



Heeft het stuifzandlandschap in

In Nederland dreigt weinig stuifzandlandschap over te blijven. Door natuurlijke successie verandert dit in bos, een proces dat door de huidige stikstofdepositie versneld wordt. Van recente grootschalige beheersingrepen op het Hulshorster en Wekeromse Zand moet nog afgewacht worden hoe succesvol deze zijn. Het alternatief is kleinschalig en continu beheer. Op het Kootwijkerzand is daar sedert 1960 ervaring mee: hoe effectief is dit geweest?

Rita Ketner-Oostra
& Wim Huijsman

Overexploitatie van de heide op de Veluwe heeft in vorige eeuwen een uitgestrekt stuifzandlandschap doen ontstaan. Aan deze verwoestijning van de Veluwe kwam eind 19e eeuw een einde door de "woeste gronden" vast te leggen met massale aanplant van Grove den (*Pinus sylvestris*). Dat daarbij enkele stuifzandgebieden zijn uitgespaard, is wellicht te danken aan de schoonheid van het stuifzandlandschap (Tesch et al., 1926). In 1928 werd het Kootwijkerzand aangewezen als Staatsnatuurreservaat. Nadien werd in een periode van ruim 30 jaar niet ingegrepen in de vegetatie-ontwikkeling, waardoor tientallen ha dichtgroeiden met

Vliegdennen. Pas sinds begin zestiger jaren is de bosontwikkeling tegengegaan. Thans telt het reservaat ca 700 ha open terrein, waarvan ongeveer de helft bestaat uit open zand (foto 1).

Stuifzandvegetatie en -fauna

Stuifzanden zijn van nature zeer voedselarme gebieden met een extreem microklimaat waar maar enkele soorten hogere planten kunnen groeien. Daardoor is er veel ruimte voor lagere planten, vooral korstmossen die met weinig voedsel toe kunnen en temperatuurextremen kunnen doorstaan. Zij groeien echter langzaam en zijn daardoor zeer kwetsbaar.

Buntgras (*Corynephorus canescens*) en Heidespurrie (*Spergula morisonii*) zijn kenmerkende soorten van de tot rust komende stuifzanden en geven hun naam aan de Heidespurrie-Buntgras-gemeenschap (Sperulo-Corynephoretum). Voor Gelderland en Drente heeft Masselink (1994) daarvan een typologie beschreven met daarin totaal 35 korstmossoorten, zowel terrestrische (op de grond) als epili-

**Foto 1. Stuijzandland-
schap: fascinerende
vergezichten op het
Kootwijkerzand.**

Vegetatietype *	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
Aantal hogere planten	5	2	5	5	7	7	9	11
Aantal mossen	2	1	1	2	5	2	7	5
Aantal korstmossen	1	/	/	/	11	20	18	21
Aantal opnamen	9	5	4	6	15	21	16	8

- * Vegetatietype 1: pionierstadium van stuivend zand met grassen;
 2: vastlegging van kaal zand door wieren en Buntgras;
 3: id. door wieren, Buntgras en mossen;
 4: mostapijt met gedeeltelijke wierbedekking (*Palmogloea protuberans*);
 5: afstervend mostapijt door wiergroei en veroudering;
 6: korstmoss-ontwikkeling op gedeeltelijk afgestorven mostapijt;
 7: soortenrijke korstmoss-vegetatie;
 8: mozaïek-vegetatie van stuifzand- met heidevegetatie (inclusief Jeneverbes).

