



ALTERRA

WAGENINGEN UR



# Lange-termijn effecten van bekalking op bosvegetatie

Bruikbaarheid van oude experimenten

Alterra-rapport 2098  
ISSN 1566-7197

H.F. van Dobben



---

Lange-termijn effecten van bekalking  
op bosvegetatie

---

---

Dit onderzoek is uitgevoerd in opdracht van het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit. Cluster Ecologische  
Hoofdstructuur, project BO-02-902-028

---

---

# Lange-termijn effecten van bekalking op bosvegetatie

Bruikbaarheid van oude experimenten

H.F. van Dobben

**Alterra-rapport 2098**

Alterra, onderdeel van Wageningen UR  
Wageningen, 2010

---

## Referaat

Van Dobben, H.F., 2009. *Lange-termijn effecten van bekalking op bosvegetatie: bruikbaarheid van oude experimenten*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 2098. 36 blz.; 20 fig.; 5 tab.; 9 ref.

In de periode 1985 - 1990 zijn veel bosopstanden bekalkt als tegenmaatregel tegen verzuring. In dit project zijn een aantal bekalkte bosopstanden bezocht en is gekeken naar hun bruikbaarheid voor onderzoek naar de effecten van bekalking op de langere termijn. Er is een selectie gemaakt van de plots die zich het meest hiervoor lenen. Hierbij is gelet op de mate van verstoring, zichtbaarheid van effecten op de vegetatie, toegepaste behandelingen en boomsoort. Voorgesteld wordt in een aantal van deze plots vervolgonderzoek te doen naar de volgende aspecten: bodem, vegetatie, paddenstoelen en fauna.

ISSN 1566-7197

Dit rapport is gratis te downloaden van [www.alterra.wur.nl](http://www.alterra.wur.nl) (ga naar 'Alterra-rapporten'). Alterra Wageningen UR verstrekt geen gedrukte exemplaren van rapporten. Gedrukte exemplaren zijn verkrijgbaar via een externe leverancier. Kijk hiervoor op [www.boomblad.nl/rapportenservice](http://www.boomblad.nl/rapportenservice).

© 2010 Alterra Wageningen UR, Postbus 47; 6700 AA Wageningen; Nederland  
Telefoon 0317 48 07 00; fax 0317 41 90 00; e-mail [info.alterra@wur.nl](mailto:info.alterra@wur.nl)

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Alterra Wageningen UR.

Alterra aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

### **Alterra-rapport 2098**

Wageningen, december 2010

# Inhoud

Samenvatting	7
1 Inleiding	9
2 Materiaal en methode	11
3 Resultaten	15
4 Conclusies en aanbevelingen voor vervolgonderzoek	29
Dankwoord	31
Literatuur	33
Bijlage 1 Statistische analyse van de behandelingseffecten in de Harderwijk-proef in 1987	35





# Samenvatting

In het verleden, met name in de periode 1985 - 1990, zijn veel bosopstanden bekalkt als tegenmaatregel tegen verzuring. Dit is zowel op experimentele als op praktijkschaal gebeurd. In dit project zijn een aantal bekalkte (en vaak ook met andere nutriënten behandelde) bosopstanden bezocht, en is gekeken naar hun bruikbaarheid voor onderzoek naar de effecten van bekalking op de langere termijn. Er is een selectie gemaakt van de plots die zich het meest hiervoor lenen. Hierbij is gelet op de mate van verstoring, zichtbaarheid van effecten op de vegetatie, toegepaste behandelingen en boomsoort. Voorgesteld wordt in een aantal van deze plots vervolgonderzoek te doen naar de volgende aspecten: bodem, vegetatie, paddenstoelen en fauna.



# 1 Inleiding

In de jaren 1980 - 1990 bestond er grote zorg over de verzuring van bosbodem en het mogelijk afsterven van bossen als gevolg daarvan. Achtergrond was de in die tijd extreem hoge depositie van S- en N-verbindingen en daardoor het uitspoelen van bufferstoffen. De buffercapaciteit van veel Nederlandse arme zandgronden is zeer gering en modelberekeningen toonden aan dat bij voorzetting van de toenmalige hoge depositieniveaus op een termijn van decennia een daling van de pH tot waarden onder 3 kon plaatsvinden, waarbij Al en Fe de enige overgebleven bufferstoffen zijn. Aangezien sommige experimenten wijzen op een toxische werking van Al-ionen en een pH onder 3 voor de meeste soorten zeker ongunstig is, is in sommige landen (met name Duitsland) op grote schaal bekalking toegepast om het verlies aan bufferstoffen te compenseren. In Nederland is op beperkte schaal geëxperimenteerd met bekalking, waarbij in de meeste experimenten slechts lage doses (1 ton/ha) werden gebruikt. Bij geen van deze experimenten is een gunstig effect op de ondergroei vastgesteld; er was vaak wel sprake van een stimulering van de boomgroei, althans bij bemesting (Van den Burg en Olsthoorn, 1994; zie ook Wolf et al., 2006). Wel leidde bekalking in sommige experimenten tot verruiging van de ondergroei (Van Dobben en Vocks, 1992; Van Dobben, 1993). Onderzocht zou moeten worden in hoeverre dit verschijnsel blijvend is, maar echte lange-termijn waarnemingen (over > 10 jaar) aan de ondergroei zijn er in Nederland niet. Effecten op de (bodem)fauna zijn in Nederland überhaupt niet onderzocht. Wel is er enige aandacht geweest voor de mycoflora (Kuyper en De Vries, 1990; De Vries et al., 1995). Theoretisch is te verwachten dat door bekalking de accumulatie van strooisel minder wordt maar of dit ook werkelijk optreedt is in Nederland nooit onderzocht.

Bij een vergelijking van effecten van bekalking in Nederland en in Zweden bleek dat die in beide landen tegengesteld zijn: in Nederland eutrofiering, in Zweden oligotrofiering (blijkend uit onder andere een toename van Calluna) (Van Dobben, 1993). Dit moet waarschijnlijk verklaard worden uit het verschil in C/N-quotiënt in het strooisel, waardoor de stimulering van de microbiële activiteit in Zweden (bij hoge C/N) juist leidt tot het inbouwen van N in microbiële biomassa en daarmee een verlaging van de beschikbaarheid voor de hogere flora. Bekalking leidt onmiddellijk tot een verhoging van de pH van de strooisellaag en de bovenste bodemlaag, en vervolgens tot een front van verhoogde pH dat zeer langzaam de bodem indringt (met een snelheid van ca. 1 cm/jaar). Het effect van bekalking op de pH kan lang standhouden (ca. 20 jaar bij een gift van enkele tonnen/ha) (Tamm en Popovic, 1989).

