



Florentine van Noppen
Machiel Bosch
Jasper Wubs
Lieuwe Haanstra
Wiebe Verbaan
Dick van Houwelingen
Jules Philippona
Roel van Ekeris
Wim van der Putten
& Martijn Bezemer

Foto 1. Reijerscamp: mossen begroeien de afgegraven delen in 2014 (foto: F.D. van Noppen).

Afgraven, bodemtransplantaties en uitstrooien van maaisel op voormalige landbouwgronden: Het Reijerscamp experiment

Bodemtransplantaties worden steeds vaker toegepast bij natuurontwikkeling. Uit onderzoek is namelijk gebleken dat bodemorganismen een belangrijke rol spelen in de ontwikkeling van vegetaties. Door middel van bodemtransplantaties met grond uit een bestaand natuurgebied kan een complete bodemgemeenschap naar een te ontwikkelen gebied getransplanteerd worden om zo natuurontwikkeling te stimuleren.

Op de Reijerscamp bij Wolfheze is de effectiviteit van bodemtransplantaties en uitstrooien van maaisel voor het ontwikkelen van heide en heischraal grasland op een voormalig landbouwgebied vergeleken. Deze natuurherstelmaatregelen zijn toegepast en getest in gebieden waar de toplaag van de bodem (de voormalige bouwvoor) is afgegraven en in niet-afgegraven gebieden. In dit artikel gaan we in op de resultaten van dit experiment en de mogelijkheden van bodemtransplantaties in natuurontwikkeling.

Aandacht voor herstel bodemleven

Veel natuurontwikkeling vindt plaats in voormalige landbouwgebieden. Er is een aantal belangrijke beperkingen die spontaan herstel van gewenste natuurtypen in die gebieden verhinderen en ingrijpen noodzakelijk maken (Cramer et al., 2008). De plantensoorten die karakteristiek zijn voor heide en heischraal graslandgebieden bijvoorbeeld komen voor op arme bodems met weinig voedingsstoffen.

In voormalige landbouwgebieden is door bemesting echter een overschot aan voedingsstoffen aanwezig. In zo'n voedselrijke situatie zullen in eerste instantie ongewenste pioniersoorten en soorten die aangepast zijn aan voedselrijke omstandigheden de vegetatie snel domineren (Walker et al., 2004). Het is dan onwaarschijnlijk dat er op korte termijn, spontaan een gewenste vegetatie ontstaat (Cramer et al., 2008).

Om deze beperkingen voor natuurontwikkeling op te heffen of te minimaliseren worden methoden, zoals maaien, begrazen, uitmijnen (met name van fosfaat), plaggen en afgraven van de bouwvoor, toegepast. Deze methoden hebben als doel de concentraties aan voedingsstoffen in de bodem te verlagen (Blumenthal et al., 2003; Walker et al., 2004).

Door te plaggen of door de bouwvoor af te graven worden tevens veel zaden van ongewenste pioniersoorten afgevoerd (Kiehl et al., 2010). Om de verspreiding van zaden van doelsoorten te bevorderen kan maaisel dat is verzameld uit een goed ontwikkeld natuurgebied worden uitgestrooid of kunnen planten worden ingezaaid. De effecten van natuurontwikkelingsmaatregelen die bedoeld zijn om de concentraties van voedingsstoffen in de bodem te verlagen op de ontwikkeling van de vegetatie zijn echter zeer wisselend en zeker niet altijd positief (Bekker, 2009).

Een tot nu toe onderbelicht aspect in natuurontwikkeling is de samenstelling van de bodemgemeenschap (Oosterbaan et al.,

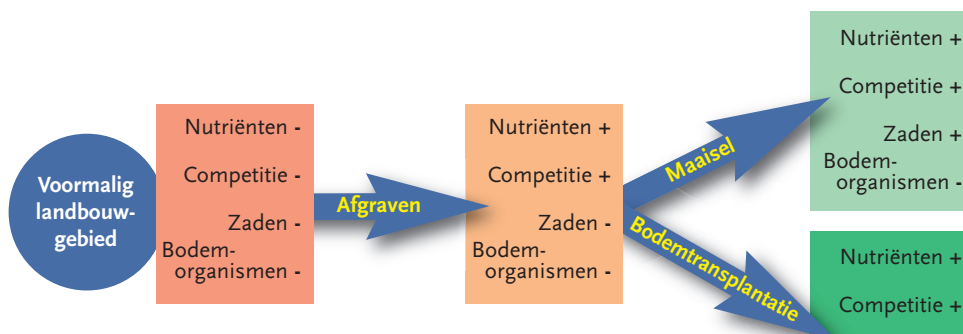


Fig. 1. Schematisch overzicht van beoogde resultaten van beheermaatregelen. Vanaf de beginsituatie 'voormalig landbouwgebied' (links), onbehandeld, waarin de genoemde omstandigheden ongeschikt (aangegeven met -) zijn voor de doelvegetatie, worden door verschillende maatregelen (blauwe pijlen) verschillende omstandigheden geschikt gemaakt (aangegeven met +).

