



ALTERRA

WAGENINGEN UR

# Vernieuwing in ontwikkeling en beheer van natuurgraslanden op voormalige landbouwgrond op droge zandgronden

A. Oosterbaan  
J.J. de Jong  
A.T. Kuiters

Alterra-rapport 1669, ISSN 1566-7197



Vernieuwing in ontwikkeling en beheer van natuurgraslanden op voormalige  
landbouwgrond op droge zandgronden

In opdracht van Min. LNV

# Vernieuwing in ontwikkeling en beheer van natuurgraslanden op voormalige landbouwgrond op droge zandgronden

A. Oosterbaan  
J.J. de Jong  
A.T. Kuiters

Alterra-rapport 1669

Alterra, Wageningen, 2008

## REFERAAT

Oosterbaan, A., J.J. de Jong & A.T. Kuiters, 2008. *Vernieuwing in ontwikkeling en beheer van natuurgraslanden op voormalige landbouwgrond op droge zandgronden* Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1669. 57 blz.; 3 tab.; 63 ref.

De laatste tijd doen zich bij de ontwikkeling en het beheer van natuurgraslanden verschillende knelpunten voor. Literatuur en gesprekken met beheerders van natuurgraslanden hebben inzicht gegeven in het huidige beheer, de optredende knelpunten en de mogelijke aangrijpingspunten voor vernieuwing. Beschreven wordt welke vernieuwingsmogelijkheden er zijn en welke onderdelen in een pilot zouden kunnen worden opgenomen.

Trefwoorden: natuurgrasland, beheer, methoden, vernieuwing, vegetatie, fauna, kosten

ISSN 1566-7197

Dit rapport is digitaal beschikbaar via [www.alterra.wur.nl](http://www.alterra.wur.nl). Een gedrukte versie van dit rapport, evenals van alle andere Alterra-rapporten, kunt u verkrijgen bij Uitgeverij Cereales te Wageningen (0317 46 66 66). Voor informatie over voorwaarden, prijzen en snelste bestelwijze zie [www.boomblad.nl/rapportenservice](http://www.boomblad.nl/rapportenservice)

© 2008 Alterra  
Postbus 47; 6700 AA Wageningen; Nederland  
Tel.: (0317) 480700; fax: (0317) 419000; e-mail: [info.alterra@wur.nl](mailto:info.alterra@wur.nl)

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

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

# Inhoud

Woord vooraf	7
Samenvatting	9
1 Inleiding	11
1.1 Aanleiding	11
1.2 Doel	12
1.3 Afbakening	12
1.4 Werkwijze	13
2 Ontwikkelingsreeksen	15
2.1 Droog grasland op zandgrond (natuurdoeltype 3.33)	15
2.2 Matig voedselrijk grasland in beekdal en veengebied (natuurdoeltype 3.38)	16
2.3 Heischraal grasland	17
3 Het huidige beheer	19
3.1 Maaien en afvoeren	20
3.2 Beweiding	22
3.3 Plaggen	25
3.4 Afgraven	26
3.5 Inzaaien of uitleggen van maaisel	29
3.6 Enten	32
3.7 Opslag van bomen en struiken mechanisch verwijderen	33
3.8 Bekalken	34
3.9 Uitmijnen	35
3.10 Vernatten	36
3.11 Overige maatregelen	38
4 Knelpunten	39
5 Mogelijke vernieuwingen in ontwikkeling en beheer	45
5.1 Belangrijke aangrijpingspunten voor vernieuwing	45
5.2 Vernieuwingsmogelijkheden	47
6 Onderdelen voor een pilot	51
Literatuur	53



## Woord vooraf

Graslanden zijn voor veel van de Nederlandse landschappen beeldbepalend. Lange tijd waren graslanden vrijwel alleen in gebruik bij agrariërs, en werden beheerd met als doel om zo veel mogelijk gewas te produceren van een zo goed mogelijke kwaliteit. Tot en met de eerste helft van de 20ste eeuw was de productiviteit gemeten naar huidige maatstaven beperkt, maar veel van de graslanden waren botanisch rijk. Door nieuwe landbouwmethoden, de komst van kunstmest, verkaveling en herinrichting, afname van oppervlakte en versnippering en ontwatering raakte veel van deze rijkdom verloren. Natuurbeschermingsorganisaties namen daarop graslanden in het beheer om de natuurwaarden te behouden. Aanvankelijk werden voornamelijk de botanisch rijke graslanden in beheer genomen. Maar om doelstellingen van het natuurbeleid te halen werden steeds meer graslanden die botanisch al sterk verarmd waren in beheer genomen, met als doel deze te ontwikkelen en de natuurwaarden te verhogen. Ook in de toekomst zal dit nog op grote arealen plaats hebben .

Het behouden en ontwikkelen van de natuurwaarden van graslanden gaat echter niet altijd zonder problemen. De uitgangssituatie is in veel gevallen niet goed en is moeilijk goed te krijgen. Daarbij komt dat de kosten voor het beheer soms hoog zijn, en in de toekomst mogelijk veel hoger zullen worden. Daarom is in deze studie gezocht naar mogelijkheden voor vernieuwing van ontwikkeling en beheer van graslanden.

Bij het onderzoek zijn diverse beheerders betrokken die op verschillende momenten van het onderzoek hun ervaringen, problemen en mogelijke oplossingen naar voren hebben kunnen brengen. We willen hen danken voor hun inbreng.

Dit onderzoek, dat is gefinancierd door het Ministerie van LNV (Beleidsondersteunend Onderzoek), is begeleid door een klankbordgroep. Wij willen de deelnemers hierin, te weten André Westendorp (Natuurmonumenten), Jan Holtland (Staatsbosbeheer), Wouter van Heusden (DLG) en Gerard Grimberg (Dir. Kennis LNV) hartelijk bedanken voor hun bijdrage aan de resultaten van dit project.





## Samenvatting

In ons land wordt een grote oppervlakte grasland uit regulier landbouwkundig gebruik genomen en de hoofdfunctie natuur gegeven. Het beheer van deze natuurgraslanden is gericht op het verkrijgen van een grotere kenmerkende biodiversiteit en het verkrijgen en behouden van openheid. De kern van het beheer bestaat uit maaien en afvoeren en/of beweiden, al of niet na inrichtingsmaatregelen zoals afgraven en vernatten.

De laatste jaren doen zich bij het beheer een aantal knelpunten voor. Enkele belangrijke hiervan zijn:

- het niet verschijnen van de kenmerkende soorten (door het ontbreken in de zaadbank en/of beperkt verspreidingsvermogen)
- het probleem van fosfaatverzadiging van de bodem
- het verschijnen van dominante soorten en probleemkruiden
- slechte ontwikkelingsmogelijkheden voor de fauna
- afnemende mogelijkheden voor samenwerking met agrarische bedrijven.

Op basis van literatuuronderzoek en gesprekken met beheerders is in dit onderzoek gezocht naar aanvullende of nieuwe, kosteneffectieve methoden voor inrichting en beheer.

Na beschrijving van de voor- en nadelen van alle beheermaatregelen en de knelpunten die zich bij het huidige beheer voordoen, is nagegaan welke aangrijpingspunten er zijn voor vernieuwingen in het beheer. Deze hebben geleid tot de volgende vernieuwingsmogelijkheden:

- cyclisch beheer met tijdelijk opgaande begroeiingen
- nieuwe methoden van verschraling
- gericht inbrengen van zaden en bodemleven.

Naast dit soort vernieuwingen is er ook behoefte aan een decision support system om voor verschillende Ausgangssituaties zo gericht mogelijk naar de doelsituatie toe te werken.

Er is een voorstel uitgewerkt voor onderwerpen die in een pilot kunnen worden uitgewerkt. Belangrijk daarbij is dat afgraven/plaggen slechts pleksgewijs plaatsvindt en dat zaad en bodemorganismen, die eveneens plaatselijk op de plekken worden ingebracht, zich van daaruit (op langere termijn) over het gehele terrein verspreiden. De voedingswaarde van afgegraven materiaal en maaisel kan worden benut voor het telen van energiegewassen op nabijgelegen energiekampen.



# 1 Inleiding

## 1.1 Aanleiding

De laatste decennia is een grote oppervlakte grasland uit regulier landbouwkundig gebruik genomen en de hoofdfunctie natuur gegeven. In lopende plannen is nog eens in een grote oppervlakte nieuwe natuurgraslanden voorzien (zie tabel 1.1). In totaal gaat het om enkele tienduizenden hectares van voornamelijk droog grasland.

*Tabel 1.1 Overzicht doel en huidige areaal graslanden*

graslandtype	areaal	
	doel	huidig
droog grasland	68.813	24.298
vochtig grasland	20.877	10.609
nat grasland	32.394	17.752
zout en brak grasland	7.243	5.028
Totaal	129.327	57.687

Bron: Natuurdoeltypenkaart

Het beheer van deze natuurgraslanden, dat vooral is gericht op het verkrijgen van een grotere kenmerkende biodiversiteit en het verkrijgen en behouden van openheid, is grotendeels in handen van natuurbeschermingsorganisaties. De kern van het beheer bestaat uit maaien en afvoeren en/of beweiden. Voorafgaand aan het beheer kan nog een (eenmalige) inrichting van het gebied plaats vinden.

Op basis van de resultaten tot nu toe, kent het huidige beheer van korte vegetaties vaak knelpunten. In veel gevallen wordt bij dit beheer samengewerkt met agrariërs (middels inscharen van vee, verkoop van gras, in gebruik geven van grond), waardoor de kosten beperkt worden. Maar de laatste jaren hebben agrariërs steeds minder behoefte aan deze samenwerking. Oorzaken hiervan zijn de kwaliteitseisen die agrariërs stellen aan het gewas (niet te schraal, geen ongewenste plantensoorten zoals Jacobskruiskruid), en recente beperkingen om in gebruik genomen gronden mee te tellen in de mestboekhouding. Het jarenlange verschrallingsbeheer, dat veelal nodig is om vanuit een landbouwkundig gebruik te komen tot natuurgrasland, wordt daarmee kostbaar.

Het afgraven van de bouwvoor kan een alternatief zijn voor jarenlang verschrallingsbeheer, maar dit vergt een grote investering en de afzet van het vrijkomende materiaal levert soms moeilijkheden op. Ook heeft afgraven van de bouwvoor andere nadelen, zoals het verwijderen van de bodemfauna en van de aanwezige zaadbank, ofschoon deze na decennia intensief landbouwkundig gebruik meestal slechts bestaat uit zaad van triviale soorten. Ook kunnen met het afgraven aardkundige en cultuurhistorische waarden verloren gaan.

Uit een goed gemonitord project als Plan Goudplevier in midden Drenthe blijkt dat natuurontwikkeling op arme zandgrond een traag proces is (Van Tooren et al. 2004). Zo neemt bij verschraling het aantal plantensoorten toe, maar in veel gevallen levert het beheer niet de gewenste doelsoorten met bijbehorende fauna op. Er is het probleem van beschikbaarheid en bereikbaarheid: Veel doelsoorten komen niet vanzelf. Zo hebben zaden van veel kenmerkende plantensoorten van schrale graslanden een korte kiemkrachtige periode. Veel soorten hebben daarnaast een beperkte dispersiecapaciteit waardoor deze niet gemakkelijk uit zichzelf kunnen terugkeren, vooral niet wanneer sprake is van landschappelijke barrières (Van Duinen et al. 2004). Verder geldt voor veel faunagroepen dat het beheer verre van optimaal is en er meer maatwerk nodig is. Naast de beperkingen voor vestiging spelen andere factoren zoals voedingstoestand van de bodem en bodemprocessen een rol, al is de kennis daarover nog betrekkelijk onvolledig.

Dit alles roept de vraag op of er aanvullende of nieuwe, kosteneffectieve methoden voor inrichting en beheer te bedenken zijn. Daarbij kan worden gedacht aan maaien met verschillende soorten machines al dan niet met nabeweidings, of de wijze van afvoer en verwerking biomassa van verschillende kwaliteiten die afhankelijk zijn van het maaitijdstip. Maar ook kan gedacht worden aan vernieuwingen in het beheer zoals cyclisch beweidingsbeheer (gedurende het seizoen migreren van grazers van het ene perceel naar het andere), al dan niet in combinatie met cyclisch maai-beheer. Of aan cycli met een langere omloop (bijvoorbeeld van 20 jaar), zodat via verschillende stadia naar een lange- termijndoel wordt toegewerkt. Wat aanvullend beheer betreft kan worden gedacht aan het uitleggen van maaisel met plantenzaden of het enten van de bodem met bodemorganismen.

## **1.2 Doel**

Het doel van dit project is perspectiefvolle, aanvullende of nieuwe methoden te vinden voor het kosteneffectief ontwikkelen en beheren van natuurlijke graslanden op voormalige landbouwgronden.

Er worden onderwerpen voorgesteld die kunnen worden opgenomen in een pilot om nieuwe beheermethoden die het meest perspectief lijken te bieden op praktijkschaal te toetsen.

## **1.3 Afbakening**

Van het totale areaal aan doeltypen grasland bestaat het grootste deel uit droog grasland. Het onderzoek is in eerste instantie op deze categorie gericht. In het kader van OBN is al veel onderzoek verricht naar herstel van duingraslanden (Kooijman et al. 2005) en loopt thans een onderzoek naar herstel van kalkgraslanden (Smits et al. 2006). Er moet een duidelijk onderscheid worden gemaakt tussen de inrichting en het beheer gericht op herstel en effectieve ontwikkeling van bestaand natuurgrasland. In dit rapport wordt vooral ingegaan op het beheer, maar omdat het benodigde beheer

gekoppeld is met de wijze van inrichting worden voor zover van toepassing ook inrichtingsaspecten besproken.

#### **1.4 Werkwijze**

In samenspraak met een begeleidingsgroep bestaande uit een vertegenwoordiger van LNV Directie Kennis, de terreinbeheerorganisaties Staatsbosbeheer en Natuurmonumenten en de Dienst Landelijk Gebied zijn de volgende werkzaamheden uitgevoerd:

- inventarisatie en beschrijving huidige beheer en knelpunten

Op basis van bestaande kennis, te vinden in de (inter)nationale literatuur en bij experts, is een overzicht gemaakt van de huidige beheermethoden, de kosten die daarmee gemoeid zijn en de resultaten die er mee worden behaald (mogelijk zijn er in het buitenland positieve ervaringen met beheermethoden die in Nederland niet worden toegepast). Daarnaast zijn de knelpunten, waar men in het beheer tegenaan loopt, op een rij gezet.

- zoeken nieuwe beheermethoden

De mogelijkheden voor alternatieve beheermethoden zijn op 2 manieren nagegaan, namelijk deskstudie; literatuur en discussie, mede gericht op buitenlandse beheerervaringen en terreinbezoeken en gesprekken met beheerders.

- selectie perspectievolle nieuwe beheermethoden voor pilot

Van de uit stap 3 gebleken mogelijke alternatieve beheermethoden, zijn de meest perspectievolle methoden uitgewerkt. Als laatste stap zijn onderdelen aangedragen voor een pilot.



## 2 Ontwikkelingsreeksen

### 2.1 Droog grasland op zandgrond (natuurdoeltype 3.33)

Het type droog grasland op zandgrond omvat verschillende plantengemeenschappen, te weten 14Ba Vogelpootjes-associatie, 14Bb1 Associatie van Schapegras en Tijn, 19Aa1 Associatie van Liggend walstro en Schapegras (nummers verwijzen naar de Vegetatie van Nederland); SBB subdoeltype 9.5.