Locatie	1.	2.	3.	4.	5.	6.	8.	9.	11.	12.	13.
jaar 19..	80	60	80	80	78	80	78	62	80	80	80
aantal ha ¹	6	vV	10	vV	vV	vV	vV	15	3	4; vL	13
beheer:											
stammen weggesleept	+	+	+	+	chip ²	+	chip	+	+	+	+
takken verbrand	+	+	+	+	+/chip	+	+	+	+	+	+
strooisel afgevoerd ³	+	+	+/-	-	+/-	?	+/-	-	+	+	+
effect ⁴											
plaatselijk	-	+/-	+/-	-	+/-	+	+	+	+	+/-	+
op omgeving	-	-	+	+	-	+/-	+	+	+	-	-

- 1 vrij gesloten opstand van Grove den;
 vV, verspreide Vliegdennen; vL, verspreide Loofbomen
 2 ter plekke versnipperd en afgevoerd
 3 +, wél en -, niet afgevoerd; +/-, gedeeltelijk afgevoerd; ?, niet bekend
 4 +, positief en -, geen effect; +/-, deels positief effect; zie tekst.

**Tabel 1. Aantallen
hogere en lagere
planten in de
openvolgende
successiestadia
(vegetatietype 1-8)**

van stuifzandvege-
tatie op het Koot-
wijkerzand in 1993;
naar de summatie-
tabel in Ketner-
Oostra (1994)

**Tabel 2. Terrein-
gedeelten (locatie
1-13) waar opslag
is verwijderd in de
periode 1960-1985
om het stuifzand-
gebied van het**

**Kootwijkerzand op
een bepaalde
grootte te houden,
met een vegetatie-
kundige evaluatie
volgens Ketner-
Oostra (1996)**

Nederland toekomst?

tische (op grintstenen) groeiende soorten.

De open pionierfase is rijk aan bodem-
algen (Prach et al., 1993). Als deze algen
het zand min of meer hebben vastgekit,
kan zich Buntgras vestigen en vervolgens
Ruig haarmos (*Polytrichum piliferum*). In
de volgende fase vestigen zich geleidelijk
korstmossen, soorten van het geslacht
Cladonia en in de eindfase Rendiermossen
(geslacht Cladina). De meeste korstmossen
komen in deze latere successiestadia voor
(Ketner-Oostra, 1994; tabel 1). Geleidelijk
vestigen zich andere grassen; Struikheide
(*Calluna vulgaris*) en Vliegdennen volgen,
waarna zich langzaam bos ontwikkelt. Dit
jonge bos heeft kenmerkende mycorrhiza
paddestoelen (Ozinga & Baar, 1997).

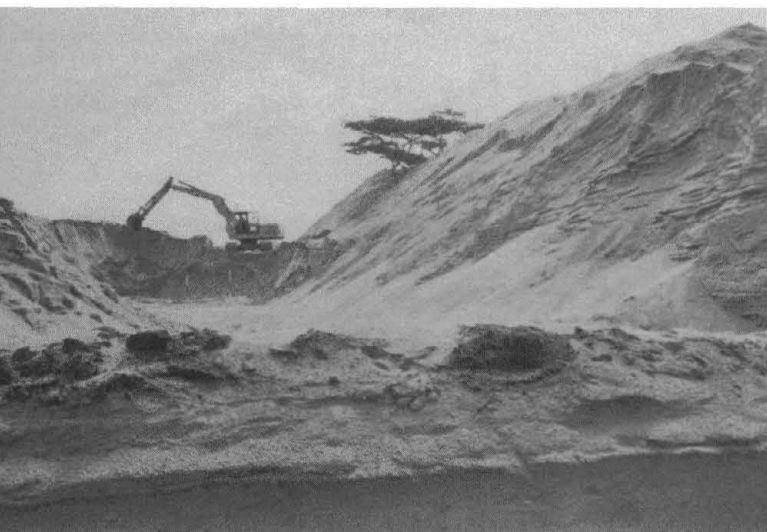
Elk successiestadium heeft specifieke
biotopen. Het mozaïekvormige patroon
van open zand, Buntgras- en Struikheide-
vegetatie met mossen en rijk aan korstmos-
sen vormt een specifiek biotoop voor
vogels als Tapuit, Boomleeuwrik en
Duinpieper, met in de kale bosranden de
Nachtzwaluw (Sierdema, 1995). Voor de
insecten is een karakteristieke soort de

