

Behoud van natuurwaarden in droge, voedselarme bossen: hoe effectief zijn effectgerichte maatregelen?

Thom W. Kuyper ¹, Hank H. Bartelink ², Han F. van Dobben ³,
Jaco M. Klap ⁴ & Harry Weersink ⁵



Foto J. Goudzwaard

- 1 Wageningen Universiteit, Sectie Bodemkwaliteit, Postbus 8005, 6700 EC Wageningen (Thom.Kuyper@wur.nl)
- 2 Wageningen Universiteit, Leerstoelgroep Boscologie en Bosbeheer, Postbus 342, 6700 AH Wageningen (Hank.Bartelink@wur.nl)
- 3 Alterra, Postbus 23, 6700 AA Wageningen (Han.vanDobben@wur.nl)
- 4 Van Middellantstraat 2, 2806 XK Gouda (Jaco.Klap@planet.nl)
- 5 Unie van Bosgroepen, Postbus 8187, 6710 AD Ede (unie@bosgroepen.nl)

Behoud van natuurwaarden in droge, voedselarme bossen:
hoe effectief zijn effectgerichte maatregelen?

Samenvatting

Eutrofiëring en verzuring hebben geleid tot een groot aantal veranderingen in de Nederlandse bossen gedurende de laatste decennia. Droge, voedselarme bossen, behorende tot onder andere korstmos-dennenbos, kussentjesmos-dennenbos, kraaihei-dennenbos, en gaffeltandmos-eikenbos, zijn in dat opzicht bijzonder kwetsbare bostypen. Vermesting en verzuring hebben invloed op de vitaliteit en productiviteit van bomen en op bodemkundige eigenschappen, die beide op hun beurt weer effecten hebben op de karakteristieke levensgemeenschappen van deze bossen, vooral gekenmerkt door bijzondere paddestoelen, korstmossen en mossen. In het kader van het Overlevingsplan Bos en Natuur is onderzoek gedaan naar maatregelen die in deze bossen kunnen worden uitgevoerd om de negatieve effecten van eutrofiëring en verzuring op de bijzondere natuurwaarden tegen te gaan. Daartoe zijn in de periode 1994-1999 effecten van “plaggen-en-dunnen”, alleen “dunnen” en “niets doen” op een aantal ecosysteemkenmerken onderzocht. Verondersteld werd dat deze maatregelen zouden leiden tot een terugzetten van de successie naar het (korst-)mosrijke stadium en een herstel van de ectomycorrhizapaddestoelen.

In de dennenbossen bleek de combinatie van plaggen-en-dunnen succesvol voor de bodemvegetatie en paddestoelenflora. Deze ingreep leidde tot een terugzetting van de vegetatiesuccessie. Op de ectomycorrhizapaddestoelen had deze ingreep tot gevolg dat zowel aantallen (Rode Lijst) soorten als vruchtlichamen waren toegenomen. De maatregel dunnen alleen had niet of nauwelijks effect. Vermindering van de strooiselval op zich is derhalve onvoldoende voor herstel van de natuurwaarden. De belangrijkste maatregel betreft de verlaging van de strooisel- en humusvoorraad door plaggen. Wel lijkt er sprake van een aanvullend positief effect door dunnen, doordat daardoor de opbouw van een nieuwe strooisel- en humuslaag wordt vertraagd. De maatregelen in de dennenbossen hebben geleid tot de gewenste ontwikkelingen. Plaggen-en-dunnen is voor de dennenbossen een praktijkrijpe maatregel. Er is echter ook sprake van een duidelijke tendens in de richting van de vegetatiesamenstelling zoals die bestond vóór de ingrepen. Om permanente verbetering te krijgen van de conditie is echter periodiek ingrijpen nodig.

In de eikenopstanden is sprake van ofwel een snelle terugkeer naar de uitgangssituatie, ofwel een niet-gewenste ontwikkeling. Hier hebben de behandelingen slechts zeer beperkt geresulteerd in soorten uit eerdere successiestadia. De behandelingen waren derhalve niet succesvol. Hierbij kan een rol spelen dat (veel) te weinig organisch materiaal is verwijderd, waardoor de nutriëntendynamiek hoog is gebleven. Het achterwege blijven van natuurherstel roept hier de vraag op of meer drastische ingrepen, die lijken op die in de dennenbossen, moeten worden uitgevoerd en onderzocht, of dat het gaffeltandmos-eikenbos voor Nederland als verloren beschouwd moet worden.

Inleiding

Gevolgen van eutrofiëring en verzuring

Eutrofiëring en verzuring hebben geleid tot een groot aantal veranderingen in de Nederlandse bossen gedurende de laatste decennia. Deze effecten zijn het duidelijkste zichtbaar in bossen op droge, voorheen voedselarme zandgronden. De veranderingen onder invloed van vermestende en verzurende depositie kunnen zich op verschillende manieren manifesteren:

- uitspoelen van nitraat en basische kationen (calcium, magnesium, kalium);
- bodemverzuring en toename van de biologische beschikbaarheid van aluminium en andere metalen;
- verdwijnen van karakteristieke soorten paddestoelen, korstmossen, mossen en hogere planten;
- verschijnen van hogere planten die van nature niet of met lagere bedekking in zulke bossen te verwachten zijn (waaronder vergrassing, verbraming en de dominantie van Stekelvarens);
- afgenomen aanwezigheid van ongewervelden met grotere kalkbehoefte, zoals slakken, pissebedden en miljoenpoten;
- afgenomen broedsucces door dunnere eischalen en problemen in de skeletvorming van jonge gewervelden;
- verschuivingen in de samenstelling van de mijten- en springstaartenpopulaties;
- strooiselophoping (door de combinatie van verhoogde strooiseltoevoer en verlaagde strooiselafbraak);
- veranderingen in vitaliteit en productiviteit van bomen.

