



# Profiteren geleedpotigen van maaiselverspreiding in natuurontwikkelingsgebieden?

Foto 1. De tractor met cyclomaaiër in bedrijf op de Berghofweide (foto: Jan Kuper).

Toos van Noordwijk & Agata Klimkowska

Het omzetten van landbouwgrond naar schrale natuur levert vaak bloemrijke graslanden op met een warm microklimaat. Dit lijkt een ideaal leefgebied voor veel geleedpotigen zoals bijen, kevers, spinnen en miljoenpoten.

Toch blijkt herstel van deze groepen niet vanzelf te gaan. Plantenzaden worden inmiddels vaak aangevoerd met maaisel.

Werkt dit ook voor geleedpotigen?

Op diverse plekken in Nederland wordt landbouwgrond omgevormd in voedselarme natuur zoals heide, blauwgrasland, heischraal grasland of kalkgrasland. Het afgraven van de nutriëntenrijke top laag is effectief gebleken voor herstel van schrale bodemcondities (Bekker et al., 2009).

Daarna vormen het ontbreken van typische soorten in de directe nabijheid en slechte dispersiemogelijkheden van deze soorten echter belangrijke knelpunten voor natuurherstel (Bakker & Berendse, 1999). Om dit dispersieknelpunt te verhelpen zijn herstelmethoden ontwikkeld, zoals het opbrengen

van maaisel met plantenzaden uit een goed ontwikkeld terrein. Deze maatregel wordt inmiddels steeds vaker toegepast. Maaisel opbrengen als herstelmethode is voor verschillende vegetatietypen experimenteel getoetst en blijkt zeer succesvol te zijn voor herstel van karakteristieke flora, tenminste als de abiotische condities op orde zijn (Bekker et al., 2005; Klimkowska et al., 2007, 2010). Ook als niet de meest zeldzame soorten worden aangevoerd met maaisel, kan het opbrengen van maaisel een positief effect hebben, onder andere doordat betere vestigingskansen geboden worden voor typische soorten (Padilla & Pugnaire, 2006). In het algemeen is de mate van succes voor de flora sterk afhankelijk van de kwaliteit van het donorterrein, het tijdstip van maaien en de manier van uitvoeren (Kiehl et al., 2010).

**Dispersie ook beperkt voor fauna**

Ook voor veel geleedpotigen geldt hun beperkte dispersievermogen als een belangrijk knelpunt voor kolonisatie van nieuw habitat (Bekker & Wallis de Vries, 2009; Woodcock et al., 2010). Zelfs als de vegetatie en bodem in een natuurontwikke-

lingsgebied zich goed hebben ontwikkeld en geschikt leefgebied vormen, kan de bijbehorende kenmerkende fauna nog jaren lang ontbreken (Woodcock et al., 2008; Mortimer et al., 2002). Voor kevers is daarbij vastgesteld dat vliegvermogen van grote invloed is op de kolonisationsnelheid (Woodcock et al., 2010). Dagvlinders blijken eveneens slechts langzaam nieuwe leefgebieden op ontgronde landbouwgrond te koloniseren en het succes van natuurontwikkelingsprojecten voor deze groep is sterk afhankelijk van de nabijheid van bronpopulaties (Bekker & Wallis de Vries, 2009). In recent O+BN onderzoek in Zuid-Limburg, waar de ontwikkeling van nieuw helling-schraalland op voormalige landbouwgrond (door ontgronden en opbrengen van maaisel) wordt gevolgd, bleek eveneens dat hele groepen geleedpotigen niet op eigen kracht de nieuwe gebieden weten te koloniseren (van Noordwijk et al., 2013). In dit onderzoek bleek de vegetatie zich goed te ontwikkelen en vertoonde al na twee jaar grote gelijkenis met bestaande helling-schraallandreservaten wat betreft soortenrijkdom, soortensamenstelling en vegetatiestructuur. Ook veel mobiele geleedpoti-

**Foto 2.** De hooischudder/hooihark waarmee het met de cyclomaaier gemaaid materiaal op rillen werd geharkt (foto: Jan Kuper).

gen, zoals bijen en gevleugelde loopkevers en wantsen kwamen al na één jaar in de proefvlakken voor en hebben zich sindsdien permanent gevestigd (wat onder andere blijkt uit de aanwezigheid van nesten en larven). Weinig mobiele geleedpotigen, zoals ongevleugelde loopkevers, diverse sprinkhanen en mieren die nieuwe nesten stichten door nest-splitsing werden zelfs na vijf jaar geheel niet in de ontgronde proefvlakken aangetroffen.