Doel van het huidige project is het opnemen van de toestand van enkele van de oudere bekalkingsexperimenten, en het beoordelen of deze zich lenen voor onderzoek naar de lange-termijn effecten van bekalking. Hiertoe is een selectie gemaakt van de meest veelbelovende experimenten en deze zijn in het veld bezocht. Op grond van de indrukken in het veld wordt in dit rapport een advies gegeven over mogelijk vervolgonderzoek.



## 2 Materiaal en methode

In totaal zijn vijf (series van) bekalkingsexperimenten in beschouwing genomen, verdeeld over Brabant, Gelderland en Drenthe. Van deze experimenten is nagegaan welke data nog beschikbaar zijn, hetzij als publicaties, hetzij als basale data in papieren of digitale vorm. Er is hierbij gekeken naar experimenten met bekalking en met toediening van andere nutriënten (P, K, Mg). Experimenten met alleen afplaggen (soms gecombineerd met dunning) zijn niet in beschouwing genomen, maar experimenten met combinaties van bekalken en plaggen wel. Tabel 1 geeft een overzicht van de proeven en hun behandelingen. Van experimenten waarvan nog data in enigerlei vorm terug te vinden waren is een selectie in het veld bezocht. Er is een zeer globale beschrijving van deze bosopstanden en hun vegetatie gemaakt, waarbij speciaal gelet is op de herkenbaarheid van de verschillende behandelingen. De beschouwde experimenten worden hieronder kort beschreven.

**Tabel 1**

*Beschouwde proeven en hun behandelingen. Eenheden: Ca, ton dolokal / ha, behalve Harderwijk, daar ton CaCO<sub>3</sub> / ha, en Ruinen, daar ton borgakal / ha; andere elementen: Peel, kg element / ha; Harderwijk, kg oxide / ha. <sup>a</sup> dosis onbekend (is wel uit te zoeken).*

Locatie	Opzet	Ca	P	Mg	K	Afplaggen
Leuvenumse Bos	factorieel	1	0	0	0	wel, niet
Peel	trappen	0, 3, 6, 9	0	0	0	niet
Peel	factorieel	0	0	0, 40, 80	0, 75, 150	niet
Peel	rotatable	0	0, 15, 50, 85, 100	0, 12, 40, 68, 80	0, 22, 75, 128, 150	niet
Harderwijk	factorieel	0, 1.68	0, 104	0, 166	0, 120	niet
Harderwijk	trappen	3, 6, 9, 18	104	166	120	niet
Ruinen	praktijk	2 - 5	0, >0 <sup>a</sup>	0, >0 <sup>a</sup>	?	niet
Dwingeloo, Smilde, Appelscha	factorieel	1	0	0	0	wel, niet

1. **Leuvenumse Bos-experiment.** Dit was een bekalking \* afplag experiment, aangelegd in een samenwerkingsproject tussen het toenmalige Biologisch Station Wijster en het toenmalige RIN (Rijksinstituut voor natuurbeheer). De plots waren 5 \* 10 m, de vegetatie werd opgenomen zonder uitsluiting van een randzone. De ontwikkelingen zijn gevolgd vanaf de aanleg in 1985 tot 1989, zowel de vegetatie als de paddenstoelen. Er is een publicatie over het Leuvenumse Bos-experiment (De Vries et al., 1986). In het algemeen waren de behandelingseffecten beperkt, afplaggen leidde tot een terugzet van de successie voor de groene vegetatie (vooral een toename van acrocarpe mossen) en tot een zeer sterke toename van het aantal soorten mycorrhiza-paddenstoelen een jaar na het afplaggen, waarna de soortenrijkdom weer snel afnam. Bekalken leidde tot een toename van enkele ruigtesoorten in de vegetatie, vooral *Chamerion angustifolium* en *Taraxacum officinale* s.l., en tot een afname van *Calluna vulgaris*.

Helaas wordt de ligging van dit experiment niet in de publicatie vermeld en moet het nu als onvindbaar worden beschouwd.

2. **Peel-proef.** Omdat destijds in de Peel de hoogste depositie van zowel N als S optrad werd bekalking hier het meest urgent geacht en zijn een aantal experimenten opgezet. Later werd besloten ook in andere delen van het land experimenten te starten, met dezelfde opzet en benaming. De experimenten zijn opgezet door Staatsbosbeheer (SBB) en lagen ook alle in opstanden die bij SBB in beheer waren. Er waren drie typen experimenten:
- kalktrappen-proeven met vier niveaus
  - factoriële K \* Mg-proeven
  - 'rotatable design' P \* K \* Mg-proeven.

Er zijn proeven uitgevoerd met verschillende boomsoorten (den, eik, Douglas, larix) in jonge (~ 5 jaar) en oude (> 20 jaar) opstanden. Tabel 2 geeft een overzicht van de gebruikte opstanden en toegepaste behandelingen. De plots zijn meestal vierkant (soms rechthoekig) met zijden van 20 - 30 m (naar gelang de terreinomstandigheden), de vegetatie is opgenomen onder uitsluiting van een randzone, op nettoplots van 15 \* 15 m. In principe liggen de nettoplots midden in de brutoplots, afwijkingen worden beschreven in De Goeij en Siebum (1990). De proeven zijn grotendeels aangelegd in 1986 en 1987.