De effectketen omvat directe effecten vanuit de lucht, indirecte effecten via de bodem, en indirecte effecten via de vitaliteit van de bomen. Deze veranderingen zijn uitgebreid beschreven door onder andere Denneman *et al.* (1986), Kuypers *et al.* (1990), Klap & Schmidt (1992, 1995), Arnold (1993), Van Dobben *et al.* (1994), De Vries (1994), Graveland (1996) en Schmidt *et al.* (1998). Met name de droge bossen op de armste standplaatsen, waar de houtproductie voorheen laag was en de natuurwaarden daarentegen juist (zeer) hoog waren, worden door eutrofiëring en verzuring bedreigd. Zulke bijzondere bostypen zijn in ons land onder andere het korstmos-dennenbos, het kussentjesmos-dennenbos, het kraaihei-dennenbos en het gaffeltandmos-eikenbos.

Maatregelen in strooiselhuishouding in droge voedselarme bossen

In het kader van het Overlevingsplan Bos en Natuur (OBN) is in droge bossen op voorheen voedselarme groeiplaatsen -met karakteristieke en thans (zeer) zeldzaam geworden ectomycorrhizapaddestoelen, korstmossen en mossen- onderzoek gedaan naar de effectiviteit van maatregelen die kunnen worden uitgevoerd

om de effecten van eutrofiëring en verzuring tegen te gaan. In deze bossen lijken, evenals in verschillende andere ecosystemen, maatregelen die gericht zijn op het verwijderen van de voorraad stikstof, die in de dikke strooisel- en humuslaag geaccumuleerd is, allereerst in aanmerking te komen. Dergelijke ingrepen lijken sterk op maatregelen in de strooiselhuishouding die vroeger normaliter voorkwamen in zulke bossen, zoals strooiselroof. Het opnieuw invoeren van (jaarlijkse) strooiselroof is niet praktisch en het is daarom nodig na te gaan welke kosteneffectieve alternatieven voor vermindering van de strooisel- en humusvoorraad beschikbaar zijn. Plaggen, het handmatig of machinaal verwijderen van het hele organische profiel tot op de minerale bodem, zou zo'n alternatief kunnen zijn. Maar zulke maatregelen lijken tegelijkertijd een zeker risico met zich mee te brengen. Door verwijderen van het organische materiaal wordt namelijk tevens een groot deel van het fijne-wortelstelsel verwijderd. Bovendien wordt met het weghalen van de overmaat stikstof ook een aanzienlijk deel van de voorraad aan andere nutriënten verwijderd. Het is daarom denkbaar dat zulke maatregelen gevolgen hebben voor het vermogen van de bomen om voldoende water en voedingsstoffen op te nemen, en dat daardoor droogtegevoeligheid en onevenwichtigheden in de voedingstoestand versterkt worden, hetgeen tot een afname van de vitaliteit zou kunnen leiden. Daardoor zou het middel (de maatregel) erger kunnen zijn dan de kwaal. In vergelijking met strooiselroof is plaggen een maatregel die met grote tussenpozen in de tijd moet worden uitgevoerd. Dat roept dan niet alleen de vraag op naar de frequentie waarmee de maatregel moet worden uitgevoerd, maar ook de vraag of aanvullende maatregelen denkbaar zijn om de opbouw van een nieuw strooisel- en humusprofiel te vertragen. Een dunning, waardoor de jaarlijkse strooiseltoevoer vertraagd wordt, zou zo'n maatregel kunnen zijn. In deze bijdrage worden de resultaten van het onderzoek naar effectgerichte maatregelen in voedselarme droge dennenbossen en eikenbossen met hoge natuurwaarde samengevat. Deze bijdrage is gebaseerd op eerdere rapportages van dit onderzoek door Schmidt (1999) en Bartelink *et al.* (2001).

Andere maatregelen

Een belangrijke groep maatregelen in droge bossen heeft betrekking op het herstel van de verstoorde voedingsstoffenbalans door het toevoegen van fosfaat, kalium of magnesium. Ook zou herstel van de oorspronkelijke zuurgraad overwogen kunnen worden door bekalking toe te passen. Deze maatregelen mogen overigens niet toegepast worden in van oorsprong droge voedselarme bossen met hoge natuurwaarden en lijken evenmin geschikt in andere bossen met hoofdaccent natuur. Wel is (correctieve) bemesting een praktijkrijpe maatregel in multifunctionele bossen, waar ook de productie van hout een belangrijke rol speelt. De conclusies uit het bosbemestingsonderzoek zijn dat in multifunctionele bossen compenserende bemesting met fosfaat, kalium en magnesium als positief beoordeeld kan worden. Ten aanzien van bekalking is voorzichtigheid op haar plaats.

Bekalking bevordert namelijk de biologische activiteit in de strooisellaag, waardoor de stikstofbeschikbaarheid toeneemt. Dit leidt tot het optreden van stikstof-indicatoren, zoals Vlier (*Sambucus nigra*), Grote brandnetel (*Urtica dioica*), Gewone paardebloem (*Taraxacum officinale*), Klein kruiskruid (*Senecio vulgaris*), Vogelmuur (*Stellaria media*) en Knikkend wilgenroosje (*Chamerion angustifolium*). Ectomycorrhizapaddestoelen en korstmossen werden juist negatief door bekalking beïnvloed (Kuyper *et al.*, 1990; Van Dobben, 1993). Om die reden wordt geconcludeerd dat bekalking in bossen met accent natuur niet passend is en in andere bossen slechts na zorgvuldige afweging toegepast zou kunnen worden (Van Tol, 1995; Schmidt *et al.*, 1998). Een probleem hoeft dat overigens niet op te leveren. Slechts zelden ligt de pH in de Nederlandse bossen beneden de waarde die als kritisch wordt beschouwd (pH-KCl = 3.2).

