biedt kleinschalige verstuiving het meeste perspectief. In een ideale situatie treedt echter zowel grootschalige als kleinschalige verstuiving op. Grootschalige verstuiving, dat tevens bijdraagt aan een robuuster duin dat beter bestand is tegen zeespiegelstijging, kan kalkrijk zand leveren aan het verzuurde en ontkalkte duin achter de zeereep. De milde dynamiek van periodiek kleinschalige overstuivingen (van hooguit enkele centimeters of nog minder) is daar dan een belangrijke voorwaarde voor het in stand houden van de Grijze duinen.

Gestabiliseerd midden-duin in de Amsterdamse Waterleidingduinen.





Meeuwenduinen, op de kop van Schouwen, waar grootschalige verstuiwing vanuit de zeeleep (met Witte duinen) basenrijk zand naar het achterliggende duingebied verspreidt en stuifkuilen voedt.

4. Bodem en vegetatie

Het habitatype Grijze duinen komt voor op zandbodems die weinig tot veel basen (tegenhangers van zuren) bevatten, afhankelijk van het kalkgehalte van de bodem. Kalkrijke bodems bevatten veel calcium en hebben een hogere pH dan kalkarme of kalkloze bodems. Veel droge duingraslanden zijn oppervlakkig ontkalkt, waardoor ze in de bovenste decimeters een sterke gelaagdheid hebben: in de toplaag een relatief lage pH en dieper een hogere pH.

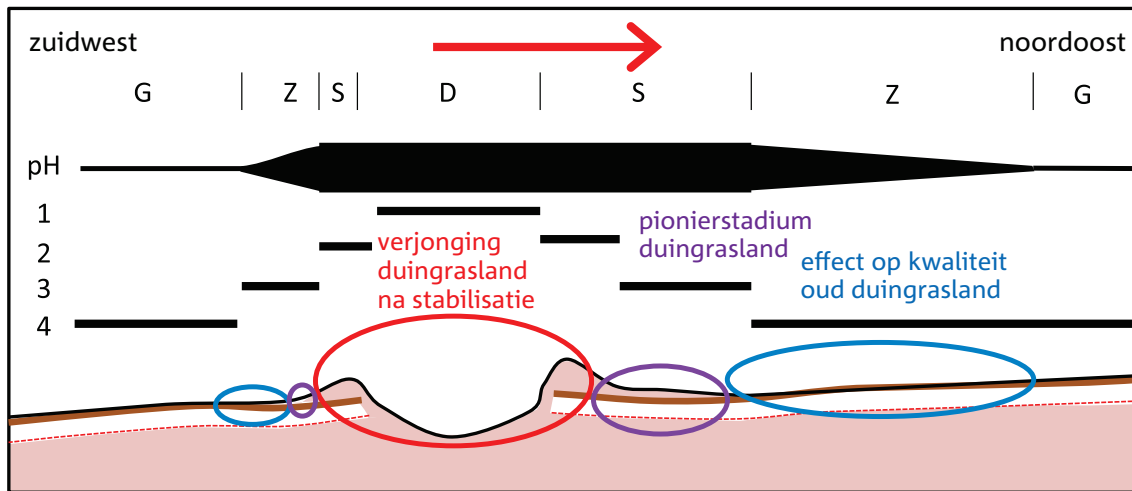
Jonge duingraslandbodems worden gekenmerkt door pioniersvegetaties met ijl gras, kruiden en mossen. In de loop van de successie treedt er ophoping van humus op, waardoor de beschikbaarheid van water en nutriënten toeneemt. Hoe meer humus aanwezig is, hoe meer regenwater in de toplaag wordt vastgehouden. Afbraak van humus zorgt voor het vrijkomen van voedingsstoffen. Op gestabiliseerde bodems kunnen zich soortenrijke duingraslanden ontwikkelen, in een periode van ongeveer 20 tot 40 jaar.

De vegetatiegroei van duingraslanden wordt beperkt door droogtestress in de zomer en vaak ook door een geringe beschikbaarheid van nutriënten. De soortenrijkdom wordt sterk bepaald door de zuurgraad van de toplaag: hoe lager de pH van de toplaag, hoe lager de soortenrijkdom. Wanneer de bodem een hoog kalkgehalte heeft kunnen soortenrijke duingraslanden op oude bodems eeuwenlang voorkomen. Deze kalkrijke Grijze duinen zijn vaak zeer bloem- en kruidenrijk. Lichte overstuiving kan er voor zorgen dat de toplaag van oude bodems relatief basenrijk blijft. Ook mieren en konijnen kunnen door hun graafactiviteiten een belangrijke rol spelen in het op peil houden van een hoge basenrijkdom in de toplaag van oude bodems. Wanneer de bodem oud en diep ontkalkt is, neemt de kruidenrijkdom af. Deze kalkarme Grijze duinen zijn vaak rijk aan korstmossen. Tegelijkertijd zijn ze ook gevoeliger

voor hoge stikstofdepositie, waardoor ze bij het achterwege blijven van verstuivingsdynamiek en begrazing gemakkelijk kunnen vergrassenen.

De effecten van een actieve stuifkuil

Actieve stuifkuilen hebben een groot effect op de bodem en de vegetatie in hun omgeving. In het figuur 'De ruimtelijke effecten van een actieve stuifkuil' wordt dit schematisch weergegeven. In een actieve stuifkuil stuift het zand vanuit de bodem van de kuil (de deflatiezone D in het figuur) over de randen. Hierdoor ontstaat een humusarme zandbodem, waarop geen of nauwelijks planten groeien (1). Vestiging van kiemplanten is onmogelijk door het schurende effect van rondstuivend zand. Op en vlak achter de randen van de stuifkuil, waar veel zand wordt afgezet, ligt de accumulatiezone met sterke instuiving (S). Hier kan vrijwel alleen Helm (2) zich vestigen, omdat er nauwelijks humus aanwezig is en de dynamiek te groot is voor andere planten. Helm groeit mee met de ophoging van het zand en helpt daardoor mee aan het vastleggen van het zand en de vorming van het reliëf. Achter de helmvegetatie is het iets luwer en kunnen zich kleinere pionierplanten vestigen, zoals Duinzwenkgras en Kleverige reigersbek. Zij profiteren van het kalkrijke ingestoven zand en vormen daarin het eerste stadium van het duingrasland. In deze zone is ook nog veel kale bodem aanwezig. In een luwere zone daarachter ligt de accumulatiezone met zwakke instuiving (Z) op een oudere, humushoudende bodem (4). Het afgezette zand wordt door regenwater ingespoeld in de moslaag en de humushoudende toplaag, die daardoor wordt aangevuld met basen uit het ingestoven zand. Daardoor kan zich hier soortenrijk duingrasland ontwikkelen. In het gebied hierbuiten, waar geen instuiving meer is (G), is de soortenrijkdom van de vegetatie relatief laag vanwege de verzuurde toplaag van de bodem.



De ruimtelijke effecten van een actieve stuifkuil op de zonatie van bodem en vegetatie in een oppervlakkig ontkalkt duingebied

zones stuifkuil

D: deflatiezone

S: accumulatiezone met sterke instuiving

Z: accumulatiezone met zwakke instuiving

G: geen instuiving

bodem

— maaiveld

— humushoudende laag

--- ontkalkingsgrens

■ kalkhoudend zand

vegetatie

1: kaal zand

2: Helm/kaal zand

3: pionierstadium duingrasland

4: oud gesloten duingrasland

5: duinheide



wind

overheersende windrichting

Veel verstuiving en een te hoge dichtheid aan stuifkuilen is niet altijd goed voor duingraslanden. Het aandeel aan uitstuif- en instuifzones kan dan zo groot worden, dat bestaande soortenrijke duingraslanden kunnen eroderen of bedolven worden onder een te dikke laag zand. Hierdoor kan ook de biodiversiteit (tijdelijk) afnemen. Bij grootschalige verstuiving kunnen Grijze duinen zelfs veranderen in Witte duinen.

Hoeveel zand er uit een stuifkuil stuift en over wat voor oppervlak het zand zich verspreid, hangt onder meer af

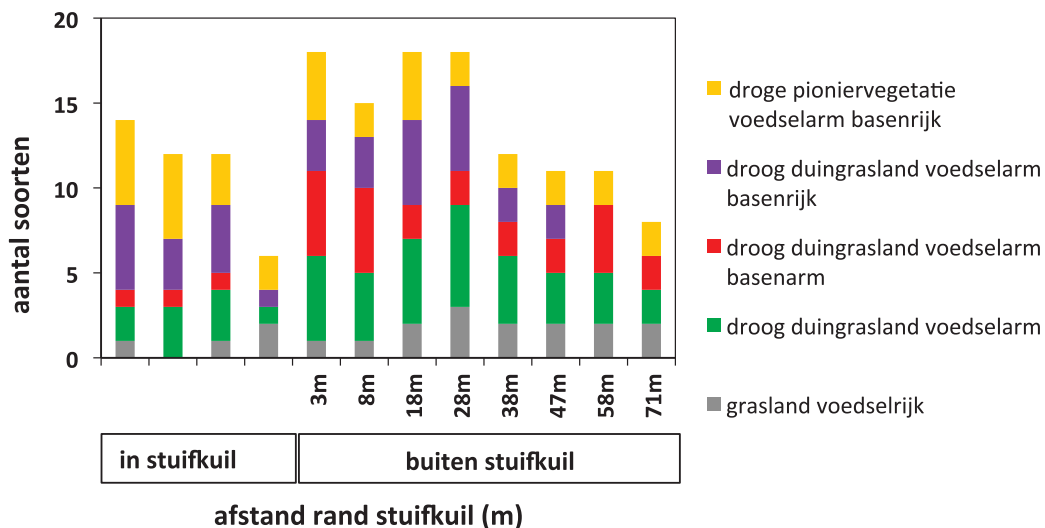
van de wind, de omvang van de stuifkuil, de ligging van de stuifkuil in het landschap en de vegetatie. In hoofdstuk zes wordt dit uitgebreider beschreven.

Rond een actieve stuifkuil is in de toplaag van de bodem een duidelijk aflopende gradiënt in overstuiving, kalkgehalte en pH aanwezig, vanaf de uitstuifzone naar buiten toe. Bij gestabiliseerde stuifkuilen is de invloedzone met verhoogde pH kleiner dan bij actieve stuifkuilen.

Actieve stuifkuil in de Haasvelderduinen (AWD), aangelegd op een zuidwesthelling, met overstuivingszone aan de noordoostzijde (rechts daarvan).



Aantal soorten in de vegetatie van een gestabiliseerde stuifkuil in het oppervlakkig ontkalkte binnenduin van de Luchterduinen (het zuidelijk deel van de Amsterdamse Waterleidingduinen)



De vegetatie van een gestabiliseerde stuifkuil

Stuifkuilen stabiliseren na verloop van tijd vaak vanzelf. De bodem en vegetatie van een gestabiliseerde stuifkuil is anders dan die van een actieve stuifkuil. In de uitstufzone is minder kaal zand aanwezig door de geleidelijke vestiging van kruiden en mossen. Pioniersoorten verschijnen hier als de directe stress van stuivend zand gestopt is, maar er nog wel een zeer open vegetatiestructuur met goede lichtcondities aanwezig is. In de accumulatiezone met sterke instuiving (S) is minder kaal zand en een hogere mosbedekking dan bij een actieve stuifkuil. In de zone daarbuiten met lichtere instuiving (Z) komt bij gestabiliseerde stuifkuilen gemiddeld een lagere mosbedekking en een hogere bedekking van kruiden voor.