Meest voorkomende type droog grasland op Pleistocene, voedselarme zandgronden is de associatie van Schapegras en Tijn (*Festuco-Thymetum serpyllii*). Het komt vooral voor op plaatsen met kalkarme tot kalkloze zandgrond met wat leem. Indicatieve soorten zijn Gewoon struisgras (*Agrostis capillaris*), Wilde tijn (*Thymus serpyllum*), Grasklokje (*Campanula rotundifolia*) en Muizenoor (*Hieracium pilosella*). Op met stikstof verrijkte bodems ontwikkelt zich een rompgemeenschap van Gewoon struisgras en Gewoon biggekruid (*Hypochaeris radicata*) (Schaminée & Jansen 2001).

Het beheer is veelal gericht op verlaging van de productiviteit en op het tot ontwikkeling brengen van een meer gevarieerde, natuurlijker begroeiing met bijbehorende variatie aan fauna. Aanvankelijk domineren hoogproductieve, concurrentiekrachtige grassen en kruiden. Naarmate de productiviteit afneemt wijken deze soorten voor laagproductieve grassen en kruiden. Afhankelijk van de milieuomstandigheden (bodemtype, organisch stofgehalte, pH, grondwaterstand e.d.) kunnen verschillende graslandtypen tot ontwikkeling komen.

Bij het ontwikkelingsbeheer zijn meerdere fasen te onderscheiden (zie voor een uitgebreide beschrijving Veldgids Ontwikkeling van botanisch waardevol grasland (Bax & Schippers 1998), samenhangend met een afnemende productiviteit en een toenemende gevarieerdheid van de begroeiing, namelijk:

1. raaigrasweide: Engels raaigras (*Lolium perenne*) dominant;
2. grassen-mix: een mengsel van enkele dominante grassen zoals veldbeemdgras (*Poa pratensis*), Kroppaar (*Dactylis glomerata*) en Fioringras (*Agrostis stolonifera*) naast Engels raaigras, met lokaal haarden van kruiden;
3. dominant stadium: met Gestreepte witbol (*Holcus lanatus*), Grote vossenstaart (*Alopecurus pratensis*) of Glanshaver (*Arrhenatherum elatius*) als dominante soorten;
4. bloemrijk grasland: fijn mozaïekpatroon van grassen en kruiden met russen en zeggen; de vegetatie begint een indicatie te vormen van bodemtype en vochttoestand;
5. schraalland: laatste stadium van laagproductieve vegetatie bestaande uit een fijn mozaïek van laagblijvende kruiden, grassen, russen en zeggen. Dit stadium wordt niet altijd bereikt omdat dit hele specifieke milieuomstandigheden vereist. Voorbeelden zijn blauwgrasland en kleine zeggenvegetaties op nat tot vochtige bodems, heischraal grasland op droge, kalkarme zand- en leemgrond en kalkgrasland op droge kalkrijke bodems.



Hieronder wordt een beschrijving gegeven van de vegetatietypen uit stadia 2, 3, 4 en 5 die tot ontwikkeling kunnen komen bij toepassing van een verschrallingsbeheer.

Ontwikkeling vanuit sterk verrijkt grasland:

- Vanuit sterk bemeste graslanden: gedomineerd door Engels raaigras en Ruw beemdgras (*Poa trivialis*). Bij een beheer gericht op verschralling (2x per jaar maaien met afvoer) verschijnen in de loop van de tijd soorten als Smalle weegbree (*Plantago lanceolata*) en Vertakte leeuwentand (*Leontodon autumnalis*). Op wat vochtigere standplaatsen gaat Gestreepte witbol domineren. Dit stadium kan >10 jaar aanhouden. Soorten van schralere omstandigheden, zoals Gewone veldbies (*Luzula campestris*) en Gewoon reukgras (*Anthoxanthum odoratum*) verschijnen pas na 10-15 jaar. De ontwikkeling van soortenrijk droog grasland kan langer duren dan 20 jaar.
- Na plaggen ontwikkelt zich binnen 5-8 jaar een rompgemeenschap met Gewoon struisgras en Gewoon biggekruid. Bij verdere verschralling vestigen zich in de loop van de tijd (10-15 jaar) ook soorten als Wilde tijm en Grasklokje. De verdere ontwikkeling kan gaan richting heidebegroeiingen. Plaggen kan de ontwikkeling naar soortenrijk droog grasland dus met 5-10 jaar versnellen, mits de soorten er kunnen komen (Schaminée & Jansen 2001).

De ontwikkelingsduur op droge zandgrond is mede afhankelijk van de vochttoestand en kalkrijkdom van de bodem. Vochtschaarste werkt beperkend op de mineralisatie van organisch materiaal en daarmee op de nutriëntenbeschikbaarheid. Op kalkrijke bodems kan fosfaatbeperking gaan optreden door de binding van fosfaat aan calciumcarbonaten. Vochtschaarste en kalkrijkdom kunnen het proces van verschralling daardoor enigszins versnellen.

## **2.2 Matig voedselrijk grasland in beekdal en veengebied (natuurdoeltype 3.38)**

Het type matig voedselrijk grasland in beekdal en veengebied betreft bloemrijk grasland van zand- en veengebied en omvat de volgende plantengemeenschappen: 16Ab4 Associatie van Boterbloemen en Waterkruiskruid, 16Bc1b Kamgrasweide, subassociatie met Moerasrolklaver; SBB subdoeltype 9.2.

Het betreft hier (drassige) hooiweilanden op basenrijke, humeuze gronden. De grondwaterstand bepaalt welke type voorkomt. Op de meest natte standplaatsen, waar aanvoer van basenrijk grondwater overheerst, kan het type met Boterbloemen en Waterkruiskruid worden ontwikkeld. Op de drogere standplaatsen kunnen zich matig droge tot natte Kamgrasweiden ontwikkelen.

Ontwikkeling vanuit zeer voedselrijke cultuurgraslanden (*Poa Lolietum*):

- In beekdalen op de hogere zandgronden is herstel van vochtige tot natte Kamgrasweiden mogelijk door middel van verschrallingsbeheer van maaien en afvoeren, eventueel met nabeweidings. Voorwaarde is een adequaat herstel van de waterhuishouding. Veranderingen in soortensamenstelling neemt >10

jaar in beslag. Wel neemt de productiviteit geleidelijk af na stopzetting bemesting. Gestreepte witbol gaat de vegetatie domineren. Wanneer de grondwaterstand permanent te laag is, ontwikkelt zich een soortenarme rompgemeenschap met Rood zwenkgras (*Festuca rubra*), Gewoon biggekruid en Gewone veldbies die heel lang kan standhouden. Bij gunstige hydrologische condities ontwikkelt zich na 25 jaar een vochtige tot natte Kamgrasweide (Schaminée & Jansen 2001).

De ontwikkelingsduur kan enigszins worden verkort onder invloed van kalkrijk- en ijzerrijk grondwater. Fosfaat kan worden gebonden aan de overmaat calcium of ijzer, waardoor fosfaat beperkend wordt.

### 2.3 Heischraal grasland

Het betreft hier soortenrijke graslanden op relatief zure, voedselarme wat lemige gronden en omvat de volgende plantengemeenschappen: 19Aa1 associatie van Liggend walstro en Schapengras; 19Aa2 associatie van Klokjesgentiaan en Borstelgras.

In Schaminée & Jansen (2001) ontbreken ontwikkelingsreeksen voor dit type grasland. Wel zijn er ervaringen in Drenthe met ontwikkeling van dit type grasland door verschraling uit intensief gebruikte beekdalgrasland (Loefvledder; Bakker et al. 2002).

Na 25 jaar was de productiviteit met meer dan de helft gedaald (van ca. 6,3 naar 2,5 ton droge stof per ha) als gevolg van het verschralingsbeheer bestaande uit tweemaal maaien en afvoeren. Dit was overigens nog steeds ca. een factor 2 hoger dan algemeen gebruikelijk voor het *Nardo-Galium saxatile* (1,0-1,5 ton droge stof per ha). Ook de vestiging van kenmerkende soorten verliep zeer traag. Soorten kwamen niet meer voor in de zaadbank. Na 25 jaar had zich slechts één doelsoort gevestigd (Borstelgras, *Nardus stricta*). Tegelijkertijd vormde de sterke uitbreiding van Gewoon haakmos (*Rhynchospora squarrosus*) mogelijk een probleem voor de vestiging van typische heischrale soorten.



### 3 Het huidige beheer

#### *Doelen van het beheer*

Het hoofddoel van het beheer van graslanden op de droge zandgronden is doorgaans het verkrijgen van een soortenrijke vegetatie en fauna, met karakteristieke soorten van schraalgrasland.

In sommige gevallen is het hoofddoel het kort houden van de vegetatie om daarmee het landschap open te houden. In dat geval worden er weinig eisen gesteld aan de samenstelling van de vegetatie.

#### *Beheermaatregelen*

Aangezien voormalige cultuurgraslanden vaak tientallen jaren, soms eeuwen zijn bemest met organische mest en kunstmest, is een van de belangrijkste doelen waarop het beheer zich richt de verschraling van de bodem. Verschraling is een noodzakelijke voorwaarde voor een verhoging van de diversiteit aan plant- en diersoorten. De soortenrijke vegetatietypen van halfnatuurlijke landschappen (hoofdstuk 2) zijn aangepast aan voedselarme omstandigheden. Nutriëntenlimitatie is dan ook een voorwaarde voor een lage biomassa-productie. Deze kan bestaan uit N-, P- of K-limitatie. Algemeen wordt aangenomen dat vegetatietypen op droge zandgronden van oorsprong N-gelimiteerd waren, ofschoon er bepaalde plantensoorten binnen deze vegetaties P-gelimiteerd waren (Verhagen & Van Diggelen 2001).

Beheermaatregelen, die in voormalige cultuurgraslanden worden uitgevoerd zijn:

- maaien en afvoeren
- beweiden (met runderen, paarden/pony's, schapen, geiten)
- plaggen
- afgraven
- inzaaien/uitleggen van maaisel
- enten
- bestrijden van opslag van bomen en struiken
- bekalken
- uitmijnen
- vernatten
- niets doen.

N.b. Vaak wordt gekozen voor een combinatie van maatregelen, bijvoorbeeld afgraven of plaggen in combinatie met maaien/afvoeren of beweiding.

#### *Effecten*

Hieronder worden puntsgewijze de verschillende beheermaatregelen beschreven. In het kort wordt ingegaan op de effecten, verschillen van eventuele varianten en voor- en nadelen.

### 3.1 Maaien en afvoeren

#### *Doel*

- afvoer biomassa en nutriënten
- kort houden van de vegetatie
- tegengaan van verruiging
- toename soortendiversiteit

#### *Werkwijze*

Maaien en afvoeren kan bestaan uit verschillende combinaties van activiteiten, zoals maaien, schudden, wiersen, oprapen, persen en transporteren. De werkzaamheden kunnen op graslanden die niet te nat zijn in het algemeen goed uitgevoerd worden met materieel dat gangbaar is in de landbouw. Door reliëf, kleine percelen of onregelmatige perceelvormen zijn werksnelheden en werkbreedste in het algemeen lager dan wat in de landbouw gangbaar is.

De gewenste maai frequentie het gewenste tijdstip voor maaien zijn afhankelijk van de toestand van het grasland. Graslanden die recent uit agrarisch beheer genomen en erg voedselrijk zijn kunnen twee of drie keer per jaar gemaaid worden. Bij voorkeur wordt er dan gemaaid vlak voordat de dominante grassen bloeien (bijvoorbeeld mei, juli en september). Op dat moment heeft het gras de hoogste voedingswaarde, waardoor zo veel mogelijk verschaald wordt en het gras het beste in de landbouw kan worden afgezet.

Naarmate het grasland schraler wordt kan minder frequent en later gemaaid worden omdat het aantal soorten met een latere zaadrijping toeneemt. De eerste maaibeurt kan dan worden verschoven naar bijvoorbeeld juni, gevolgd door een maaibeurt in september.

Bij een gewasproductie van minder dan ca. 6 ton droge stof per ha per jaar kan veelal eens per jaar gemaaid worden, bijvoorbeeld juli of augustus. Later maaien - zoals vroeger wel gebeurde - heeft als nadeel dat er minder voedingsstoffen worden afgevoerd. Wanneer de productie afneemt tot minder dan 2 ton droge stof per ha per jaar kan in minder productieve jaren het maaien achter wegen blijven.

Maaien en afvoeren wordt in veel gevallen (voor zover er markt is voor het gewas) uitgevoerd door agrariërs, die daarvoor het land pachten of het gewas op stam kopen. Naarmate de hoeveelheid gras per maaibeurt en de voederkwaliteit van het gras afnemen, neemt ook de inpasbaarheid in agrarische bedrijfsvoering af. Als er vanuit agrariërs geen vraag is naar het grasland (bijvoorbeeld omdat het te schraal is), zal de terreineigenaar het maaiwerk in eigen beheer moeten uitvoeren.

Als de terreineigenaar het maaien en afvoeren in eigen beheer uitvoert, betekent dit (meestal) dat het gewas achtereenvolgens wordt gemaaid, geschud (zodat het goed kan drogen), op wiersen wordt gelegd en wordt opgeraapt of in balen geperst. Afhankelijk van de kwaliteit van het maaisel en de lokale vraag kan het gewas soms lokaal worden verkocht of om niet worden afgezet bij agrariërs, maneges of particulieren.

Als er geen afzet voor veevoer is, wordt het maaisel doorgaans afgevoerd naar een composteerinrichting.

### ***Kosten***

Maaien, perceel van 50x100m	€ 71	per ha
Maaien, perceel van 200x100m	€ 38	per ha
Schudden	€41	per ha
Wiersen, perceel van 50x100m	€ 50	per ha
Wiersen, perceel van 200x100m	€ 31	per ha
Oprapen, 50 m <sup>3</sup> /ha	€ 63	per ha
Oprapen, 100 m <sup>3</sup> /ha	€ 83	per ha
Oprapen, 150 m <sup>3</sup> /ha	€ 103	per ha
Transport, 5 km	€ 1,60	per m <sup>3</sup>
Transport, 20 km	€ 3,30	per m <sup>3</sup>
Verkoop gewas, prijs afh. van kwaliteit maaisel en lokale markt	€ 5 - 20	per ton droge stof
Compostering	€ 41	per ton versgewicht
Verpachten, doorgaans opbrengsten van	€ 50 - 100	per ha per jaar
	tot ca. € 200	
	soms gaat het 'om niet'	
	soms legt beheerder er geld op toe	

### ***Effecten***

Door maaien en afvoeren worden voedingsstoffen en biomassa afgevoerd, waardoor de bodem wordt verschaald, de vegetatie periodiek open en kort wordt gehouden, en ophoping van humus wordt beperkt. De mate van verschraling hangt af van (o.a.) het aantal keer dat jaarlijks wordt gemaaid, het tijdstip van maaien en de gewasproductie. De gewasproductie wordt sterk beïnvloed door de bodemgesteldheid.

Oomes (1990) vond dat door twee maal per jaar maaien en afvoeren van graslanden (venige bodem) die tot voor kort in normaal agrarisch gebruik waren (bemesting van 250 kg N, 20-30 kg P en 50-90 kg K per ha per jaar) de drogestofproductie van ca. 11-12 ton per ha per jaar in ca. 8 jaar naar ca. 4 ton per ha per jaar kon worden teruggebracht.

Na 8-10 jaar verschraling werd met het gewas jaarlijks ca. 100 - 120 kg stikstof ha, 18 kg fosfaat en 22 kg kalium per ha afgevoerd. Oomes (1990) vond dat met name kalium een beperkende factor werd voor de gewasproductie. De hoogste soortenrijkdom in de vegetatie werd gevonden bij een gewasproductie van 4 - 6 ton droge stof per ha per jaar (Oomes 1992) .