### Meelifen met maaisel

In theorie lijkt het mogelijk geleedpotigen tegelijk met plantendelen, met maaisel, te introduceren. In Duitsland is aangetoond dat sprinkhanen in maaisel aanwezig kunnen zijn en het maaien en transport kunnen overleven (Kiehl & Wagner, 2006). In Engels onderzoek werd echter geen direct verband gevonden tussen het opbrengen van maaisel en de verspreiding van phytofage kevers (Woodcock et al., 2008, 2010; Mortimer et al., 2002). Dit roept de vraag op onder welke omstandigheden het overbrengen van maaisel effectief is voor geleedpotigen en voor welke soortgroepen. Om dit uit te zoeken is in juli 2010 een veldexperiment uitgevoerd. Dit onderzoek richtte zich op alle geleedpotigen, om vast te stellen welke groepen met maaisel overgebracht kunnen worden. Voor alle groepen werd gekeken of ze in de vegetatie (voor maaien) aanwezig zijn en in welke dichtheden ze levend teruggevonden kunnen worden na maaien en transport. Dit onderzoek richtte zich daarmee puur op de vraag welke geleedpotigen met maaisel overgebracht kunnen worden en onder welke omstandigheden. Er is geen onderzoek gedaan naar de vestigingskansen.

### Experimentele opzet

Het onderzoek werd uitgevoerd op de Berghofweide, een kalkgrasland in Zuid-Limburg. Het terrein wordt jaarlijks in de zomer gemaaid. Voor het maaien werden enkele delen afgezet en niet gemaaid. Verspreid over deze delen werden piramide-

**Foto 3.** De messenbalk in bedrijf met daarachter twee piramidevallen in één van de controlevakken die ongemaaid bleven gedurende het experiment (foto: Toos van Noordwijk).



vallen geplaatst om de geleedpotigen in ongemaaid vegetatie te bemonsteren. Omdat het vermoeden bestond dat de maaimethode en de wijze van transport grote invloed kunnen hebben op de overleving van geleedpotigen, zijn twee maaien transporttechnieken met elkaar vergeleken: een machinale aanpak die gemakkelijk valt in te passen in de dagelijkse beheerpraktijk en een handmatige aanpak die waarschijnlijk het meest optimaal is voor geleedpotigen.

Het grootste deel van de Berghofweide werd gemaaid volgens de machinale aanpak met behulp van een tractor met cyclomaaier (Lely schijvenmaaier splendimo 240 hd classic) (foto 1). De vegetatie werd op rillen geharkt met behulp van een tractor met hooischudder/hark (Vicon HS 360) (foto 2) waarna piramidevallen op de rillen werden gezet (zie onder). Om te kijken naar de effecten van machinaal transport werd het maaisel buiten de piramidevallen één dag na het maaien geraapt met een kleine opraapwagen en direct daarna getransporteerd over een afstand van 3 km.

Op locatie werd het maaisel uitgestort en bemonsterd. Deze monsters werden vervolgens direct getransporteerd naar de beheerschuur van Staatsbosbeheer, waar ze werden overgezet in piramidevallen, die van onderen werden afgesloten.

Voor de handmatige aanpak werden twee stroken grasland gemaaid met behulp van een frees met een dubbelwerkende messenbalk (Agria 5500, breedte 1,35 m) (foto 3). De op deze wijze gemaaid vegetatie werd handmatig op rillen geharkt met hooiharken waarna, net als bij de machinale aanpak, piramidevallen op de rillen werden geplaatst. Van het maaisel buiten de piramidevallen werden monsters handmatig verzameld in plastic zakken en direct vervoerd naar de beheerschuur van Staatsbosbeheer, waar ze werden overgezet in piramidevallen die van onderen werden afgesloten.

Een uitgebreidere beschrijving van de toegepaste methode is weergegeven in van Noordwijk et al. (2011). Het was niet mogelijk beide transportbehandelingen voor beide maaibehandelingen uit te voeren. Daarom is ervoor gekozen een naar



verwachting optimale werkwijze (messenbalk maaien en handmatig transport) te vergelijken met een geheel machinale werkwijze (cyclomaaier en machinaal transport), die het meest praktisch uitvoerbaar lijkt voor beheerders. Doordat de twee stappen (maaien en transport) afzonderlijk bemonsterd werden was het ondanks het ontbreken van een volledig factoriële opzet toch mogelijk uitspraken te doen over de afzonderlijke effecten van de maai- en transportmethode.