Kalkrijke Grijze duinen hebben van nature een hogere pH door de aanwezigheid van kalk in de bodem. Daardoor komen daar in en om gestabiliseerde stuifkuilen relatief meer basenminnende pionier- en duingraslandsoorten voor. De hoogste soortenrijkdom van pioniersoorten wordt zo'n 10-20 jaar na stabilisatie van de stuifkuil bereikt. Voor de soorten van gesloten duingraslanden geldt een periode van ongeveer 40 jaar voordat de hoogste soortenrijkdom is bereikt.

In kalkarme Grijze duinen komen in de uitstufzone van gestabiliseerde stuifkuilen, net als ver daar vandaan, meer plantensoorten van basenarme duingraslanden voor. Dat zijn voornamelijk mossen en korstmossen. Toch zijn er tot enkele decennia na stabilisatie ook hier nog wel basenminnende soorten in de voormalige deflatiezone te vinden.

(Re)activatie van stuifkuilen

Wanneer duingraslanden verzuurd en/of vergrast zijn (als gevolg van successie en stikstofdepositie) kan herstel van de kleinschalige verstuivingsdynamiek overwogen worden. Dit kan het reactiveren van een gestabiliseerde kuil betreffen, maar ook de aanleg van een nieuwe, op een plek waar voorheen geen stuifkuil lag. Wanneer de wind vat krijgt op de bodem, ontstaat een zelfde situatie als bij natuurlijke, actieve stuifkuilen. Verstuiving zorgt dan, zowel in kalkrijke als kalkarme gebieden, voor meer kaal zand, een (lichte) verhoging van de pH, minder organische stof in de bovengrond, minder bovengrondse biomassa van de vegetatie en een lagere bedekking van hoge grassen. Het aantal korstmos-, pionier- en doelsoorten rondom ge(re)activeerde stuifkuilen is veel hoger dan in niet geactiveerde gebieden, zelfs als de kuilen relatief snel weer stabiliseren.

Reactivatie is daarom belangrijk, zeker in dungebieden met dieper ontkalkte en sterk verzuurde bodems en waar spontane reactivatie nauwelijks optreedt. (Re)activatie van verstuiving is ook belangrijk in dungebieden met van nature kalk- en ijzerarme bodems (die bijvoorbeeld veel in het Waddendistrict voorkomen: het dungebied ten noorden van Bergen aan Zee), omdat deze zeer gevoelig zijn voor vergrassing door een hoge stikstofdepositie. In gebieden met veel Kraaiheide lijkt reactivatie minder zinvol, omdat Kraaiheide bestand is tegen lichte overstuiving en er dan geen ontwikkeling naar duingrasland optreedt. Kraaiheide kan zelfs gebieden met sterke accumulatie van zand herkoloniseren. In dat geval is de verhoging van de pH door de verstuiving binnen 25 jaar weer geheel verdwenen.

5. Fauna

Door kleinschalige verstuiving ontstaan er allerlei gradienten in het landschap op het gebied van de samenstelling en structuur van vegetatie, het microklimaat en de bodemchemie. Dit levert geschikt leefgebied op voor veel diersoorten, waaronder karakteristieke insecten van kustduinen en hun predatoren, zoals diverse broedvogels (Grauwe klauwier, Tapuit, Boompieper) en de Zandhagedis. Ook verandert overstuiving de hoeveelheid en samenstelling van voedingsstoffen in de bodem. Daardoor kan de voedselkwaliteit van planten verbeteren, ten gunste van kleine diersoorten.

Grauwe klauwier



Kleine julikever



Voedselkwaliteit

De voedselkwaliteit van grassen en kruiden (zoals Buntgras, Fakkелgras en Geel walstro) verschilt tussen soorten planten en tussen gebieden. Ook verschilt het effect van verstuiving op het gehalte aan voedingsstoffen in een plant. Over het algemeen beïnvloedt verstuiving het gehalte in de plant van de nutriënten stikstof, koolstof en fosfor nauwelijks. Door actieve overstuiving nemen de gehalten van de elementen calcium en ijzer in de plant wel toe, met name in kalkrijke duinen waar deze mineralen veel voorkomen in de bodem. De gehalten aan magnesium, mangaan en silicium nemen daarentegen af door actieve overstuiving. Silicium (kieselzuur) geeft stevigheid aan planten en beschermt de plant tegen vraat. Door de afname van het gehalte aan silicium door overstuiving kunnen planten makkelijker gegeten en verteerd worden, wat een voordeel is voor herbivoren (planteneters). In kalkarme gebieden neemt de voedselkwaliteit van de planten door overstuiving minder sterk toe. Wanneer sterke overstuiving tot organische stof-arme, verdrogingsgevoelige bodems leidt, kan de voedselkwaliteit van planten in de zomer sterk afnemen.

Voedselkwantiteit

Niet alleen de kwaliteit van planten, maar ook de kwantiteit aan planten (en dus voedsel) verandert door overstuiving: het versnelt de plantengroei en verbetert de bodemcondities, waardoor de hoeveelheid verteerbaar plantenmateriaal toeneemt. Er blijkt een sterke correlatie te zijn tussen verstuiving, het voorkomen van verse helmwortels en hoge dichtheden van wortel-etende keverlarven (van bijvoorbeeld de Kleine julikever en de Rozenkever). Wanneer deze als volwassen kevers uitkomen vormen ze bulkvoedsel voor soorten als de Grauwe klauwier en de Tapuit.

Effect op ongewervelden

Er is een sterke samenhang tussen de voedselkwaliteit en -kwantiteit van planten en de biomassa aan planten-etende ongewervelden (herbivore grazers, zoals rupsen en sprinkhanen), vooral in actieve stuifkuilen in de kalkrijke duinen, zoals in Meijendel. Dat geldt ook voor hun predatoren (de herbi-carnivoren, zoals sabelsprinkhanen en loopkevers) en de omnivoren (alleseters). In Meijendel leidt de hoge voedselkwaliteit tot een grote dichtheid en hoge biomassa aan grote ongewervelden. Dit zorgt voor een toename van het voedselaanbod voor insectenetende vogels zoals de Tapuit, Boomleeuwierik en Roodborsttapuit. Voor sprinkhanen, zoals het Knopsprietje, is bewezen dat de aanwezigheid van zowel stabiele als dynamische plekken in een landschap zorgt voor een hogere soortenrijkdom op kleine schaal.

In kalkarmere gebieden is dit effect minder duidelijk. Ook heeft actieve overstuiving daar een negatief effect op insecten die afval (dood organisch materiaal) eten (detritivoren) en op alleseters (omnivoren). Dat komt waarschijnlijk omdat er, op plaatsen waar overstuiving plaatsvindt, minder ophoping is van strooisel.

Effect in de tijd

Overstuiving heeft dus een positief effect op de voedselkwaliteit van planten en daarmee op het aantal planten-etende insecten en insectenetende vogels in de kalkrijke duinen. Wanneer een laag kalkrijk zand afgezet wordt kan er een langdurig effect (van wel 50-100 jaar) zijn op de basenhuishouding en de vegetatie. De effecten die via de voedselkwaliteit van planten op fauna doorwerken, lijken 10-15 jaar na stabilisatie van stuifkuilen uitgewerkt te zijn. Voor een continu effect op de fauna is het daarom nodig dat er steeds actieve stuifkuilen in een gebied aanwezig zijn.

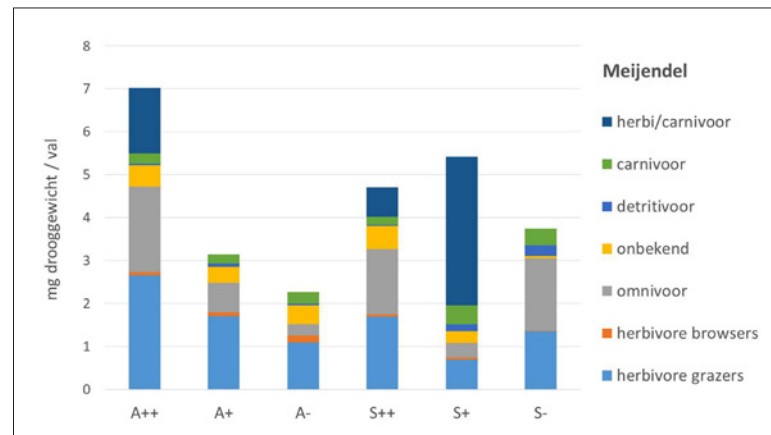
Andere dieren

Ook andere diersoorten profiteren van de effecten van kleinschalige verstuiving, ook in kalkarme Grijze duinen. Zo hebben graafbijen en de Zandhagedis open, kaal zand nodig om er een nest in te maken of eieren in

te leggen. Bijen en vlindersoorten profiteren wanneer er een afwisseling ontstaat van open tot meer gesloten soorten- en bloemrijk duingrasland. Dit maakt de duinen tot een van de meest soortenrijke landschappen van Nederland.



Het Knopsprietje is een sprinkhanensoort die profiteert van kleinschalige dynamiek. De soort verdwijnt als schrale graslanden te dicht begroeid raken.



Overzicht van de verdeling in biomassa van voedselgroepen ongewervelden over een gradiënt van verstuiving in Meijendel.

A = actieve stuifkuil; S = een gestabiliseerde stuifkuil

++ = sterke overstuiving; + = matige overstuiving en - = geen overstuiving

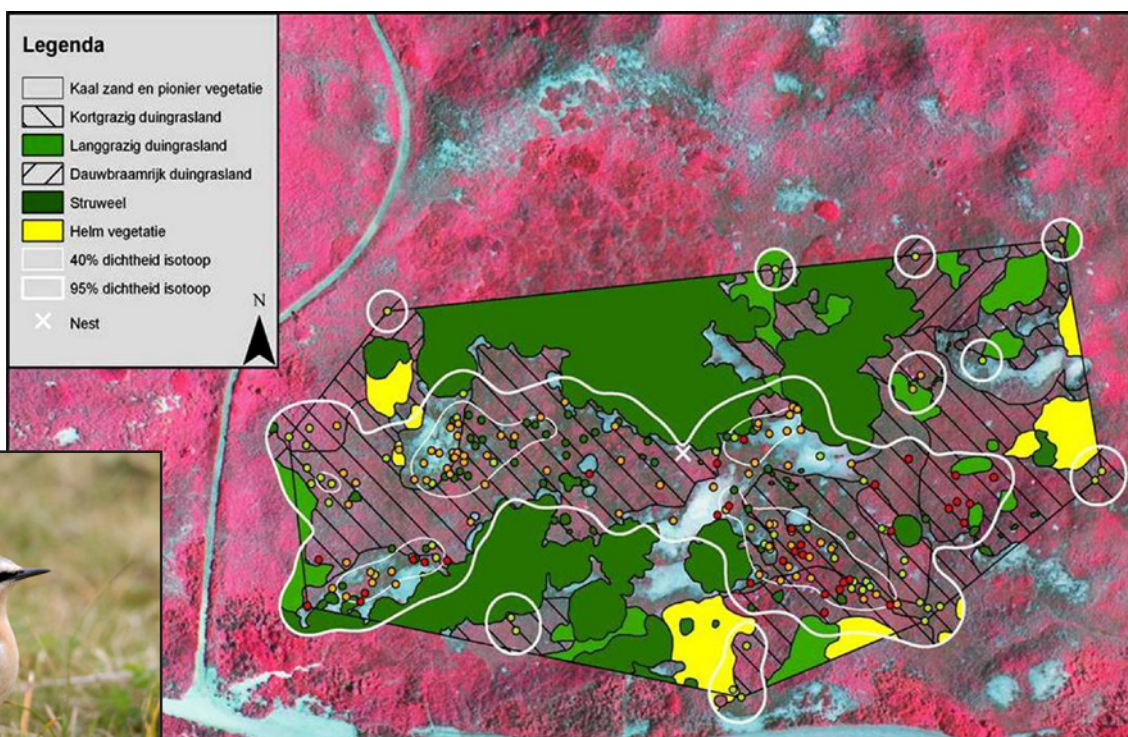
Tapuit

Tapuiten zijn trekvogels, die in de zomer in open gebieden leven met een afwisseling van korte vegetaties en open, zandige plekken. Ze broeden in Nederland voornamelijk in oude konijnenholen en profiteren sterk van de graas- en graafactiviteiten van konijnen in duingraslanden. De Tapuit leeft van insecten, bij voorkeur de wat grotere exemplaren die in en op de bodem worden verzameld.