- A Locatie A, 'De Dikke Bart' met locatie archeologische opgravingen
 B Detailkartering Noord uit 1968
 C Detailkartering Zuid uit 1968
 1 t/m 13 Terreingedeelten waar opslag is gekapt
 1 t/m 13 Terreingedeelten waar zich buiten de
bosrand opslag heeft gevestigd
 — Hoogspanningslijn
 --- Onverharde wegen



Fig. 1. Overzichtskartaal van het Kootwijkerzand met de locaties waar

**beheersmaatregelen
plaatsvonden in de
periode 1960 - 1985
(Heidinga, 1987).**



Blauwvleugelsprinkhaan, van de vlinders de Heidevlinder, de Kommavinder en het Heideblauwtje. Voor deze soorten is de mozaïek van kale bodem, korstmosbegroeiing en jonge heide het geëigende milieutype (Bink, 1995).

Invloed stikstofdepositie op de stuifzandvegetatie

Als gevolg van bioindustrie hebben de van oorsprong zeer voedselarme pleistocene zandgronden via de atmosfeer een forse nutriëntenstroom te verwerken gekregen. In dit systeem waar stikstof beperkende factor is, zou zonder bv stikstofdepositie pas in een latere, kruidenrijke vegetatiefase meer stikstof beschikbaar komen als gevolg van afbraak van organisch materiaal (Berendse et al., 1993). Door deze toevoer van nutriënten wordt de successie van stuifzandvegetatie naar heide en bos versneld. Sinds 1987 vertoont de stikstofdepositie landelijk een dalende trend. Op het Kootwijkerzand is in 1994 de depositie nog steeds hoog; deze varieert van west (gemeente Barneveld) naar oost (gemeente Apeldoorn) van 50 tot 40 kg/ha/jaar. Daarbij moet opgemerkt worden dat bossen meer droge depositie invangen dan lage vegetaties als grasland en heide (Van Dobben, 1991).

Ingrepen in het terrein

Staatsbosbeheer voert sinds 1960 op het Kootwijkerzand een actief beheer om het stuifzandgebied op eenzelfde formaat van ca 300 ha bewegend zand te houden. Daarnaast zijn er enkele niet doelgerichte ingrepen geweest, zoals vergravingen voor archeologisch onderzoek (Heidinga, 1987).

Om de gewenste diversiteit in abiotisch milieu te veroorzaken, is een sterke windwerking op het stuifzand nodig (Jungerius & van der Meulen, 1985). De successie wordt daardoor steeds teruggezet, zodat de vegetatie zich opnieuw vanuit de pionierfase met de daarbij horende soorten naar de unieke mozaïekvegetaties met hoge biodiversiteit kan ontwikkelen. Daartoe is langs de randen van het stuifzand (fig. 1) opslag van naald- en loofhout gekapt, waarvan de stammen uit het terrein zijn afgevoerd en de takken verbrand of versnipperd. Vaak is de strooisellaag verwijderd (tabel 2) en verkocht aan Azalea-kwekers.

In 1995 is het gevoerde beheer (periode 1960-1985) op 13 verspreid liggende locaties (fig. 1) geëvalueerd door vegetatie- en bodemonderzoek. Het beoogde beheerseffect is vergeleken met de actuele veldsituatie (Ketner-Oostra, 1996).

In de zeventiger jaren vonden archeologische opgravingen plaats met verstoring van het bodemprofiel waardoor zand uit diepere lagen aan de oppervlakte is gekomen (foto 2). Vergeleken met de kleinschalige biomassa-verwijdering door Staatsbosbeheer kunnen deze ingrepen "grootschalig" genoemd worden. Op deze locatie (bij A, fig. 1) is in 1995 de huidige vegetatie onderzocht (foto 3). Verder is het belang van instuivend zand voor de Buntgras- en heidevegetatie onderzocht op de plaats van twee voormalige detailkarteringen (Van Embden & Verwey, 1968). Voor een gedeelte was hier wel en voor een gedeelte geen beheersinvloed, waardoor inzicht werd verkregen over de autonome, ongestoorde ontwikkeling van stuifzandvegetatie.