2008). De bodem bevat een zeer diverse gemeenschap van microscopisch kleine organismen zoals bacteriën, schimmels, protozoën, nematoden en mijten en grotere organismen zoals springstaarten en andere insecten en regenwormen. Een groot deel van de bodemgemeenschap zet organisch materiaal, zoals dode plantenresten, om in voor de plant opneembare voedingsstoffen. Echter, een deel van het bodemleven is actief als ziekteverwekker, begrazer of symbiont van planten. Bodemorganismen kunnen daarom een cruciale rol spelen in de ontwikkeling en successie van de vegetatie (Kardol et al., 2007). De bodemgemeenschap in een landbouwgrond wordt vaak gedomineerd door bacteriën en plant parasitaire organismen, zoals sommige soorten nematoden of plant pathogene schimmels, en is totaal anders dan die van een natuurlijke vegetatie waar andere schimmels vaak een belangrijke rol spelen (De Deyn et al., 2004). Sinds enkele jaren worden daarom in Nederland bodemtransplantaties uitgevoerd om het bodemleven in natuurontwikkelingsgebieden te herstellen door de samenstelling van de bodemgemeenschap te sturen. Bij bodemtransplantaties worden zowel zaden als de bijbehorende bodemorganismen uit een doelgebied geïntroduceerd (fig. 1, Oosterbaan et al., 2008; Kardol et al., 2009). Er zijn verschillende voorbeelden van experimenten (zowel potproeven als veldexperimenten) waarbij bodemtransplantaties met succes hebben bijgedragen aan de vestiging van doelsoorten (Brown & Bedford, 1997; Vécrin & Muller, 2003; Klime et al., 2010). Hoewel er in Nederland op meerdere plaatsen al bodemtransplantaties zijn uitgevoerd, is er nog relatief weinig bekend over het succes van deze methode, over hoe het in de praktijk is uitgevoerd en op welke schaal het gebeurt. Bovendien zijn veel projecten redelijk recent uitgevoerd, waardoor de langere termijn effecten nog niet bekend zijn. Verschillende studies wijzen erop dat bodemtransplantaties vooral efficiënt zijn in gebieden waar de toplaag van de bodem is verwijderd (Pywell et al., 1995; Loeb et al.,

2013). Dit afgraven van grond leidt echter niet altijd tot het gewenste resultaat. Bijvoorbeeld in een transplantatie experiment in de Achterhoek in een gebied waar de bouwvoor was verwijderd, vestigden zich geen doelsoorten. Dit is waarschijnlijk te wijten aan het feit dat de grondwaterstand in het afgegraven gebied te hoog was waardoor een ongeschikt habitat ontstond voor de doelvegetatie (Kardol et al., 2009). In het natuurontwikkelingsproject Reijerscamp is onderzoek gedaan naar de effectiviteit van bodemtransplantaties en het uitstrooien van maaisel voor het ontwikkelen van heide vegetatie en heischraal grasland. Deze verschillende maatregelen hadden als doel de ontwikkeling van de gewenste vegetatietypen te bevorderen op een door het afgraven van de bodem 'ge-reset' gebied (fig. 1).

Experimentele opzet op Reijerscamp

Op Reijerscamp (een voormalig landbouwgebied van ongeveer 160 ha. op droge zandgrond) ten noordwesten van Wolfheze in Gelderland zijn in 2006 experimenten