Het aantal tapuiten is de laatste jaren sterk achteruit

gegaan. De laatste kernpopulaties van de Tapuit komen voor in de open duinen op kortgrazig duingrasland, waar de vogels veel rond de stroozones van actieve stuifkuilen foerageren. Elke Tapuit heeft binnen een territorium een oppervlak van ongeveer 1 hectare open duin nodig om voldoende voedsel te kunnen verzamelen. Het is dan ook niet vreemd dat, naast een goede populatie konijnen, een groot oppervlak met veel kleinschalige verstuing voor de beste omstandigheden zorgt voor overleving van de Tapuit.

Territorium van een Tapuit, circa 1 hectare rondom het nest, met vooral stuifkuilen voor de voedselvoorziening.



Tapuit



6. Bepalende factoren

Kleinschalige verstuiving is een proces, dat gestuurd en gedreven wordt door een heleboel verschillende factoren. Niet één afzonderlijke factor is doorslaggevend, maar het samenspel van meerdere factoren bepaalt of er verstuiving gaat optreden. Om verstuiving voor behoud van Grijze duinen te kunnen stimuleren, is het goed om de bepalende factoren van kleinschalige verstuiving te kennen. Deze factoren worden hieronder beschreven; hun onderlinge samenhang wordt in de twee figuren aan het eind van dit hoofdstuk weergegeven.

Weersomstandigheden

Wind is de drijvende kracht bij verstuiving. Vooral windkracht 6-7 is belangrijk, omdat bij deze windkracht de meeste verstuiving plaats vindt. Zware stormen kunnen veel zand verplaatsen, maar dit hoeft niet te leiden tot een verhoogde verstuivingsactiviteit. Zware stormen gaan vaak gepaard met veel neerslag, waardoor de verstuiving dan gering is.

Neerslag is een belangrijke factor. Het zorgt voor een vochtig oppervlak, waardoor er een hogere windsnelheid nodig is om zand in beweging te krijgen. Bij voortdurende regen wordt het oppervlak zo vochtig, dat er geen verstuiving meer optreedt. Bij het begin van een bui kan de verstuiving juist even toenemen, omdat regendruppels de zandkorrels op een nog droog oppervlak los kunnen maken. Het effect van neerslag is niet te kwantificeren, maar het is duidelijk dat onder natte omstandigheden de hoeveelheid verstuiving veel lager is dan onder droge omstandigheden.

Een ander aspect van neerslag is dat het in reliëfrijke duingebieden tot watererosie kan leiden. Watererosie treedt op duinhellingen op bij hevige regenbuien na een droge periode. Droogte en zonnestraling zorgen voor een hydrofobe (waterafstotende) zandbodem, wat

het oppervlak extra gevoelig maakt voor watererosie. Een combinatie van een droge periode gevolgd door een periode met zware regenval leidt tot watererosie op uitgebreide schaal. Daarna kan de wind vat krijgen op de geërodeerde bodem. Watererosie is daarom een belangrijke trigger voor het ontstaan van kleinschalige verstuiving.

Ligging ten opzichte van de kust

De meeste stuifkuilen liggen dicht bij de kust. Met toenemende afstand vanaf de kust neemt het aantal actieve stuifkuilen af. Een dynamische zeereep vormt ook een bron van stuifzand. Zeker in de kalkarme duinen van het Waddendistrict is een dynamische zeereep vaak de enige bron voor kalk- en basenhoudend zand in duingraslanden achter de zeereep. Hoe dichter bij de kust, hoe groter het effect van het instuivende zand dan is. Als achter de zeereep het duinmassief hoog is, dan ondergaat de wind een daar versterkte werking, omdat er weinig remming is van voorliggend terrein en er een versnelling optreedt tegen het duinmassief. Dit bevordert de vorming van stuifkuilen.

Hoogteligging van het duin

Er liggen beduidend meer stuifkuilen op hogere plekken in het duingebied dan op lagere delen. Veel stuifkuilen liggen aan of in de bovenkant van de grotere paraboolstructuren en vooral op de zuidwest-, zuid- en zuidoost georiënteerde hellingen. Deze hoge locaties vangen de meeste wind en zijn het meest gevoelig voor watererosie, waardoor hier meer stuifkuilen voorkomen dan lager op de hellingen. Dat komt ook, doordat hogere duinen vaak steilere en langere hellingen hebben en daardoor gevoeliger zijn voor watererosie.

Expositie van een duin

Veel stuifkuilen blijken niet te liggen op westelijk georiënteerde hellingen, hoewel daar vooral wind en

neerslag vandaan komen, maar op naar het zuiden gerichte hellingen. Zuidhellingen vangen de meeste instraling van de zon, wat voor warmte en droogte zorgt. Droogtestress maakt de helling gevoeliger voor watererosie. Ook is er op zuidhellingen door droogtestress vaak een korte en spaarzaam begroeide vegetatie, met een langzame ophoping van humus, waardoor de helling gevoelig wordt voor water- en winderosie.

Bodemgesteldheid

Kalkrijkdom heeft invloed op zowel de ontwikkeling van de vegetatie als van de bodem. In het verleden was verstuiving in de kalkarme duinen veel extremer, zoals bekend is van de duinen bij Schoorl en op Terschelling. Dit kwam door de spaarzamere bedekking van de bodem in dit duingebied, als gevolg van de zeer arme bodem. Door de stikstofdepositie, die met name op de Waddeneilanden nog steeds hoger is dan de kritische depositiewaarden van kalkarme duingraslanden, blijken in deze gebieden op dit moment veel minder stuifkuilen voor te komen dan in kalkrijke gebieden. In het Waddendistrict wordt de vegetatie door te hoge stikstofdepositie op veel plekken gedomineerd door sterk wortelende soorten zoals Helm, Zandzegge en Kraaiheide. Verder zorgt de hoge biomassa-productie in combinatie met de kalkarme en snel verzuurde bodem voor versterkte opbouw van het humusprofiel. Een dichte, ruige vegetatie, een hoger gehalte aan organische stof en een dieper humusprofiel maken de bodem minder gevoelig voor verstuiving.

In kalkrijke duingebieden is de vegetatie opener en korter gebleven en is het humusprofiel vaak ondiep.





Tegenwoordig is de bodem van kalkrijke duinen dan ook veel gevoeliger voor water- en winderosie dan die in kalkarme duingebieden.

Mate en aard van de begroeiing

Voor verstuiving zijn de mate van bedekking met vegetatie, de doorworteling van de bodem, de dikte van de humuslaag en de ruwheid van de vegetatie belangrijke factoren. Hoe lager de vegetatiebedekking is, hoe groter de kans is dat zand door de wind kan worden opgenomen. Hoe meer de bodem doorworteld is, hoe beter deze bestand is tegen winderosie. Hoe dikker de humuslaag is, hoe minder gevoelig de bodem is voor water- en winderosie. Hoe hoger de vegetatie is, hoe meer de wind in de omringende duinen geremd wordt.

Duingraslanden met een korte vegetatiestructuur en een geringe bedekking van grassen en kruiden en meer open zandige plekjes, zijn mede gevoeliger voor verstuiving, omdat zij aantrekkelijk zijn voor konijnen. De actuele toestand van de vegetatie is daarmee een sterk bepalende factor. Duingraslanden met een korte vegetatiestructuur zijn bovendien gevoeliger voor droogte en watererosie. Na extreem droge periodes kan de vegetatie zelfs afsterven, waarna verstuiving weer een kans krijgt.

Stikstofdepositie

Atmosferische stikstofdepositie overschrijdt op veel plaatsen nog steeds de kritische depositiewaarden voor beschermde habitattypen zoals de Grijsduinen. Stikstofdepositie heeft een directe invloed op de vegetatie, wat doorwerkt op de verstuivingsgevoeligheid van de

bodem. Vooral in de kalk- en ijzerarme duinen van het Waddendistrict is de stikstofdepositie nog steeds te hoog, maar ook in de ontcalciteerde delen van het Deltagebied en het midden- en binnenduin van de Hollandse vastlandsduinen. Een soort als Helm, met zijn dichte wortelstelsel, profiteert hier van, waardoor zand meer wordt vastgelegd. Ook leidt een hoge stikstofdepositie tot een verhoogde groei van algen, die het zand kunnen vastleggen. Bij het terugdringen van stikstofdepositie verdwijnen grasmatten en dikke strooiselpakketten niet snel, waardoor de gevoeligheid voor verstuiving niet meteen toeneemt.

Betreding en begrazing

Betreding is in sommige gevallen een factor van belang. Dat kan betreding door recreanten zijn, maar ook door grazers. In sommige gebieden kan betreding zorgen voor een spaarzame vegetatie of zelfs kaal zand, en daardoor verstuiving initiëren of stuifkuilen langdurig actief houden. Stuifkuilen kunnen ontstaan vanuit paden of open blijven doordat er paden doorheen lopen.

Begrazing en het maken van paden door dieren kunnen vooral verstuiving initiëren als er sprake is van hoge dichtheden dieren (drukbelegging). Van zo'n hoge graasdruk is in een beperkt aantal gebieden sprake en dat heeft bijvoorbeeld op de Landerumerheide op Terschelling en ten westen van de Prins Bernhardweg op Schiermonnikoog tot een toename van verstuivingen geleid. Ook door bepaald gedrag, bijvoorbeeld van stieren die plekken open trappen, kan kaal zand ontstaan. Zo zijn trapplekken van wisenten in het Kraansvlak gaan stuiven en vervolgens in omvang toegenomen.

Erosie door regenwater op een zuidhelling schept voorwaarden voor het ontstaan van een stuifkuil.