**Tabel 2**

*Details 'Peel'-proef.*

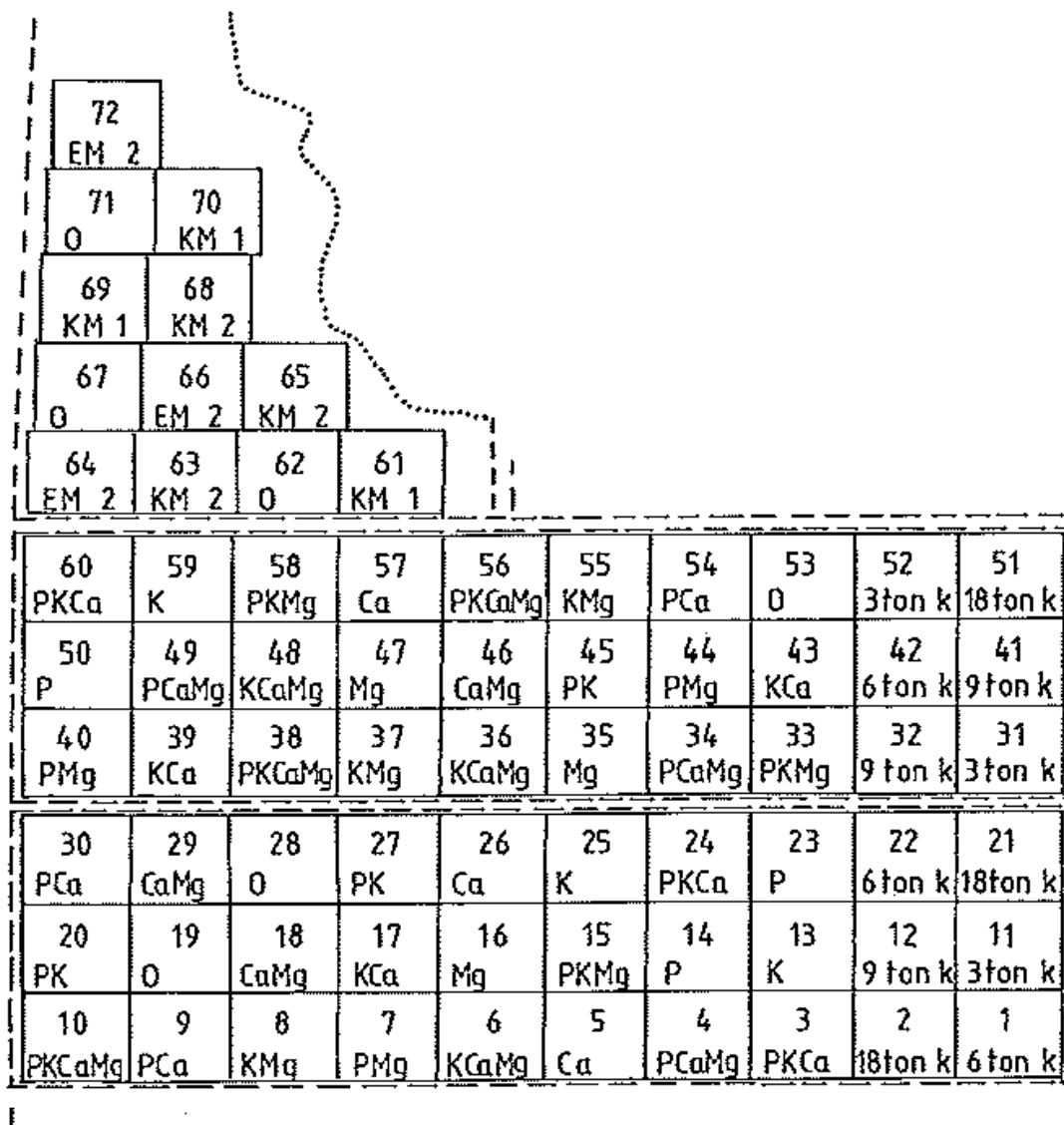
Vak	Behandeling	Opzet	Aantal plots	Boomsoort	Aanleg	Start experiment	Teruggezocht
St. Anthonis 44c	Ca	trappen	8	den	1953	najaar 1987	ja
St. Anthonis 46a	Ca	trappen	8	eik	1980	najaar 1987	ja
St. Anthonis 46e	Ca	trappen	8	den	1980	najaar 1987	ja
Amerongen 17	K, Mg	factorieel	18	den	1928	feb-mrt 1986	nee
Amerongen 2f	K, Mg	factorieel	18	den	1946	feb-mrt 1986	nee
Chaaam 78	K, Mg	factorieel	18	den	1931	feb-mrt 1986	nee
Chaaam 79a/80	K, Mg	factorieel	18	den	1930	feb-mrt 1986	nee
Garderen 118	K, Mg	factorieel	18	den	1927	feb-mrt 1986	ja
Garderen 141a	K, Mg	factorieel	18	den	1910	feb-mrt 1986	ja
Uden 123g	P, K, Mg	rotatable	16	eik	1985	winter 1986/1987	ja
Anthonis 64d	P, K, Mg	rotatable	16	eik	1983	winter 1986/1987	nee
Venray 709b	P, K, Mg	rotatable	16	eik	1973	winter 1986/1987	ja
Mil 143c	P, K, Mg	rotatable	16	eik	1968	winter 1986/1987	ja

In een selectie van deze proeven (tabel 2) is de vegetatie tweemaal opgenomen, in 1988 (De Goeij en Siebum, 1990) en in 1991 (Van Dobben en Vocks, 1992). De conclusie was dat de effecten van de behandelingen zeer gering waren en op het niveau van de gehele vegetatie nooit statistisch significant (soms wel op het niveau van individuele soorten). In het algemeen was er een zwakke tendens tot verzuuring bij een nutriëntengift, waarbij de effectiviteit afneemt in de volgorde Ca > P > Mg > K. Voor het huidige project is een selectie gemaakt van de proeven in den en eik, gelegen in de Peel en op de Veluwe (tabel 2).

3. **Harderwijk-proef.** Deze proef is aangelegd op initiatief van de Christelijke Hogere Agrarische School in Dronten en de gemeente Harderwijk. Doel was het nagaan van de effectiviteit van verschillende mineralengiften als tegenmaatregel tegen verzuring. Het was een factoriële K \* P \* Mg \* Ca-proef, in combinatie met een kalktrappenproef met vijf niveaus (tabel 1) en een proef met kalver- en eendenmest. Alle behandelingen zijn in triplo uitgevoerd. De lay-out van het experiment wordt gegeven in figuur 1. De

vegetatie is opgenomen vlak na de aanleg in 1986 en in 1987. De plots zijn 22 \* 25 m, de vegetatie is opgenomen onder uitsluiting van een randzone van 10 m aan alle kanten, dus op een oppervlak van 12 \* 15 m. In 1987 waren de behandelingseffecten van de factoriële proef niet significant, maar die van de trappenproef wel en ook ecologisch verklaarbaar (zie bijlage 1).