Onderzoekopzet maatregelen in strooiselhuishouding

In het kader van het onderzoek naar de effectiviteit van maatregelen in de strooiselhuishouding van droge voedselarme bossen zijn op vier locaties in Nederland dennenopstanden geselecteerd: Terschelling (Oostenrijkse den, *Pinus nigra* var. *nigra*), Hulshorsterzand (Grove den, *Pinus sylvestris*), Kootwijkerzand (Grove den) en Loonse en Drunense Duinen (Grove den en Zeeden, *Pinus pinaster*). Op de locatie Kootwijkerzand zijn twee maatregelen uitgevoerd en vergeleken met de onbehandelde controle: “dunnen” en “plaggen tot op de minerale grond gecombineerd met gelijktijdig dunnen”. In de overige dennenbossen is de controle vergeleken met de gecombineerde maatregel “plaggen plus dunnen” (figuur 1).

Naast deze dennenopstanden zijn twee locaties in bossen met Zomereik (*Quercus robur*) geselecteerd, namelijk in De Eese (bij Steenwijk) en in de Schoorlse Duinen. De daar uitgevoerde maatregelen zijn niet identiek aan, maar verondersteld wel vergelijkbaar te zijn met, de maatregelen in de dennenopstanden. Verondersteld werd namelijk dat de eik gevoeliger zou zijn voor de drastische maatregel van plaggen tot op de minerale grond. Om die reden is in De Eese strooisel verwijderd (maar is de humuslaag niet verwijderd), naast een gelijktijdige dunning. In de Schoorlse Duinen is met behulp van een bladblazer het relatief verse strooisel verwijderd en is materiaal van de fermentatie- en humuslaag niet verwijderd. Tevens zijn in de behandelde (maar niet in de controle-) proefvlakken de ongewenste andere boomsoorten Beuk (*Fagus sylvatica*) en Corsicaanse den (*Pinus nigra* var. *maritima*) verwijderd.

Door de gekozen proefopzet kunnen strikt genomen de effecten van ingrepen in de strooiselvoorraad (plaggen, bladblazen) en dunnen (ingrijpen in de toekomstige strooiseltoevoer) niet gescheiden worden. Bij de beoordeling van de effectiviteit van de maatregelen werd daarom ook gebruik gemaakt van vergelijkbaar

Nederlands onderzoek, waarin uitsluitend plaggen werd toegepast (Baar, 1995; de Vries *et al.*, 1995). Aan het eind van dit hoofdstuk komen we op genoemd probleem terug.

De maatregelen werden uitgevoerd in het voorjaar van 1994. De grootte van de afzonderlijke proefvlakken bedroeg 1000 m². Elke behandeling werd in tweevoud uitgevoerd. Bij de dunning werd het grondvlak (de gesommeerde oppervlaktes van de dwarsdoorsnedes van alle stammen op 1,30 meter boven het maaiveld) gereduceerd van meer dan 10 m²/ha tot 5 m²/ha; feitelijk betrof het dus een lichte dunning. De schattingen van de afgevoerde hoeveelheden organische stof, stikstof en fosfor zijn aangegeven in tabel 1. Voor de locatie Schoorlse Duinen is deze afvoer niet bepaald. De afgevoerde hoeveelheden stikstof komen overeen met de hoeveelheden die via de atmosferische depositie in 15 (Terschelling) tot 30 (Kootwijkerzand) jaar het bos inkomen.

In 1998, vijf jaar na de ingreep, werden alle opstanden uitgebreid onderzocht. De vitaliteit van de bomen werd bepaald volgens de methode van de landelijke vitaliteitsinventarisatie van het Nederlandse bos (Nas & Smits, 1989). Van de hogere planten, mossen en korstmossen werd de bedekking geschat. De proefvlakken werden in de herfst van 1998 twee of drie maal onderzocht op paddestoelen. Vanwege het vroege tijdstip waarop de winter in 1998 inviel, was het niet mogelijk om alle terreinen drie maal op paddestoelen te onderzoeken. Alle mycorrhiza-paddestoelen werden tijdens die bezoeken geteld. Van de strooisel- en houtafbrekende soorten werd alleen het voorkomen aangegeven.

Figuur 1.
Geplagde dennenplots in
de Loonsche en Drunense
Duinen
(links, foto P. Schmidt) en
op Terschelling (rechts,
foto J. Klap)



Vegetatieopnamen werden zowel voorafgaand aan de maatregelen (1993/1994), als vijf jaar na de uitvoering gemaakt. De samenstelling van de paddestoelenflora is uitsluitend in 1998 onderzocht, dus na de uitvoering van de maatregelen. Derhalve is voor de paddestoelen alleen een vergelijking tussen de verschillende proef- en controlevlakken voor het jaar 1998 mogelijk.

	Organische stof (ton/ha)	Stikstof (kg/ha)	Fosfor (kg/ha)
Dennenbossen			
Terschelling	52	521	45
Hulshorsterzand	76	1378	68
Kootwijkerzand	131	2183	93
Loonse en Drunense Duinen	92	1659	82
Eikenbossen			
De Eese	72	1371	60

Tabel 1.
Schatting van de hoeveelheid afgevoerde organische stof, stikstof en fosfor in de onderzochte locaties. Voor de locatie Schoorlse Duinen is deze afvoer niet bepaald.