met bodemtransplantaties uitgevoerd op een voor natuurherstel relevante schaal. Het doel van deze experimenten was om verschillende maatregelen te vergelijken die ingezet kunnen worden om natuurherstel te bevorderen: afgraven, bodemtransplantatie en uitstrooien van maaisel. Het herstel van twee verschillende doelvegetaties is getest: heide en heischraal grasland. In vier plots, elk enkele hectares groot, is de toplaag van de bodem verwijderd. Deze grond is gebruikt voor de aanleg van het Jac. P. Thijsse Eco-duct over de A12 dat dit gebied verbindt met het gebied Planken Wambuis. Op de afgegraven plots is maaisel van een heischraal grasland, grond van een heischraal grasland of heideplagsel (toplaag van de bodem met het aanwezige plantenmateriaal) uitgestrooid. Het maaisel en de grond van het heischraal grasland zijn ook uitgestrooid op aangrenzende niet-afgegraven gedeeltes. In elk gebied zijn er in het afgegraven en in het niet-afgegraven gedeelte plots gemarkeerd waar niets is uitgestrooid. Deze dienden als controles. Dit resulteerde in zeven behandelingen in elk van de vier gebieden (fig. 2). De donorlocaties van het uitgestrooide materiaal bevonden zich allemaal op zandgronden: Buurserzand (maaisel; heischraal grasland), Dennenkamp (grond, heischraal grasland) en Doorwerthse heide. Voor een ideale proefopzet zou het maaisel en de grond van eenzelfde veld moeten komen. In de praktijk was het echter lastig om aan voldoende donormateriaal te komen.



Fig. 2. A: Overzichtskaartje van Reijerscamp met de ligging van de vier behandelde gebieden van elk ongeveer vijf hectare groot in lichtbruin. **B:** Tabel van de zeven combinaties van behandelingen die zijn uitgevoerd. **C:** Eén van de afgegraven gebieden (lichtbruin) in het veld (groen). De behandelingen: maaisel (gestreept), soortenrijk grasland grond (geblokt) en heideplagsel (gestippeld). Maaisel en soortenrijk grasland grond zijn op zowel afgegraven grond, als niet-afgegraven grond aangebracht. Heideplagsel is alleen over afgegraven stukken verspreid.

B	nr.	Afgegraven	Behandeling
	1	Niet afgegraven	Controle
	2	Afgegraven	Controle
	3	Niet afgegraven	Maaisel
	4	Afgegraven	Maaisel
	5	Niet afgegraven	Grond
	6	Afgegraven	Grond
	7	Afgegraven	Heideplagsel

In de vier afgegraven gebieden op Reijerscamp is de volledige bouwvoor verwijderd (30-50 cm diep, tot op de C-horizont, het moeder materiaal). De bodem en het plagsel zijn uitgereden over de plots met een mestverpreider, zodat er een ca. 0,5-1 cm dikke laag de proefvelden bedekte. Om het succes van de behandelingen te kunnen bepalen is de ontwikkeling van de vegetatie en de bodem in de zeven plots in elk van de vier gebieden bestudeerd. Deze plantengemeenschappen zijn vergeleken met de twee doelvegetaties: heischraal grasland, associatie van Liggend walstro en Schapengras (*Galio hercynici-Festucetum ovinae*), en droge heide, associatie van Struikheide en Stekelbrem (*Genista anglicae-Callunetum*).

Een aantal vrijwilligers, boswachters en wetenschappers heeft de afgelopen jaren gegevens verzameld in Reijerscamp om de methoden te evalueren. Jaarlijks zijn er vegetatieopnames gemaakt in permanente kwadraten (PQ's). De PQ's zijn twee bij twee meter en gemarkeerd met lage palen in de vier hoeken. In twee van de vier gebieden is er een PQ voor elk van de zeven behandelingen. In de andere twee gebieden is er een PQ in de helft van de behandelingen opgenomen. Daarnaast zijn in 2012 vegetatieopnames gedaan waarbij voor iedere behandeling alle soorten per proefvlak zijn gedetermineerd. In 2007 en 2012 zijn bodemchemische karakteristieken bepaald. De zuurgraad (pH-H₂O), fosfaat (P-Olsen), anorganische stikstof en percentage organische stof zijn gemeten. In 2012 zijn voor alle plots fosfolipide vetzuren (PLFA's) en neutrale lipide vetzuren (NLFA's) bepaald. PLFA's en NLFA's geven

een maat voor de biomassa van bacteriën en schimmels in de bodem. Ook zijn er in 2012 mijten en springstaarten geëxtraheerd uit de bovenste 15 cm van de bodem met behulp van Tulgren trechters en nematoden met Oosterbrinktrechters. Met behulp van een microscoop is vervolgens de samenstelling van mijten en nematoden bepaald. In het gebied zijn verder vogeltellingen gedaan en is er onderzoek gedaan naar het voorkomen van insecten, zoals loopkevers.