Door het maaien en afvoer op voormalige landbouwgronden neemt met name de beschikbaarheid van stikstof en kalium voor de vegetatie af, waardoor de gewasproductie wordt beperkt. Voor een voldoende afvoer van fosfaat is doorgaans een langere verschalingsperiode nodig, maar door de beperking van de gewasgroei wordt de afvoer van fosfaat eveneens beperkt. Van Eekeren et al. (2007) vonden dat kalibemesting in combinatie met inzaaien van witte klaver de gewasproductie op peil hield, terwijl deze zonder kalibemesting en inzaaien van witte klaver sterk afnam. Door kalibemesting in combinatie met inzaaien van witte klaver bleef ook de afvoer van fosfaat op peil (95 kg fosfaat per ha per jaar na 3 jaar maaien en afvoeren). Verwacht werd dat de gewenste fosfaatbeschikbaarheid in een periode van 10 jaar gehaald kan worden tegenover een periode van 20 jaar voor de gewenste hoeveelheid P-totaal.

Tallowin et al. (2002) concludeerden dat maaien en afvoeren in combinatie met stikstof- en kaliumbemesting in 12 jaar leidde tot gewenste P-waarden, terwijl dit zonder bemesting 25 jaar zou duren.

### ***Voor- en nadelen***

Voordelen:

- goedkoop bij verpachting of verkoop op stam

Nadelen:

- duur bij slechte afzet (doordat boeren het niet meer willen, o.a. door kans op ongewenste planten bijv. Jacobskruiskruid en zaden)
- effecten laten lang op zich wachten
- slecht kiemingsmilieu
- eerste jaren dominantie van algemene soorten
- afnemende vraag naar het af te voeren materiaal
- vestiging ongewenste soorten zoals jacobskruiskruid
- langzame verwijdering voedingsstoffen
- gedeputeerde kan geen lintje doorknippen of eerste hap zand met de machine weghalen
- onaantrekkelijke vegetatiestructuur voor fauna.

## **3.2 Beweiding**

### ***Doel***

- kort houden van de vegetatie
- tegengaan van verruiging
- toename soortendiversiteit
- vergroten structuurvariatie in vegetatie
- cultuurhistorie

Het belangrijkste positieve effect van beweiding is het onderdrukken van competitieve soorten, waardoor mogelijkheden ontstaan voor minder concurrentiekrachtige soorten om zich uit te breiden. Daarnaast kunnen grazers door betreden, vertrappen en wroeten open plekken in de vegetatie creëren, die gunstige 'microsites' zijn voor kieming en vestiging van typische graslandsoorten. Het meebeweiden van aangrenzende soortenrijke vegetaties, kan de vestiging van veel doelsoorten in het natuurontwikkelingsterrein bespoedigen.

Voor verschraling van de bodem is beweiding weinig effectief. Er worden nauwelijks nutriënten afgevoerd (Hendriks *et al.* 1985, Sival *et al.* 2004). Wel wordt er in beperkte mate stikstof afgevoerd door vervluchtiging in de vorm van ammoniak of uitspoeling van nitraat uit urine of mest dat redelijk mobiel is in de bodem. Ook kalium kan betrekkelijk eenvoudig uitspoelen uit de mest. Begrazing leidt er wel toe dat nutriëntcycli in de bodem worden versneld, doordat de hoeveelheid dood organisch materiaal afneemt.

### **Werkwijze**

Beweiding kan op een groot aantal manieren uitgevoerd worden. Variatie ontstaat door:

- het soort grazer (m.n. runderen, schapen, paarden)
- de begrazingsperiode (jaarrond, zomer-, winter-, nabeweiding)
- de geleiding (binnen rasters, met herder)
- de regie (alles zelf doen, inscharing van vee, inhuren van kuddes)
- de intensiteit (intensieve of extensieve beweiding)

Binnen de mogelijkheden zijn ook weer combinaties mogelijk.

Beweiding gebeurt in veel gevallen door middel van inscharing van vee van agrariërs. Hoe daarbij de werkzaamheden en verantwoordelijkheden zijn geregeld verschilt per contract. In veel gevallen draagt de terreinbeherende organisatie zorg voor het raster. De controle op het vee en de kosten zoals veterinaire zorg zijn voor rekening van de agrariër. De agrariër betaalt daarbij vaak een kleine vergoeding voor het laten grazen van de dieren.

Terreinbeherende organisaties hebben vaak ook eigen grazers. In dat geval zullen alle werkzaamheden zelf uitgevoerd worden. Afhankelijk van het soort grazer zijn er soms inkomsten uit de verkoop van de aanwas van vee.

Inhuren van grazers of het geheel uitbesteden van de beweiding behoort ook tot de mogelijkheden. Met name bij beweiding met gescheperde schapen komt inhuren veel voor.



### ***Kosten***

Jongveeraster	€ 40	per 100 m/jr
Schaperaster	€ 69	per 100 m/jr
Kosten poort	€ 68	per jr
Kosten klaphek	€ 29	per jr
Controle rundvee en raster	€ 0,61	per graasdag
Verzorging (eigen) rundvee	€ 0,10	per graasdag
Opbrengst rundvee	€ 0,15	per graasdag
Kosten eigen gerasterde kuddes met schapen of inhuren schapen (netto, excl. kosten raster)	€ 0,37	per graasdag
Kosten gescheperde kuddes (netto)	€ 0,58	per graasdag

### ***Effecten***

- weinig afvoer van nutriënten, vooral herverdeling; structuurvariatie en soortenvariatie in mos- en kruidlaag; terugdringing opslag van struik- en boomsoorten (gescheperde kuddes vormen hierop een uitzondering; daar kan wel afvoer van nutriënten plaatsvinden)
- invloed afhankelijk van diersoort (runderen, paarden/pony's, schapen, geiten)
- invloed afhankelijk van graasdruk
- invloed afhankelijk van beweidingseizoen (zomer-, winter-, jaarrondbeweiding)
- beweiding kan zorgen voor verplaatsing van voedingsstoffen binnen een terrein, bijvoorbeeld van rijkere naar armere delen, of van open naar gesloten delen
- effecten op vegetatiestructuur; veelal ontstaan van mozaïekpatroon; zaadtransport bij trekkende grazers

N.b. Bokdam (2003) vond een lagere stikstof interceptie in kort gegraasde terreinen (ca 5 - 10 kg /ha/jr minder stikstof)

### ***Voor- en nadelen***

Voordelen:

- goedkoop bij inscharing
- ontstaan variatie in vegetatie
- zaadtransport van gewenste soorten

Nadelen:

- duur bij eigen beheer (tenzij bijzonder product?) (Kuiters 2004; [www.synbiosys.alterra.nl/begrazing](http://www.synbiosys.alterra.nl/begrazing))
- nauwelijks afvoer van voedingsstoffen
- zaadtransport van ongewenste soorten

### 3.3 Plaggen

#### *Doel*

Snelle afvoer nutriënten.

Met plaggen wordt de organische toplaag verwijderd, meestal tot op de minerale ondergrond. Daarin is een groot deel van de nutriënten opgeslagen (vooral stikstof en kalium) die daar als gevolg van bemesting in terecht zijn gekomen. Fosfaat is vaak ook dieper in het bodemprofiel doorgedrongen. De nutriëntarme minerale ondergrond is een geschikte uitgangssituatie voor hervestiging van een meer natuurlijke graslandbegroeiing. Het is, vooral voor veel faunagroepen, van belang dat plaggen kleinschalig wordt uitgevoerd (gespreid in ruimte en tijd), tenzij duidelijk is dat als gevolg van langdurig intensief agrarisch gebruik de fauna geheel verdwenen is.

In het kader van OBN zijn er ervaringen met het ondiep plaggen (5 cm) van verruigde droge duingraslanden (Habitatype 2130 'Grijze duinen'; Van Til 2006). In de AWD bleek het aantal konijnen in geplagde plots in de eerste jaren na plaggen aanzienlijk te zijn toegenomen. Het konijn wordt als cruciaal beschouwd voor de instandhouding van soortenrijk duingrasland. Ook bleek een aantal kenmerkende soorten van soortenrijke droge duingraslanden (*Phleo-Tortuletum*, *Taraxaco-Galietum veri*) in de eerste jaren na plaggen terug te keren. Herstel van de karakteristieke fauna (dagvlinders, loopkevers, sprinkhanen) was binnen een termijn van enkele jaren nog niet opgetreden (Van Til 2006).

#### *Werkwijze*

Bij plaggen wordt de bovenste 5 - 10 cm van de bodem afgevoerd. Grotere stukken van relatief vlak terrein kunnen het meest efficiënt afgevijseld worden met een plagmachine. Kleinere stukken en reliëfrijk terrein worden bij voorkeur met een graafmachine geplagd. Het materiaal dat vrijkomt kan in veel gevallen lokaal worden afzet op landbouwgrond. Als dit niet mogelijk is dient het materiaal gecomposteerd te worden.

#### *Kosten*

Plaggen met plagmachine, 800 m <sup>3</sup> /ha, met 1000 m transport	€ 2.200 per ha
Plaggen met graafmachine, 800 m <sup>3</sup> /ha, met 1000 m transport	€ 4.200 per ha
Extra transport plagsel, 800 m <sup>3</sup> /ha, 1 km	€ 363 per ha
Onderwerken plagsel op landbouwgrond	€ p.m. per ha
Composteren plagsel	€ 38,60 per ton

### ***Effecten***

- gehele verwijdering vegetatie met als effect dat de gesloten grasmat van landbouwkundig gewenste grassoorten wordt verwijderd en daarmee openheid ontstaat voor kieming en vestiging van andere soorten
- grote afvoer organische stof van de bodem
- snelle vermindering voedingstoffen
- neveneffecten: verwijdering zaadbank en bodemfauna, aardkundige en cultuurhistorische waarden

### ***Voor- en nadelen***

Voordelen:

- goedkope en snelle methode bij goede afzet van plagsel

Nadelen:

- zeer dure methode bij afzet van plagsel bij composteerinrichting.
- gedeeltelijke verwijdering zaadbank en bodemfauna voor zover nog aanwezig
- aantasting buffercapaciteit bodem
- bij plaggen met plagmachine: verdwijnen microreliëf
- op zure bodems kan een tijdelijke ammoniumpiek optreden die toxisch is voor zich vestigende (doel)soorten (Bobbink et al. 2004, Kemmers et al. 2004, 2006; Sival et al. 2004; Pywell et al. 2007).

## **3.4 Afgraven**

### ***Doel***

Snelle afvoer nutriënten.

De effecten van langdurige en intensieve bemesting zitten vaak tot vele decimeters diep in de bodem. Verwijderen van deze diepere lagen (>10 cm) wordt afgraven of ontgronden genoemd. Het succes van de ontwikkeling van de vegetatie en fauna na ontgronden is vaak sterk afhankelijk van dispersie van planten en dieren uit de directe omgeving. Bij voorkeur moeten percelen worden ontgrond die worden omgeven door goed ontwikkelde vegetaties met bijbehorende fauna.

Bij intensief bemeste gronden geldt vaak dat de bouwvoor P-verzadigd is geraakt, waardoor veel P is doorgedrongen tot diepere bodemlagen, vaak tot een diepte van meer dan 50 cm. Afgraven zal dan de concentratie P in de bodem nauwelijks verlagen. Problematisch aan deze situatie is dat een geringe toename van N de biomassa-productie toeneemt, hetgeen juist moet worden tegengegaan. Bij de huidige nog steeds verhoogde N-depositie zal dit op veel plaatsen optreden en komt de ontwikkeling van kenmerkende soortenrijke, laag-productieve vegetaties in het gedrang.

Een ander probleem is dat vlinderbloemigen, met hun mogelijkheid van N-fixatie uit de lucht, zich wel kunnen vestigen in situaties waar als gevolg van een hoge P-

beschikbaarheid, N-limitatie optreed. Vanwege de hoge P-beschikbaarheid kunnen ze veel biomassa produceren, waar op termijn weer veel nutriënten, waaronder N, uit vrijkomen, waar ook andere meer productieve soorten van kunnen profiteren (Verhagen & van Diggelen 2001). Daarmee ontstaan op termijn soortenarme, productieve vegetaties en niet de beoogde schrale graslandbegroeiingen.

De RUG is in jaren '90 onderzoek gestart naar de effectiviteit van ontgronden op zandbodems in Drenthe (Klooker *et al.* 1995). Bepalend voor de hervestiging van plantensoorten zijn:

- a-biotisch milieu, m.n. bodem-pH en nutriëntenbeschikbaarheid;
- voorkomen van zaden in de bodemzaadvoorraad;
- voorkomen van zaden in de omgeving in combinatie met goede verspreidingsmogelijkheden;
- open structuur van de vegetatie.

Vaak volgt op ontgronden een beheer van integrale begrazing waarbij grazers zaden kunnen verspreiden uit omliggende (natuur)terreinen. Geschikte vegetaties hiervoor zijn natte en droge heidevegetaties (*Ericion tetralicis*, *Calluno-Genistion pilosae*), kleine zeggenvegetaties (*Cynosurion cristati*) en heischrale graslanden (*Violion caninae*). Op plaatsen waar veel organisch materiaal aan de oppervlakte is blijven liggen worden kamgrasweiden (*Caricion curto-nigrae*) verwacht. Enkele jaren na ontgroning hebben zich vaak nog weinig doelsoorten gevestigd. Doelsoorten blijken meestal niet aanwezig in de bodemzaadvoorraad en hebben een zeer gering dispersievermogen (Verhagen *et al.* 2004).

Ook in het kader van Plan Goudplevier (midden-Drenthe, gestart in 1992) zijn diverse voormalige landbouwgronden ontgrond, waarbij over een diepte van 30-60 cm soms de hele bouwvoor is verwijderd (Verhagen *et al.* 2004). Daar waar doelsoorten verschenen, bleken ze altijd aanwezig in de directe omgeving. Het bleken voornamelijk meer algemene soorten zoals Moerasstruisgras (*Agrostis caninae*), Schapegras (*Festuca ovina*), Gewone dophei (*Erica tetralix*), Tormentil (*Potentilla erecta*), Gewoon biggekruid (*Hypochaeris radicata*), Vertakte leeuwetand (*Leontodon autumnalis*) en Schapezuring (*Rumex acetosella*). Het merendeel van de zeldzamere soorten had 10 jaar later de terreinen nog niet bereikt, ofschoon wel aanwezig in de omgeving. Met zaadvallen kon worden vastgesteld dat zelfs voor doelsoorten op een afstand van <50 m geen zaden werden aangetroffen in het te ontwikkelen terrein. Dispersie via de mest van grazers bleek wel een rol te spelen. In de mest van Schotse Hooglanders, verzameld in juli en oktober werden ca. 50 soorten vaatplanten aangetroffen, waaronder 14 doelsoorten. Het ging echter om zeer geringe aantallen. Transport door grazers kan vestiging van doelsoorten versnellen, wanneer goed ontwikkelde vegetaties binnen hetzelfde begrazingsgebied zijn opgenomen. Maar kan ook negatief uitwerken als nutriëntrijke begroeiingen zijn opgenomen.

- een tweede effect van afgraven is dat het maaiveld en de vegetatie, die zich daarop ontwikkelt, dichter bij het grondwater (grondwater, kwel) komt.

### **Werkwijze**

Alvorens te ontgronden wordt sterk aanbevolen eerst een inventarisatie uit te voeren van waterhuishouding en van nutriënten- en zaadvoorraad in de bodem op

verschillende dieptes. Zo kan worden vastgesteld op welke diepte en op welke plaats zich de meest gunstige uitgangssituatie bevindt.

Het afgraven gebeurt met een graafmachine. De grond die vrijkomt wordt doorgaans (lokaal) gebruikt. Eventueel wordt de grond daartoe tijdelijk in depot gehouden.