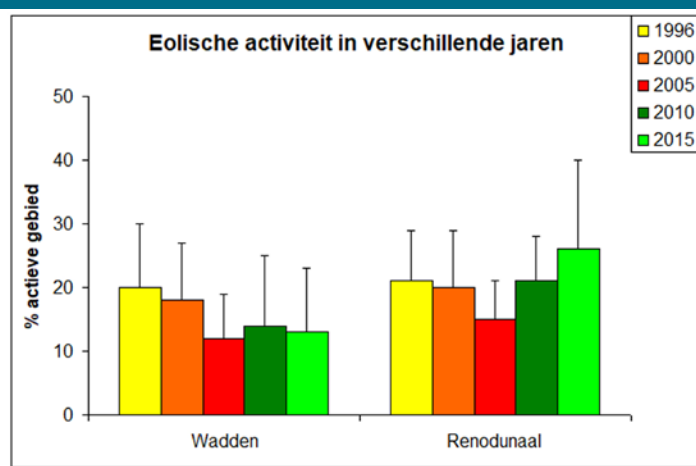
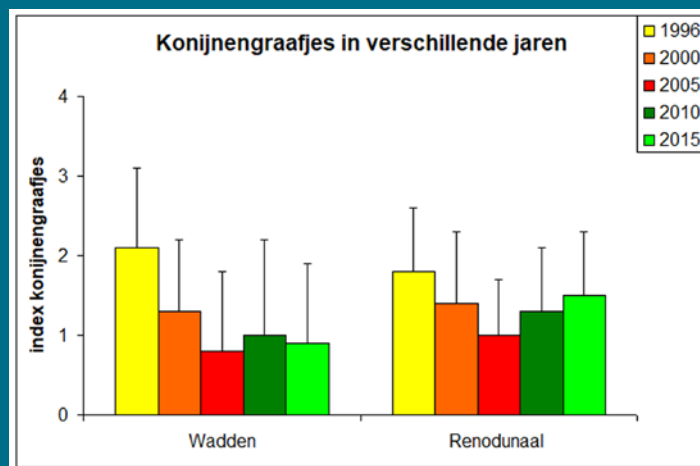


Konijnen

Konijnen zijn planteneters, die de vegetatie kort afgrazen. Daarnaast maken ze schraapplekken voor het eten van plantenwortels en graven ze holen. Al deze activiteiten kunnen voor een hogere gevoeligheid zorgen voor water- en winderosie.

De ontwikkeling van stuifkuilen gaat vaak gelijk op met de ontwikkeling van de konijnenstand. Zo is bijvoorbeeld bij het Zwanewater nadat de konijnenstand was ingestort, de dynamiek van stuifkuilen gaan haperen. In de Eierlandsche duinen op Texel en in de Amsterdamse Waterleidingduinen is de konijnenstand op een gegeven moment sterk toegenomen, waarna het aantal stuifkuilen eveneens sterk is gestegen. In andere gebieden met relatief veel konijnen, zoals in de kalkarme delen van het Waddendistrict, nam de verstuiving niet toe. Dit kan betekenen dat konijnen vooral verstuiving bevorderen als ze in zeer hoge dichtheden aanwezig zijn en als tevens de gevoeligheid voor kleinschalige verstuiving voldoende groot is.

Door virusziekten is de konijnenstand in het Nederlandse duingebied over het geheel sterk afgenomen vanaf de jaren '80, na 2003 weer toegenomen, maar de laatste jaren weer (sterk) dalende. Op sommige plaatsen nam de konijnenstand tot voor kort echter nog wel toe.



Verloop van de konijnenactiviteit en de verstuivingsactiviteit van 1996-2015 in duingebieden van het Waddendistrict (het duingebied ten noorden van Bergen aan Zee en op de Waddeneilanden) en het Renodunaal district (het duingebied ten zuiden van Bergen aan Zee).



1



2



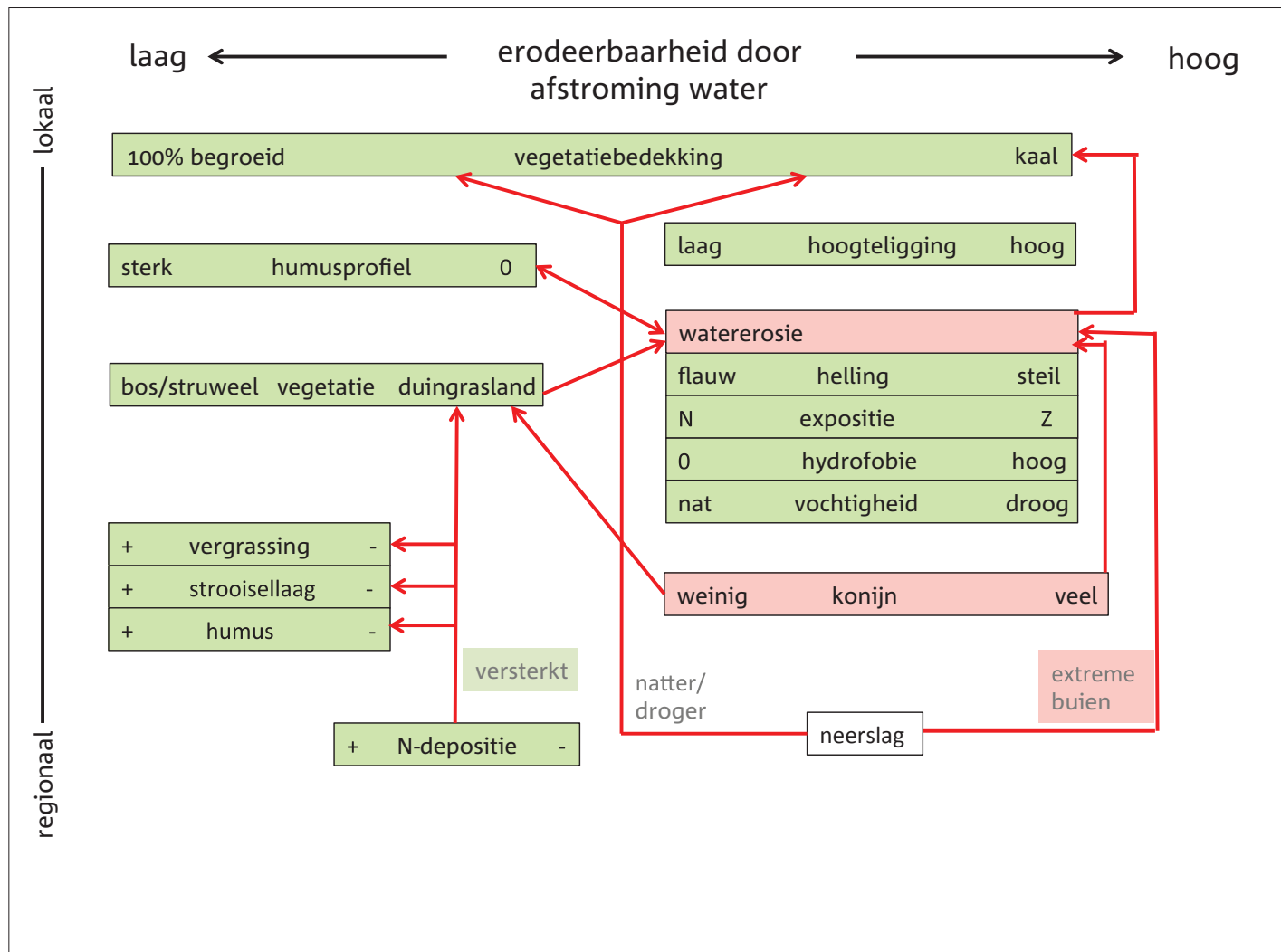
3



4

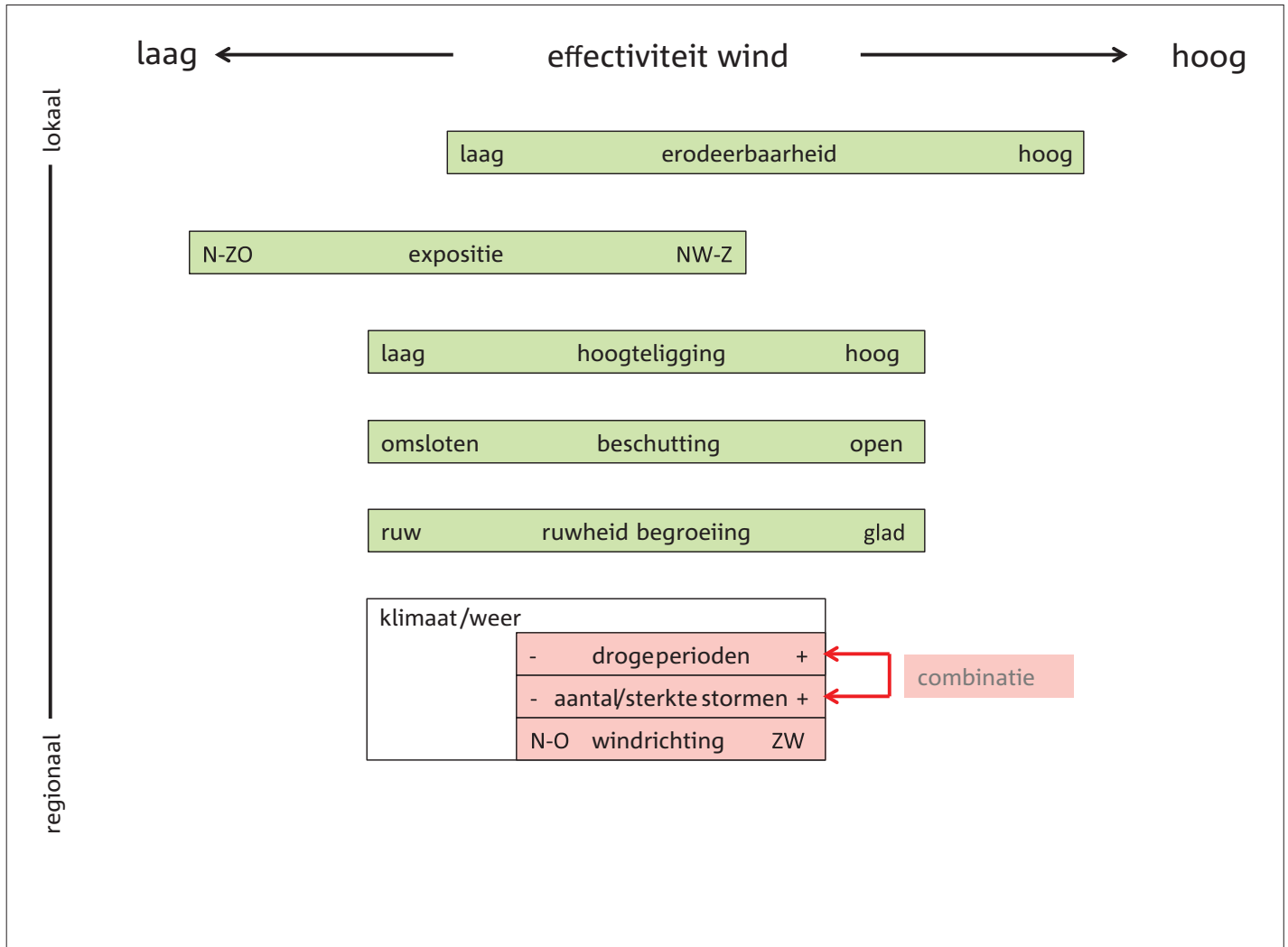
Afname van de konijnenactiviteit (kleine witte vlekjes) en actieve stuifkuilen (grotere vlakken) in duinvallei Hazenkamer in het Zwanenwater. Luchtfoto's uit 2000 (1), 2007 (2), 2011 (3) en 2015 (4)

Samenhang tussen de factoren die de erodeerbaarheid van de bodem bepalen



De samenhang tussen de belangrijkste bepalende factoren, die in dit hoofdstuk zijn besproken. Deze factoren bepalen twee belangrijke processen, namelijk 'de erodeerbaarheid van de bodem' en 'een effectief zandtransport'.