Effecten kleinschalig beheer

Het effect van de kleinschalige beheersmaatregelen op de vegetatieontwikkeling blijkt per terreindeel zeer sterk te wisselen.

POSITIEVE EFFECTEN

1. Door de kap van grote Vliegdenen centraal in het terrein behoudt de wind haar stuwende kracht. Landschappelijk staat daar een afvlakking van de hoge forten tegenover. Forten zijn hoge zandheuvels waarvan oude humuslagen in de bodem aangeven dat het restanten zijn van het oorspronkelijke bosgebied waaromheen het zand is weggestoven. De centrale locaties 8, 9 en 10, waar sedert 1962 Vliegdenen en een tiental ha opslag is verwijderd, kenmerken zich nu door een interessant vitaal heidegebied met Struikheide in koepelvorm, waar Jeneverbes (*Juniperus communis*) kon kiemen en zich tot struiken in allerlei formaten ontwikkelde (foto 4). In de zuidoost-hoek (locatie 4) wordt geprofitteerd van kap elders: er ligt hier een dynamisch terrein, doordat Vliegdenen zijn gekapt in heideterrein en op enkele forten. Er is een afwisseling van interessante korstmosvegetatie en heide ontstaan op tamelijk steile hellingen. Door de afgelegen ligging en de afsluiting voor auto's van de daargelegen weg is er weinig verstoord door recreanten, een noodzaak voor de ontwikkeling van een soortenrijk korstmostapijt in ongeveer 15 jaar (Daniels & Krüger, 1996).

2. Op grintrijke dekzandlagen werken de beheersmaatregelen van kappen en humusverwijdering zeer positief uit (de noordoostelijk gelegen locatie 13). In de uitgestoven laagten en op de opgestoven duinrichels komen van de korstmossen de



Foto 2. Archeologische opgraving op het Kootwijkerzand (Heidinga, 1987).

Foto 4. Natuurlijke opslag van Jeneverbes in de overgang van Buntgras naar Struikheide-vegetatie in het oostelijk deel van het Kootwijkerzand.

Foto 3. Dezelfde plaats als op foto 2, nu vastgelegd door een Buntgras-Ruig haarmos-vegetatie (Ketner-Oostra, 1996).

meeste Rode-Lijstsoorten nog voor (Aptroot et al., 1998), evenals enkele vochtminnende rendiermossoorten (foto 5). De afstand tot de Gelderse Vallei speelt hier een rol evenals de recreatieluwte. Het is van belang hier met kleinschalig beheer open stuivende plekken te houden, zodat de successie naar humusrijk zand niet te snel zal gaan.

3. In de oosthoek (locatie 5) zou zonder de kap van opslag de heide-vegetatie snel overgroeid zijn geraakt met dennen. Het resultaat is nu een fraai gevarieerd heidelandschap met aan de boskant dichte opslag van Grove den waardoor een geleidelijke overgang is ontstaan van open terrein naar opgaand bos. Door de beschutte ligging zal hier echter in de toekomst regelmatig beheer noodzakelijk zijn.

NEGATIEVE BEHEERSEFFECTEN

1. De gevolgen van opslag- en humusverwijderen aan de westzijde van het Kootwijkerzand zijn zeer negatief te noemen (locatie 1 en 2, fig. 1). Na het verwijderen van 6 ha dichte opslag is een dichte Zandstruisgras (*Agrostis vinealis*)-vegetatie ontstaan bedekt met een bij vochtig weer slijmerige wierbegroeiing (*Gloeocystis polydermatica*). In de luwte van het bos is hier weinig invloed van de wind. Door de geringe afstand tot de Gelderse Vallei met hoge agrarische activiteit is de stikstofdepositie hier hoog, echter met een afname van de depositie in oostelijke richting. Ivens (1990) toonde in een studie over stikstofdepositie in dennenbos een significante toename aan van 30-50% in de bosrandzone als deze grenst aan lage vegetatie. Hij neemt aan dat hier sprake is van luchttrubulentie aan de bosranden. Uit het onderzoek van Ketner-Oostra (1994)

bleek dat deze westelijke bosranden een weinig interessante begroeiing vertoonden, mogelijk als gevolg van deze toename van N-depositie, maar mede als gevolg van de intensieve betreding vanuit enkele daar gelegen parkeerplaatsen.