Effecten van plaggen en dunnen

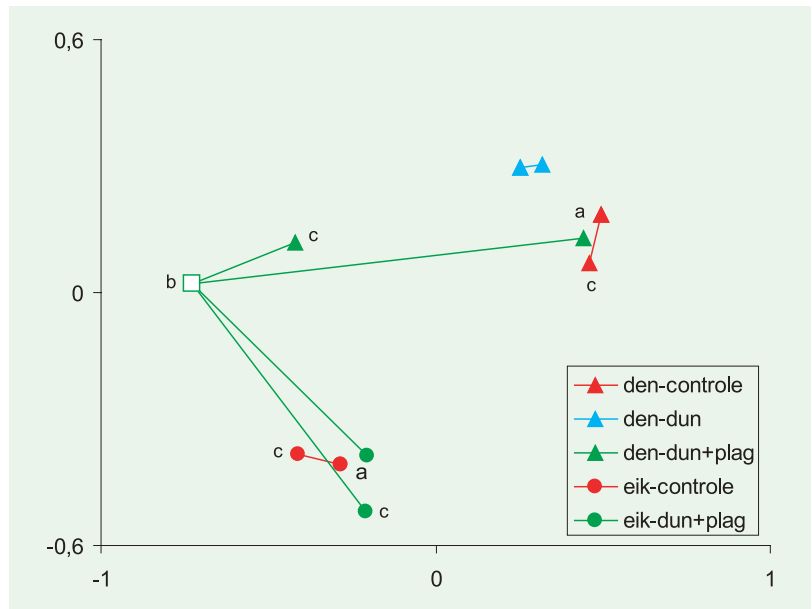
Hogere planten, mossen en korstmossen

Uit de herhaalde vegetatie-opnamen bleek dat door plaggen en dunnen de successie in de dennenbossen sterk is teruggezet, resulterend in een vegetatietype behorende bij een vroeger successie-stadium. Dit effect was het sterkst in de opstanden waarin de successie het verst was voortgeschreden in de richting van een vegetatie die karakteristiek is voor oudere bossen. Op de locatie Terschelling was het effect van de maatregel het geringst. Buntgras (*Corynephorus canescens*) en Struikhei (*Calluna vulgaris*) kwamen relatief veel voor in de geplagde en gedunde proefvlakken. Herkolonisatie door korstmossen en mossen die karakteristiek zijn voor voedselarme, humusarme standplaatsen trad echter slechts in (zeer) beperkte mate op. De maatregel waarbij uitsluitend gedund werd, had niet of nauwelijks effect op de samenstelling van de vegetatie. In eikenbossen was het positieve effect van de maatregelen daarentegen zeer gering tot afwezig. Op de locatie De Eese was na vijf jaar vergaande herkolonisatie door Bochtige smele (*Deschampsia flexuosa*) opgetreden. In de Schoorlse Duinen was effect van de maatregel niet aantoonbaar.

De resultaten van de maatregelen voor de hogere planten, mossen en korstmossen zijn samengevat in een ordinatieschema, waarvoor een hoofdcomponenten-

analyse (PCA) is toegepast (figuur 2). In dit schema kan de richting van de vegetatieontwikkeling in de controle- en behandelde proefvlakken worden afgelezen. Globaal genomen weerspiegelt de eerste (horizontale) as het effect van afplaggen, terwijl de tweede (verticale) as het contrast aangeeft tussen de vegetatiesamenstelling van de dennen- en eikenbossen. Alle geplagde plots komen in 1993 na de behandeling samen in één fictief punt ('b'); dit representeert de veronderstelde opstanden met een volledig kale en onbegroeide bodem als resultaat van de behandeling. Deze situatie is voor de eiken- en dennenopstanden op hetzelfde punt 'b' gesimuleerd. De punten die met 'a' zijn gemarkeerd, geven de vegetatiesamenstelling voorafgaand aan de ingrepen aan. De punten die met 'c' zijn gemarkeerd, geven de vegetatiesamenstelling vijf jaar na de uitvoering van de maatregelen aan.

Figuur 2.
 Plot van de hoofdcomponentenanalyse (PCA) op de vegetatiegegevens van de proeflocaties voor en na de behandeling. a = voor de behandeling, b = direct na de behandeling, c = in 1998. De waarden zijn gemiddelden per behandeling.



De punten voor de onbehandelde en uitsluitend gedunde dennenbossen liggen in figuur 2 dicht bij elkaar en beide bostypen zijn in de vijf jaar van het onderzoek maar weinig verschoven. Dit wijst erop dat de (positieve) effecten van uitsluitend dunnen op de vegetatiesamenstelling verwaarloosbaar zijn. In de geplagde en gedunde dennenopstanden echter is het effect merkbaar groter (er is een grote afstand tussen de punten 'a' en 'c'). Desalniettemin ontwikkelt de vegetatie zich ook in deze bossen langzaam in de richting van de toestand voorafgaand aan de ingreep. Onder de aanname van een constante veranderingssnelheid kan verondersteld worden dat in 10-20 jaar de bossen weer de oorspronkelijke toestand zullen hebben bereikt. Deze periode ligt globaal in dezelfde grootte-orde als de 15 tot 30 jaar van depositie van stikstof, die via plaggen uit het systeem verwijderd is. Een

vergelijking van de verschillende dennenbossen (Bartelink *et al.*, 2001) liet zien dat de snelheid van veranderingen in de vier bossen ongeveer gelijk was. Voor de beide eikenopstanden is zichtbaar dat vijf jaar na het uitvoeren van de maatregelen het effect (vrijwel) geheel verdwenen is; de vegetatiesamenstelling verschilt nauwelijks tussen de situatie voor en na de ingreep.