Samenhang tussen de factoren die een effectief zandtransport bepalen



Legenda

- factoren die de verstuijvingsgevoeligheid bepalen
- factoren die de verstuijving initiëren

bron: Aggenbach et al, 2018.

7. Kleinschalige verstuiving in Nederland

Kleinschalige verstuiving vanuit stuifkuilen komt overal langs de Nederlandse kust voor. Maar de dichtheid aan stuifkuilen langs de Nederlandse kust verschilt sterk van gebied tot gebied. Ook de mate van activiteit en hun ontwikkeling in de afgelopen decennia variëren sterk. Het overgrote deel van het duingebied is echter nog steeds inactief.

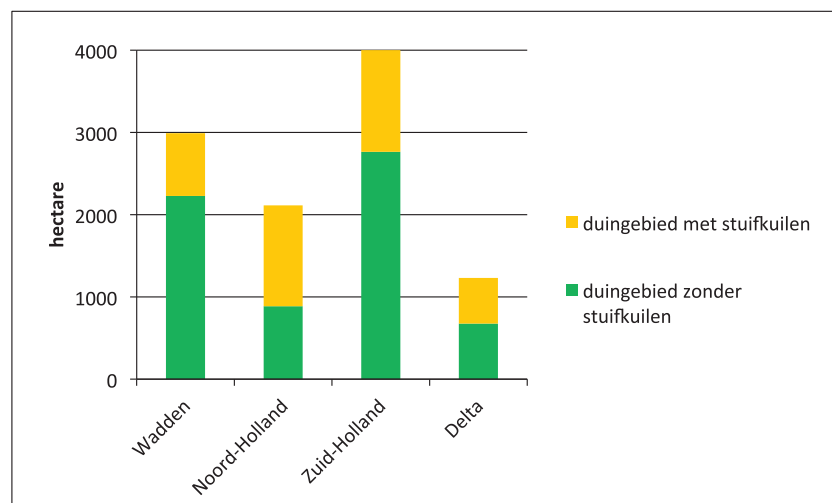
dichtheid van 50 kuilen per km² en zelfs uitschieters naar 100-600 stuifkuilen per km², vooral in Zuid-Holland. De verschillen tussen gebieden zijn echter groot. Zo zijn er ten zuiden van Bergen aan Zee lokaal dichtheden van zelfs meer dan 600 kuilen per km² geteld, wat extreem hoog is. In de Amsterdamse Waterleidingduinen (AWD) is de dichtheid in het kalkrijke buitenduin veel hoger dan in het ontkalkte midden- en binnenduin, waar grote delen zelfs vrijwel verstoken zijn van kleinschalige verstuivingsdynamiek.

In het Deltagebied is het aantal actieve stuifkuilen met een dichtheid van 16 kuilen per km² bijzonder laag. Alleen op Goeree en Schouwen komen nog actieve stuifkuilen voor.

Veranderingen in de tijd

Opvallend is, dat er ook grote verschillen zijn tussen en binnen de regio's wat betreft de verandering in eolische dynamiek in de tijd.

Voor 1980 was er decennia lang sprake van het vastleggen van de duinen, waardoor er nauwelijks verstuiving optrad. In de periode tussen 1980 en 1990 is de verstuiving in de kalkrijke duinen langzaam toegenomen. Dit is waarschijnlijk het gevolg geweest van het stoppen van het vastleggingsbeheer en een relatief hoge konijnenstand, in combinatie met een aantal zware stormen in die periode. De stikstofdepositie was toen wel hoog, maar deze werd gecompenseerd door de hoge aantallen konijnen, die de vegetatiegroei in toom hielden. Tussen 1990 en 2003 nam het aantal konijnen door de virusziekte VHS enorm af en was de stikstofdepositie nog heel hoog. Hierdoor trad grootschalige stabilisatie op, waarbij het aandeel kaal zand enorm afnam, hoewel de windkracht vergelijkbaar was met de periode daarvoor. Na 2003 trad er in de kalkrijke duinen spontaan herstel op van verstuiving, vooral in gebieden met veel konijnen, hoewel de gemiddelde windkracht lager was



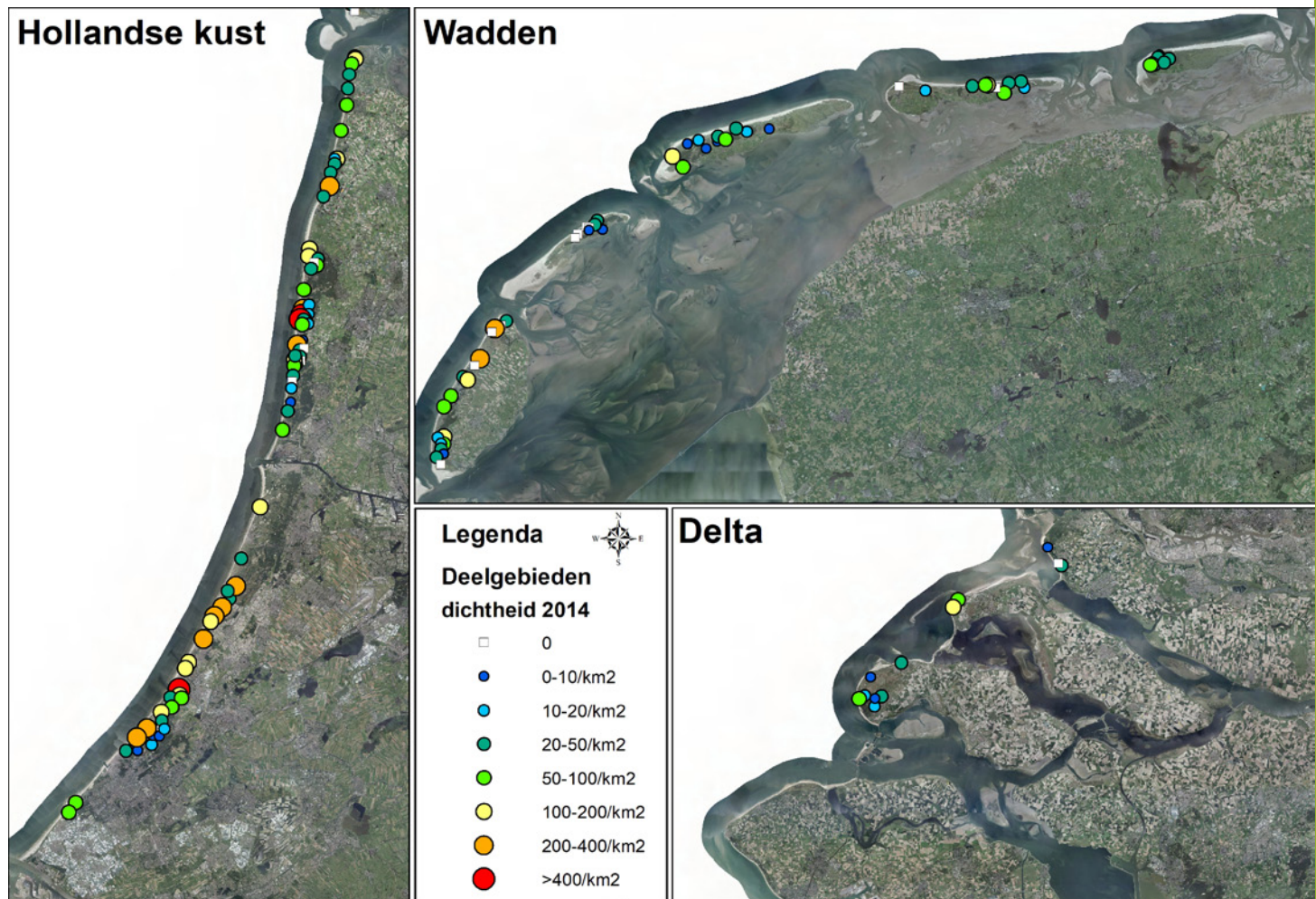
Verdeling in actief en stabiel oppervlak van het Nederlandse duingebied in ha weergegeven per regio in 2014 (Bron Arens Bureau voor Strand- en Duinonderzoek)

actief = gebied waar stuifkuilen voorkomen
stabiel = gebied waar geen stuifkuilen voorkomen

Verschillen in dichtheid per regio in 2014

Op de Waddeneilanden is het aantal actieve stuifkuilen relatief gering en de dichtheid laag, met gemiddeld 30 stuifkuilen per km². Op Vlieland is de dichtheid verreweg het laagst. Hier zijn grote delen waar geen stuifkuilen meer voorkomen. Op Texel en het westelijke deel van Terschelling komen relatief de meeste actieve stuifkuilen voor.

Langs de Noord- en Zuid-Hollandse kust is de dichtheid aan actieve stuifkuilen het hoogst, met een gemiddelde



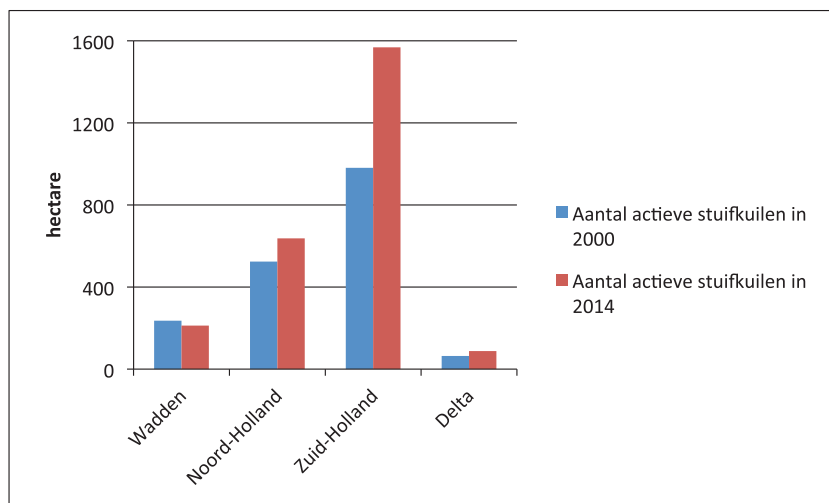
dan in de jaren tachtig en negentig. Deze toename van de verstuiving was het gevolg van een toename van het aantal konijnen, in combinatie met een significante daling van de stikstofdepositie, tot waarden rond de kritische depositiewaarde (KDW) voor kalkrijke Grijze duinen. Kalkrijke duingebieden met veel korte vegetatie zijn onder de huidige klimaat- en bodemcondities nog steeds in staat om spontaan te reacteren. Een

versterkende klimaatfactor is de hogere frequentie van zware buien langs de Hollandse kust, wat watererosie bevordert.