2. Een andere negatieve ontwikkeling heeft zich centraal oostelijk in het terrein voorgedaan waar op beschutte plekken opslag werd verwijderd zonder de strooisellaag af te voeren (locatie 9 en een deel van locatie 6). Daar heeft zich als een heldergroen tapijt massaal Grijs kronkelsteeltje (*Campylopus introflexus*) gevestigd. Deze agressieve mossoort afkomstig uit het zuidelijk halfmond neemt sedert de zestiger jaren op dergelijke plekken de plaats in van de pioniersoorten onder de (korst)mossen. Vogels kunnen in hun zoek naar voedsel (larven) het tapijt verbrokkelen. Op den duur blijken de op humus groeiende (humicole) korstmossen zich daar te kunnen vestigen; toch nog een positieve ontwikkeling vooral bij wat inwaaiend zand.

3. In het noordelijk deel (locatie 12) blijft na de kap van loofhout veel jonge opslag van Berk en Eik terugkomen. Een leemlaag in de bodem maakt dat hier vochtige heidevegetatie met Dopheide (*Erica tetralix*) voorkomt. Vergelijken met elders op het stuifzand heeft het loofhout hier hogere kiemkansen, zodat regelmatig beheer noodzakelijk is.

4. Voor het terreindeel zelf negatief maar elders positief uitwerkend is in de zuiden zuidwesthoek de kap van opslag geweest (locatie 3). Er is veel wiergroei op de mos- en grasvegetatie ontstaan, maar het effect op het totaal van de zandverstuiving is positief, doordat de aanlooproute van de wind is vergroot (Junge-

rius & van der Meulen, 1985). In deze hoek zou met dat oogmerk nog meer bos gekapt kunnen worden.

EFFECT VAN GROOTSCHALIGE VERGRAVINGEN

Op het deel van het stuifzandgebied waar de archeologische opgravingen plaatsvonden (locatie A, fig. 1) zijn in 1995 de eerste fasen van de stuifzand-vegetatie van Buntgras zonder mossen aanwezig (vegetatietype 1 en 2 uit tabel 1). Dit wijst op een continue aanvoer van stuifzand. De opmerkelijke afwezigheid van Grijs kronkelsteeltje kan verklaard worden uit de diepe afgraving van dit terrein, waarna vooral zand uit diepere lagen zonder humus aan de oppervlakte is gekomen. Gezien de situering op het stuifzandterrein zal de invloed van de wind vanuit de kale zuidelijk en westelijk gelegen delen (o.a. van "De Dikke Bart", locatie A in fig. 1) groot zijn. Alleen het Buntgras en in een later stadium Ruig haarmos zijn tegen deze extreme omstandigheden bestand, Grijs kronkelsteeltje kennelijk niet.

Belang van stuivend zand

Het belang van instuiving blijkt uit het vergelijken van de tabellen uit het onderzoek van Van Embden & Verwey (1968) met de huidige situatie. Zonder het instuiven van zand blijkt in de noordelijke detailkartering (locatie B, fig. 1) door successie de aaneengesloten Struikheidevegetatie uit 1968 verdwenen te zijn. In de destijds korstmossenrijke Buntgras- en Struikheidevegetatie zijn Tormenil (*Potentilla erecta*), Tandjesgras (*Danthonia decumbens*), Zandblauwtje (*Jasione montana*) en Valkruid (*Arnica montana*) prac-