Resultaten vegetatie

De afgegraven gebieden zijn in 2014 (na acht jaar) nog goed te onderscheiden van de omgeving. De afgegraven stukken zijn schaars begroeid met relatief veel mossen en zeer weinig vaatplanten (foto 1). De vegetatie op de onbehandelde stukken die niet afgegraven zijn, werd eerst gedomineerd door Akkerdistel (*Cirsium arvense*) en Bastaardwederik (*Epilobium* spp.). Nu is Jakobskruiskruid (*Jacobaea vulgaris*) hier een dominante soort geworden. Deze soorten zijn pioniersoorten die de eerste jaren na het uit-productie-nemen van landbouwgrond domineren in veel natuurgebieden

(foto 2). Soorten die verder veel voorkomen op niet-afgegraven stukken zijn Gestreepte witbol (*Holcus lanatus*), Witte klaver (*Trifolium repens*) en Smalle weegbree (*Plantago lanceolata*).

Uit de jaarlijkse vegetatieopnames blijkt dat de vegetaties op afgegraven grond zich anders ontwikkelen dan de vegetaties op niet-afgegraven stukken (fig. 3). Op de plekken waar heideplagsel is aangebracht, groeit nu al een jonge heidevegetatie (foto 3). Transplantatie van plagsel op afgegraven grond leidt tot een vegetatie die gekarakteriseerd wordt door Gewoon struisgras (*Agrostis capillaris*) en waar ook doelsoorten, zoals Pilzegge (*Carex pilulifera*), Struikheide (*Calluna vulgaris*), Kruipbrem (*Genista anglica*) en Stekelbrem (*Genista pilosa*), voorkomen. Dwergviltkruid (*Filago minima*) komt relatief veel voor op de afgegraven gebieden.

De vegetatieopnames uit juli 2012 in de verschillende behandelingen zijn met behulp van de zg. Sørensen similariteit index (een methode om de overeenkomst tussen twee metingen te vergelijken) vergeleken met de doelvegetatie; afhankelijk van de vegetatie van het donormateriaal

Fig. 3. Dit ordinatie diagram (Principle component analysis) laat zien hoe de vegetatie zich heeft ontwikkeld in de zeven verschillende behandelingen van 2007 tot 2013. Figuur (a) en (b) zijn geëxtraheerd uit dezelfde data-analyse en kunnen over elkaar geprojecteerd worden. In (a) is de gemiddelde score van de vegetatie weergegeven voor elke behandeling en voor elk jaar. De pijltjes geven de richting aan waarin de vegetaties zich van 2007 tot 2013 ten opzichte van elkaar hebben ontwikkeld.

In (b) zijn de belangrijkste plantensoorten weergegeven. De lengte van elke pijl in figuur b is een indicatie voor het belang van deze plantensoort voor het patroon in figuur a. In het laatste jaar (2013, laatste pijl) is *Holcus lanatus* bijvoorbeeld een belangrijke soort in vegetaties op niet-afgegraven gebieden met grondtransplantatie (oranje) en is *Agrostis capillaris* een belangrijke soort in vegetaties op afgegraven gebieden waar plagsel is uitgestrooid (groen).

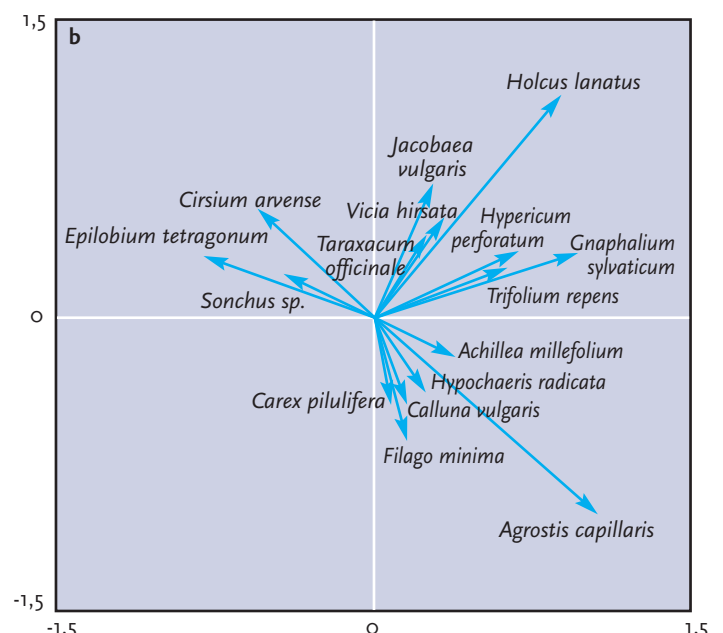
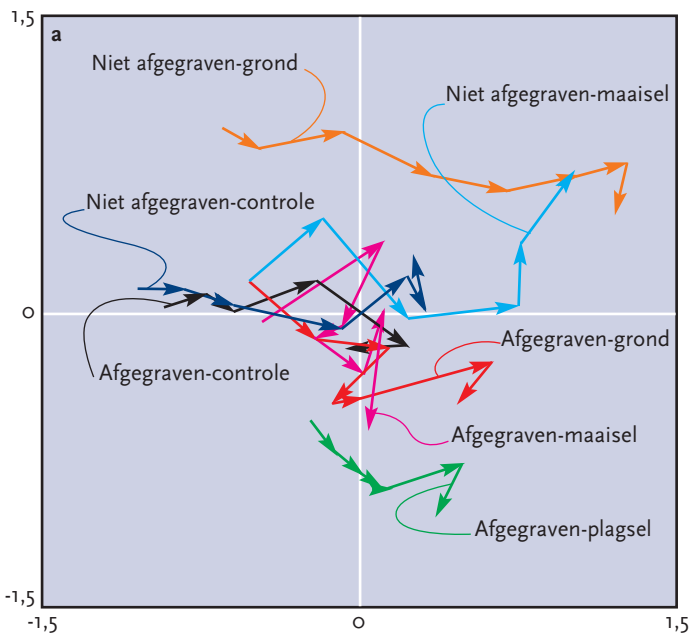