In het kalkarme Waddendistrict trad na de stabilisatiefase van 1990-2003 vrijwel geen herstel van de verstuiving op. Dit heeft vermoedelijk te maken met de eerder genoemde ontwikkeling van de vegetatie en bodem als

De dichtheid van het aantal actieve stuifkuilen per hectare in 2014, gemeten in het deel van het duin waar stuifkuilen voorkomen (Uit: Aggenbach et al., 2018).

gevolg van de sterk eutrofiërende werking van de hoge stikstofdepositie. Het aantal actieve stuifkuilen is in de periode tussen 2000 en 2014 op veel Waddeneilanden dan ook afgenomen. Op Texel (bij de Slufter en de Hors) en op veel plaatsen langs de kalkrijke Hollandse vastelandskust zijn in de periode tussen 2000 en 2014 de aantallen juist (fors) toegenomen, vooral in hoge duinmassieven dichtbij de kust. In de brede duingebieden van de vastelandskust zijn het middenduin en de binnenduinzone echter weer minder actief geworden. In het Deltagebied is het aantal actieve kuilen sinds 2000 licht gestegen, maar nog wel erg laag. Deze grote verschillen in verstuivingspatroon laten zien dat factoren op lokale en regionale schaal, vaak ook in samenhang met elkaar, belangrijk zijn.



Het aantal actieve stuifkuilen per regio in 2000 en 2014 (Bron Arens Bureau voor Strand- en Duinonderzoek).

Een samenspel van factoren

Waddendistrict

In de kalkarme duinen van het Waddendistrict is de situatie voor kleinschalige verstuiving relatief ongunstig door een optelsom van factoren, die elkaar ook nog eens versterken. Dat betreft:

- 1 een stikstofdepositie die nog steeds hoger is dan de kritische depositiewaarde met een overmaat aan ammonium, wat leidt tot voedselverrijking en versnelde ophoping van organische stof
- 2 relatief weinig konijnen
- 3 een relatief ver voortgeschreden bodem- en vegetatiesuccessie door een sterke mate van verruiging, vooral met Helm, Zandzegge en Kraaiheide, met dichte beworteling en daardoor een geringe erodeerbaarheid van de bodem
- 4 een lagere kalkrijkdom en een lage pH van de bodem die humusvorming versterkt
- 5 minder neerslag en minder natte dagen, wat minder watererosie kan betekenen
- 6 deels een ongunstiger ligging van de Noordzeekust (noord) op de overheersende westzuidwesten windrichting
- 7 een geringere hoogte van de duinmassieven (gemiddeld 3,5 meter lager dan in de kalkrijke duinen)

Hollandse vastelandskust

In de kalkrijke duinen van de Hollandse vastelandskust, en vooral in het buitenduin, het dichtst bij de kust, is de situatie veel gunstiger dan op de Waddeneilanden, door een optelsom van gunstiger factoren. Dat zijn:

- 1 een stikstofdepositie die deels lager is dan de kritische depositiewaarde en gedomineerd wordt door nitraat, dat makkelijker dan ammonium uitspoelt naar het grondwater en dan dus niet meer beschikbaar is voor de vegetatie
- 2 meer konijnen
- 3 een minder vergevorderde bodem- en vegetatiesuccessie, door een overheersende vegetatie van vooral duingrasland met een geringe mate van verruiging en daardoor een grotere erodeerbaarheid van de bodem
- 4 een hogere kalkrijkdom en pH van de bodem, waardoor deze minder gevoelig is voor eutrofiëring door hoge stikstofdepositie
- 5 meer dagen met hevige neerslag, wat bevorderlijk is voor watererosie

- 6 een gunstiger ligging van de kust (west tot noord-west) op de overheersende windrichting
- 7 een grotere hoogte van de duinmassieven

Een ander voordeel is, dat veel kalkrijke duingebieden in de jaren negentig pas recentelijk gestabiliseerd waren, waardoor lokaal het humusprofiel niet ver was ontwikkeld en de vegetatie rond 2000 waarschijnlijk vooral nog uit pioniersoorten en mossen bestond. Deze vegetatie is gemakkelijker opnieuw in verstuiving te brengen dan een dichtbegroeiende, hoge vegetatie met diep-wortelende planten op een bodem met een dik humusprofiel.

Deltagebied

In het Deltagebied is de toestand van de actuele vegetatie een groot nadeel. Deze bestaat daar voor een belangrijk deel uit duindoornstruweel en hoog struweel of bos. Daarnaast zijn er oude duingraslanden met een korte vegetatiestructuur, waar de verstuivingsgevoeligheid gering is vanwege de eeuwen oude bodem met relatief diepe humusprofielen. Op veel plaatsen behoren de duingraslanden tot de kalkarme Grijszandduinen die erg gevoelig zijn voor stikstofdepositie en daardoor verruigd zijn. Ook zijn de duinen op verschillende delen van het Deltagebied (Voorne, Goeree en Walcheren) relatief laag en dus minder sterk geëxponerd op de wind.

Stimulerende factoren

Op basis van de gevonden patronen in het Nederlandse kustgebied en de regionale verschillen daartussen, is het lastig om een verklaring te vinden op grond van afzonderlijke factoren. Het lijkt er op dat verstuivingsactiviteit vooral wordt gestimuleerd door een samenspel van de volgende factoren:

- 1 een lage stikstofdepositie
- 2 een hoge konijnendichtheid
- 3 een laag gehalte aan organische stof en een ondiep humusprofiel van de bodem
- 4 een hoog kalkgehalte en een hoge pH, mede omdat deze de beschikbaarheid van fosfaat vermindert

ren en daarmee de gevoeligheid voor eutrofiëring bij een hoge stikstofdepositie

- 5 een open en korte begroeiing
- 6 relatief veel dagen met veel neerslag (zware buien), liefst na een droge periode, waardoor watererosie wordt bevorderd
- 7 een hoge ligging van duinmassieven

Op lokale schaal is daarnaast voor het initiëren of actief houden van verstuiving ook van belang:

- 1 de expositie van duinhellingen, vanwege de invloed van het microklimaat. De zuidoost-, zuid- en zuidwesthellingen hebben relatief veel droogtestress en zijn daardoor het meest gevoelig voor wind- en watererosie
- 2 betreding door recreanten en ingezette grazers. De dichtheid van paden lijkt geen relatie te hebben met de verstuivingsactiviteit.

In het Vlaggenduin bij Katwijk (Zuid-Holland) is de verstuivingsdynamiek sterk toegenomen. De dichtheid aan stuifkuilen is hier zo hoog dat de ruimtelijke effecten van de afzonderlijke stuifkuilen op de bodem en vegetatie elkaar deels overlappen.



8. Bevorderen van kleinschalige verstuiving

Om de droge duingraslanden van het habitatype H2130 Grijze duinen te behouden of te herstellen met behulp van kleinschalige verstuiving, kan het nodig zijn om actief in te grijpen. Waar, wat en wanneer dat het beste kan, hangt af van verschillende factoren. Voordat concrete maatregelen gepland kunnen worden, bijvoorbeeld in het kader van de PAS, is het nodig om eerst op een grotere tijd- en ruimteschaal naar het te beheren gebied te kijken en een strategie voor de lange termijn op landschapsschaal uit te werken. Dat is nodig, omdat de effecten van verstuiving na stabilisatie langdurig, tot wel 50-100 jaar, kunnen doorwerken op de bodem en de vegetatie. Maar ook omdat effecten op de kleine fauna al na 10-15 jaar zijn uitgewerkt en er doorlopend actieve stuifkuilen nodig zijn.

Langetermijnstrategie

Voor het krijgen van overzicht en het maken van een plan voor de lange termijn, kunnen de volgende stappen doorlopen worden (zie ook het stroomschema afwegen strategie):

- informatie verzamelen over de geschiedenis van het gebied (aangaande bodem, vegetatie, fauna, reliëf, beheerplannen);
- informatie verzamelen over de actuele toestand en de natuurdoelen van het gebied;
- analyse van de mogelijkheden en onmogelijkheden van uitbreiding van het oppervlak of verbetering van de kwaliteit van de aanwezige Grijze duinen;
- afweging maken of er een ecologische noodzaak is (voor het verwezenlijken van de natuurdoelen) om maatregelen te nemen;

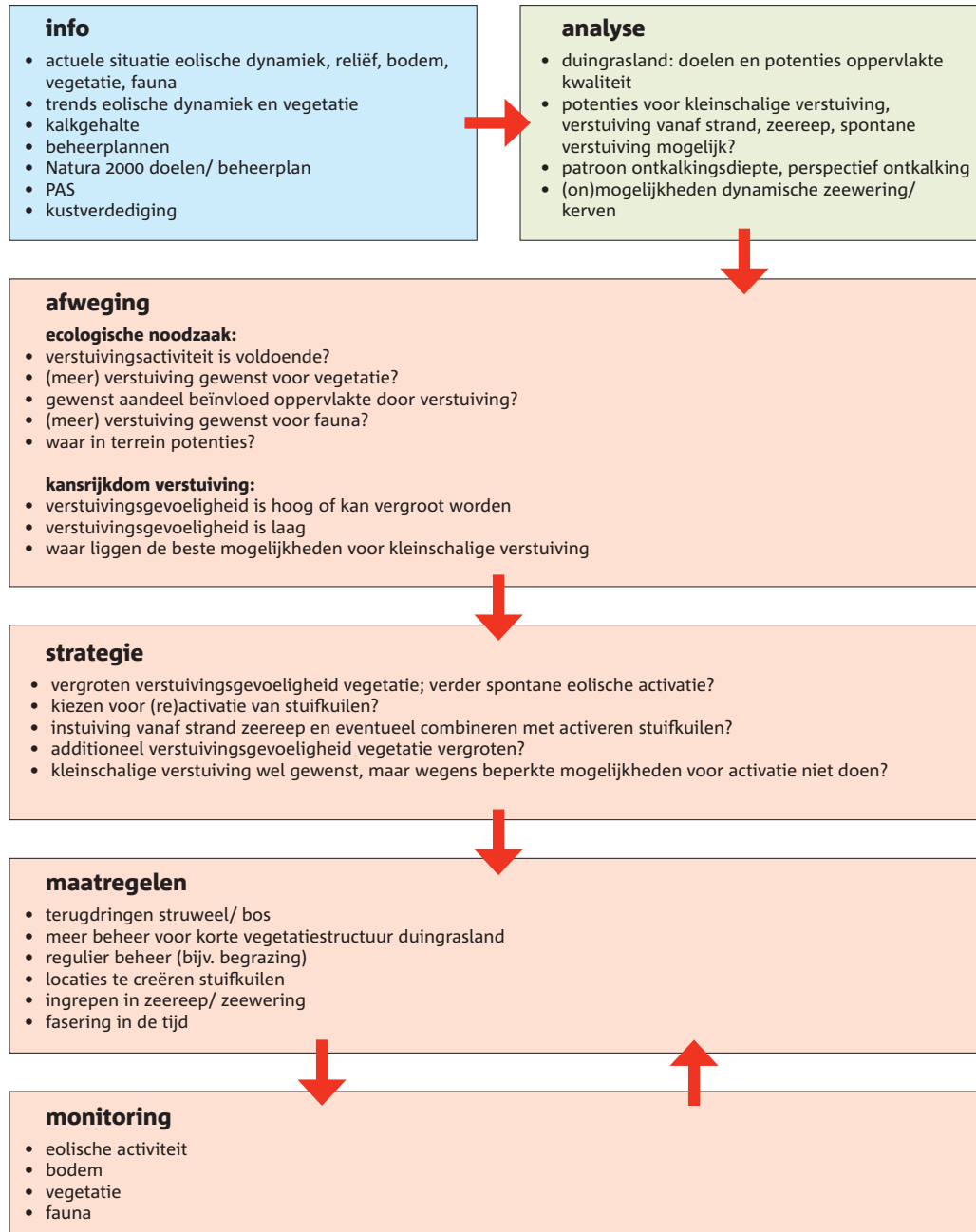
- kosten en baten tegen elkaar afwegen (financieel, maar ook in natuurwinst en bijvoorbeeld aardkundige waarden);
- een inschatting maken van de kansrijkdom van maatregelen voor verstuiving (op grond van de factoren die de verstuivingsgevoeligheid van het gebied bepalen);
- een strategie bepalen in tijd en ruimte voor de te nemen maatregelen;
- het uitvoeren van de maatregelen en monitoring.