### ***Kosten***

Afgraven 5000 m <sup>3</sup> per ha, 1000 m transport	€ 15.500	per ha
Afgraven 5000 m <sup>3</sup> per ha, 2000 m transport	€ 20.200	per ha
Afgraven 5000 m <sup>3</sup> per ha, 3000 m transport	€ 25.000	per ha

Afleveren / inname grond p.m.

### ***Effecten***

- afvoer voedingsstoffen en organisch materiaal van de bodem
- invloed diepte afgraven
- afvoer zaadbank, flora en fauna; verwijdering bestaande reliëf
- verlaging van de bodem, en daarmee verhoging van de grondwaterstand ten opzichte van het maaiveld

Te weinig grond afgraven levert een voedselrijke situatie op. Bovendien worden tegelijkertijd vaak zaadvoorraden aangeboord van pioniersoorten, ruderalen en akkerkruiden. Dit levert dichte begroeiing op van concurrentiekrachtige soorten en bemoeilijkt de hervestiging van doelsoorten.

### ***Voor- en nadelen***

Voordelen:

- zeer effectief voor het afvoeren van voedingsstoffen (vooral N en K) en organisch materiaal
- grondwater komt dichterbij het maaiveld

Nadelen:

- zeer kostbaar (Kemmers et al. 2006; Smolders et al. 2006)
- P wordt meestal nauwelijks verwijderd, vooral niet in fosfaatverzadigde gronden waar veel fosfaat dieper in het bodemprofiel in sterk verhoogde concentraties kan voorkomen. Er treedt daardoor N-limitatie op waar vlinderbloemigen van kunnen profiteren, hetgeen op termijn leidt tot meer biomassa-productie.
- verwijdering zaadbank en bodemfauna voor zover nog aanwezig
- verdwijnen microreliëf.

### 3.5 Inzaaien of uitleggen van maaisel

#### *Doel*

Inbrengen van gewenste plantensoorten door te zaaien of door maaisel uit te strooien van gronden waar de gewenste soorten groeien.

#### *Werkwijze*

Er wordt maaisel gebruikt van een soortenrijk natuurgrasland in de nabije omgeving. Bij zaaien worden doorgaans mengsels gebruikt van algemene, maar wel kenmerkende, graslandsoorten. De hoeveelheid in te zaaien zaad is erg afhankelijk van het aantal soorten dat ingebracht wordt en het gewicht van die zaden. Het doel van het inzaaien is ook van belang: Dient het inzaaien om snel een hoge bedekking van de ingezaaide soorten te krijgen of worden de soorten alleen ingebracht om zich vervolgens uit zichzelf te vermeerderen? De adviezen van enkele leveranciers van zadenmengsels variëren van ca. 5 tot 50 kg zaadmengsel per ha, of nog meer. Er zijn geen gegevens bekend van de hoeveelheid uit te strooien maaisel.

Inbrengen van soorten gebeurt als de vegetatie voldoende open is, bijvoorbeeld na verschraling, begrazing, afplaggen of afgraven.

#### *Kosten*

Aankoop zaad (veel variatie mogelijk) <sup>1</sup>	€ 50 - 500	per ha
Inzaaien terrein (kaal terrein)	€ 210	per ha
Doorzaaien terrein (begroeid terrein)	€ 100	per ha
Transport maaisel, 5 km, 24 m <sup>3</sup>	€ 39	per ha
Uitstrooien maaisel (12 m <sup>3</sup> /ha) <sup>2</sup>	€ 85	per ha

#### *Effecten*

- terugkeer plantensoorten; grotere diversiteit
- de herkomst van maaisel, de bewaring en zaaitijdstip hebben effect op de resultaten

Het opbrengen van zadenrijk maaisel van soortenrijke graslanden is een beproefde methode om de vestiging van doelsoorten te faciliteren in situaties waarin soorten of zaden daarvan plaatselijk ontbreken. Vooral in situaties waarin de beschikbaarheid van doelsoorten in de zaadbank en de mogelijkheden voor dispersie vanuit de omgeving beperkt zijn, kan dit een belangrijk knelpunt voor de vestiging helpen opheffen (MacDonald 1993). Feitelijk is het een traditionele methode die in vroeger jaren op uitgebreide schaal door boeren werd gebruikt om graslanden te verbeteren (Hölzel & Otte 2003)

Van 1994-1998 is in een EU-project (CLUE) onder leiding van het NIOO-KNAW gekeken naar de mogelijkheden om door middel van onder-en bovengrondse manipulatie van de soortendiversiteit de vegetatieontwikkeling van verlaten

---

<sup>1</sup> De kosten per kilogram variëren van enkele euro's tot enkele honderden euro's per kilogram.

<sup>2</sup> Hoeveelheid is een aanname. Er zijn geen gegevens van bekend.

landbouwgronden te sturen. Een van de opties was het inzaaien van een soortenrijk mengsel (Van der Putten *et al.* 2000). Er werd gebruikt gemaakt van een laag- (4) of hoog-divers (15) mengsel. Beide behandelingen bestonden uit een mengsel van grassen, leguminosen en andere kruidachtigen. Het experiment werd uitgevoerd op een 5-tal locaties in Europa, van de boreale tot de mediterrane zone. Er werd niet geplagd of ontgrond voorafgaande aan het experiment. Zowel bij het laagdiverse als het hoogdiverse mengsel (totaal aantal zaden identiek 3500 per m<sup>2</sup>) werd het aantal akkerkruiden dat zich vestigde onderdrukt, het sterkst in het hoog-diverse mengsel. Het aantal koloniserende soorten was tevens afhankelijk van de bovengrondse aanwezige biomassa van het ingezaaide mengsel.

Van 1993-2004 werd in Schotland een uitgebreid experiment uitgevoerd met het inzaaien van een zaadmengsel, in combinatie met een groot aantal behandelingen, zoals vroeg maaien met nabeweiding, laat maaien, schapenbeweiding, runderbeweiding, hooi laten liggen of verwijderen (Davies *et al.* 2006). Het betrof hier voormalige akkers met een potentie om zich te ontwikkelen naar kamgrasweide op goed gedraineerde neutrale bodem (pH ~ 6.0; *Cynosurus cristatus-Centaurea nigra*). Gebruikt zaadmengsel bestond uit 10 kruiden en 4 grassoorten. De beste resultaten werden geboekt met een behandeling bestaande uit schapenbeweiding van mei-oktober (meeste ingezaaide soorten bleven behouden en het aantal nieuw gevestigde soorten was het hoogst). Vroeg maaien (2<sup>e</sup> helft juni) was beter dan laat maaien (juli) en afvoer van maaisel gaf betere resultaten dan het te laten liggen. Toename van Gestreepte witbol (*Holcus lanatus*) in een vroege fase kan de vestiging van andere soorten belemmeren. Dit werd toegeschreven aan onveranderd hoge gehalten aan P en K in de niet-verschraalde bodem.

Edwards *et al.* (2007) hebben experimenteel onderzoek uitgevoerd naar het uitleggen van maaisel/zaden. Ze deden dat op voormalig bemeste, soortenarme graslanden op klei en op kalk (in UK). Ze gebruikten soortenrijke hooilanden als donorsite (*Cynosurus cristatus-Centaurea nigra* grasland en *Centaurea nigra* type van een Glanshaverhooiland). Er werden verschillende behandelingen van verstoring (eggen en plaggen) en toediening van maaisel (o.a. augustus- versus oktober-maaisel en verschillende hoeveelheden maaisel) met elkaar vergeleken in een factoriële opzet. Het experiment duurde 5 jaar. In het late maaisel kwamen meer karakteristieke kalkgraslandsoorten voor, terwijl in het vroege maaisel vooral overjarige grassen domineerden. Verder waren de resultaten op een verstoorde bodem beter dan op ongestoorde bodem. Voor de kleibodem gold dit vooral voor het eggen. Op de kalkbodem had vooral plaggen een positief effect.

Lawson *et al.* (2004) voerden een zaai-experiment uit op voormalige landbouwgrond op zandige leempodzolen in Schotland (pH 5.5-5.9). Het experiment had een factoriële opzet met 3 zaai-behandelingen (geen, mei, oktober) in combinatie met maaibehandelingen (geen, juli, sept., juli en sept., 4x jaarlijks). Voorafgaand werden percelen geploegd en geëgd. Zaaigoed bestaande uit 18 graslandsoorten (4 g per m<sup>2</sup>). Experiment werd 3 jaar gevolgd. In het eerste jaar werd de vegetatie gedomineerd door éénjarige (gevolg van grondbewerking!). Na twee jaar hadden zich 15 van de

18 gezaaide soorten gevestigd. Tijdstip van zaaien (mei versus oktober) had een grote impact, evenals het maairegime.

- zonder zaaien ontwikkelde zich een soortenarme vegetatie gedomineerd door meerjarige grassen;
- zaaien had een grote impact op het aantal soorten na 3 jaar;
- op een van de twee proeflocaties trad een snelle vestiging en uitbreiding van *Holcus lanatus* op; dit verhinderde grotendeels de vestiging van andere ingezaaide soorten;
- op de andere locatie waren de gezaaide soorten meer succesvol, vooral wanneer ze in het voorjaar waren gezaaid;
- niet maaien resulteerde in minder soorten;
- frequent maaien in combinatie met vroeg zaaien (mei) leverde een hogere abundantie van gezaaide soorten op dan eenmalig maaien;
- laat maaien (sep) had een positief effect op het aantal soorten; nadeel was dat probleemkruiden zoals *Cirsium* sp. in zaad konden komen;
- het inzaaien van soorten bleek effectief in het onderdrukken van probleemkruiden als *Senecio jacobea* en *Cirsium vulgare*.

Het aantal zaden dat in dit soort experimenten wordt uitgelegd varieert van <200 m<sup>-2</sup> tot >20.000 m<sup>-2</sup> (Zobel et al. 2000).

In een experiment van Pywell *et al.* 2007 op twee productieve graslanden op respectievelijk leem- en kleigrond werden 13 combinaties van maatregelen getest, bestaande uit (combinaties van) intensieve najaarsbeweiding met schapen (6-10 gecastreerde rammen per ha gedurende 6 weken), zaaien in voren, eggen tot maximaal 5 cm waarbij 30-40% kale grond ontstaat, toevoegen van een molluscicide (6% w/w oplossing metaldyhyde, 8 kg per ha), inoculatie met bodemmicroben van naburig soortenrijk grasland (1,0 L toplaag per m<sup>2</sup>), toevoegen van *Rhinanthus* (2,4 kg per ha) maaien, tijdelijk bijbemesten met N+K (250 kg N per ha en 100 kg K per ha) of afplaggen. In alle behandelingen werd zaad toegevoegd van gewenste soorten: 4 grassen en 14 kruiden (10 kg per ha) om zaadlimitatie op te heffen.

Het creëren van geschikte plekken voor kieming en vestiging bleek een sleutelfactor bij het herstel. Plaggen of afgraven bleek een noodzakelijke maatregel voor het vestigen van een soortenrijke begroeiing. Opheffen van competitie met gevestigde soorten bleek cruciaal. Er waren aanwijzingen dat dit laatste belangrijker was dan een laag nutriëntengehalte *per se*. Dit viel af te leiden uit het feit dat P in geplagde plots (10 cm) niet veel lager was. De auteurs stellen een gefaseerde aanpak voor. Vanwege de hoge kosten van plaggen/afgraven is het een optie om dit slechts pleksgewijs te doen, waarbij deze plots als brongebiedjes kunnen fungeren voor gewenste soorten. De rest van het terrein wordt in overgangsbeheer genomen gedurende deze eerste fase van herstel. Dit kan een vorm van agrarisch beheer zijn, maar wel gericht op vermindering van productiviteit en concurrentie zoals introductie van *Rhinanthus* of tijdelijke bemesting met N en K, om P-afvoer via het gewas te versnellen. De effectiviteit van deze gefaseerde benadering zou verder getoetst moeten worden (zie hoofdstuk 5).



En tenslotte bleek ook in eigen land in het Plan Goudplevier het uitleggen van heidemaaisel een sterk positief effect te hebben op de vestiging van doelsoorten van heide en schraalgraslanden (Verhagen et al. 2004)

### ***Voor- en nadelen***

Voordelen:

- snelle terugkeer kenmerkende soorten (indien de kwaliteit van de groeiplaats goed is, zoals de bodemvruchtbaarheid)
- resultaat is sterk afhankelijk van gebruikt zaaimengsel/hooi (Lindborg 2006; Pywell et al. 2007) inzaaien is relatief goedkoop;

Nadelen:

- aanvoer van voedingsstoffen bij uitstrooien maaisel
- mogelijk inbrengen van verkeerde soorten of variëteiten (soorten die van nature niet op de betreffende plaats voorkomen of gecultiveerde exemplaren)

## **3.6 Enten**

### ***Doel***

Doel van het enten van de bodem met strooisel/plagsel is het terugbrengen van bodemfauna. Daarmee zou de mineralisatie en humificatie van strooiselmateriaal weer op gang gebracht worden. De onderdrukking van bodempathogenen is een andere sleutelfunctie van een soortenrijke bodemfauna. Een ander aspect van enten met bodemmateriaal is het toevoegen van mycorrhizaschimmels, waar veel graslandsoorten van afhankelijk zijn voor een succesvolle vestiging en betere concurrentiemogelijkheden (Van der Heijden et al. 2004).

### ***Werkwijze***

In het onderzoeksprogramma CLUE (Korthals & Van der Putten 2001) is op experimentele wijze ervaring opgedaan met het transplanteren met grond. Daarvoor werd per ha enkele m<sup>3</sup> grondmateriaal van een reeds langer uit cultuur gehaalde akker gebruikt. Ook is ervaring met het gebruik van (heide)plagsel. Eén van de hypothesen is dat pas uit cultuur genomen landbouwgronden vaak een bacteriegedomineerd bodemleven hebben, terwijl bij de overgang naar natuurgrasland bodemschimmels een steeds belangrijker rol gaan spelen. Hier wordt de komende jaren nader onderzoek naar gedaan (Moons 2006). Uiteraard moet altijd goed worden opgelet dat materiaal van geschikte plaatsen wordt gebruikt. Het materiaal kan mogelijk in verschillende stadia van de vegetatieontwikkeling worden ingebracht, maar er is weinig bekend over het beste moment daarvoor.

### ***Kosten***

Transport plagsel, 5 km, 24 m<sup>3</sup> € 55 per ha

Uitstrooien heideplagsel (24 m<sup>3</sup>/ha)<sup>3</sup> € 172 per ha

### ***Effecten***

- terugkeer van kenmerkende bodem(mico)flora
- sneller herstel van bodemprocessen

### ***Voor- en nadelen***

Voordelen:

- sneller herstel bodemprocessen (Deyn et al. 2004), wat mogelijk gunstig is voor de flora en fauna
- relatief goedkope maatregel

Nadelen

- onzekerheid over wijze van inbrengen (er is weinig ervaring mee)
- mogelijk inbrengen van verkeerde soorten (soorten die van nature niet op de betreffende plaats voorkomen)

## **3.7 Opslag van bomen en struiken mechanisch verwijderen**

### ***Doel***

Open houden van het landschap.

### ***Werkwijze***

De opslag van bomen en struiken wordt meestal handmatig of mechanisch verwijderd. Kleine opslag kan met de hand worden uitgetrokken. Naarmate de opslag groter wordt dient gebruik gemaakt te worden van handgereedschap, bosmaaiers of motorkettingzagen. De maatregel wordt fors duurder als de opslag groter wordt. De behandeling dient periodiek te worden herhaald.