Foto 2. Jakobskruid (*Jacobaea vulgaris*) domineert de vegetatie op onbehandelde gebieden in Reijerscamp (foto: T.M. Bezemer).

was dat droge heide of heischraal grasland. Op deze manier is de effectiviteit van de verschillende behandelingen vergeleken. Hieruit blijkt dat de similariteit ten opzichte van de doelsituaties verschilt tussen de zeven behandelingen (ANOVA; $p < 0.001$ voor beide doelvegetaties; fig. 4). Het aanbrengen van plagsel op afgegraven grond leidde tot een significant hogere

similariteit met heide. Bij vergelijking met het heischraal grasland bleek dat het aanbrengen van grond en plagsel allebei resulteerden in een verhoging in de similariteit ten opzichte van de controles. Bodemtransplantaties hadden dit effect zowel op afgegraven als op niet-afgegraven grond (fig. 4). De vlakken waar was afgegraven en verder geen donormateriaal was aan-

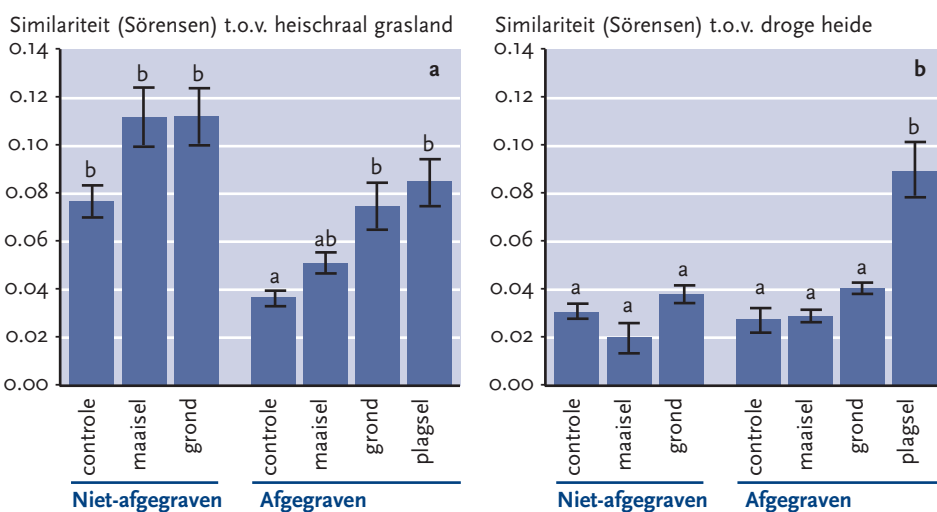


Fig. 4. Similariteit (Sørensen) van de vegetatie in 2013 in de verschillende behandelingen ten opzichte van **a)** de heischraal grasland (*Galium hercynici-Festuco ovinae*) en **b)** de droge heide (*Genisto anglicae-Callunetum*) referentie associaties (spreidingsbalken \pm SE). De vegetaties in de zeven behandelingen verschillen significant van elkaar in hoeveel ze lijken op de referentie associaties: Anova $p < 0,001$. Behandelingen waarboven verschillende letters staan verschillen significant van elkaar gebaseerd op een Tukey post hoc test.

gebracht leken het minst op de referentie-vegetatie. Aanbrengen van maaisel op niet-afgegraven grond had ook een positief effect op de vegetatieontwikkeling.