4. **Boswachterij Ruinen.** In deze boswachterij liggen geen experimenten maar is op praktijkschaal bekalking en bemesting uitgevoerd. Opstanden zijn geheel of gedeeltelijk behandeld met 'borgakal', 'bosmineraal' (een meststof met P, Mg en Ca) kopersulfaat of koperslakken, alleen of in verschillende combinaties. Borgakal is landbouwkalk met 5 à 10% Mg, in werking waarschijnlijk zeer vergelijkbaar met dolokal. De meeste behandelingen zijn uitgevoerd in de jaren 1986 - 1989. De kalkdoses lopen uiteen van ca. 2 tot 5 t/ha borgakal. Nadeel is wel dat deze boswachterij vrijwel geen grove den bevat en slechts weinig eik; de meeste behandelde plots zijn Japanse larix, Douglas of fijnspar. Alle eik- en fijnsparopstanden die met borgakal zijn behandeld zijn bezocht. Overigens is het wel mogelijk dat deze opstanden bij de aanleg bemest zijn met slakkenmeel of andere meststoffen (is waarschijnlijk ook nog wel na te gaan in de gegevens van de boswachterij). Voordeel van de behandelingen op praktijkschaal is wel dat het lokaliseren van de behandelde en onbehandelde delen geen probleem oplevert. Ook zijn in deze boswachterij de uitgevoerde behandelingen zeer nauwgezet geadministreerd.
5. **Dwingeloo, Smilde, Appelscha.** Dit zijn experimenten die aangelegd zijn door het (inmiddels opgeheven) Biologisch Station Wijster, voornamelijk voor mycologisch onderzoek. Er zijn vegetatieopnamen uit de jaren 1985 - 1990. In principe zijn het factoriële plag \* kalk-proeven, met plots in duplo. In sommige proeven is ook plagsel opgebracht, in één (Appelscha) ook in combinatie met bekalken. De plots zijn 7 \* 7 m (= ca. 50 m<sup>2</sup>) en liggen in een aaneensluitend raster. Sommige zijn nu onderdeel van een plot van het NEM-meetnet paddenstoelen.



**Figuur 1**

Layout van de Harderwijk-proef

P, K, Ca, Mg: factoriële proef

xx ton k: kalktrappenproef, xx = gift in ton/ha

EM: eendenmest

KM: kalvermest.



### 3 Resultaten

Tabel 3 vat de resultaten van de veldbezoeken samen. Hoewel de in de data gegeven coördinaten meestal erg onnauwkeurig waren, waren alle proeven op één na met zekerheid terug te vinden. Hieronder volgt een beschrijving van hetgeen per proef is gevonden.

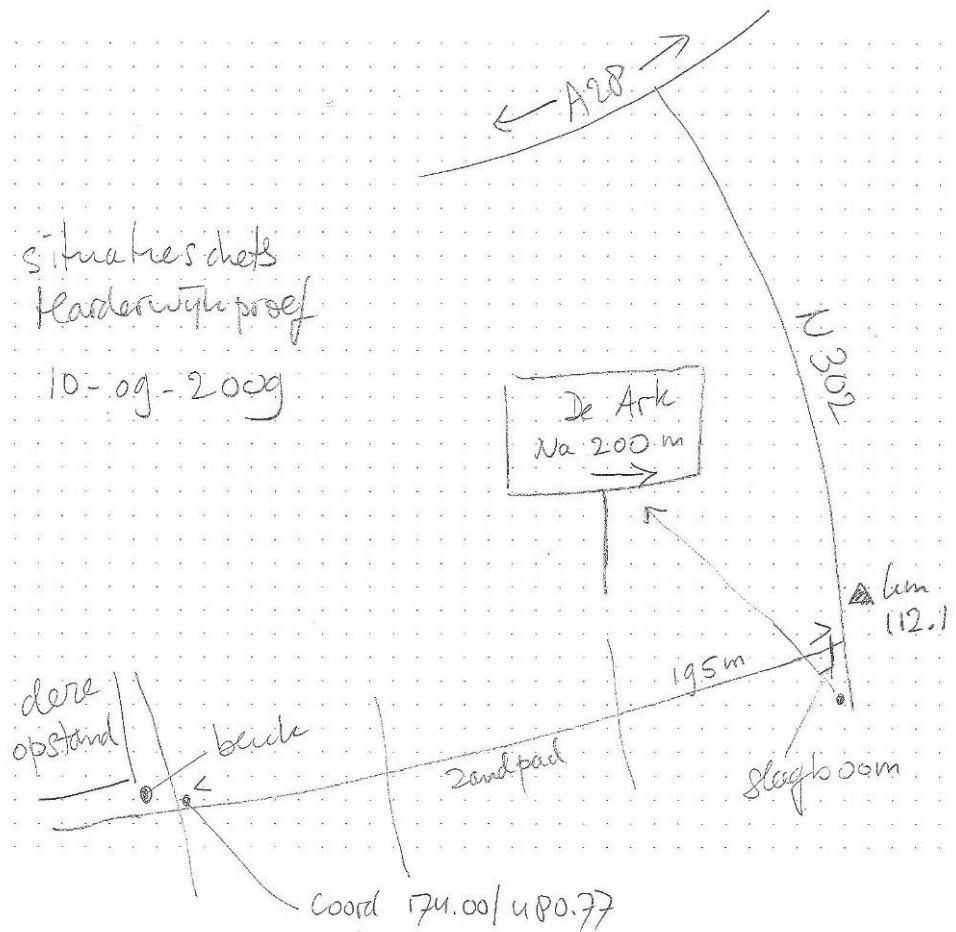
#### *Harderwijk*

Ondanks de uiterst onnauwkeurige coördinaten kostte het terugvinden niet veel moeite. Figuur 2 is een situatieschets die de ligging van de hoek van de proef (plot 10, zie figuur 1) aangeeft. Het bos is een zeer homogene en intussen vrij oude grove dennenopstand (figuur 3). Het effect van de behandelingen is in het veld goed zichtbaar, de bekalkte plots (en wellicht ook andere? Tijdens het veldbezoek was de lay-out van de proef nog niet beschikbaar) zijn direct te herkennen aan de ruigtesoorten. De meest voorkomende hiervan zijn: *Calamagrostis epigejos*, *Digitalis purpurea*, *Solidago canadensis*, *Rubus fruticosus*, *Galeopsis tetrahit*, *Senecio jacobea*, *Cirsium vulgare*, *Urtica dioica*, *Chamerion angustifolium*, *Moehringia trinervia*. Figuur 4 geeft een beeld van de ruigtevegetatie en figuur 5 van de overgang van ruigte naar de oorspronkelijke 'arme-bos'-vegetatie gekenmerkt door *Calluna vulgaris*, *Deschampsia flexuosa*, *Carex arenaria*, etc. Het is wel zeker dat het effect nu veel groter was dan in 1987, en dat er dus inderdaad sprake is van een belangrijk lange-termijn effect (zie bijlage 1). Opvallend is bij voorbeeld dat de soort die nu dominant is in de bekalkte plots, *Calamagrostis epigejos*, in 1987 niet aanwezig was. In het deel van de proef met kalver- en eendenmest waren op het eerste gezicht geen effecten meer aanwezig.