Concrete maatregelen

Bij het nemen van maatregelen ter bevordering van kleinschalige verstuiving is het van belang om rekening te houden met de factoren die op korte termijn van invloed zijn op de te realiseren doelen. Deze factoren zijn in de voorgaande hoofdstukken uitgebreid beschreven en bepalen waarom, waar, hoeveel, wat en wanneer de maatregelen uitgevoerd kunnen worden.

Waarom maatregelen?

- duingraslanden hebben een geringe oppervlakte;
- er is een afnemende trend in areaal en kwaliteit van duingraslanden;
- duingraslanden zijn soortenarm en hebben een oppervlakkig ontkalkte bodem, waarvan de bodemtoplaag matig tot sterk verzuurd is;
- verstuiving ontbreekt geheel of treedt maar beperkt op;
- de bepalende factoren voor verstuivingsgevoeligheid zijn gunstig (zoals hoge ligging, goede expositie, korte afstand tot de kust, korte en open vegetatie, weinig humus, veel konijnen) of te verbeteren met beheer;
- verstuiving van kalkrijk zand kan 50-100 jaar doorwerken;
- kleinschalige verstuiving werkt veel beter dan grootschalige verstuiving voor fauna, omdat je veel minder schade toebrengt en veel meer variatie creëert.



Stroomschema voor het afwegen van een strategie voor de lange termijn voor kleinschalige verstuiving (Uit: Aggenbach et al. 2018).

Waar?

- de beste locaties voor stuifkuilen zijn gelegen aan de bovenzijde van hoge duinen (niet op de toppen), met lage begroeiing erachter;
- bij voorkeur op de zuidoost-, zuid- en zuidwest hellingen (eventueel west- of noordwest hellingen);
- op plaatsen waar voldoende ruimte is voor de instuifzones (deze kunnen wel 1 tot 10 keer groter zijn dan de uitstuifzone en bevinden zich vaak vooral ten noordoosten van de stuifkuil, bij voorkeur op al bestaand duingrasland);
- bij voorkeur op plekken met een slechte of matige kwaliteit van duingrasland (waar bijvoorbeeld dominantie van hoge grassen of Grijs kronkelsteeltje is) of struweel, om goed ontwikkelde duingraslanden te sparen;
- bij voorkeur op plaatsen waar de ontkalkingsdiepte van de bodem minder is dan 50 cm onder het maai-veld;
- ook in duinzones waarvan de bodem diep ontkalkt is (50 tot 100 cm kalkarm/kalkloos zand) kan verstuiving toch zinvol zijn;

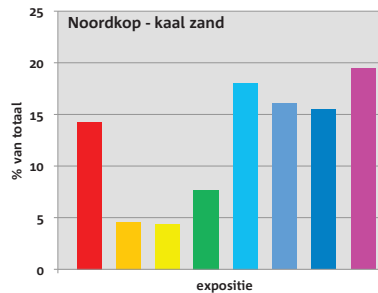
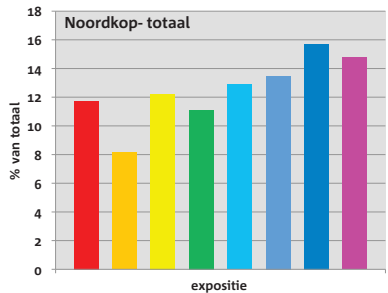
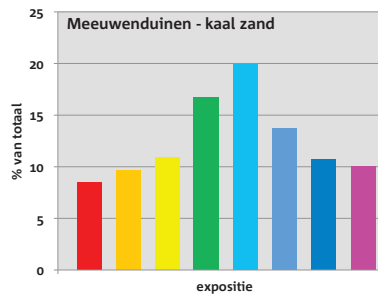
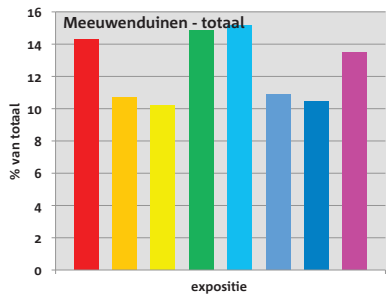
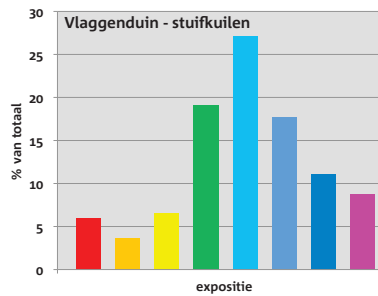
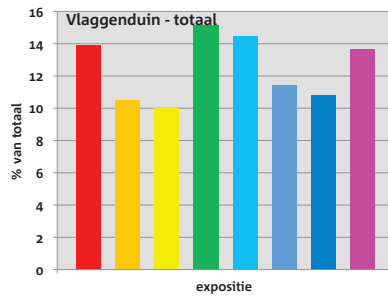
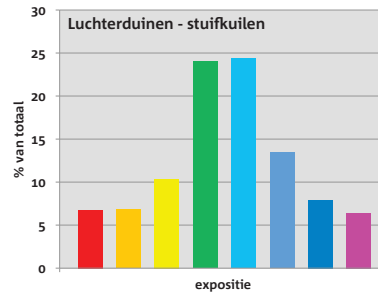
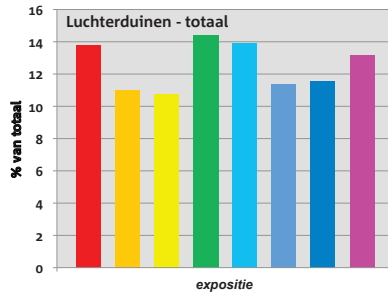
Verstuiving vanuit de zeereep op Ameland



- zo mogelijk vlak achter of in (verbinding met) de zeereep (zeker in de kalkarme duinen van het Waddendistrict), zodat geprofiteerd kan worden van kalkhoudend zand vanaf het strand, eventueel via kerven;
- op plaatsen waar de vegetatie goed ontwikkeld is, maar geen verstuiving optreedt en verstuiving wel voordelen zou bieden aan kleine fauna.

Hoeveel?

- voor de grootte van de te reactiveren plekken zijn nog geen algemene richtlijnen te geven; de gemiddelde grootte van stuifkuilen in de Nederlandse kustduinen is ongeveer 400 m² (in het buitenduin relatief groter, in het midden- en binnenduin relatief kleiner), maar juist variatie in grootte is gewenst, omdat er dan verschillende stadia van stabilisatie ontstaan;
- een gunstige dichtheid van stuifkuilen ligt voor gebieden met kalkhoudend zand in de range van 25 tot 60 actieve stuifkuilen per km²; voor diep ontkalkte duingebieden kan deze range ook worden nagestreefd;
- teveel stuifkuilen (> 100 stuifkuilen per km²) dicht bij elkaar is ongewenst, omdat dan nog aanwezige goed ontwikkelde duingraslanden (die belangrijk zijn als brongebied) volledig overstoven kunnen worden en er zelfs een ontwikkeling richting Witte duinen kan worden ingezet;
- geen of weinig stuifkuilen aanleggen in een oud duinlandschap met vooral duinheide, omdat dat niet past, er daar andere kwaliteiten zijn en het maken van stuifkuilen een enorme ingreep zou zijn;
- de grootte van de reactivering hangt af van de ruimte die er is voor de uitstuif- en de instuifzones; dat hangt weer samen met de omringende infrastructuur, het reliëf, het patroon van de duinen en valleien en de omvang van het omringende (en te beïnvloeden) duingrasland;
- houd rekening met een instuifzone van maximaal 200 meter vanaf de stuifkuil.



Weergave van de verdeling van exposities in vier duingebieden. In de linkerkolom zijn de exposities van het gehele duingebied weergegeven; in de rechterkolom de exposities van de stuifkuilen. In de meeste gebieden domineren in de stuifkuilen de zuidoost-, zuid- en zuidwest hellingen, terwijl dit in de duingebieden in hun geheel veel gelijkmatiger is verdeeld.

- noord
- noordoost
- oost
- zuidoost
- zuid
- zuidwest
- west
- noordwest

Wat?

- verwijder de humuslaag en het overgrote deel van de wortellaag van de vegetatie in het gedeelte dat bedoeld is voor uitstuiving (deflatiezone);
- verwijder struiken en bomen die in de overheersende windrichting vóór de uitstufzone staan en ook aan de loefzijde, om remming van wind zo veel mogelijk te beperken;
- vermijd de aanleg van permanente depots en voer al het plagmateriaal af;
- leg eventueel stuifkuilen of kerven aan in de zeereep, om zo veel mogelijk te profiteren van het kalkhoudende zand van het strand (eventueel in combinatie met zandsuppleties);
- houd rekening met eventuele aanwezigheid van oude munitie of bunkers;
- graaf eventueel een nieuwe stuifkuil, als de lokale factoren gunstig zijn, maar er nog geen autonome verstuiving optreedt;
- combineer het activeren van verstuiving eventueel met de verwijdering van exoten zoals Amerikaanse vogelkers;

Begrazing kan vegetatie kort en open houden



- weeg de positieve effecten van de (re)activatie-maatregelen af tegen de negatieve invloeden van de werkzaamheden, zoals de effecten van rijroutes (bodemverdichting en beschadiging van de vegetatie door graafmachines) en de afvoer van het plagmateriaal.

Wanneer?

- plan de (re)activatie van stuifkuilen op een tijdschaal van decennia, spreid in de tijd en/of varieer daarbij in grootte van stuifkuilen (grotere stuifkuilen blijven over het algemeen langer actief dan kleine stuifkuilen), zodat er voor langere tijd verschillende stadia van stuifkuilen aanwezig zijn (actief, uitdovend én gestabiliseerd);
- soortenrijke duingraslanden ontstaan pas 20 tot 40 jaar na stabilisatie van het zand; dus stuifkuilen mogen ook weer stabiliseren na een tijd;
- de effecten van verstuiving op de voedselkwaliteit van plantensoorten voor kleine fauna verdwijnen relatief snel (binnen 15 jaar na stabilisatie), dus voor een hogere diversiteit en biomassa van kleine fauna kan het periodiek activeren van stuifkuilen (bijvoorbeeld om de 15 tot 30 jaar) belangrijk zijn.