Paddestoelen

In de behandelingen waarin geplagd en gedund werd, bleek de diversiteit en talrijkheid van ectomycorrhizapaddestoelen na 5 jaar veel hoger dan in de onbehandelde opstanden. Vergelijking van de behandelingen op de locatie Kootwijkerzand liet zien dat uitsluitend dunnen een verwaarloosbaar effect had, en dat de positieve effecten van de behandeling plaggen en dunnen feitelijk uitsluitend kunnen worden toegeschreven aan het verwijderen van de voorraad van organische stof. Tabel 2 vat de resultaten voor de verschillende opstanden samen. Er is een tendens dat het effect van de maatregel van noord naar zuid Nederland toeneemt. Een voor de hand liggende verklaring is dat dit verschijnsel samenhangt met de gradiënt van stikstofdepositie in Nederland, welke eveneens van noord naar zuid Nederland toeneemt. In absolute zin zijn echter de opstanden op de locaties Terschelling en Hulshorst het rijkste.

Locatie	Plaggen & Dunnen	Controle
Dennenbossen		
Terschelling	16.0	10.0
Hulshorsterzand	17.5	11.5
Kootwijkerzand	13.0	4.5*
Loonse en Drunense Duinen	16.5	7.5
Eikenbossen		
De Eese	11.5	5.5
Schoorlse Duinen	24.0	24.5

Tabel 2.
Rijkdom aan soorten ectomycorrhizapaddestoelen in 1998 (gemiddelde van 2 herhalingen).

* In de uitsluitend gedunde proefvlakken op het Kootwijkerzand kwamen gemiddeld 7,5 soorten voor.

Soortenaantallen en aantallen vruchtlichamen van ectomycorrhizapaddestoelen zijn natuurlijk niet de enige indicatoren voor de mate van succes van de maatregelen. Het is ook belangrijk om te bezien of het voorkomen van soorten van de Rode Lijst van paddestoelen door de ingreep positief wordt beïnvloed. Immers, van alle soorten ectomycorrhizapaddestoelen staat 77% op de Rode Lijst en van de ectomycorrhizapaddestoelen die karakteristiek zijn voor naaldbossen is dit zelfs meer dan 90% (Arnolds & van Ommering, 1996). In tabel 3 zijn de ectomycorri-

Figuur 3.
Zandpadgordijnzwam (links)
en Appelrussula (rechts)
(foto's Th.W. Kuyper).



zapaddestoelen van de Rode Lijst weergegeven. Voor die groep geldt nog in veel sterkere mate dat de maatregel plaggen met dunnen succesvol en effectief is. Van de 16 soorten van de Rode Lijst werden er 10 uitsluitend in de geplagde proefvlakken gevonden, 4 soorten bleken even talrijk in de geplagde en onbehandelde proefvlakken, en slechts 2 Rode Lijst soorten werden vaker aangetroffen in de onbehandelde proefvlakken. Door de maatregelen zijn geen Rode Lijst soorten verdwenen. In 2001 werden in de geplagde en gedunde proefvlakken in Hulshorsterzand en Kootwijkerzand nog enkele nieuwe soorten van de Rode Lijst waargenomen.

In 2001 zijn de locaties Hulshorsterzand en Kootwijkerzand opnieuw bezocht. Nog steeds bleken de geplagde en gedunde proefvlakken veel rijker aan (bijzondere) ectomycorrhizapaddestoelen dan de controleproefvlakken. De soortensamenstelling was in die drie jaar maar weinig veranderd. Ook deze gegevens wijzen erop dat de bossen na uitvoering van de maatregelen nog lange tijd hun herstelde mycologische waarde kunnen behouden.

Voor de eikenbossen hadden de maatregelen daarentegen geen meetbaar effect op de diversiteit en talrijkheid van ectomycorrhizapaddestoelen. Voor de locatie De Eese wordt dit vermoedelijk verklaard door de hierboven genoemde snelle herkolonisatie door Bochtige smele en de optredende verruiging van de opstand door de versnelde stikstofmineralisatie uit de humuslaag na dunning. Voor de locatie Schoorlse Duinen kon het werkelijke effect van de maatregelen eigenlijk niet worden geschat, o.a. doordat de andere boomsoorten met ectomycorrhiza (Beuk, Corsicaanse den) in de onbehandelde proefvlakken niet verwijderd waren. Dit heeft vermoedelijk geleid tot een hogere soortenrijkdom in de onbehandelde proefvlakken en daardoor tot een onderschatting van de effectiviteit van de maatregel.

Bij de aanvang van het onderzoek was de verwachting dat de strooisel- en houtbewonende paddestoelen door de behandeling negatief beïnvloed zouden wor-

den. Omdat de soortensamenstelling van deze functionele groepen hoofdzakelijk bestaat uit algemene en niet-bedreigde soorten was dat effect niet verder in beschouwing genomen. Tot onze verrassing werden echter in de behandelde den-
nenopstanden verschillende soorten strooisel- en houtbewonende soorten van de Rode Lijst aangetroffen. Van de 13 soorten strooisel- en houtbewonende padde-
stoelen van de Rode Lijst kwamen er 8 uitsluitend of vaker voor in de geplagde en
gedunde proefvlakken (tabel 4). Een verklaring voor deze waarnemingen is nog
niet voorhanden, maar mogelijk speelt het veranderde microklimaat (hogere
bodemtemperatuur) een rol.