**Tabel 3**

*Samenvatting resultaten veldwerk.*

Proef	Boomsoort	Behandeling	Opgegeven coördinaten	Locatie teruggevonden	Werkelijke coördinaten	Ligging plots binnen opstand bekend	Verstoord	Paaltjes gevonden	Effect zichtbaar	Bruikbaar
Harderwijk	den	fact P * K * Mg *Ca + trappen Ca	52*20' / 5*37'	ja	52* 18' 52.4" / 5* 39' 56.6" = 174.00 / 480.77	alleen t.o.v. elkaar	gedund, zwijnen	nee	zeer duidelijk	zeker
Garderen 141a	den	fact K * Mg	174.3 / 468.9	niet met zekerheid	?	nee	waarschijnlijk niet	nee	nee	nee
Garderen 118	den	fact K * Mg	174.9 / 468.2	ja	vergeten op te nemen	nee	zeer veel stormschade, mais gestrooid	nee	nee	nee
St. Anthonis 46a	eik	trappen Ca	185.2 / 402.8	ja	185.08 / 402.75	nee	nee	enkele nettopaaltjes	nee	eventueel
St. Anthonis 46e	den	trappen Ca	185.1 / 402.8	ja	185.26 / 402.61	nee	dunningsachterstand	nee	nee	niet voor vegetatie
St. Anthonis 44c	den	trappen Ca	184.7 / 403.2	ja	184.69 / 403.23	nee	deels gedund; veel effect Qu rubra	één	nee	ja
Mill 143c	eik	rotatable P * K * Mg	183.3 / 408.4	ja	183.28 / 408.50	ja	nee	de meeste	nee	eventueel
Venray 709b	eik	rotatable P * K * Mg	190.8 / 386.8	ja	190.72 / 386.78	ja	grotendeels geveld	nee	??	nee
Ruinen 28a	fijspar	borgakal 2.7 t/ha	-	ja	niet opgenomen	ja	zeer veel Douglas opslag	zijn er nooit geweest	nee	nee
Ruinen 41a	fijspar	borgakal 2.5 t/ha	-	ja	220.66 / 527.72	ja	nee	zijn er nooit geweest	ja	ja, indien fijspar relevant wordt geacht
Ruinen 5c	eik	borgakal 1 à 2 t/ha	-	ja	221.26 / 525.65	ja	vraat door reeën	zijn er nooit geweest	ja	ja
Ruinen 97c	eik	borgakal 5 t/ha	-	ja	223.72 / 526.26	ja	onderplant met beuk; stormschade; erg inhomogeen	zijn er nooit geweest	nee	nee
Dwingeloo 27a	den	fact plag * Ca	-	ja	224.66 / 537.24	ja	begraasd met schapen	nee	plag-effect wel, kalk niet	ja
Smilde 324h	den	fact plag * Ca	-	ja	216.82 / 544.51	ja	begraasd met Schotse Hooglanders	één	plag-effect wel, kalk niet	ja
Appelscha 84b	den	fact plag * Ca	-	ja	217.39 / 551.20	ja	zeer veel opslag berk	nee	plag-effect nauwe-ijks, kalk niet	nee



**Figuur 2**

Situatieschets Harderwijk-proef.

#### Garderen vak 141a

Deze opstand was niet met zekerheid te lokaliseren. Op de locatie van de aangegeven coördinaten zijn zowel jonge als oudere grove dennen aanwezig, en ook vrij veel oude Douglas. Er was geen spoor van behandelingseffecten zichtbaar.

#### Garderen vak 118

Er zijn hier twee generaties grove den aanwezig, en ook vrij veel *Picea excelsa*. Er is zeer veel stormschade, waarschijnlijk van twee jaar geleden (stormen van winter 2006 / 2007). In een deel van de opstand ligt maïs (fazantenvoer?) (figuur 6). Deze opstand is duidelijk geschikt voor vervolgonderzoek.



***Figuur 3***  
*Overzicht Harderwijk-opstand.*



***Figuur 4***  
*Ruigtevegetatie in bekalste plot Harderwijk.*





***Figuur 5***  
*Grens tussen behandelde (links) en onbehandelde (rechts) plot in Harderwijk.*



***Figuur 6***  
*Garderen vak 118.*

#### *St. Anthonis vak 46a*

De eiken hebben een dbh (diameter borst hoogte) van ca. 5 - 20 cm (figuur 7). In het midden van de opstand is een open plek met een oudere eik er in. Blijkbaar is hier na het opnemen verzuimd de 'netto' plaatjes weg te halen (elektriciteitsbuis), hiervan was nog een aantal aanwezig. Er was geen spoor van behandelingseffecten zichtbaar.

#### *St. Anthonis vak 46e*

De grove dennen hebben een dbh van ca. 5 - 20 cm en staan zeer dicht opeen (figuur 8). Behandelingseffecten zijn niet zichtbaar maar de opstand is zo dicht dat er vrijwel geen ondergroei aanwezig is, ook geen mossen.

#### *St. Anthonis vak 44c*

Dit was de kalktrappenproef. Het is inmiddels een vrij oude opstand met merendeels grove den (figuur 9), maar hier en daar staan Amerikaanse eiken die veel invloed hebben op de ondergroei (veel zaailingen, figuur 10). Er werd nog één paaltje aangetroffen dat aan de voet geheel verrot was. De vegetatie bestaat grotendeels uit mossen (*Hypnum jutlandicum*, *Dicranum scoparium*) met wat varens (meest *Dryopteris dilatata*) en grassen (meest *Molinia caerulea*). Aan de rand van de opstand bevindt zich een brede ontwateringsloot (stond tijdens het bezoek droog), wellicht is deze gegraven na de laatste opname? Behandelingseffecten waren niet zichtbaar. Aan de rand van de opstand was recent gedund, maar waarschijnlijk buiten de proefvlakken.