### ***Kosten***

Plukken of rooien opslag < 1 m, 0 - 5% bedekking € 51 per ha

Afzetten opslag > 1 m, 0 - 5% bedekking € 88 per ha

### ***Effecten***

- open terreindelen (“open boslandschap”)
- invloed methode en intensiteit

---

<sup>3</sup> Er zijn geen gegevens bekend van de gewenste hoeveelheid uit te strooien plagsel. De hoeveelheid is een aanname.

### ***Voor- en nadelen***

Voordelen:

- effectief als maatregel om grasland open te houden

Nadelen:

- arbeidsintensief en duur
- terugkerende maatregel.

## **3.8 Bekalken**

### ***Doel***

Doel van bekalken is vermindering van de zuurgraad (verhoging bodem pH). Bij het uit cultuur nemen van landbouwgrond kan de bodem-pH dalen. Dit is vooral aan de orde op zwakgebufferde zandige en venige bodems. Op vochtige (veraarde) veenbodems zou bekalking kunnen helpen de uitbreiding van Pitrus tegen te gaan.

### ***Werkwijze***

Er is geen informatie gevonden over de wijze waarop het wordt uitgevoerd op voormalige landbouwgronden. Het zou vooral worden toegepast na plaggen, wanneer de buffercapaciteit van de bodem als gevolg van verwijdering van de strooisel- en humuslagen is gedaald. Wanneer vrijwel alle organische stof is verwijderd is de kans op versnelde mineralisatie als gevolg van het toedienen van kalk (als carbonaat of als calciumoxide) beperkt (Dorland et al. 2005).

### ***Kosten***

Gift 3 ton per ha<sup>4</sup>

€ 440

### ***Effecten***

- verhoging pH; langzaam
- invloed kalkgift
- bekalking vergroot de adsorptiecapaciteit/bindingssterkte van fosfaat aan de bodem, hetgeen een immobiliserend effect heeft en de beschikbaarheid van fosfaat voor de vegetatie verlaagt (Smolders et al. 2006).

### ***Voor- en nadelen***

Voordelen:

- effectief als maatregel om verzuring tegen te gaan
- vergroting buffercapaciteit (vooral na plaggen)
- binding van fosfaat

Nadelen:

- versnelde mineralisatie van organisch bodemmateriaal (bemestingseffect) (Smolders et al. 2006).

---

<sup>4</sup> De gift verschilt per situatie. De hier gehanteerde hoeveelheid is een aanname.

### 3.9 Uitmijnen

#### *Doel*

Onder uitmijnen van een bodem wordt verstaan het versneld afvoeren van nutriënten uit de doorwortelbare zone door zaaien en oogsten van een gewas, waarvan de productie op niveau wordt gehouden door tijdelijke bemesting met mineralen die groeibeperkend zijn (of menging met klaver), doorgaans N en K.

#### *Werkwijze*

Uitmijnen kan ook als zgn. 'bodemdienst' worden uitgevoerd; hierbij wordt het fosfaat met de teelt van bepaalde gewassen uit de grond gehaald en de verminderende opbrengst goedge maakt door in gebruikstelling van andere grond (Kloen et al 2006).

#### *Kosten*

Kosten afhankelijk van het type gewas. Bij voorkeur door middel van verpachting

Bij uitmijnen door middel van gras-klaverteelt:

Frezen, zandgrond	€ 85	per ha
Ploegen zandgrond	€ 110	per ha
Zaaibed maken en inzaaien	€ 90	per ha
Aankoop zaaizaad	€ 165	per ha
Kali bemesting	€ 90	per ha

Kosten voor grasoogst: zie paragraaf 3.1. De opbrengstprijzen zijn afhankelijk van de kwaliteit van het gewas en de lokale marktomstandigheden, en bedragen tot ca. € 100 per ton droge stof.

#### *Effecten*

- afvoer van fosfaat met tijdelijke bemesting met stikstof
- invloed methode
- gewas blijft langere tijd geschikt voor gebruik in de landbouw
- het duurt relatief lang voordat er een schrale vegetaties ontwikkeld is

McCrea et al (2001) vergeleken de geschiktheid van de teelt van vier gewassen voor het uitmijnen van de bodem. Ze vonden dat door de teelt van gerst meer geschikt was om de bodemvruchtbaarheid af te laten nemen dan maïs, aardappelen of tabak. Met name de stikstofbeschikbaarheid nam af, maar ook die van kalium, wat deels werd verklaard door uitspoeling. De beschikbaarheid van fosfaat nam bij alle vier de teelten toe, wat werd verklaard door vrijkomen van fosfaat door mineralisatie na bodembewerking.

Herstelproject in Hengstven op veldpodzol in N-Brabant (Van Eekeren *et al.* 2007). P-Al waarden waren aanvankelijk 33-135 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per 100 g bodem (verzadigingsgraad 0,36-1,25). Er werd een experiment met K-bemesting uitgevoerd.

Na 3 jaar verdubbelde de productie, ofschoon de afvoer van fosfaat via het gewas minder dan 2x zo hoog was. Dit werd verklaard doordat het gewas zonder K-bemesting meer P-opname vertoonde. Gemiddeld over 3 jaar bedroeg de P-afvoer via bovengrondse biomassa 141-153 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per ha per jaar. Ook trad er verlies van P op naar het grondwater. Extrapolatie leverde op dat het bereiken van de streefwaarde voor P voor de gehele bouwvoor (0-30 cm) ca. 10-20 jaar in beslag zou nemen: 10 jaar voor de beschikbare fractie en 20 jaar voor de totaalfractie. Dit onder de aanname van een afvoer van het gewas ca. 90 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per ha per jaar en 10 kg lekken van P naar grondwater. Vanwege de hoge gewasproductie zal de soortenrijkdom over deze periode van verschraling minder toename van soorten laten zien in vergelijking tot een traditioneel verschralingbeheer van maaien en afvoeren. Voordeel is dat gewas dat vrijkomt goed ruwvoer is voor vee. Deze wijze van verschraling kan in nauwe samenwerking met agrariërs worden uitgevoerd en werkt zo kostenbesparend.

### ***Voor- en nadelen***

Voordelen:

- gras behoudt langer voederwaarde en is daardoor langer interessant voor agrarische bedrijven

Nadelen:

- verschraling van P duurt doorgaans zeer lang; afname van N en K verloopt sneller (Sival & Chardon 2004).

## **3.10 Vernatten**

### ***Doel***

Herstel van de natuurlijke grondwaterstand van verdroogde (schraal)graslanden

### ***Werkwijze***

Herstel van natte (schraal)graslanden uit voedselrijke en verdroogde graslanden impliceert verschraling en verhoging van de grondwaterstand (of afgraven waardoor het maaiveld dichterbij het grondwater komt).

Voorbeelden

Herstelproject Veenkampen (Gelderland) is gestart in 1985 (Oomes *et al.* 1998). Oorspronkelijk (eind '40) was dit een blauwgrasland op zware, venige klei. Ca. 30 jaar intensief gebruikt en bemest tot 1978. Verschraling bestond aanvankelijk uit tweemaal per jaar maaien en afvoeren. Grondwaterverhoging vond plaats in 1985. Verder is er in 1991 geplagd (5 of 10 cm). De vegetatie zou nu kalium-gelimiteerd zijn. Verschraling leidde tot een aanzienlijke daling van de productie en een verschuiving van al aanwezige soorten: Gestreepte witbol, Kruipe boterbloem (*Ranunculus repens*) en Veldzuring (*Rumex acetosa*) namen toe. Er vestigden zich nauwelijks nieuwe soorten. Vernatting leidde tot een andere vegetatie met een uitbreiding van Fioringras en bij zeer natte omstandigheden ook Geknikte vossenstaart (*Alopecurus geniculatus*) en Mannagras (*Glyceria fluitans*). Grondwater-

standverhoging leidde tot een verlaagde afbraak van organische stof en een lagere stikstofmineralisatie. Diep plaggen (10 cm) in combinatie met vernatten leverde de meeste nieuwe soorten op (40 per 100 m<sup>2</sup>). Zonder plaggen duurt verschraling 15-20 jaar. Met afplaggen (5 of 10 cm) wordt een tijdwinst geboekt van 10-15 jaar. De verspreiding van kenmerkende soorten is een bottleneck. Vroeger stonden dit soort natte terreinen door overstroming 's winters met elkaar in contact. In de zaadbank bleken nog 38 (blauw)graslandsoorten aanwezig te zijn. Overstroming is doorgaans gunstig voor overleving van zaden in de zaadbank.

Herstelproject Wisselse Veen gestart in 1993, een kwelrijk voormalig veengebied op de oostflank van de Veluwe (Roozen *et al.* 1995). Het kwelwater is zwak gebufferd en licht kalkrijk. De bemeste bovengrond is verwijderd (15cm), en de hydrologische toestand hersteld. De bodemzaadvoorraad is onderzocht op aanwezige soorten. Onderzoek naar herkomst zich vestigende soorten, vanuit omgeving of vanuit bodemzaadvoorraad. Streefbeeld: verbond van Zomp- en Gewone zegge en het Biezenknoppen-Pijpestrootjesverbond op moerige en venige bodem en het Dopheideverbond op veldpodzolen, op meest droge plaatsen Struikhei-Kruipbremverbond. Voor vegetaties van het verbond van Zomp- en Gewone zegge zijn de vooruitzichten gunstig. Een reeks van soorten is al aanwezig of in de omgeving aanwezig. Vooruitzichten voor *Caricion devallianae* zijn minder gunstig. Aanvoer van diasporen uit omgeving en uit bodemzaadvoorraad is er niet. Ook vooruitzichten van *Violion caninae* en *Calluno-Genistion pilosae* zijn gunstiger. Bodemzaadvoorraad is gunstig gebleken voor herstel na uitvoeren van maatregelen. In totaal werden 47 soorten aangetroffen in de bodemzaadvoorraad. Vermoedelijk zijn ca. 30 soorten nog gemist (vanwege geringe dichtheid). Echter veel Rode lijstsoorten missen goede verspreidingsmogelijkheden zowel in ruimte als in tijd (geen langlevende zaadbank).

Herstelproject Langstraat, ca. 100 ha reservaat op veenbodem op zand (N-Brabant), sinds 1991 in beheer bij SBB (IJzerman 1995). In de eerste fase werden kleine percelen van 3-6 ha ontgrond (diepte 60 cm). Op diep afgegraven percelen met een zandige ondergrond is ontwikkeling op gang gekomen naar zwakzure *Parvocaricetea* vegetaties. Op onveraard restveen kwam een ruigere vegetatie tot ontwikkeling, met o.a. veel Pitrus en Moeraszegge, op ondieper afgegraven en drogere delen soorten uit *Molinietalia*.

In 2005 is door Kemmers e.a. in samenwerking met Staatsbosbeheer een praktijkexperiment gestart in het stroomgebied van de Geeserstream (Drenthe) naar de effectiviteit van een aantal inrichting- en beheermaatregelen. Dit experiment is vooral abiotisch van aard en is gericht op het terugdringen van de beschikbaarheid van fosfaat op zandgronden op (ver)natte gronden in een beekdal in Drente. Enkele maatregelen (maaien/afvoeren; maaien/afvoeren in combinatie met N- en K-bemesting (uitmijnen); maaien/afvoeren in combinatie met bekalken; begrazen; begrazen in combinatie met bekalken) worden in een 3-tal uitgangssituaties met elkaar vergeleken, te weten a) een situatie met vernatting, b) een situatie met begreppeling en c) een situatie waarin is afgegraven. Deze pilot duurt 6 jaar, waarbij 2 jaarlijks de

vegetatie wordt gemonitord, 3 jaarlijks gewassen bovengronds worden geanalyseerd op nutriëntgehalten en na 6 jaar bodemanalyses worden uitgevoerd.

### ***Kosten***

P.M.

### ***Effecten***

De samenstelling van het water waarmee de grondwaterstand wordt verhoogd is cruciaal. Het maakt groot verschil of dit tot stand komt door regenwater dan wel kwelwater. Door vernatting neemt aanvankelijk de mineralisatie van organische stof toe. Daarbij komt naast stikstof en kalium extra fosfaat vrij. In geval van ijzerrijk kwelwater wordt dit extra fosfaat gebonden (Beltman *et al.* 2000, Lamers 2001, Kemmers 2002, Lamers *et al.* 2005). In geval van vernatting van veenbodems met grondwater dat rijk is aan chloride, sulfaat of bicarbonaat komt ook extra fosfaat vrij. Chloride en sulfide kunnen fosfaat uit bodemcomplexen verdringen. Bicarbonaat stimuleert de decompositie van organisch bodemmateriaal waarbij fosfaat vrijkomt. Verdergaande vernatting kan (lokaal) ook leiden tot tijdelijk anaërobe omstandigheden waarbij ijzeroxiden worden gereduceerd. Deze gaan deels in oplossing waardoor de bindingscapaciteit van de bodem voor fosfaat afneemt, en fosfaat beschikbaar komt voor opname door plantenwortels (Lamers *et al.* 2005).

### ***Voor- en nadelen***

Voordelen:

- snel herstel oorspronkelijke grondwaterpeil
- vastlegging fosfaat: afhankelijk van de omstandigheden en de wijze van uitvoering kan vernatting zowel tot een lagere als hogere beschikbaarheid van nutriënten, waaronder fosfaat, leiden.

Nadelen:

- ijzeroxiden in de bodem worden gereduceerd tot sulfiden, waardoor de bindingscapaciteit voor fosfaat afneemt en de fosfaatbeschikbaarheid toeneemt (Smolders *et al.* 2006);
- risico op de vestiging/uitbreiding van Pitrus, een veelal persistente probleemsoort bij het beheer.

## **3.11 Overige maatregelen**

Andere methoden die vroeger vaak werden toegepast waren bevoeien en belemen van gronden. Bevoeien gebeurde ook op droge(re) gronden. Hiervoor werd via een wallensysteem het water van een beek over het land geleid, waardoor het op een “natuurlijke” wijze werd bemest met voedingstoffen en gronddeeltjes uit het water (Grootjans *et al.* 2001). Bij belemen werd leemgrond van elders (vaak uit leemputten) over het land uitgestrooid.

Bij bevoeien en belemen vindt er ook zaadtransport naar het perceel plaats. Ingeval van gewenste soorten is dit positief, maar er kunnen ook ongewenste soorten worden aangevoerd.

## 4 Knelpunten

In het voorgaande hoofdstuk zijn per maatregel de voor- en nadelen genoemd. Samengevat levert dit de volgende knelpunten op:

- afwezigheid van kenmerkende soorten in de zaadbank
- beperkt verspreidingsvermogen van de kenmerkende soorten
- probleem van fosfaatverzadiging
- dominante soorten en probleemkruiden
- afwezigheid van mycorrhiza-schimmels
- dichte mat van mossen
- slechte ontwikkelingsmogelijkheden voor de fauna
- afnemende mogelijkheden voor samenwerking met agrarische bedrijven.

Hieronder worden deze knelpunten besproken.

### ***Afwezigheid van kenmerkende soorten in de zaadbank***

De zaadbank onder matig tot intensief gebruikt grasland op droge zandige bodems wordt meestal gedomineerd door triviale soorten zoals biezen (*Juncus* sp.), struisgrassen (*Agrostis* sp.), Smalle weegbree (*Plantago lanceolata*), Paardebloem (*Taraxacum officinalis*), Witte klaver (*Trifolium repens*), Kruipende boterbloem (*Ranunculus repens*), Gestreepte witbol (*Holcus lanatus*) en Gewone hoornbloem (*Cerastium fontanum*) (Bekker et al. 1997). Decennialang intensief agrarisch gebruik heeft er toe geleid dat de zaadbank doorgaans geen soorten meer bevat van typische schraalgraslandsoorten. Herstel van schraalgrasland kan derhalve dan ook meestal niet optreden vanuit de zaadbank. Bovendien hebben veel soorten van schraalgraslanden een gering dispersievermogen en kunnen door habitatfragmentatie niet op eigen kracht terugkeren (Bakker & Berendse 1999).