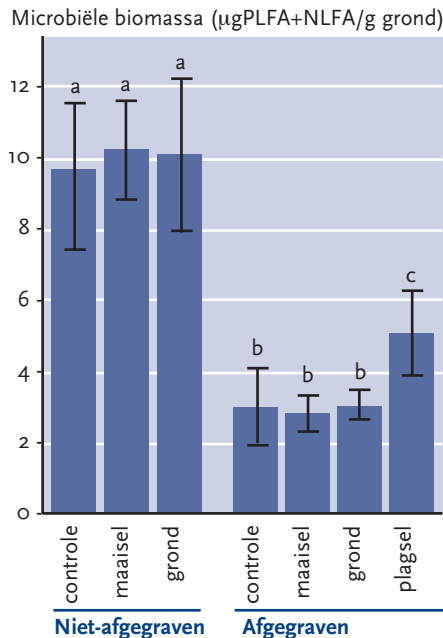
Resultaten bodemleven en bodemchemie

De microbiële gemeenschap was na afgraven voor een groot deel uit de bodem verdwenen. Dit blijkt uit de geringe hoeveelheden PLFA's en NLFA's die gemeten werden in afgegraven stukken. De microbiële biomassa (de som van de PLFA's en NLFA's) in de monsters van de verschillende afgegraven stukken was dan ook significant lager dan in niet-afgegraven vlakken (fig. 5). Afgraven leidt ook tot een verandering in de verhouding tussen de biomassa van bacteriën en schimmels in de bodem. Een goed ontwikkeld en divers bodemvoedselweb wordt vaak getypeerd door een hoog aandeel aan schimmels en dus een hoge schimmel/bacterie ratio.

Landbouwbodems bevatten vaak weinig schimmels en de schimmel/bacterie ratio is daar dus laag (gemiddeld 0,4). In proefvlakken waarin de bouwvoor is afgegraven, is de ratio hoog (gemiddeld 2) en dit is typerend voor bodems met vegetaties in latere successiestadia (De Deyn et al., 2004). Bovendien was op de afgegraven plekken met heideplagsel de totale microbiële biomassa na zes jaar hoger dan op de andere afgegraven gebieden (fig. 5). Daarnaast kwamen er in 2012 meer nematoden voor in de met plagsel behandelde proefvelden dan in de andere afgegraven gebieden. Ook voor springstaarten die voornamelijk schimmels eten, geldt dat het aantal door afgraving drastisch omlaag is gegaan, maar dat door het aanbrengen van het heideplagsel deze aantallen weer omhoog gaan. Het opbrengen van maaisel leidde niet tot verschillen in bodemleven ten opzichte van de controle.

Qua bodemchemie werden zowel in 2007 als in 2012 vooral verschillen gevonden tussen de afgegraven en de niet-afgegraven delen en niet tussen de verschillende donormaterialen. In zowel 2007 als 2012 waren de fosfaat- en de stikstofconcentratie relatief hoog in de verschillende behandelingen in de niet-afgegraven gebieden, maar de concentraties zijn sterk verlaagd in de afgegraven gebieden ($P < 0,001$). De zuurgraad (pH-H₂O, tabel 1) van de bodem verschilt significant tussen de

Fig. 5. Microbiële biomassa ($\mu\text{g PLFA}+\text{NLFA/g grond}$) in 2012 in de verschillende behandelingen op niet-afgegraven en afgegraven bodem (spreidingsbalken \pm SE). Er is een significant behandelingseffect: Anova $p < 0,001$. Behandelingen waarboven verschillende letters staan verschillen significant van elkaar, gebaseerd op een Tukey post hoc test.



zeven behandelingen, maar de bodem verzuurt niet door afgraven. Zelfs in gebieden waar al heide is ontstaan, is de pH nog relatief hoog. Dit is interessant, omdat bodems in heidegebieden vaak een hele lage pH hebben. Organische stof in de bodem, zeer belangrijk voor het bodemleven, is vrijwel geheel verdwenen door afgraven, maar in gebieden waarin vervolgens heideplagsel is getransplanteerd, is de hoeveelheid organische stof in de bodem weer toegenomen (2,5%) ten opzichte van de controle (1,2%). In het gebied werd fauna (vogels, hagedissen, insecten) waargenomen die typisch is voor heidegemeenschappen. Enkele voorbeelden hiervan zijn de Heivlinder (*Hipparchia semele*), de Boomleeuwerik (*Lullula arborea*) en de Zandhagedis (*Lacerta agilis*). Hoewel er wetenschappelijk gezien geen causaal verband gelegd kan worden met deze behandelingen, kan dit als een positieve trend voor het gebied worden gezien.