tisch verdwenen, in de moslaag groeit nu Grijs kronkelsteeltje, her en der zijn plekken omgewoeld door vogels. Onder de nu aanwezige Vliegden zijn tekenen van verzuring: Rankende helmblom (*Ceratocarpus claviculata*) en Bochtige smeel (*Deschampsia flexuosa*), onder een Vliegden in een dikke strooisellaag Kraaiheide (*Empetrum nigrum*) die zich hier aan de zuidgrens van haar areaal bevindt. Jeneverbes kon hier kiemen wat blijkt uit een exemplaar van 15 cm hoogte.

Bij een zekere mate van instuiving worden de meeste terrestrische korstmossen van de Heidespurrie-Buntgrasgemeenschap nog aangetroffen, zij het kwantitatief duidelijk verminderd. De bruine pioniersoort Kraakloof (*Coelocaulon aculeatum*) was hier in de zestiger jaren opvallend veel aanwezig in de eerste fasen van de Buntgras-begroeiing met Ruig haarmos, maar men moet er nu naar zoeken. In de successiefase van Buntgras- naar Struikheidevegetatie komen nog steeds rendiermossen voor, maar kwantitatief duidelijk minder dan in de vegetatie in 1968. Het Gewoon schorsmos (*Hypogymnia physodes*) dat op Struikheide-takjes en op de grond groeide, is nu bijna verdwenen overeen-

komstig de landelijke sterke achteruitgang van deze soort in heidevegetatie.

Op open locaties met veel instuivend zand worden in 1995 nog steeds rijke korstmossen-vegetaties aangetroffen: 15 van de 17 soorten die Van Embden en Verwey in hun tabellen noemen, zoals de Rode-Lijstsoorten *Cladonia zopfii* en *Cl. cervicornis* ssp. *pulvinata*; in een meer gesloten vegetatie Gewoon rendiermos (*Cladina portentosa*) met 30% bedekking en *Cladonia crispata* (Rode Lijst) met 10% bedekking. Bij instuivend zand over grintrijk dekzand groeit *Cladonia strepsilis* (Rode Lijst) te midden van andere soorten als o.a. *Cl. cervicornis* ssp. *cervicornis*. Op een aaneengesloten mat van Grijs kronkelsteeltje groeien 8 soorten *Cladonia*'s zoals *Cl. zopfii*, Kraakloof en *Stereocaulon condensatum*. Deze drie soorten waren in de zestiger jaren pioniersoorten op het kale zand maar gedragen zich nu als secundaire pioniers op afgestorven mos.

Continu kleinschalig ingrijpen of incidenteel grootschalig?

1. Uit de herstelwerkzaamheden na de archeologische opgravingen blijkt dat hoe groter de schaal van vernieuwde zandinput is, hoe sterker de effecten van atmosferische depositie te niet worden gedaan (de Vries et al., 1994). Uit het onderzoek blijken op die locatie de authentieke pioniergezelschappen van de Heidespurrie-Buntgras-gemeenschap voor te komen.
2. De kap van Vliegden in de centrale delen blijft nodig om de wind ongebroken de noordelijke en oostelijke terreinden te laten bereiken. Daar kunnen ondanks verzurende invloeden toch rijke mozaïekvegetaties van korstmossenrijke

Buntgras- met Struikheidevegetatie voorkomen.

3. Het kapbeheer is effectief op grintrijke stuifzandlagen en langduriger als daarna de strooisellaag wordt verwijderd. Met name is dit gunstig voor een aantal korstmossen in de categorie "bedreigd" en "kwetsbaar" uit de landelijke Rode Lijst (Aptroot et al., 1998). Bij inwaaiend zand kan een aantal primaire pioniers onder de korstmossen op afgestorven mossen als secundaire pioniers gaan voorkomen.