### ***Beperkte dispersie***

Ontgronden leidt op korte termijn tot schrale milieus, maar levert op de korte termijn vaak niet de gewenste resultaten op. Zaaddispersie is een proces dat pas op veel langere termijn resultaten oplevert en ook de bodemfauna speelt vermoedelijk een belangrijke rol. Afwezigheid van doelsoorten op korte termijn betekent nog niet dat een project is mislukt, maar omgekeerd garandeert een snelle vestiging van doelsoorten nog geen succes voor de langere termijn. Wanneer de milieucondities niet optimaal zijn zullen veel gekiemde soorten op termijn weer verdwijnen.

### ***Fosfaat***

Voor een succesvol herstel van soortenrijke graslanden is een geringe bovengrondse biomassa-productie een voorwaarde. Onder die omstandigheden krijgen langzamer groeiende, minder concurrentiekrachtige soorten een kans. De biomassa-productie is sterk afhankelijk van de beschikbaarheid aan stikstof, kalium en fosfaat. Het terugbrengen van stikstof- en kaliumvoorraden in de bodem levert met toepassing van een gangbare herstelmaatregel zoals maaien/afvoeren doorgaans weinig problemen op. Stikstof komt hoofdzakelijk voor in het organische deel van het



bodemprofiel en wordt bij plaggen of verwijdering van de bouwvoor grotendeels verwijderd. Bovendien spoelt het in zandige bodems redelijk eenvoudig uit.

Fosfaat kan zich in het minerale deel van de bodem binden. Als de bovenste bodemlagen zijn verzadigd spoelt fosfaat uit naar diepere lagen, vaak tot een diepte van meer dan 50 cm. Afgraven zal dan de concentratie P in de bodem nauwelijks verlagen (Smolders et al. 2006). Problematisch aan deze situatie is dat een geringe toename van N de biomassa-productie toeneemt, wat juist moet worden tegengegaan. Bij de huidige nog steeds verhoogde N-depositie zal dit op veel plaatsen optreden en komt de ontwikkeling van kenmerkende soortenrijke, laagproductieve vegetaties in het gedrang.

Een ander probleem is dat vlinderbloemigen, met hun mogelijkheid van N-fixatie uit de lucht, zich wel kunnen vestigen in situaties waar als gevolg van een hoge P-beschikbaarheid, N-limitatie optreedt. Vanwege de hoge P-beschikbaarheid kunnen ze veel biomassa produceren, waar op termijn weer veel nutriënten, waaronder N, uit vrijkomen, waar ook andere meer productieve soorten van kunnen profiteren (Verhagen & van Diggelen 2001). Daarmee ontstaan op termijn soortenarme, productieve vegetaties en niet de beoogde schrale graslandbegroeiingen.

Overigens, wanneer niet vlinderbloemigen maar Struikhei samen met ericoïde mycorrhizaschimmels zich in een vroeg stadium van de successie weten te vestigen, hetgeen incidenteel voorkomt, dan kan dit lokaal tot een andere ontwikkeling leiden. De mineralisatie van stikstof onder struikheivegetatie is sterk geremd, waardoor productieve grasachtigen en kruiden zich daar niet kunnen vestigen ondanks een hoge P-beschikbaarheid, vanwege de optredende N-limitatie (Van der Wal 2007).

Niet afgraven maar wel beweiden is het minst succesvol in het verlagen van de fosfaatvoorraad, onder meer doordat als gevolg van beweiden de beschikbare fosfaatconcentraties in de bodem vaak toenemen als gevolg van versnelde mineralisatie en verhoogde fosfaatbeschikbaarheid in de mest. Onder bepaalde omstandigheden, afhankelijk van de bodemkundige (bv. laag ijzergehalte) en hydrologische condities, kan ook zonder plaggen de fosfaatvoorraad in de bodem zakken, al neemt dit proces vele decennia in beslag (Kemmers et al. 2004).

In de literatuur worden voor zandbodems voor fosfaat streefwaarden genoemd van ca. 25 mg P (totaal) per 100 g grond, wat overeenkomt met een beschikbare fractie van ca. 5 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per 100 g grond bepaald volgens een P-Al extractie (Sival *et al.* 2004). Een hoge beschikbaarheid van fosfaat vormt vooral een probleem voor vegetaties die normaal gesproken fosfaat gelimiteerd zijn, zoals blauwgraslanden (Chardon & Sival 2003). In een evaluatie van 24 verschrallingsprojecten in N-Brabant en Limburg werd door Sival *et al.* (2004) vastgesteld dat soorten kenmerkend voor voedselarme bodems alleen voorkwamen bij een lage beschikbaarheid van fosfaat (P-Al ca. 5 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per 100 g). Overigens, kwamen er relatief weinig doelsoorten voor, zelfs in graslanden die al meer dan 20 jaar werden gemaaid of beweid.

### ***Dominante soorten en probleemkruiden***

Een belangrijk knelpunt bij natuurontwikkeling op voormalige landbouwgronden is de vestiging van competitieve soorten in een vroeg stadium van de successie. Het kan hierbij zowel grasachtigen (o.a. Pitrus, Gestreepte witbol), kruiden (o.a. Jacobskruid, distels, brandnetel) als houtige pioniers betreffen. De snelle uitbreiding van competitieve soorten kan deels worden onderdrukt door maaien, al dan niet in combinatie met beweiding. Een fase met zogenaamde probleemkruiden wordt vaak gevolgd door een lange periode met soortenarm grasland, waarin zich slechts af en toe nieuwe soorten vestigen.

#### *Pitrus*

Een vaak optredend knelpunt is het verschijnen van pitrusvelden op licht zure, vochtige en natte bodem die lang stand kunnen houden en weinig ruimte laten voor de vestiging van andere graslandsoorten. Dit kan zich onder meer voordoen na afplaggen, waarbij langlevende zaadbanken uit diepere bodemlagen aan licht worden blootgesteld en tot kieming komen (Bakker & Berendse 1999; Sival et al. 2004). Vooral op wat vochtige bodems, zoals in beekdalen, kan de uitbreiding van Pitrus na plaggen een groot probleem vormen. Pitrus wordt nauwelijks gegeten door grote grazers als rund en paard. Ezels zouden effectiever zijn in het terugdringen van pitrusvelden.

#### *Jacobskruid*

Op voedselarme open bodems, ontstaan als gevolg van verschrallend beheer, kan Jacobskruid zich massaal vestigen. Dit blijkt uit ervaringen op Planken Wambuis waar NIOO-KNAW sinds 1996 experimenteert met inzaaien van voormalige landbouwgronden. Behandelingen bestonden uit geen, 4 of 15 soorten ingezaaid. Jacobskruid vestigde zich vooral in de niet-ingezaaide velden (Bezemer *et al.* 2006a). Na 2 jaar domineerde de soort de vegetatie, na vier jaar nam deze weer in abundantie af. Bodemschimmels veroorzaakten een soort bodemmoeheid, waardoor planten geremd werden bij vestiging en hun ontwikkeling (Bezemer *et al.* 2006b). Er bleken twee methodes te zijn om de soort minder dominant te maken:

- inzaaien van andere plantensoorten maakt dat de soort zich in minder grote aantallen vestigt;
- 2-3 keer maaien tijdens het groeiseizoen, zodat planten niet tot zaadzetting kunnen komen;

Niet-gekiemde zaden kunnen 5-10 jaar kiemkrachtig blijven in de bodem. De beste optie is om de soort zich eerst uitbundig te laten ontwikkelen. Dan treedt het snelst bodemmoeheid op. Het massaal verschijnen van de soort is kenmerkend voor een vroege fase van natuurontwikkeling. Daarna verliest de soort weliswaar zijn dominantie, maar kan nog lang in de vegetatie aanwezig blijven, waardoor de afzetbaarheid van het maaisel bij agrariërs wordt beperkt.

#### *Overige probleemkruiden*

Ruigtes van Brandnetel (*Urtica dioica*), distels (*Cirsium spec.*), Gestreepte witbol (*Holcus lanatus*) e.d. kunnen soms langdurig standhouden, al leert de ervaring dat ze vroeg of laat spontaan instorten, onder meer als gevolg van bodemparasieten. Maaien of

intensief (na)beweiden gedurende de beginfase kunnen de ontwikkelingen in de gewenste richting bespoedigen.

Gestreepte witbol is een efficiënte kolonisator op voormalige akkers. De soort kan zowel in voor- als najaar kiemen en zich snel uitbreiden op voedselrijke bodems. Daarmee kan het verhinderen dat zich andere soorten vestigen. (Grime et al. 1988).

#### ***Afwezigheid mycorrhiza-schimmels***

Ongeveer 60% van alle terrestrische plantensoorten vertoont symbiose met arbusculaire mycorrhizaschimmels (AMF). Dit vergroot het vermogen tot de opname van nutriënten, vooral van fosfaat. In veel intensief gebruikte agrarische gronden is de diversiteit aan mycorrhizaschimmels gering. Dit kan zijn weerslag hebben op de mate van succes van terugkerende soorten (Van der Heijden *et al.* 1998; Van der Heijden 2004). In een gevestigde vegetatie met enkele dominante en concurrentiekrachtige soorten is het voor doelsoorten met een relatief gering concurrentievermogen en een grote afhankelijkheid van AMF vermoedelijk lastiger zich succesvol te vestigen in afwezigheid van AMF (Van der Heijden 2004).

#### ***Dichte mat van mossen***

Op ontgronde percelen wordt vaak waargenomen dat mossen zich op grote schaal vestigen en uitbreiden, vaak tot bijna 100% binnen enkele jaren (Verhagen et al. 2004). Een dichte moslaag belemmert de vestiging van andere soorten. Betreding door grazers kan zorgen voor open plekken.

#### ***Fauna***

Herstel van de fauna krijgt in veel herstelprojecten niet of nauwelijks aandacht. Daarmee wordt het herstel in natuurontwikkelingsprojecten vaak eenzijdig afgemeten aan veranderingen in bodem en vegetatie met veronachtzaming van de fauna. Inrichting- en beheermaatregelen zijn vaak te grootschalig en te intensief, hetgeen ten koste gaat van veel diersoorten. Zo wordt bij plaggen de bodemmicrofauna (mijten, springstaarten e.d.) verwijderd en komt zonder aanvullende maatregelen (bijv. enten) niet snel terug. Ook de vegetatiestructuur is vaak te homogeen, bijvoorbeeld door grootschalig maaien of te intensief beweiden, hetgeen nadelig is voor veel diersoorten. Veel diersoorten reageren sterk op veranderingen in voedselaanbod en vegetatiestructuur en vaak ook op de aanwezigheid van bepaalde waardplanten (o.a. veel dagvlindersoorten; Wallis de Vries & Ens 2004). Bepaalde diersoorten hebben naast korte vegetaties ook andere ecotopen nodig voor bepaalde fasen in hun levenscyclus (ondiepe wateren etc.). De landschappelijk context is van belang voor het succes van natuurontwikkeling- en herstelprojecten.

#### ***Afnemende mogelijkheden voor samenwerking met agrarische bedrijven***

Er wordt in het beheer van natuurgrasland vaak samengewerkt met agrarische bedrijven. Wanneer het beheer in pachtvorm mogelijk is, is het voor een natuurbeheerorganisatie relatief goedkoop om het terrein te beheren (brengt het zelfs geld op). Door veranderde regelgeving rond mest en mestboekhouding is het voor agrarische bedrijven echter recent minder aantrekkelijk geworden om natuurgrasland in gebruik te nemen. Daarnaast wordt het gewas van graslanden die langere tijd verschaald worden minder geschikt voor veevoer. Ook probleemsoorten zoals

Jacobskruiskruid maken het gewas minder geschikt. Wanneer dit betekent dat de natuurbeschermingsorganisatie de grasvegetatie zelf moet maaien en afvoeren, dan wordt het beheer veel duurder. Dit is vooral het geval als het maaisel gestort moet worden.

Alternatieve afzetmogelijkheden voor het gewas zijn maar beperkt voor handen. Gras uit bermen en natuurterreinen, dat niet als veevoer kan worden gebruikt, wordt doorgaans verwerkt in composteerinstallaties, maar dat is kostbaar. Op praktijkschaal wordt gras ook al bijgemengd in biovergistingsinstallaties (bijvoorbeeld in Onstwedde hebben een akkerbouwer, een veehouder en een pluimveehouder gezamenlijk een biovergistingsinstallatie opgezet). Een probleem is echter dat natuurgras eiwitarm is en daardoor slechts in geringe hoeveelheden kan worden bijgemengd. In Friesland loopt een proef met het raffineren van gras. Het gras wordt hierbij ontleed in eiwitconcentraat, suiker- en mineraalrijk restsap en vezels. De eerste producten worden beoordeeld op bruikbaarheid voor veevoer en de vezels worden bekeken door de papierindustrie. De restvezel wordt getest op bruikbaarheid als co-product voor biovergassing. In Drente loopt een proef waarbij gras wordt geperst in een soort briket om te kunnen verbranden.



## 5 Mogelijke vernieuwingen in ontwikkeling en beheer

### 5.1 Belangrijke aangrijpingspunten voor vernieuwing

In het proces waarbij productiegrasland uit de landbouw wordt omgevormd naar een natuurlijke begroeiing zitten verschillende aangrijpingspunten voor vernieuwing. Hieronder worden de belangrijkste kort besproken.

Het eerste aangrijpingspunt is de doelstelling van omvorming. Weliswaar is het hoofddoel van de omvorming van uit de landbouw genomen grasland veelal het verkrijgen van een soortenrijke open begroeiing, maar dat betekent niet dat alle graslanden in de toekomst alleen maar uit korte vegetatie dienen te bestaan. Een deel kan (soms tijdelijk) ook opgaande begroeiing van struiken en bomen bevatten; dit geldt bijvoorbeeld voor de beekdalen. Hier liggen wellicht mogelijkheden voor een cyclisch beheer met een periodieke afwisseling van opgaande en korte begroeiingen.

Het tweede aangrijpingspunt is de inrichting. Voor een kosteneffectieve inzet van middelen dienen dure maatregelen alleen uitgevoerd te worden op plekken met goede potenties voor de ontwikkeling van waardevolle vegetaties en fauna. Voor afgraven en plaggen geldt als belangrijkste voorwaarde dat dit toegepast dient te worden op plekken waar de a-biotische condities daadwerkelijk op een gewenst niveau gekregen kunnen worden. Daarnaast is bijvoorbeeld het voorkomen van een zaadbank of de aanwezigheid van doelsoorten in de omgeving van belang. De kernvraag hierbij is: welke ingrepen zijn noodzakelijk om het gestelde doel te bereiken: hoe diep moet worden afgegraven, welke reliëf moet worden aangehouden, hoeveel moet worden vernat enz. Dit vergt gedegen kennis over de ontwikkelingsmogelijkheden van de uitgangssituatie en ook over het vroegere beheer van graslanden. Beheerders hebben aangegeven dat men schematische informatie mist over welke inrichtingmaatregelen noodzakelijk zijn bij verschillende uitgangssituaties. Hiervoor zijn zaken als de voedingstoestand van de bodem op verschillende dieptes, ontginnings- en gebruiksgeschiedenis (inclusief omgeving) van de percelen, de voedingstoestand, de diepte, vitaliteit en samenstelling van de zaadbank en de vitaliteit en samenstelling van het bodemleven bepalend. Van die informatie is niet altijd bekend hoe die kan worden toegepast in de besluitvorming, maar een *decision support system* of een handleiding met een afwegingschema op basis van bestaande kennis zou een goede ondersteuning kunnen vormen voor het huidige beheer.