#### *Mill vak 143c*

Dit is een vrij open eikenopstand, dbh = 15 - 30 cm, met hier en daar wat berk en Amerikaanse eik (figuur 11). Het eigendom is inmiddels overgegaan naar Natuurmonumenten. De ondergroei bestond vrijwel geheel uit mossen, meest *Hypnum jutlandicum*. Er werden nog zeven bruto paaltjes teruggevonden (één verrot). Behandelingseffecten waren niet zichtbaar.

#### *Venray vak 709b*

Deze opstand is voor de helft geveld, ook een deel waar plots in lagen (figuur 12).

#### *Ruinen vak 28a*

Deze opstand is niet verder onderzocht omdat hij op het eerste gezicht al ongeschikt was door de zeer dichte ondergroei van Douglas opslag.

#### *Ruinen vak 41a*

Dit is een vrij oude en open fijnspar opstand, met enige bijmenging van Douglas. Een greppel vormt de grens tussen de wel en niet bekalkte delen. Het bekalkte deel heeft op het eerste gezicht een beter ontwikkelde struiklaag, een grasrijkere ondergroei en een zwaardere boomlaag (figuur 13, 14).

#### *Ruinen vak 5c*

Een behoorlijk homogene eikenopstand met een behandelingseffect dat goed zichtbaar is aan de dichtere struiklaag en gras- (meest *Molinia*) en varenrijkere ondergroei. Plaatselijk braam in het bekalkte deel (figuur 15, 16).





***Figuur 7***  
*St. Anthonis vak 46a.*



***Figuur 8***  
*St. Anthonis vak 46e.*





**Figuur 9**  
*St. Anthonis vak 44c.*



**Figuur 10**  
*St. Anthonis vak 44c, detail mat zaailingen van Q. rubra.*





***Figuur 11***  
*Mill vak 143c.*



***Figuur 12***  
*Venray vak 709b.*

#### *Ruinen vak 97c*

Dit vak ligt wat geïsoleerd van de rest van het bos ('Tellingbosch'). Waarschijnlijk is dit vak een deel van een vroeger landgoed. De eiken (van 1892!) hebben een slechte vitaliteit en zijn klein voor hun leeftijd. De opstand is erg inhomogeen, het bekalkte deel is onderplant met beuk (enkele decennia oud, waarschijnlijk geplant tegelijk met de bekalking) en het onbekalkte deel heeft veel stormschade. Er is veel bijmenging van Amerikaanse eik, berk, Douglas, hulst, lijsterbes etc. Behandelingseffecten zijn niet zichtbaar.

#### *Dwingeloo vak 27a*

Tamelijk open en tamelijk oude grove dennenopstand met veel *Empetrum* in de ondergroei. De geplagde plots zijn te herkennen aan het ontbreken van *Empetrum* (figuur 17), maar bekalkingseffecten zijn niet zichtbaar. De begrazing (met schapen) is zo extensief dat die eventueel onderzoek niet in de weg hoeft te staan.

#### *Smilde vak 324h*

Open grove dennenopstand met vrij veel opslag van *Prunus*, *Amelanchier*, *Sorbus* etc. Begraasd door Schotse hooglanders in lage dichtheid, hoeft geen beletsel voor verder onderzoek te zijn. Ook hier is alleen het effect van plaggen in het veld zichtbaar, niet van bekalken. Er werd nog één (plastic) plaatje gevonden. Figuur 18 toont een detail van een bekalkte plot.

#### *Appelscha vak 84b*

Opstand van waarschijnlijk vrij oude maar slecht gegroeide grove dennen, niet begraasd en (daardoor?) met zeer veel opslag van vooral berk (figuur 19). Hierdoor is zelfs het effect van plaggen maar met moeite waarneembaar. Minder geschikt voor vervolgonderzoek.





**Figuur 13**  
*Ruinen vak 41a, behandeld deel.*



**Figuur 14**  
*Ruinen vak 41a, onbehandeld deel.*





**Figuur 15**  
*Ruinen vak 5c, behandeld deel.*



**Figuur 16**  
*Ruinen vak 5c, onbehandeld deel.*





**Figuur 17**  
*Dwingeloo vak 27a.*



**Figuur 18**  
*Smilde vak 324h, bekalkte plot.*





***Figuur 19***  
*Appelscha vak 84b.*

## 4 Conclusies en aanbevelingen voor vervolgonderzoek

In het verleden zijn bekalkingsplots vooral onderzocht op bosbouwkundige (eerst boomgroei en later 'vitaliteit'), vegetatiekundige en mycologische aspecten. Voor de hand ligt in elk geval bodem, vegetatie en paddenstoelen in het vervolgonderzoek te betrekken, en daarin fauna als extra component op te nemen. De bosbouwkundige aspecten zijn, gezien de inmiddels verschoven belangstelling, waarschijnlijk minder interessant. Uit eerdere waarnemingen was al bekend dat kalkdoses van minder van één ton/ha (als dolokal) geen zichtbaar effect op de vegetatie hebben, en dat wordt door waarnemingen in dit project bevestigd. Maar ook hogere doses hebben soms geen zichtbaar effect. Verder blijken mycologische effecten meestal samen te gaan met zichtbare effecten op de vegetatie.

Voor de fauna ligt dit anders. Hier zijn micronutriënten van groot belang, die in het algemeen geen zichtbaar effect op de vegetatie hebben (Van Dobben, 1993). De evaluatie van de oude bekalkingsproeven is voor het micronutriëntenonderzoek vooral interessant daar waar de bekalking niet heeft geleid tot een verrijking van de vegetatie. In deze plots kan onderzocht worden of de bekalking van weleer nu nog positief doorwerkt in de waardplantkwaliteit. Er zijn namelijk aanwijzingen dat de vermesting de waardplantkwaliteit doet verminderen, waardoor insecten problemen krijgen met hun voeding. Het is de vraag of een hele lichte bekalking die niet leidt tot veranderingen in de vegetatie, de plantenkwaliteit voor herbivoren positief kan beïnvloeden. Als een hogere kalkgift nodig mocht blijken voor het herstel van de plantkwaliteit, kan het bos eerst geplagd worden om verrijking tegen te gaan. Daarom zijn voor de fauna juist die proeven interessant waar combinaties van lichte bekalking (zonder zichtbaar effect op de vegetatie) en plaggen zijn uitgevoerd.