Het belang van nabeheer

Vaak is het nodig om na uitvoering van de maatregelen nog gedurende minimaal enkele jaren nabeheer uit te voeren om de verstuiving goed op gang te krijgen. Het is goed om daar bij de planning en de financiën rekening mee te houden. Dit nabeheer kan bestaan uit:

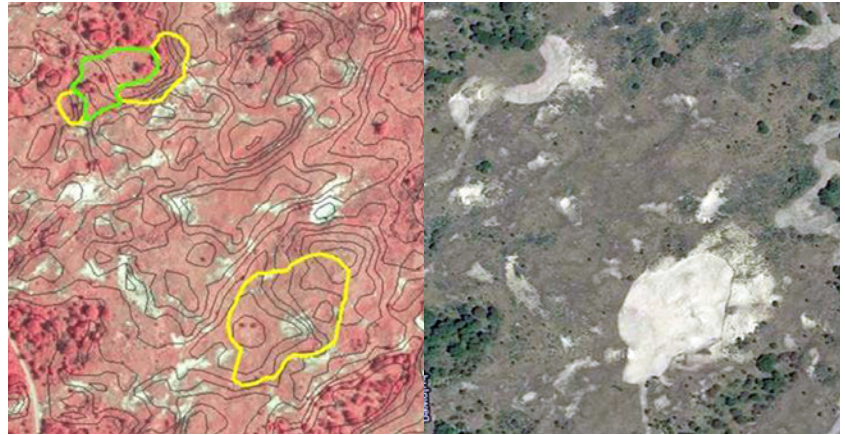
- het verwijderen van restanten van wortels die uitlopen (vooral bij diep wortelende soorten zoals Helm en Dauwbraam);
- verwijderen van bloot gestoven dode wortels (zoals van Duindoorn);
- het losmaken van het bij afgraven van de toplaag verdichte zand;
- beweiding (bij zeer grazige vegetaties);
- verwijderen van opslag van struweel;
- monitoring van de ontwikkeling, zodat duidelijk wordt of nabeheer nodig is;
- de durf om hier en daar ook af te wachten.

Amsterdamse Waterleidingduinen

In het zuidwestelijke deel van de Amsterdamse Waterleidingduinen zijn, net als in veel andere duingebieden in Noord- en vooral Zuid-Holland, in het buitenduin op natuurlijke wijze veel stuifkuilen ontstaan of door kleinschalige verstuivingsdynamiek geactiveerd. Binnen een periode van 15 jaar is het aantal actieve stuifkuilen daardoor enorm toegenomen.

Haasvelderduinen

In grote delen van het middenduin en binnenduin, zoals in de Haasvelderduinen, zijn stuifkuilen al decennialang gestabiliseerd. Onder invloed van stikstofdepositie en een dalende konijnenpopulatie was dit ondiep ont-kalkte deel van de Amsterdamse Waterleidingduinen bovendien dichtgegroeid met onder andere Duinriet. Als onderdeel van herstelbeheer, zoals in het kader van een Life+ project en het PAS, zijn vanaf 2013 stuifkuilen gegraven en is lokaal struweel verwijderd (zoals Duindoorn en Amerikaanse vogelkers) op de potentiële instuifzones.



Luchtfoto's van de Haasvelderduinen in 2013 (links, voor de ingreep) en in 2015 (rechts, na de ingreep). Bron luchtfoto's: www.beeldmateriaal.nl.

In 2013 is in de geel omcirkelde gebieden de bodem 30 tot 50 cm afgegraven en zijn twee kleine en een grote stuifkuil aangelegd. In het groen omcirkelde gebied zijn struiken en bomen verwijderd en is de vegetatie gemaaid. Op de rechter luchtfoto (2015) is zichtbaar dat er sprake is van flinke overstuiving aan de (noord)oostzijde van de stuifkuilen. Daardoor wordt kalkrijk zand over de vegetatie van kalkarm duingrasland verspreid.



In de overstuivingszone groeien soorten zoals Duinviooltje, waardplant voor de rupsen van de Kleine parelmoervlinder.



De situatie in de Haasvelderduinen in het najaar van 2013, vlak vóór de aanleg van een van de stuifkuilen (linkerfoto) en de situatie kort ná de aanleg van deze stuifkuil (rechterfoto). Naast de gegraven stuifkuil is de vegetatie (die een goede windwerking belemmerde) verwijderd.



Eind 2017 zijn er twee andere stuifkuilen in de Haasvelderduinen aangelegd, waarbij duindoornstruweel is verwijderd. Op de linkerfoto de situatie in najaar 2017, vlak vóór de aanleg. Op de rechterfoto de situatie in voorjaar 2019, een jaar ná de aanleg. De overstuivingszone op de voorgrond geeft aan dat niet alleen bij overheersende wind uit het zuidwesten, maar ook bij harde wind uit het oosten zand uit de kuil over de aangrenzende begroeiing stuift.

Beheer op maat

Het nemen van maatregelen zal steeds per gebied moeten worden afgewogen. Daarbij zijn vooral lokale factoren van belang. Maar ook zijn er verschillen per regio.

In een groot deel van het Waddendistrict is de kans op spontane kleinschalige verstuiwing gering door een lage verstuiwingsgevoeligheid van de duingraslanden. Daarom is het belang van maatregelen daar groot. De kansen voor herstel en behoud zijn hier het grootst in:

- de duinzones met kalkhoudend zand, die ondiep ontkalkt zijn (want die geven het grootste ruimtelijke effect);
- in hoge duinmassieven (want daar is meer kans op activatie);
- in de zones achter de zeereep (waar kalkhoudend zand het duin in kan stuiven).

In de diep ontkalkte dungebieden zullen stuifkuilen alleen voor het ontstaan van jonge, nieuwe duingraslanden in de uitstuiwzones zorgen, nadat deze weer gestabiliseerd zijn. Ze hebben dus een geringer ruimtelijk effect, maar dragen wel bij aan het herstel van de biodiversiteit.

Langs de Hollandse vastelandskust komen relatief meer stuifkuilen voor en treedt ook vaker spontane reactivatie van stuifkuilen op, omdat hier veel bepalende factoren gunstig zijn. Toch is dat niet overal het geval, bijvoorbeeld in het (on)diep ontkalkte midden- en binnenduin. Hier gaat de kwaliteit van duingraslanden achteruit wanneer er lange tijd geen verstuiwing optreedt. Er is dan een toename van ruige grassen, struweel (vooral duindoorn) en zelfs bos. Daardoor is er een grote tweedeling tussen actieve, open gebieden en steeds verder dichtgroeibende gebieden. Het is gewenst om hier meer variatie in te brengen, waardoor er ook meer overgangen ontstaan tussen kaal zand, kort duingrasland en opgaande begroeiing. Dat kan door:

- in de buitenzone van het dungebied oude, gestabiliseerde stuifkuilen te reactiveren, om ook kleine fauna continu een leefgebied te bieden;

- in de midden- en binnenduinzones op grotere schaal verstuiwing te activeren en struweel te verwijderen, zeker op de plaatsen waar sprake is van (oppervlakkige) ontkalking, vergrassing en verstruweling door bijvoorbeeld Duindoorn en de exoot Amerikaanse vogelkers.

In het Deltagebied is de verstuiwingsgevoeligheid in het algemeen laag, door ver voortgeschreden successie naar struweel en bos, en de aanplant van bos.

De jonge dungebieden hebben echter een goede potentie voor verstuiwing, omdat de bodemontwikkeling hier nog niet ver gevorderd is. Dat kan door:

- het op grote schaal verwijderen van Duindoorn en Amerikaanse vogelkers;
- soms zal daarna plaggen nodig zijn;
- na het verwijderen van struweel is begrazing effectief.

Ook zijn er in Zeeland potenties in de zeereep voor het activeren van stuifkuilen, om de kwaliteit van het duingrasland te verbeteren. Activatie van de eeuwenoude dungebieden, zoals de vroongronden, is lastig vanwege de ver voortgeschreden bodemontwikkeling en de geringe hoogte van de duinen. Deze gebieden hebben ook geen historie met veel kleinschalige verstuiwing.

Het graven van een stuifkuil is maatwerk





Duinroosje

9. Ter verdieping

- Aggenbach C.J.S., A. Kooijman, Y. Fujita, H. van der Hagen, M. van Til, D. Cooper & L. Jones (2017). *Does atmospheric nitrogen deposition lead to greater nitrogen and carbon accumulation in coastal sand dunes?* Biological Conservation 212:416-422.
- Arens, S.M. & T. Neijmeijer (2014). *Ontwikkeling van stuifkuilen in de Amsterdamse Waterleidingduinen – Zuidwestkern, 2001-2013*. Arens Bureau voor Strand- en Duinonderzoek RAP2014.02 in opdracht van Waternet.
- Arens, S.M. (2017). *Luchtfoto-analyse ontwikkeling stuifkuilen Vlaggenduin*. Arens Bureau voor Strand- en Duinonderzoek RAP2017.0b in opdracht van Gemeente Katwijk.
- Van der Putten, W. H., C. van Dijk & S.R. Troelstra (1988). *Biotic soil factors affecting the growth and development of *Ammophila arenaria**. Oecologia, 76(2), 313-320.
- Kooijman, A.M., M. van Til, E. Noordijk, E. Remke & K. Kalbitz (2017). *N-deposition and grass-encroachment in calcareous and acidic Grey Dunes (H2130) in NW-Europe*. Biological Conservation.
- 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?* Ring, 22(1), 11-25.
- Van Duinen, G. J., P. Beusink, M. Nijssen & H. Esselink (2005). *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.

- Van Oosten, H, A.B van den Burg, R. Versluijs & H. Siepel (2014). *Habitat selection of brood-rearing Northern Wheatears *Oenanthe oenanthe* and their invertebrate prey*. Ardea 102: 61-69.
- Wouters, B. & E. Remke (2012). *Onderzoeksprogramma Levende Duinen*. Stichting Bargerveen rapport, Nijmegen.
<https://preview.tinyurl.com/grijzeduinen> (pdf)

OBN-publicaties

- Aggenbach, C., S. Arens, Y. Fujita, A. Kooijman, T. Neijmeijer, M. Nijssen, P. Stuyfzand, M. van Til, J. van Boxel & L. Cammeraat (2018). *Herstel grijze duinen door reactiveren kleinschalige dynamiek*. OBN223-DK. VBNE, Driebergen.
- Beheeradvies activering eolische dynamiek duinen Zwanenwater als PAS-maatregel voor habitatype H2130 Grijze duinen*. Advies OBN-18-DK Driebergen, 2018.
- Beheeradvies activering eolische dynamiek duinen Noordwijk als PAS-maatregel voor habitatype H2130 Grijze duinen*. Advies OBN-14-DK Driebergen, 2017.
- Beheeradvies Noordduinen – Grafelijkheidsduinen: herstel verstuivingsdynamiek*. Advies OBN-12-DK Driebergen, 2016.
- Beheeradvies activering eolische dynamiek op de Waddeneilanden als PAS-maatregel voor habitatype H2130 Grijze duinen*. Advies OBN-11-DK Driebergen, 2016.

Kennisnetwerk OBN wordt gecoördineerd door de VBNE en gefinancierd door het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit en BIJ12

Vereniging van Bos- en Natuurterreineigenaren (VBNE)

Princenhof Park 7
3972 NG Driebergen
0343-745250

drs. W.A. (Wim) Wiersinga
Adviseur Plein van de kennis/
Programmaleider Kennisnetwerk OBN
0343-745255 / 06-38825303
w.wiersinga@vbne.nl

M. (Mark) Brunsveld MSc
Programma-medewerker OBN
0343-745256 / 06-31978590
m.brunsveld@vbne.nl