Boomvitaliteit

De effecten van de maatregelen op de boomvitaliteit in de verschillende locaties
in 1998 zijn weergegeven in tabel 5. Uit deze tabel en uit de jaarlijkse vitaliteitop-
names (Schmidt, 1999) blijkt dat een ingreep als plaggen en dunnen geen effect
heeft op de vitaliteit van de bomen. Daarbij dient bedacht te worden dat de jaar-

Tabel 3.

Rode lijst met groene stip van ectomycorrhizapaddestoelen, waargenomen in 1998 in de 4 dennenbossen. Categorieën van de Rode Lijst: EB = Ernstig bedreigd; BE= Bedreigd; KW = Kwetsbaar; GE = Gevoelig; Behandeling: Plag – Uitsluitend in de geplagde (+ gedunde) proefvlakken voorkomend; Plag = Controle – In behandelde en onbehandelde proefvlakken in onge-
veer gelijke aantallen vruchtlichamen voorkomend; Controle > Plag - Meer vruchtlichamen in de onbehandelde dan in de behandelde proefvlakken. (Deze beide soorten werden uitsluitend op Terschelling aangetroffen)

Nederlandse naam	Wetenschappelijke naam	Rode Lijst	Behandeling
Narcisamaniet	<i>Amanita gemmata</i>	KW	Plag
Hanekam	<i>Cantharellus cibarius</i>	KW	Plag
Echte tolzwam	<i>Coltricia perennis</i>	BE	Plag
Zandpadgordijnzwam	<i>Cortinarius fusisporus</i>	GE	Plag
Jodoformgordijnzwam	<i>Cortinarius obtusus</i>	KW	Controle > Plag
Pagemantel	<i>Cortinarius semisanguineus</i>	BE	Controle > Plag
Smalsporige vaalhoed	<i>Hebeloma cylindrosporum</i>	EB	Plag
Purperbruine wolvezelkop	<i>Inocybe leptophylla</i>	BE	Plag
Gewone wolvezelkop	<i>Inocybe ovatocystis</i>	KW	Plag = Controle
Bruine zandvezelkop	<i>Inocybe subcarpta</i>	EB	Plag
Okerkleurige vezeltruffel	<i>Rhizopogon luteolus</i>	BE	Plag
Appelrussula	<i>Russula paludosa</i>	BE	Plag = Controle
Bruine ringboleet	<i>Suillus luteus</i>	KW	Plag
Fijnschubbige boleet	<i>Suillus variegatus</i>	BE	Plag = Controle
Witbruine ridderzwam	<i>Tricholoma albobrunneum</i>	BE	Plag
Gele ridderzwam	<i>Tricholoma equestre</i>	BE	Plag = Controle

Tabel 4.

Rode Lijst met groene stip van strooiselbewonende en houtafbrekende paddestoelen, waargenomen in 1998 in de 4 den-
nenbossen. Categorieën van de Rode Lijst: EB = Ernstig bedreigd; BE= Bedreigd; KW = Kwetsbaar; GE = Gevoelig;
Behandeling: Plag – Uitsluitend in de geplagde (+ gedunde) proefvlakken voorkomend; Controle – Uitsluitend in de onbe-
handelde proefvlakken voorkomend; Plag = Controle – In behandelde en onbehandelde proefvlakken in ongeveer gelijke
aantallen vruchtlichamen voorkomend; Plag > Controle – Meer vruchtlichamen in de behandelde (plaggen + dunnen) dan
onbehandelde proefvlakken; Controle > Plag - In de proefvlakken meer in de onbehandelde dan in de behandelde proef-
vlakken voorkomend.

Nederlandse naam	Wetenschappelijke naam	Rode Lijst	Behandeling
Heideknotszwam	<i>Clavaria argillacea</i>	BE	Plag
Dennesatijnzwam	<i>Entoloma cetratum</i>	KW	Controle > Plag
Zilversteelsatijnzwam	<i>Entoloma turbidum</i>	KW	Controle
[geen NL naam]	<i>Gymnopilus stabilis</i>	EB	Plag
Rode plakkaatzwam	<i>Meruliopsis taxicola</i>	BE	Plag
Palingsteelmycena	<i>Mycena clavicularis</i>	BE	Plag = Controle
Stersporige trechterzwam	<i>Omphaliaster asterosporus</i>	KW	Controle
Ongesteelde krulzoom	<i>Paxillus panuoides</i>	BE	Plag
Bospadbundelzwam	<i>Pholiota mixta</i>	EB	Plag
Geelvoetfranjehoed	<i>Psathyrella cotonea</i>	BE	Plag = Controle
Bittere trechterzwam	<i>Pseudomphalina pachyphylla</i>	BE	Plag
Witwollige dennezwam	<i>Skeletocutis amorpha</i>	BE	Plag > Controle
Knobbelsporig pekzwammetje	<i>Tephrocybe ambusta</i>	BE	Plag

lijkse verschillen in vitaliteit en de variabiliteit binnen en tussen proefvlakken te groot is om significante verschillen aan te tonen. Ook de sterfte onder en de groei van de bomen waren niet verschillend tussen de behandelde en onbehandelde proefvlakken. Windworp is niet opgetreden. De (geringe) sterfte onder de bomen is aan zelfdunning toe te schrijven.