Het ligt daarom voor de hand voor vervolgonderzoek aan vegetatie en paddenstoelen plots te selecteren die een zichtbaar effect op de vegetatie hebben, en voor vervolgonderzoek aan de fauna plots die geen zichtbaar effect op de vegetatie hebben en waar ook afgeplagd is. Verder vallen sterk verstoorde plots natuurlijk af. Dit leidt tot de volgende selectie:

- Harderwijk: dit is zeker de 'mooiste' proef voor vegetatie, met veel verschillende behandelingen en een goede replicatie, en goed zichtbare effecten in een homogene opstand;
- Ruinen vak 5c: in deze proef zijn er in elk geval zichtbare effecten op de vegetatie. Nadeel is dat het een proef op praktijkschaal is en dus zonder replicatie, maar de vakken zijn zo groot en homogeen dat pseudo-replicatie wel mogelijk is;
- Dwingeloo 27a en/of Smilde 324h: hier zijn geen zichtbare effecten op de vegetatie, maar er is wel bekalkt met of zonder afplaggen. Deze proeven lenen zich waarschijnlijk goed voor onderzoek aan de fauna.

Van al deze proeven behalve die in Ruinen zijn oude vegetatiekundige en mycologische waarnemingen beschikbaar en deels ook statistische analyses van deze waarnemingen. Dit maakt een analyse van de veranderingen door de tijd mogelijk. Alle proeven liggen in dennenopstanden, alleen de proef in Ruinen ligt in een eikenopstand. Hiermee zijn de meest relevante boomsoorten van de arme zandgrond vertegenwoordigd, hoewel de eik enigszins ondervertegenwoordigd is. Desgewenst kunnen er van de andere proeven ook enkele meegenomen worden in vervolgonderzoek, maar deze hebben geen zichtbare effecten op de vegetatie, of zijn geheel ongeschikt voor vegetatiekundig onderzoek. Mogelijk zijn deze wel interessant voor onderzoek aan de fauna, hoewel het ontbreken van een plagbehandeling dan een nadeel is. Van deze proeven is de trappenproef in St. Anthonis (vak 44c) waarschijnlijk het meest geschikt. Indien meer onderzoek in eik gewenst is zou de proef in Mill hiervoor gebruikt kunnen worden, maar hier is niet bekalkt maar alleen Mg (en K en P) toegediend.

Indien onderzoek in fijnspar gewenst is kan de opstand in Ruinen (vak 41a) gebruikt worden; er is hier bekalkt met zichtbare effecten op de vegetatie.



# Dankwoord

Dank is verschuldigd aan Gerrit Hietbrink (SBB boswachterij Ruinen) en Bernhard de Vries (Hoogeveen) voor hulp bij het opzoeken van de gegevens en van de proeven zelf, en aan Thom Kuyper (Wageningen UR) en Arnold van der Burg (St. Bargerveen) voor bijdragen aan dit rapport.



# Literatuur

Dobben, H.F. van, 1993. Vegetation as a monitor for deposition of nutrients and acidity. Diss. Utrecht, 241 p.

Vries, B.W.L. de, E. Jansen, H.F. van Dobben en Th.W. Kuyper, 1995. Partial restoration of fungal and plant species by removal of litter and humus layers in stands of Scots pine in the Netherlands. *Biodiversity and Conservation* 4: pp. 156-164.

Dobben, H.F. van en M.J.M.R. Vocks, Jaartal *Effect van bekalking en bemesting met fosfor, magnesium en kalium op de ondergroei van eiken- en dennenopstanden op arme grond*. RIN-rapport 92/22, 20 p + figs.

Kuyper, Th.W. en B.W.L. de Vries, 1990. Effects of fertilization on the mycoflora of a pine forest. *Wageningen Agricultural University Papers* 90-6: pp. 102-111.

Tamm, C.O. en B. Popovic, 1989. *Acidification experiments in pine forests*. Report National Swedish Environmental Protection Board 3589, 131 p.

Goeij, S. de en M. Siebum, 1990. *Effecten van experimentele bekalking en bemesting op de ondergroei van enkele eiken- en dennebossen op arme zandgrond in Nederland*. Intern rapport RIN 90/2

Wolf, R.J.A.M., M.E. Engels, M. Knotters, R. Schraven en M. Boertjes, 2006. *Bekalking en toevoegen van nutriënten; evaluatie van de effecten op de vitaliteit van het bos; een veldonderzoek naar boomgroei*. Alterra-rapport 1337.2

Burg, J. van den en A.F.M. Olsthoorn, 1994. *Het landselijk bemestingsonderzoek in bossen 1986 T/M 1991: overzicht en bespreking van de resultaten*. Rapport 106 IBN- DLO.

Veerkamp, M.T., B.W.L. de Vries en Th.W. Kuyper, 1997. Shifts in species composition of lignicolous macromycetes after application of lime in a pine forest. *Mycological Research* 101:1251-1256



# Bijlage 1      Statistische analyse van de behandelingseffecten in de Harderwijk-proef in 1987

Omdat de analyse in Van Dobben (1993) niet uitsluitend deze proef betreft maar een combinatie met proeven in Lapland is hier een extra analyse uitgevoerd op (1) de factoriële proef en (2) de kalktrappenproef. Tabel 4 geeft het resultaat van een voorwaartse selectie van variabelen in de factoriële proef. Geen van de behandelingen had toen een significant effect en merkwaardigerwijs had K het sterkste effect.

**Tabel 4**

*Voorwaartse selectie van variabelen in de factoriële proef in Harderwijk. F = regression mean square / residual mean square, P = kans op deze of een hogere F.*

Behandeling	Percentage verklaarde variantie	F	P
K	2%	1.07	0.315
Mg	2%	0.87	0.406
Ca	2%	0.73	0.523
P	1%	0.53	0.627