Een dergelijke handleiding kan ook een goede basis vormen om te accepteren dat het ook wel eens een langdurig proces kan zijn, waarbij de verschillende ontwikkelingsfasen ook hun waarde kunnen hebben.

Een derde belangrijk aangrijpingspunt is het complex van beheermaatregelen, dat gericht is op verschraving van de bodem en de kosten hiervan (de kosten worden hieronder afzonderlijk behandeld). Hier kan een duidelijker keuze worden gemaakt tussen een integrale aanpak of pleksgewijze maatregelen treffen, waarbij ook op verschillende schaal kan worden gewerkt: enkele vierkante meters in een perceel,

maar ook sommige percelen wel en andere niet in een landschappelijke context. Ook kan drukbegrazing hierbij een belangrijkere rol spelen.

Bij plaggen kan ook gedacht worden aan het creëren van “Keltische” velden of tuinwallen, aan het herstel of opnieuw opwerpen van wallichamen voor houtwallen of het creëren van nieuwe essen. De nieuwe mogelijkheid voor afzet van de biomassa kan een belangrijke rol spelen in de verlaging van de voedingstoestand van voormalige landbouwgrond.

Een vierde aangrijpingspunt is het beheer gericht op versnelling van de biotische processen, zoals de inbreng van zaden (via maaisel e.d.) en bodemleven (dieren en schimmels, waaronder mycorrhiza's) via plagsel. Hierbij gaat het erom om op basis van kennis over natuurlijke systemen de veldsituatie zodanig te beïnvloeden dat naar de gewenste vegetatie wordt gewerkt. Hier zijn nog verbeteringen mogelijk, bijvoorbeeld m.b.t. het tijdstip en de wijze van inbrengen van maaisel en plagsel. Ook over de werking van natuurlijke systemen (kieming en vestiging van soorten onder invloed van mycorrhizaschimmels en andere bodembiota, en het weer op gang brengen van bodemprocessen e.d.) bestaan nog veel vragen. Hiernaar wordt de komende jaren onderzoek gedaan door onder meer NIOO, i.s.m. Alterra.

Tenslotte kunnen de kosten als aangrijpingspunt worden meegenomen. Vanaf de aankoop van een perceel grasland vanuit de landbouw zijn er verschillende mogelijkheden voor het beheer van de grond. De kosten van de mogelijkheden lopen sterk uiteen en zullen in veel gevallen meewegen in de keuze voor een methode. Van een aantal methoden is hieronder aangegeven wat de kosten zijn over een periode van 20 jaar, bij de kosten voor prijspeil 2007, en een reële rentevoet van 3%. Voor de scenario's met beweiding in een raster is uitgegaan van een te begrazen oppervlakte van 10 ha, met een poort en twee klaphekjes.

Hieruit blijkt dat er grote verschillen zijn in gemiddelde jaarlijkse beheerkosten. Het goedkoopst is verpachten, het duurst geheel afgraven. Gedeeltelijk afgraven en hierop maaisel uitstrooien kan de kosten al aanzienlijk reduceren.

Tegenover de verschillen in kosten staan verschillende natuurresultaten die worden bereikt. Uiteraard verschillen die afhankelijk van de plek waar de maatregelpakketten worden uitgevoerd. Het bovenstaande overzicht laat in ieder geval zien dat kosten een belangrijk aspect zijn om mee te nemen in de keuze voor maatregelen.

Tabel 5.1 Kosten per hectare voor beheermethoden, berekend over een periode van 20 jaar

Beheermethode	kosten (euro)		
	totaal over 20 jaar	gemiddeld per jaar	annuïteit <sup>#</sup>
Tien jaar verpachten (maaïen en afvoeren), gevolgd door tien jaar zelf maaïen en maaisel verkopen	1.636	82	59
Tien jaar verpachten (maaïen en afvoeren), gevolgd door tien jaar zelf maaïen en maaisel laten composteren	13.715	686	262
Twintig jaar inscharen rundvee, zelf toezicht uitvoeren	2.410	121	121
Afgraven (40 cm diep), plagsel uitstrooien, extensief beweiden met eigen schapen	20.836	1.042	1.227
Afgraven (40 cm diep), plagsel uitstrooien, extensief beweiden met ingeschaarde runderen	14.438	722	912
10% van het terrein afgraven en daarop plagsel uitstrooien, eerste tien jaar verpachten, gevolgd door tien jaar zelf maaïen en maaisel laten composteren	9.036	452	425

<sup>#</sup>: jaarlijks gelijkblijvend bedrag, waarbij met rente rekening wordt gehouden met het moment waarop kosten en opbrengsten ontstaan.

## 5.2 Vernieuwingsmogelijkheden

Inhakend op de hiervoor besproken aangrijpingspunten worden hieronder een aantal vernieuwingsmogelijkheden besproken.

### *Cyclisch beheer met tijdelijk opgaande begroeiingen*

Het toestaan van tijdelijke opgaande begroeiingen biedt kansen om op een kosteneffectieve wijze natuurlijke variatie in de vegetatie te krijgen, waarbij de mogelijkheid blijft bestaan om op een later tijdstip de bosbegroeiing weer om te vormen naar een kort vegetatietype.

Voor gronden die tot op grote diepte met fosfaat zijn verrijkt zou zelfs kunnen worden gekozen voor permanente omvorming naar loofbos, waarbij tegelijkertijd op een andere locatie soortenarme en structuurarme dennenbossen, aangeplant op 'marginale gronden', worden omgevormd naar heide en schraalgrasland.

### *Nieuwe methoden van vershraling*

Eén van de belangrijkste knelpunten van natuurontwikkeling in grasland op voormalige landbouwgrond is de grote fosfaatvoorraad in de bodem. Hierbij is er een belangrijk onderscheid tussen gronden waarvan alleen de bouwvoor is verrijkt en gronden waarbij het fosfaat tot diep in het bodemprofiel is doorgedrongen. In tabel 5.2 zijn voor deze verschillende uitgangssituaties een aantal alternatieven genoemd voor de knelpunten.



Tabel 5.2 Overzicht mogelijkheden ontwikkeling en beheer van natuurgrasland

Bodem	maatregelen	afzet te zetten product	knelpunt	alternatief
Verrijkte bouwvoor	bouwvoor afgraven	grond	afzet grond kan knelpunt zijn	afzet op eigen nieuwe es
		bij direct vervolg maaien en afvoeren: gras	slechte afzet maaisel en daardoor hoge kosten compostering	bio-energie; afzet op eigen op nieuwe es/kamp
	gewas telen (met bijmesten) maaien en afvoeren	diverse landbouwgewassen mogelijk	waarschijnlijk goed afzetbaar	eventueel bio-energie
		gras	eerste jaren: goed afzetbaar in landbouw op termijn: slechte afzet maaisel en daardoor hoge kosten compostering	eventueel bio-energie bio-energie; afzet op eigen op nieuwe es/kamp
	diepploegen	bij direct vervolg maaien en afvoeren: gras	slechte afzet maaisel en daardoor hoge kosten compostering	bio-energie; afzet op eigen op nieuwe es/kamp
Diepe fosfaatophoping	P-gewas telen (met bijmesten N, K) deels afgraven, Gt-verhoging met Ca-rijk water of bekalken	diverse landbouwgewassen mogelijk	waarschijnlijk goed afzetbaar	eventueel bio-energie
		grond	afzet grond kan knelpunt zijn	afzet op eigen nieuwe es
		bij direct vervolg maaien en afvoeren: gras	slechte afzet maaisel en daardoor hoge kosten compostering	bio-energie; afzet op eigen op nieuwe es/kamp

Opm: bij de beheermogelijkheden hoort in alle gevallen het inzaaien van zaden, uitstrooien van maaisel of plagsel

In geval van een verrijkte bouwvoor zou de bouwvoor kunnen worden afgegraven en in de vorm van een nieuwe es op bestaande landbouwgrond worden opgebracht. Deze es kan als kruidenrijke akker beheerd worden of er kunnen energiegewassen op geteeld worden. Ook gewas waar geen nuttige toepassing voor is zou in de vorm van compost op deze es uitgebracht kunnen worden.

Uit onderzoek is bekend dat er aanzienlijke verschillen bestaan in fosfaatopname tussen gewassen. Akkerbouwgewassen kunnen een redelijke hoeveelheid fosfaat opnemen (20-40 kg P per ha), maar gras nog meer. Vaak wordt een combinatie van gras met Witte klover gebruikt (Sival & Chardon 2004).

Tegenwoordig worden vernieuwbare bronnen als beplantingen, bossen en korte vegetaties ingezet voor de opwekking van energie. De combinatie van een fosfaatbehoefte gewas met een zo hoog mogelijke energiewaarde zou uitkomst kunnen bieden.

Hiervoor kunnen gewassen in aanmerking komen die verbrand kunnen worden, maar ook die geschikt zijn als grondstof voor biogasinstallaties, waarvan er in ons land, net als in Duitsland, nu ook steeds meer worden gebouwd (zie [www.thecogas.nl](http://www.thecogas.nl)). Ook zijn er plannen om uit gras dieselolie te maken.

### ***Gericht inbrengen van zaden en bodemleven***

In Engeland is in een recent uitgevoerde proef gebleken dat een goede mogelijkheid is om kleine delen van het oorspronkelijke grasland af te plaggen of af te graven en delen hiervan in te zaaien met zaad van gewenste planten, maar die niet meer in de zaadbank aanwezig zijn. Hiermee worden de negatieve effecten van grootschalig plaggen/afgraven (hoge kosten, verwijderen bodemfauna, verwijderen zaadbank) vermeden en worden “eilandjes” gecreëerd met oorspronkelijke planten, van waaruit uitbreiding kan plaatsvinden, zodra de omstandigheden voldoende gunstig zijn.

Een methode om de soortenrijkdom van graslanden in omvormingsbeheer te vergroten is het inzaaien met de hemiparasiet *Rhinanthus* sp. (Smith *et al.* 2003). Dit is in diverse studies aangetoond. Deze soort is een halfparasiet op grasachtigen en verlaagt het aandeel grassen in graslandvegetaties (Pywell *et al.* 2004, Bullock & Pywell 2005). Hierdoor ontstaan betere kansen voor de vestiging van minder concurrentiekrachtige soorten.

Het enten van de bodem met bodemmateriaal uit goed ontwikkelde graslanden waarin een soortenrijke bodemfauna en bodemschimmels aanwezig zijn, kan bewerkstelligen dat natuurlijke bodemprocessen zoals mineralisatie en humificatie weer op gang komen (Korthals & van der Putten, 2001). Vooral een verschuiving van een bacteriëgedomineerde bodemflora naar een schimmelgedomineerde bodemflora zou een positief effect hebben op decompositieprocessen (Smith *et al.* 2003).

### ***Decision support system***

Naast de bovengenoemde vernieuwingen is er bij beheerders behoefte aan een gedegen en toegankelijk overzicht van bestaande kennis. Uit onderzoek en praktijkervaring is reeds veel kennis aanwezig over de ontwikkeling van de vegetatie vanuit allerhande uitgangssituaties. Probleem is echter dat deze kennis versnipperd aanwezig is en weinig overzichtelijk en toegankelijk is. Het zou daarom zinvol zijn om op basis van bestaande kennis een *decision support system* te maken, waarmee beheerders een gefundeerde beslissing kunnen nemen over de inrichtings- en beheermaatregelen. In een dergelijk systeem zouden bodemtype, de voedingstoestand van de bodem op verschillende dieptes, geografische ligging, ontginnings- en gebruiksgeschiedenis, vegetatiesamenstelling van de omringende percelen, de diepte/vitaliteit/samenstelling van de zaadbank, de vitaliteit/samenstelling van het bodemleven enz. opgenomen moeten worden.



## 6 Onderdelen voor een pilot

Het doel van een pilot is het demonstreren/onderzoeken van maatregelen die oplossingen kunnen bieden voor de belangrijkste knelpunten. De knelpunten zijn beschreven in hoofdstuk 4. Samengevat zou men kunnen zeggen: het gaat niet of het gaat te traag of het is/wordt te duur. Aangrijpingspunten voor vernieuwing en vernieuwingsmogelijkheden zijn beschreven in hoofdstuk 5. Voor de genoemde vernieuwingsmogelijkheden zouden meerdere pilots opgezet kunnen worden. Een aantal aspecten zijn echter goed te combineren in een en dezelfde pilot. Hieronder worden een aantal gedachten gegeven over combinaties van vernieuwingen gericht op de ontwikkeling van een natuurlijke vegetatie vanuit regulier landbouwgrasland **op droge zandgrond**, die mogelijk in een pilot zouden kunnen worden uitgevoerd.

Omdat er veel onderzoek is/wordt verricht naar de maatregelen voor verbetering van de abiotische omstandigheden (en dan het meest in (ver)natte situaties) lijkt het ons het meest zinvol te kijken naar een combinatie van maatregelen die vooral biotisch van aard zijn, zoals het inbrengen van diasporen en het inbrengen van bodemflora en -fauna in combinatie met veel toegepaste inrichting- (plaggen of afgraven) en beheervarianten (maaien en afvoeren en/of beweiden) op droge zandgrond.

Het meest kansrijke beheer voor het ontwikkelen van soortenrijk grasland vanuit soortenarm en voedselrijk grasland bestaat uit het verwijderen van de bouwvoor, in combinatie met uitleggen van plagsel of maaisel afkomstig van soortenrijk grasland. Daarmee wordt voorkomen dat a) de voedselrijkdom van de bodem, en daarmee de groei van concurrentiekrachtige soorten, jarenlang de vestiging van weinig concurrentiekrachtige soorten verhinderen, b) er geen zaad van gewenste soorten aanwezig is. Na deze aanvangsmaatregelen is een beheer van maaien en afvoeren nodig. Verder moet aandacht worden besteed aan het herstel van een natuurlijke bodemfauna die de mineralisatieprocessen weer op gang brengt, waardoor wordt voorkomen dat er strooiselophoping plaatsvindt, hetgeen nadelig is voor de vestiging van nieuwe soorten.

Perceelsgewijs afgraven van grond is echter een kostbare maatregel. Daarom zou gezocht moeten worden naar een combinatie van goedkope en effectieve maatregelen. Deze kan bestaan uit de volgende maatregelen:

- plaatselijk verspreid door het perceel stroken of vlakken met een breedte van minimaal 10 m plaggen en daar maaisel met gewenste soorten uitleggen en bodemmateriaal met bodemfauna uitstrooien. Vanuit deze plekken kan omliggende vegetatie en bodem worden gekoloniseerd door gewenste flora en bodemfauna.
- perceeldekkend afvoer van nutriënten d.m.v. twee keer per jaar maaien met afvoeren (juli en oktober) en nabeweiding. De vegetatie gaat dan kort de winter in, wat de vestigingskansen voor gewenste soorten in het najaar en

voorjaar vergroot. Bovendien is het maaisel gedurende meerdere jaren aantrekkelijk als veevoer (i.t.t. percelen die geheel worden afgegraven).

De verwachting is dat dit een snelle ontwikkeling mogelijk maakt naar soortenrijk (schraal)grasland, waarbij de belangrijkste knelpunten, te weten een dichte, hoog productieve vegetatie met weinig microsites voor vestiging van nieuwe soorten en afwezigheid van diasporen van gewenste soorten zijn opgeheven. Bovendien is het kosteneffectief, omdat slechts een fractie van het totale oppervlak hoeft te worden geplagd.

Hierbij kan worden geëxperimenteerd met het moment van uitleggen van maaisel (voorjaar versus najaar) en met maairegime (eenmaal, tweemaal jaarlijks, vroeg maaien en laat maaien).