4. De kleinere ingrepen uit het verleden hebben de overgangen van open zand naar levenskrachtige en gevarieerde Struikheidevegetatie en Jeneverbesstruweel mogelijk gemaakt, met name in de ten oosten van het open zand gelegen terreindelen (foto 6). Deze kieming en vestiging van Jeneverbes is momenteel uniek voor Nederland.

5. De westelijke bosranden hebben door de relatief hoge atmosferische depositie een weinig interessante begroeiing. Door de hoge recreatiedruk heeft daar bovendien fragmentatie van korstmosgezelschappen een rol gespeeld (Biermann & Daniels, 1997). Door de hoge groeisnelheid kan bij weinig dynamiek het Grijs kronkelsteeltje hier gaan domineren, profiterend van de stikstofdepositie. Hetzelfde heeft zich voorgedaan bij opslagverwijdering zonder strooiselafvoer.

In tegenstelling tot het lange tijd beheersmaatregelen nalaten en dan overgaan op grootschalig beheer staat het frequent kleinschalig beheer garant voor de handhaving van de huidige afmetingen van het open stuifzand en voor alle successiestadia van Buntgras- naar Struikheidevegetatie-

Foto 5a. *Cladonia*-soorten sieren vastgelegd stuifzand met felgekleurde apothecien: Rood bekermos (*Cladonia coccifera*) links en Bruin heidestaartje (*Cladonia glauca*) rechts.

Foto 5b. Korstmosrijke stuifzandvegetatie met Gewoon rendiermos (*Cladina portentosa*) links, Slank heidestaartje (*Cladonia gracilis*) midden en Varkenspoortje (*Cladonia uncialis*) rechts.



Foto 6. Dankzij kleine ingrepen in het verleden zijn overgangen van Buntgras- naar levenskrachtige Struikheide-vegetatie en opslag van Jeneverbes mogelijk geworden.



en jong bos. Juist deze mate van landschapsheterogeniteit speelt een rol bij de overlevingskansen van insectenpopulaties (Bink, 1995). Daarbij hangt de verscheidenheid aan biotopen met hun hoge biodiversiteit samen met de toevoer van stuifend zand vanuit de centrale stuifbanen. In het half-natuurlijk stuifzandlandschap blijft dit beheer een vereiste, zolang de zure regen en stikstofdepositie landelijk niet werkelijk gaan afnemen.

Literatuur

Aptroot, A., C.M. van Herk, H.F. van Dobben, P.P.G. van den Boom, A.M. Brand & L. Spier, 1998.

Bedreigde en kwetsbare korstmossen in Nederland. Basisrapport met voorstel voor de Rode Lijst. Buxbaumliella 46 (in druk).

Berendse, F., R. Aerts & R. Bobbink, 1993.

Atmospheric nitrogen deposition and its impact on terrestrial ecosystems. In: C.C. Vos & P. Opdam, Landscape Ecology of a stressed Environment. Chapman & Hall, London.

Biermann, R. & F.J.A. Daniels, 1997. Changes in a lichen-rich dry sand grassland vegetation with special reference to lichen synusiae and *Campylopus introflexus*. Phytocoenologia 27: 257-273.

Bink, F.A., 1995. Relaties tussen dagvlinders en milieutypen op de heide. Basisrapport heide 6. IBN-rapport nr. 187.

Daniels, F.J.A. & O. Krüger, 1996. Veranderingen in droge stuifzandbegroeiingen bij Kootwijk na kappen en verwijderen van Grove dennen. Stratiotes 13: 37-56.

Embden, A.E. van & L.E. Verwey, 1968. Het Kootwijkerzand. Vegetatiekundig onderzoek. Inst. Syst. Plantkunde, R.U. Utrecht, RIVON, Zeist.

Dobben, H.F. van, 1991. Effect of air pollution on Dutch heathland. In: G.J. Heij & T. Schneider (eds), 1991. Acidification Research in the Netherlands, Final report on the Dutch Priority Programme on Acidification. Studies in Environmental Science 46, Elsevier.