Discussie bodemtransplantatie

Transplantatie van bodem uit een ander natuurgebied op afgegraven gebieden heeft een positief effect op de vegetatieontwikkeling. Dit effect is vooral zichtbaar als heideplagsel wordt getransplanteerd. Er werden echter ook duidelijke veranderingen waargenomen in de samenstelling van vegetatie na transplantatie van graslandbodem. In het Reijerscamp experiment werd het grootste aantal doelsoorten en de hoogste bedekking van doelsoorten aangetroffen in gebieden waar de bouwvoor verwijderd was en waar vervolgens donor-materiaal aangebracht is. Door het afgraven was de beschikbaarheid van voedingsstoffen (fosfaat en stikstof) in de bodem lager; dit is over het algemeen gunstig voor de doelvegetatie. Bodemtransplantaties bleken ook het bodemleven positief te kunnen beïnvloeden. Nematoden en springstaarten, die direct na afgraven bijna volledig uit de bodem waren verdwenen, zijn sterk in aantal toegenomen in gebieden met transplantaties met heideplagsel. Het uit-

strooien van maaisel of grond verzameld uit een nabijgelegen grasland had echter weinig effect op het bodemleven. Een belangrijke uitkomst uit dit grootschalige experiment is dat in gebieden waar de top laag van de bodem is verwijderd om fosfaatgehalten te verlagen, bodemtransplantatie met bodemmateriaal uit een goed ontwikkeld natuurgebied een beheermaatregel is met een sterk positieve invloed op de ontwikkeling van het nieuwe natuurgebied. Op Reijerscamp zijn die resultaten enkele jaren na transplantatie al duidelijk zichtbaar. De verwachting is dat deze afgegraven gebieden met getransplanteerde bodem zich nog verder richting de doelsituatie zullen ontwikkelen. Doordat bodem- en plantengemeenschappen sterk gekoppeld zijn, is de verwachting dat dit proces zal versnellen doordat de vegetatie zich verder ontwikkelt (De Deyn et al., 2004). Voor succesvol herstel is het natuurlijk belangrijk dat niet alleen het juiste bodemleven aanwezig is, maar dat de bodem ook voldoet aan een reeks van andere voorwaarden zoals juiste (lage) voedselrijkdom, zuurgraad, vocht, zaadbank enz. Zowel in niet-afgegraven als in afgegraven voormalige landbouwgronden zal lang niet altijd aan al die voorwaarden voldaan kunnen worden. Dit betekent dat bodemtransplantaties niet altijd succesvol zullen zijn

en dat resultaten van bodemtransplantaties niet altijd goed te voorspellen zullen zijn. Onderzoek is nu nodig waarin de efficiëntie van verschillende technieken en methodes van transplantatie verder met elkaar vergeleken worden.

Literatuur

- Bekker, R.M., 2009.** 20 jaar ontgronden voor natuur op zandgronden. *De Levende Natuur* 110 (1): 9-15.
- Blumenthal, D.M., N.R. Jordan & M.P. Rus-selle, 2003.** Soil carbon addition controls weeds and facilitates prairie restoration. *Ecological applications* 13(3): 605-615.
- Brown, S.C. & B.L. Bedford, 1997.** Restoration of wetland vegetation with transplanted wetland soil: an experimental study. *Wetlands* 17(3): 424-437.
- Cramer, V.A., R.J. Hobbs & R.J. Standish, 2008.** What's new about old fields? Land abandonment and ecosystem assembly. *Trends in Ecology & Evolution* 23(2): 104-112.
- 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.
- Kardol, P., N.J. Cornips, M.M. van Kempen, J.T. Bakx-Schotman & W.H. van der Putten, 2007.** Microbe-mediated plant-soil feedback causes historical contingency effects in plant community assembly. *Ecological monographs* 77(2): 147-162.
- Kardol, P., T.M. Bezemer & W.H. van der Putten, 2009.** Soil organism and plant introductions in restoration of species rich grassland communities. *Restoration Ecology* 17(2): 258-269.
- Kiehl, K., A. Kirmer, T.W. Donath, L. Rasran & N. Hölzel, 2010.** Species introduction in restoration projects; Evaluation of different techniques for the establishment of semi-natural grasslands in Central and Northwestern Europe. *Basic and Applied Ecology* 11(4): 285-299.
- Klimeš, L., I. Jongepierová, J. Doležal & J. Klimešová, 2010.** Restoration of a species rich meadow on arable land by transferring meadow blocks. *Applied Vegetation Science* 13(4): 403-411.