Bodemchemische kenmerken

De belangrijkste veranderingen in het bodemvocht, als gevolg van de versnelde omzetting van organische stof, lijken zich voorgedaan te hebben in de eerste maanden (en jaren) na uitvoering van de maatregelen. Hoewel er veel veranderingen zijn opgetreden in de bodemchemische kenmerken, is het slechts beperkt mogelijk om deze veranderingen te toetsen, mede door het kleine aantal herhalingen (n = 2) per behandeling. De hieronder volgende conclusies zijn daarom gebaseerd op een combinatie van significante resultaten voor één of enkele locaties en niet-significante algemene trends. Door de combinatie van plaggen en dunnen werd de pH in de minerale bodem verhoogd en het gehalte aan

Tabel 5.
Gemiddelde boomvitaliteit
in 1998.

Locatie	Plaggen + Dunnen	Controle
Dennenbossen		
Terschelling	1.1	1.1
Hulshorsterzand	2.1	1.8
Kootwijkerzand	1.7*	1.4
Loonse en Drunense Duinen	1.6	2.1
Eikenbossen		
De Eese	2.4	2.3
Schoorlse Duinen	1.6	1.7

* In proefvlakken op Kootwijkerzand waar uitsluitend gedund is, bedroeg de vitaliteitsscore 1.3.

organische stof en stikstof enigszins verlaagd. In deze proefvlakken in dennenbossen lijken de bodemomstandigheden ten minste voor enkele decennia gunstig genoeg voor het herstel van het voedselarme bostype, door een slechts geringe strooiselophoping en een iets afgenomen voedselrijkdom van de minerale bovengrond. De uitgevoerde maatregelen in de eikenbossen hebben nauwelijks effect gehad.

Conclusies over de effectiviteit van de maatregelen

Uit de gepresenteerde resultaten blijkt dat er geen negatieve effecten van plaggen en dunnen zijn opgetreden op de vitaliteit van de bomen, terwijl er -althans in de dennenbossen- sprake is van een positief effect op de karakteristieke soorten ectomycorrhizapaddestoelen en, zij het in geringere mate, op korstmossen, mossen en hogere planten, die indicatief zijn voor de meest voedselarme bossen op droge zandgrond. In dat opzicht kan geconcludeerd worden dat maatregelen in de strooiselhuishouding, bestaande uit een zeer substantiële verlaging van de strooiselvoorraad samen met een verlaging van de jaarlijkse aanvoer van nieuw strooisel, effectief zijn. Daarmee kan de maatregel plaggen met dunnen (lichten) beschouwd worden als een praktijkrijpe maatregel.

Toch lijkt het erop dat de mate waarin de ectomycorrhizapaddestoelen, korstmossen en mossen zich herstellen relatief beperkt is. De meer bijzondere soorten uit deze groepen worden weinig of niet in de behandelde opstanden aangetroffen. Mogelijk spelen de volgende factoren daarbij een rol:

1. De uitgevoerde maatregelen zijn nog onvoldoende en het gehalte aan stikstof in de minerale bovengrond is nog te hoog voor een spectaculair herstel van de karakteristieke (myco)flora;

2. Ook andere factoren dan de stikstofvoorraad en –dynamiek zijn ongunstig voor een volledig herstel. Door plaggen en dunnen worden de andere ongunstige factoren niet beïnvloed;
3. Kolonisatie van de geplagde en gedunde proefvlakken is een langdurig proces. Zulke geplagde proefvlakken zijn toch eilandjes in een zee van vergrast dennenbos, waardoor de kans op succesvolle hervestiging van de meest karakteristieke soorten (te) klein is.

Van belang voor de praktijk van het bos- en natuurbeheer is natuurlijk de vraag hoe lang de positieve effecten van de maatregel nog kunnen voortduren. De tendens in de vegetatieontwikkeling gedurende de eerste vijf jaren na de uitvoering van de maatregel zou er op kunnen wijzen dat het plaggen met dunnen voorlopig elke 10 tot 20 jaar herhaald moet worden om tot blijvend positief effect te leiden. De waarnemingen aan de paddestoelen in 1998 en 2001 zijn met die schatting in overeenstemming. Nader onderzoek is in de komende jaren gewenst om deze vraag met meer zekerheid te kunnen beantwoorden.

Zoals eerder is opgemerkt, kan uit ons onderzoek geen definitief antwoord gegeven worden op de vraag naar de effectiviteit van plaggen en dunnen als afzonderlijke maatregelen. Het (vrijwel) ontbreken van effecten op de gedunde proefvlakken op de locatie Kootwijkerzand en het feit dat de gevonden effecten in overeenstemming zijn met de effecten na plaggen zonder dunnen in dennenbossen (Baar, 1995; de Vries *et al.*, 1995) leidt echter tot de vaststelling dat het voornaamste effect van de uitgevoerde maatregelen een gevolg is van de drastische afname van de voorraad stikstof in de organische stof. De grootte van het positieve effect en het voortduren van dit effect zeven jaar na uitvoeren van de maatregel, suggereren dat de gelijktijdige beperking van de toekomstige toevoer van strooisel als gevolg van dunnen een belangrijke extra voorwaarde kan zijn geweest voor het succes van de effectgerichte maatregel.

Voor welke bossen is de maatregel plaggen met dunnen geschikt? Tot nu toe is de maatregel alleen uitgevoerd in dennenbossen met een hoge natuurwaarde. Het overgrote deel van het Nederlandse dennenbos behoort echter tot minder (voedsel)arme typen en heeft vrijwel altijd een multifunctionele doelstelling. In zulke bossen is het effect van maatregelen in de strooiselhuishouding niet bekend. Gezien het beperkte herstel in bossen met een hoge natuurwaarde lijkt het raadzaam geen hoge verwachtingen te hebben van maatregelen in de strooiselhuishouding in multifunctionele naaldbossen. Maar alleen maatregelen op praktijk-schaal kunnen het echte antwoord op die vraag opleveren.