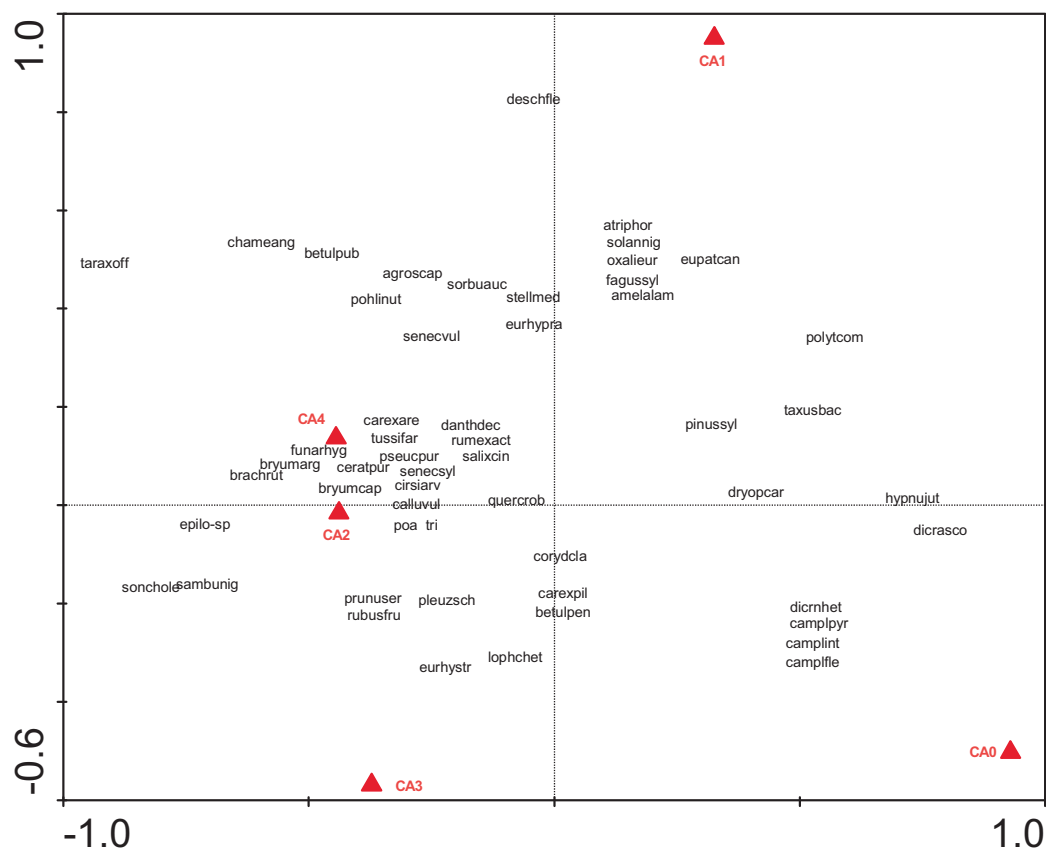
In de kalktrappenproef waren er wel significante effecten: de bekalkte plots verschilden significant van de onbekalkte en de laagste dosis verschilde ook bijna significant van de hogere (tabel 5; merk op dat de hoogste dosis, gecodeerd als CA4, niet in de tabel voorkomt wegens collineariteit). Figuur 20 is de biplot, waaruit het effect op de soorten is af te lezen. In het kwadrant van de onbehandelde plots (CA0) liggen uitsluitend mossen, in het kwadrant van het laagste niveau (CA1) grotendeels mossen, in de helft van de hogere niveaus grotendeels hogere planten en nitrofiële mossen.

**Tabel 5**

*Voorwaartse selectie van variabelen (niveaus) in de kalktrappenproef in Harderwijk; CA0 t/m CA4 zijn 0, 3, 6, 9 en 18 ton CaCO<sub>3</sub>/ha. CA4 is collineair en weggelaten.*

Behandeling	Percentage verklaarde variantie	F	P
CA0	29%	5.27	0.032
CA1	14%	2.93	0.077
CA3	1%	0.24	0.726
CA2	0%	0.07	0.956

Wat betreft de effecten op de mycoflora was opvallend dat er - in tegenstelling tot hogere planten - al zeer snel na de start van de behandelingen sprake was van een sterk effect van bekalking op zowel ectomycorrhiza-paddenstoelen als strooiselafbrekende paddenstoelen. De veranderingen in soortensamenstelling wijzen hoofdzakelijk op veranderingen in stikstofdynamiek, soms ook op een rechtstreeks effect van een verhoogde pH. Interessant, en nog niet eerder in de literatuur gerapporteerd, is dat ook de soortensamenstelling van paddenstoelen op hout veranderde (Veerkamp et al., 1997) (info: Thom Kuyper, die ook de data heeft).



**Figuur 20**

Biplot van de kalktrappenproef in Harderwijk.

Verklaarde variantie per as: horizontaal, 38%; verticaal, 5%. Verklaring van de afgekorte soortnamen: agroschap, *Agrostis capillaris*; amelalam, *Amelanchier lamarckii*; atriphor, *Atriplex hortensis*; betulpen, *Betula pendula*; betulpub, *Betula pubescens*; brachrut, *Brachythecium rutabulum*; bryumarg, *Bryum argenteum*; bryumcap, *Bryum capillare*; calluvul, *Calluna vulgaris*; campflle, *Campylopus flexuosus*; camplint, *Campylopus introflexus*; camplypyr, *Campylopus pyriformis*; carexare, *Carex arenaria*; carexpil, *Carex pilulifera*; ceratpur, *Ceratodon purpureus*; chameang, *Chamerion angustifolium*; cirsiarv, *Cirsium arvense*; corydcla, *Corydalis claviculata*; danthdec, *Danthonia decumbens*; deschfle, *Deschampsia flexuosa*; dicrasco, *Dicranum scoparium*; dicrnhet, *Dicranella heteromalla*; dryopcar, *Dryopteris carthusiana*; epilo-sp, *Epilobium*; eupatcan, *Eupatorium cannabinum*; eurhypra, *Eurhynchium praelongum*; eurhystr, *Eurhynchium striatum*; fagussyl, *Fagus sylvatica*; funarhyg, *Funaria hygrometrica*; hypnujut, *Hypnum jutlandicum*; lophchet, *Lophocolea heterophylla*; oxalieur, *Oxalis europaea*; pinussyl, *Pinus sylvestris*; pleuzsch, *Pleurozium schreberi*; poa tri, *Poa trivialis*; pohlinut, *Pohlia nutans*; polytcom, *Polytrichum commune*; prunuser, *Prunus serotina*; pseucpur, *Pseudoscleropodium purum*; quercrob, *Quercus robur*; rubusfru, *Rubus fruticosus*; rumexact, *Rumex acetosella*; salixcin, *Salix cinerea*; sambunig, *Sambucus nigra*; senecsyl, *Senecio sylvaticus*; senecvul, *Senecio vulgaris*; solannig, *Solanum nigrum*; sonchole, *Sonchus oleraceus*; sorbuauc, *Sorbus aucuparia*; stellmed, *Stellaria media*; taraxoff, *Taraxacum officinale*; taxusbac, *Taxus baccata*; tussifar, *Tussilago farfara*.