	Zuurgraad (pH-H ₂ O)	P-Olsen	N (anorganisch)	Organische stof (%)
Controle	5.9 (0.3)	78.3 (13.4)	7.9 (1.6)	5.9 (0.4)
Afgegraven	5.7 (0.3)	2.6 (2.2)	5.3 (3.5)	1.2 (0.7)

Tabel 1. Bodemchemie. De gemiddelde pH, P-Olsen (fosfaat, mg/kg), anorganische N (som van stikstof in nitraat en ammonium, mg/kg) en organische stof waarden van vijf monsters van de controle vlakken die wel en niet waren afgegraven in de vier proefvlakken (met standaardfout) in 2012.



Loeb, R., A. van der Bij, R. Bobbink, J. Frouz & R. van Diggelen, 2013. Ontwikkeling van droge heischrale graslanden op voormalige landbouwgronden. Eindrapportage fase 1. Bosschap, Driebergen.

Oosterbaan, A., J. de Jong & A. Kuiters, 2008. Vernieuwing in ontwikkeling en beheer van natuurgraslanden op voormalige landbouwgrond op droge zandgronden. Alterra, Wageningen.

Pywell, R., N. Webb & P. Putwain, 1995. A comparison of techniques for restoring heathland on abandoned farmland. *Journal of Applied Ecology*: 400-411.

Vécrin, M. & S. Muller, 2003. Top soil translocation as a technique in the recreation of species-rich meadows. *Applied Vegetation Science* 6(2): 271-278.

Walker, K.J., P.A. Stevens, D.P. Stevens, J.O. Mountford, S.J. Manchester & R.F. Pywell, 2004. The restoration and recreation of species-rich lowland grassland on land formerly managed for intensive agriculture in the UK. *Biological Conservation* 119(1): 1-18.

Foto 3. Bloeiende heide in 2012 op een afgraving waar plagsel is getransplanteerd op Reijerscamp (foto: E.R.J. Wubs).

Summary

Nature restoration aided by soil transplantations: a large-scale field experiment

Soil transplantations are increasingly being applied as a means to restore former agricultural areas back into species-rich habitats. There are some examples where this measure has been applied successfully. However, mechanisms are not yet clear and results differ among applications depending on the soil, vegetation and other circumstances. At the Reijerscamp, near Wolfheze in the Netherlands, soil transplantations have been carried out at a large spatial scale and evaluated. The method was compared with hay transfer and controls and either or not combined with topsoil removal. The results show that target species establish especially with the transplantation of heath sods or soil on topsoil removed plots. The soil community develops best with the transplantation of heath sods. The transplantation of species-rich grassland soil was less

successful, but still outperformed hay-addition. Further research should unravel the mechanisms that determine the success, so that the method can be applied effectively in different contexts in the future.

F.D. van Noppen MSc
Nederlands Instituut voor Ecologie (NIOO-KNAW)
Postbus 50, 6700 AB Wageningen
florentinevannoppen@gmail.com

M. Bosch
Beheereenheid Zuidwest Veluwe
(Natuurmonumenten)
Planken Wambuisweg 1a, 6718 SP Ede
m.bosch@natuurmonumenten.nl

E.R.J. Wubs MSc - PhD kandidaat
Nederlands Instituut voor Ecologie (NIOO-KNAW)
Postbus 50, 6700 AB Wageningen

L. Haanstra
Jacob Marislaan 6, 6813 JV Arnhem

W. Verbaan
Beheereenheid Zuidwest Veluwe
(Vrijwilliger Natuurmonumenten)
Planken Wambuisweg 1a, 6718 SP Ede

Ir. G.D.B. van Houwelingen
Dorpsstraat 28C, 6731 AT Otterlo

J. Philippona
Het Eiland 9, 7231 NV Warnsveld

R. van Ekeris
Beheereenheid Zuidwest Veluwe
(Natuurmonumenten)
Planken Wambuisweg 1a, 6718 SP Ede

Prof. dr. ir. W.H. van der Putten
Nederlands Instituut voor Ecologie (NIOO-KNAW)
Postbus 50, 6700 AB Wageningen

Dr.T.M. Bezemer
Nederlands Instituut voor Ecologie (NIOO-KNAW)
Postbus 50, 6700 AB Wageningen

Symposium en excursie op 15 oktober



Op 15 oktober organiseert het NIOO-KNAW in Wageningen een kennisdag over het gebruik van bodemtransplantaties bij natuurherstel, met excursie naar Reijerscamp. Deze dag is voor beheerders, onderzoekers en andere belangstellenden. Voor meer informatie en inschrijving <http://www.nioo.knaw.nl/bodemtransplantaties>