Ook het inzaaien met de hemiparasiet *Rhinanthus* sp. zou met bovengenoemde maatregelen gecombineerd kunnen worden.

Als basis voor alle maatregelen zou idealiter op alle locaties de zaadbank moeten worden bemonsterd en geanalyseerd. Ook zou de aanwezigheid van zaden en bodemorganismen (belangrijkste ongewervelde diergroepen) in toegediend bodemmateriaal/plagsel vooraf moeten worden vastgesteld.

De ten behoeve van verschraling afgevoerde materialen kunnen wellicht worden gebruikt voor de productie van bio-energiegewassen. Hiervoor zou in de directe omgeving van het te verschralen terrein een perceel kunnen worden ingericht als nieuwe energie-kamp. Op dit perceel, waar alle verschralingsproducten (afgegraven grond, plagsel en niet af te zetten maaisel) terecht komen, kunnen energiegewassen worden geteeld.

Gebleken is dat er in de praktijk behoefte is aan meer informatie en communicatie over verschillende beheermethoden en de resultaten ervan. Daarom zou in de pilot daar extra aandacht aan moeten worden geschonken. Dit kan op de volgende wijze:

- jaarlijkse excursie met belangstellende beheerders
- jaarlijkse rapportage via de OBN-website
- eindrapportage via OBN-circuit
- artikel(en) in een vaktijdschrift.

## Literatuur

- Bakker, J.P. & F. Berendse 1999. Constraints in the restoration of ecological diversity in grassland and heathland communities. *Trends in Ecology and Evolution* 14: 63-68.
- Bakker, J.P., J.A. Elzinga & Y. de Vries 2002. Effects of long-term cutting in a grassland system: perspectives for restoration of plant communities on nutrient poor soils. *Applied Vegetation Science* 5: 107-120.
- Bax, I.H.W. & W. Schippers. 1998. Veldgids Ontwikkeling van botanisch waardevol grasland. Dienst Landelijk Gebied en IKC Natuurbeheer. Rapport C-18. Utrecht/Wageningen. 88 pp.
- Bekker, R.M., G.L. Verweij, R.E.N. Smith, R. Reine, J.P. Bakker & S. Schneider. 1997. Soil seed banks in European grasslands: does land use affect regeneration perspectives? *Journal of Applied Ecology* 34: 1293-1310.
- Bekker, R.M. et al. 1998. Seed bank characteristics of Dutch plant communities. *Acta Botanica Neerlandica* 47: 15-26.
- Beltman, B., T.G. Rouwenhorst, M.B. Kerkhoven, T. van der Krift & J.T.A. Verhoeven 2000. Internal eutrophication in peat soils through competition between chloride and sulphate with phosphate for binding sites. *Biogeochemistry* 50: 183-194.
- Bezemer, M., W. van der Putten & F. Rienks (2006a). Niets doen loont bij Jacobskruiskruidplag. *De Levende Natuur* 107 (5): 214-216.
- Bezemer, T.M., J.A. Harvey, G.A. Kowalchuk, H. Korpershoek & W.H. van der Putten (2006b). Interplay between *Senecio jacobaea* and plant, soil, and aboveground insect community composition. *Ecology* 87: 2002-2013.
- Bobbink, R. E., Brouwer, J.G. ten Hoopen & E. Dorland 2004. Herstelbeheer in het heidelandschap: effectiviteit, knelpunten en duurzaamheid. In G.J. van Duinen et al. Duurzaam natuurherstel voor behoud van biodiversiteit. 15 jaar herstel-maatregelen in het kader van het Overlevingsplan Bos en Natuur. Rapport EC-LNV 2004/305, Ede; pp. 33-69.
- Bokdam, J. 2003. Nature conservation and grazing management. Free-ranging cattle as a driving force for cyclic vegetation succession. PhD Thesis. Wageningen University, Wageningen. 224 pp.
- Bullock, J.M. & R.F. Pywell 2005. *Rhinanthus* species: a tool for restoring diverse grassland? *Folia Geobotanica* 40: 273-288.
- Chardon, W. & F. Sival 2003. Fosfaat: knelpunt voor realisering EHS op voormalige landbouwgronden. *De Levende Natuur* 104 (6): 267-271.

- Davies, D.H.K., F. Wilson, A. Christal, J. Warren, A. Cleland & J. MacKintosh 2006. The creation of species-rich grassland: 1993-2004. Commissioned Report 187, Scottish Natural Heritage.
- Deyn, G.B. de, C.E. Raaijmakers & W.H. van der Putten, 2004. Bodemfauna bevordert herstel van soortenrijke graslanden. *De Levende Natuur* 105 (1): 10-12.
- Dorland, E., L.J.L. van den Berg, E. Brouwer, J.G.M. Roelofs & R. Bobbink 2005. Catchment liming to restore degraded, acidified heathlands and moorland pools. *Restoration Ecology* 13: 302-311.
- Edwards, A.R., S.R. Mortimer, C.S. Lawson, D.B. Westbury, S.J. Harris, B.A. Woodcock & V.K. Brown 2007. Hay strewing, brush harvesting of seed and soil disturbance as tools for the enhancement of botanical diversity in grasslands. *Biological Conservation* 134: 372-382.
- Eekeren, N. van, G. Iepema & F. Smeding 2007. Natuurherstel in grasland door klaver en kalibemesting. *De Levende Natuur* 108 (1): 27-31.
- Grime, J.P., J.G. Hodgson & R. Hunt 1988. Comparative plant ecology: A functional approach to common British species. Unwin Hyman, London, UK.
- Grootjans A.P., S.K. Verbeek, E.B. Adema, A.C.J. Boerwinkel, P. Vrieling, G.J. Baaijens, M. Bakker, B. Beltman, A.C. Zuidhoff en R.H. Kemmers (2001) . Bevoeiing als beheersmaatregel. Mogelijk herstel van verzuurde en verdroogde graslanden eindrapportage fase 2. Rapport ECLNV nr 2001/052 OBN, Expertisecentrum LNV, Wageningen
- Hendriks, A.E., G.N.J. ter Heerdt & J.P. Bakker 1985. Verschraling door begrazing? *De Levende Natuur* 86 (1): 8-12.
- Heijden, M.G.A. van der, J.N. Klironomos, M. Ursic, P. Moutoglis, R. Streitwolf-Engel, T. Boller, A. Wiemken & I.R. Sanders. 1998. Mycorrhizal fungal diversity determines plant biodiversity, ecosystem variability and productivity. *Nature* 396: 69-72.
- Heijden, M.G.A. van der 2004. Arbuscular mycorrhizal fungi as support systems for seedling establishment in grassland. *Ecology Letters* 7: 293-303.
- Hölzel, N. & A. Otte 2003. Restoration of a species-rich flood meadow by topsoil removal and diaspore transfer with plant material. *Applied Vegetation Science* 6: 131-140.
- Ijzerman, Y. 1995. Herstel schraallanden in de Langstraat. *De Levende Natuur* 96 (5): 148-149.

Kemmers, R.H., A.T. Kuiters, B. van Delft & P.A. Slim 2004. Haalbaarheid natuurdoelen op fosfaatverzadigde gronden; 30 jaar natuurbeheer op voormalige landbouwgronden. Alterra-rapport 1040, Wageningen.

Kemmers, R.H. 2002. Bloedarmoede in het Nederlandse landschap: ontijzering van kwelgevoede gronden binnen de EHS en realisatie van natuurdoeltypen. Alterra-rapport 370, Wageningen.

Kemmers, R.H., A.T. Kuiters, P.A. Slim & J.P. Bakker 2006. Is ontgronden noodzakelijk voor natuurherstel op voormalige landbouwgronden? *De Levende Natuur* 107 (4): 170-175.

Kloen H., P. Sloot, L. van der Weijden, G. Verschuur en M. Hanegraaf 2006. Maatschappelijke vraag naar bodemdiensten in de landbouw. CLM, DLV en NMI. Culemborg. 102 p.

Klooker, J., J. Bakker & R. van Diggelen 1995. Ontgronden: nieuwe kansen voor bedreigde plantensoorten? *De Levende Natuur* 96 (5): 174-180.

Korthals, G. & W. van der Putten 2001. Strooien met natuur: de cruciale rol van het bodemleven. *De Levende Natuur* 102(1): 3-6.

Kuiters, A.T. 2004. Ontwikkeling van mozaïeklandschappen onder invloed van begrazing. Een drietal casestudies. Alterra-rapport 1105. Wageningen. 87 p.

Lamers, L.P.M. 2001. Tackling biogeochemical questions in peatlands. PhD Thesis, University of Nijmegen.

Lamers, L., E. Lucassen, F. Smolders & J. Roelofs 2005. Fosfaat als adder onder het gras bij 'nieuwe natte natuur'. *H<sub>2</sub>O*: 28-30.

Lawson, C.S., M.A. Ford & J. Mitchley 2004. The influence of seed addition and cutting regime on the success of grassland restoration on former arable land. *Applied Vegetation Science* 7: 259-266.

Lindborg, R. 2006. Recreating grasslands in Swedish rural landscapes –effects of seed sowing and management history. *Biodiversity and Conservation* 15: 957-969.

MacDonald, A.W. 1993. The role of seed-bank and sown seeds in the restoration of an English flood-meadow. *Journal of Vegetation Science* 4: 395-400.

Marrs, R.H., C.S.R. Snow, K.M. Owen, C.E. Evans 1998. Heathland and acid grassland creation on arable soils at Minsmere: identification of potential problems and a test of cropping to impoverish soils. *Biological Conservation* 85: 69-82.

Marrs, R.H., M.W. Gough & M. Griffiths 1991. Soil chemistry and leaching losses of nutrients from semi-grassland and arable soils on three contrasting parent materials. *Biological Conservation* 57: 257-271.



- McCrea, A.R., I.C. Trueman en M.A. Fullen 2001. A comparison of the effects of four arable crops on the fertility depletion of a sandy silt loam destined for grassland habitat creation. *Biological Conservation* 97: 181 - 187.
- Moons, K. 2006. Natuurherstel vanuit de bodem. Bodemtransplantatie kan natuurontwikkeling tot slagen brengen. *Boomblad* 5: 12-15.
- Oomes, M.J.M. 1990. Changes in dry matter and nutrient yields during the restoration of species-rich grasslands. *Journal of Vegetation Science* 1: 333-338.
- Oomes, M.J.M. 1992. Yield and species density of grasslands during restoration management. *Journal of Vegetation Science* 3, 271-274.
- Oomes, M.J.M., R.H.E.M. Geerts & H.J. Altena 1998. Vernatten en verschrallen. Doel, maatregelen en (on)mogelijkheden voor herstelbeheer. *Landschap* 15 (2): 99-110.
- Putten, W.H. van der, S.R. Mortimer, K. Hedlund, C. Van Dijk, V.K. Brown, J. Leps, C. Rodriguez-Barrueco, J. Roy, T.A. Diaz Len, D. Gormsen, G.W. Korthals, S. Lavorel, I. Santa Regina & P. Smilauer 2000. Plant species diversity as a driver of early succession in abandoned fields: a multi-site approach. *Oecologia* 124: 91-99.
- Pywell, R.F., J.M. Bullock, K.J. Walker, S.J. Coulson, S.J. Gregory & M.J. Stevenson 2004. Facilitating grassland diversification using the hemiparasitic plant *Rhinanthus minor*. *Journal of Applied Ecology* 41: 880-887.
- Pywell, R.F., J.M. Bullock, J.B. Tallowin, K.J. Walker, E.A. Warman & G. Masters 2007. Enhancing diversity of species-poor grasslands: an experimental assessment of multiple constraints. *Journal of Applied Ecology* 44: 81-94.
- Rosenthal, G. 2006. Restoration of wet grasslands –Effects of seed dispersal, persistence and abundance on plant species recruitment. *Basic and Applied Ecology* 7: 409-421.
- Roozen, T., A. Masselink, H. Kuipers & J. van Groenendaal (1995). Natuurherstel in het Wisselse Veen en de rol van de bodemzaadvoorraad daarbij. *De Levende Natuur* 96 (5): 167-173.
- Schaminée, J. & A. Jansen (red.). 2001. Wegen naar Natuurdoeltypen 2. Ontwikkelingsreeksen en hun indicatoren voor herstel en natuurontwikkeling (sporen B en C). Rapport Directie Natuurbeheer, nr. 46. Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij. 364 p.
- Sival, F.P. & W.J. Chardon 2004. Natuurontwikkeling op fosfaatverzadigde grond: fosfaatonttrekking door een gewas. *Alterra-rapport 1090*, Wageningen. 50 p.
- Sival, F.P., W.J. Chardon, M.M. van der Werff 2004. Natuurontwikkeling op voormalige landbouwgronden in relatie tot de beschikbaarheid van fosfaat: evaluatie van verschrallingsmaatregelen. *Alterra-rapport 951*, Wageningen. 91 p.

- Smith, R.S., R.S. Shiel, R.D. Bardgett, D. Millward, P. Corkhill, G. Rolph, P.J. Hobbs & S. Peacock 2003. Soil microbial community, fertility, vegetation and diversity as targets in the restoration management of meadow grassland. *Journal of Applied Ecology* 40: 51-64.
- Smolders, A., E. Lucassen, H. Tomassen, L. Lamers & J. Roelofs (2006) De problematiek van fosfaat voor natuurbeheer. *Vakblad Natuur Bos Landschap* 3 (4): 5-11.
- Snow, C.S.R., R.H. Marris & L. Merrick 1997. Trends in soil chemistry and floristics associated with the establishment of a low-input meadow system on an arable clay soil in Essex. *Biological Conservation* 79: 35-41.
- Tallowin, J.R.B., R.E.N. Smith, R.F. Pywell J. Goodyear en T. Martyn, 2002. Use of fertiliser nitrogen and potassium to reduce soil phosphorous availability. In: Frame, J. (Ed.), *Conservation Pays? Reconciling Environmental Benefits with Profitable Grassland Systems*. In: *British Grassland Society Occasional Symposium*, vol. 36. British Grassland Society, Reading, pp. 163–166.
- Til, M. van 2006. Evaluatie effecten van ondiep plagen in verruigde duingraslanden in de Amsterdamse Waterleidingduinen. Tussenevaluatie 2002-2004. Rapport Waterleidingbedrijf Gemeente Amsterdam. 44 p.
- Tooren, B.F. van, H.J.W. Vermeulen, R.J.H. Douwes & H.L. Schimmel ten Kate 2004. Tien jaar na Plan Goudplevier. *De Levende Natuur* 105 (2): 76-81.
- Verhagen, R. & R. van Diggelen 2001. Natuurontwikkeling op voormalige landbouwgronden in pleistoceen Nederland. Herstel van nutriëntenimitatie. Rijksuniversiteit Groningen. 56 p.
- Verhagen, R., R. van Diggelen & J. Bakker 2004. Ontgronden van voormalige landbouwgronden: welk resultaat na tien jaar voor de vegetatie? *De Levende Natuur* 105(2): 44-50.
- Van der Wal, A. 2007. Soils in transition: dynamics and functioning of fungi. Ph.D. Thesis, Leiden University, Leiden. 136 p.
- Wallis de Vries, M. & S. Ens 2004. Kansen voor dagvlinders bij natuurontwikkeling op landbouwgronden. *De Levende Natuur* 105(2): 51-54.
- Zak, D.R., W.E. Holmes, D.C. White, A.D. Peacock & D. Tilman 2003. Plant diversity, soil microbial communities, and ecosystem function: are there any links? *Ecology* 84: 2042-2050.
- Zobel, M., M. Otsus, J. Liira, M. Moora & T. Mols 2000. Is small-scale species richness limited by seed availability or microsite availability? *Ecology* 81: 3274-3282.