Heidinga, H.A., 1987. Medieval settlement and economy north of the Lower Rhine. Archeology and history of Kootwijk and the Veluwe (the Netherlands). Van Gorcum, Assen/Wolfeboro USA.

Ivens, W., 1990. Atmospheric deposition onto forests: an analysis of the deposition variability by means of throughfall measurements. Diss. U.v. Utrecht.

Jungerius, P.D. & F. van der Meulen, 1985. De ontwikkeling van stuifkuilen in het duinterrein Meijendel. Landschap 2: 143-151.

Ketner-Oostra, R., 1994. De korstmosvegetatie van het Kootwijkerzand. Vegetatie- en bodemkundig onderzoek bij de aanleg van permanente kwadraten in het stuifzandgebied. Staatsbosbeheer Driebergen, Rapport 1994-1.

Ketner-Oostra, R., 1996. Stuifzandvegetatie van het Kootwijkerzand. De invloed van beheersmaatregelen en andere ingrepen in de periode 1960-1985. Staatsbosbeheer Regio Gelderland, Rapport 1996-5.

Masselink, A.K., 1994. Pionier- en lichenrijke begroeiingen op stuifzanden benoorden de grote rivieren: typologie en syntaxonomie. Stratiotes 8: 32-62.

Ozinga, W.A. & J. Baar, 1997. Primaire grovedennenbossen in stuifzandgebieden als refugia voor zeldzame mycorrhizapaddestoelen. De Levende Natuur 98 (4): 129-133.

Prach, K., J. Fanta, A. Lukesová & J. Liska, 1993.

De ontwikkeling van de vegetatie op stuifzand van de Veluwe. Gorteria 19: 73-79.

Sierdsema, H., 1995. Broedvogels en beheer. Het gebruik van broedvogelgegevens in het beheer van bos- en natuurterreinen. SBB-rapport 1995-1, SOVON-onderzoeksrapport 1995/04. Staatsbosbeheer/SOVON, Driebergen/Beek-Ubbergen.

Tesch, P., E. Hesselink & J. Valckenier Suringar, 1926. De Zandverstuivingen bij Kootwijk in Woord en Beeld. Staatsbosbeheer Utrecht.

Vries, W. de, J.A. Klein & J. Kros, 1994. Simulation of the long-term impact of atmospheric deposition on dune ecosystems in the Netherlands. Journal of Applied Ecology 31: 59-73.

Summary

Drift-sand landscape in the Veluwe (The Netherlands): what is its future?

This paper evaluates the effect of small-scale management on the vegetation of the drift-sands at Kootwijkerzand in the Veluwe District of Gelderland, an area with a high aerial nitrogen-deposition. Since the 1960s, the National Forestry Commission has implemented an active management of this inland area of Pleistocene sand dunes (about 300 ha of open sand) to encourage continued drifting of the sand. Self-sown trees were felled, branches were burned on the site and the humus layer was sometimes removed. The effect of the intervention on wind erosion and drifting was greatest in the southern and central parts of the area. Removal of tree cover encouraged development of Ling (*Calluna vulgaris*) and Juniper (*Juniperus communis*) vegetation in the eastern parts. In the north-east and south-east, a varied vegetation developed with Grey hair-grass (*Corynephorus canescens*), mosses and was rich in lichens. Continuation of small-scale management seems necessary. However only a further lowering of nitrogen deposition can guarantee biodiversity in the drift sand landscape for the future.

Dankwoord

Met dank aan Dr. A. Aptroot voor het verifiëren van een aantal korstmossen en aan de heer Chr. Rigg voor de correctie van de engelse samenvatting. Dank ook aan Dr. H. Siebel voor zijn waardevolle adviezen bij het tot stand komen van dit artikel.

Drs. R. Ketner-Oostra
free-lance vegetatie-ecoloog
Algemeer 42
6721 GD Bennekom

W.H. Huijsman
Staatsbosbeheer Kootwijk/Loobos
Noorderheideweg 2
3775 KC Kootwijk