Terwijl de gecombineerde maatregel plaggen met dunnen in dennenbossen op droge, voorheen voedselarme bodem dus een effectieve praktijkrijpe maatregel is, is het beeld voor de eikenbossen veel minder gunstig of zelfs uitgesproken ongun-

stig. Van de uitgevoerde maatregelen kan geen positief effect (maar gelukkig ook geen negatief effect) worden vastgesteld. Natuurherstel in gaffeltandmos-eikenbos is dus niet opgetreden onder invloed van de uitgevoerde maatregelen. Betekent dit, in combinatie met het geringe resterende areaal, dat het bostype voor Nederland afgeschreven moet worden? Uit het door ons uitgevoerde onderzoek kan men alleen concluderen dat de door het deskundigenteam voorgestelde maatregelen in eikenbos niet effectief waren. Maar de vraag of andere, meer ingrijpende maatregelen wel effectief kunnen zijn, is daarmee nog niet beantwoord. Zulke effectgerichte maatregelen zullen ongetwijfeld intensiever (en daardoor kostbaarder) zijn dan de huidige uitgevoerde maatregelen. Strooiselroof was ook vroeger een (arbeids)intensieve zaak. Het geringe resterende areaal zal het selecteren van kansrijke opstanden bovendien niet vereenvoudigen. Maar of en hoe er geïnvesteerd wordt in onderzoek naar maatregelen ter behoud van het gaffeltandmos-eikenbos in Nederland is aan de bos- en natuurbeheerders en aan de OBN-financiers.

Literatuur

- **Arnold, G.**, 1993. Soil acidification and nutrient availability in Scots pine forest soils in the Netherlands – causes, extent and control. Proefschrift, Landbouwuniversiteit Wageningen.
- **Arnolds, E.J.M. & G. van Ommering**, 1996. Bedreigde en kwetsbare paddestoelen in Nederland. Toelichting op de Rode Lijst. Rapport IKC Natuurbeheer 24: 1-119.
- **Baar, J.**, 1995. Ectomycorrhizal fungi of Scots pine as affected by litter and humus. Proefschrift, Landbouwuniversiteit Wageningen.
- **Bartelink, H.H., H.F. van Dobben, J.M. Klap & Th.W. Kuyper**, 2001. Maatregelen om effecten van eutrofiëring en verzuring in bossen met bijzondere natuurwaarden tegen te gaan: synthese. OBN Rapport 13: 1-59.
- **Denneman, C.A.J., M.H.S. Kraak & N.M. van Straalen**, 1986. Bodemdieren als indicator van de vitaliteit van dennenbossen op de Veluwe. Nederlands Bosbouw tijdschrift 58: 204-208.
- **Dobben, H.F. van**, 1993. Vegetation as a monitor for deposition of nitrogen and acidity. Proefschrift, Rijksuniversiteit Utrecht.
- **Dobben, H.F. van, M.J.M.R. Vocks, A.E. Jansen & G.M. Dirkse**, 1994. Veranderingen in de ondergroei van het Nederlandse dennenbos over de periode 1985-1993. IBN rapport 085.
- **Graveland, J.**, 1996. The quest for calcium. Calcium limitation in the reproduction of forest passerines in relation to snail abundance and soil acidification. Proefschrift, Rijksuniversiteit Groningen.
- **Klap, J.M. & P. Schmidt**, 1992. Maatregelen om effecten van eutrofiëring en verzuring in bossen tegen te gaan. Hinkeloord Reports 3: 1-139.
- **Klap, J.M. & P. Schmidt**, 1995. Maatregelen om effecten van eutrofiëring en verzuring in bossen met bijzondere natuurwaarden tegen te gaan. Hinkeloord Reports 13: 1-182.
- **Kuyper, Th.W., A.J. Termorshuizen & W.P.T. Boswijk**, 1990. Ectomycorrhiza en de vitaliteit van het Nederlandse bos. Nederlands Bosbouw tijdschrift 60: 334-338.
- **Nas, R.M.W.J. & T.F.C. Smits**, 1989. Handleiding voor een eenvoudige vitaliteitsopname op opstandsniveau. Bosbouwvoorlichting 28: 82-90.
- **Schmidt, P.**, 1999. Maatregelen om effecten van eutrofiëring en verzuring in voedselarme en droge bossen met bijzondere natuurwaarden tegen te gaan – de situatie vijf groeiseizoenen na de ingrepen. Hinkeloord Report 26: 1-95.
- **Schmidt, P., J. van den Burg, H.F. van Dobben & Th.W. Kuyper**, 1998. Zal het bos overleven? Het belang van effectgerichte maatregelen. In: R. Bobbink, J.G.M. Roelofs & H.B.M. Tomassen (Eds.) Effectgerichte maatregelen en behoud biodiversiteit in Nederland. Katholieke Universiteit Nijmegen. Pp. 161-186.

- **Tol, G. van**, 1995. Neveneffecten van bekalking en mineralengiften in bossen. IKC Natuurbeheer Rapport 13.
- **Vries, B.W.L. de, E. Jansen, H.F. van Dobben & Th.W. Kuiper**, 1995. Partial restoration of fungal and plant species diversity by removal of litter and humus layers in stands of Scots pine in the Netherlands. *Biodiversity and Conservation* 4: 156-164.
- **Vries, W. de**, 1994. Soil response to acid deposition at different regional scales. Field and laboratory data, critical loads and model predictions. Proefschrift, Landbouwniversiteit Wageningen.