### Bemonstering fauna

De fauna werd in alle behandelingen (voor maaien, na maaien met messenbalk, na maaien met cyclomaaier, na handmatig transport en na machinaal transport) bemonsterd met piramidevallen. Deze vallen zijn gemaakt van een stalen constructie, bekleed met donker worteldoek en hebben een open grondoppervlak van 50x50 cm. Bovenop bevindt zich een opening die uitmondt in het doorzichtige vangreservoir, gevuld met een formalineoplossing (5%). In de donkere piramide zoeken de meeste insecten actief het licht op, waardoor insecten zelf naar de top van de piramide kruipen. Zo komen zij in het vangreservoir terecht waar ze niet meer uit kunnen komen (van Noordwijk et al., 2011). Met deze techniek worden bijna alle geleedpotigengroepen die in de vegetatie aanwezig zijn goed bemonsterd. Bijkomend voordeel ten opzichte van bijvoorbeeld zuigmonsters is dat alleen levende geleedpotigen worden gevangen. Hierdoor kunnen uitspraken worden gedaan over de fauna die daadwerkelijk levend met maaisel getransporteerd wordt. Per behandeling werden vijf piramidevallen gebruikt. Voor de controlebehandeling werden vijf clusters van vier vallen ingezet, omdat de dichtheid aan vegetatie bij deze behandeling lager was. Na één week werden alle piramidevallen geleeagd, alle vangsten overgezet op 70% alcohol en later op het lab gesorteerd tot op orde of familie. Het maaisel onder elke piramideval werd verzameld om het drooggewicht te kunnen bepalen en de resultaten te kunnen omrekenen naar dichtheden per vierkante meter kalkgrasland. Om te bepalen welke faunagroepen tijdens het maaien wel in het gebied aanwezig zijn, maar niet in de vegetatie zitten, zijn aanvullend potvalbemonsteringen uitgevoerd direct vóór het maaien (6 juli-20 juli) en na het maaien (21 juli-4 augustus) (van Noordwijk et al., 2011).

| Groep                       | Controle (n/m <sup>2</sup> ) | Maai-MB (%) | Maai-CY (%) | Trans-H (%) | Trans-M (%) |
|-----------------------------|------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Spinnen & hooiwagens        | 5.80                         | 68          | 41          | 11          | 34          |
| Mijten & springstaarten     | 8.40                         | 16          | 13          | 85          | * 0         |
| Wantsen & cicaden           | 47.20                        | 23          | 27          | 51          | * 15        |
| Bijen & wespen              | 50.00                        | 8           | 20          | 91          | * 19        |
| Tripsen, stof- & bladluizen | 9.80                         | 158         | 38          | 77          | 26          |
| Kevers                      | 4.20                         | 54          | * 307       | 32          | 4           |
| Vlinders                    | 0.20                         | 48          | 0           | 126         | 0           |
| Sprinkhanen                 | 6.00                         | 0           | 5           | 0           | 0           |
| Vliegen                     | 66.80                        | 21          | * 65        | 4           | * 1         |
| Totaal                      | 198.40                       | 26.18%      | 43.62%      | 46.09%      | 7.51%       |

**Tabel 1.** Aantal individuen per vierkante meter aanwezig in de vegetatie vóór maaien (Controle) per taxonomische groep. In de kolommen Maai-MB en Maai-CY is aangegeven hoeveel procent van de geleedpotigen in de vegetatie over is na maaien met respectievelijk de messenbalk en de cyclomaaier. In de laatste twee kolommen is het percentage geleedpotigen aangegeven dat over is na respectievelijk handmatig transport (Trans-H) en machinaal transport (Trans-M) ten opzichte van het aantal individuen na maaien. Significante verschillen tussen de twee maai- en transport behandelingen (Kruskal-Wallis test,  $p < 0,05$ ) zijn aangegeven (\*).

### Resultaten

#### FAUNA IN MAAISEL

Alle groepen ongewervelden die vóór het maaien in redelijke dichtheden aanwezig waren in de vegetatie (bemonsterd met piramidevallen) zijn ook na maaien en/of transport in het maaisel aangetroffen (tabel 1). Wel namen de dichtheden voor bijna alle groepen sterk af na maaien en nogmaals na transport (fig. 1). Een significante afname (Kruskal-Wallis test,  $p < 0,05$ ) werd gevonden voor alle groepen, behalve de vlinders, waarvan ook in de controle slechts één exemplaar werd gevonden. De mate van afname in dichtheid na maaien en transport verschilde wel sterk tussen de taxonomische groepen, waarbij de afname het sterkst was voor sprinkhanen (tabel 1). Naast de vegetatiebewonende fauna, die over het algemeen dus wel in maaisel aan-

wezig kan zijn, waren tijdens het maaien ook diverse bodembewonende geleedpotigengroepen in het onderzoeksterrein aanwezig (bemonsterd met potvallen). Deze werden niet in het maaisel aangetroffen (tabel 2). Het gaat hierbij onder andere om een aantal keverfamilies (o.a. loopkevers en aaskevers), roofwantsen (Nabidae), duizend- en miljoenpoten, pissebedden en regenwormen. Deze groepen kunnen niet meeliften met maaisel.

#### MAAI- EN TRANSPORTMETHODE

De verschillen in overleving in het maaisel tussen de twee maai technieken waren relatief klein (totale overleving van respectievelijk 26,2% en 43,6%). Alleen voor de vliegen en kevers werd een significant verschil gevonden, met hogere dichtheden in het met de cyclomaaier gemaaide maai-

| Klasse       | Orde           | Familie      | NL naam          | Aantal in potvallen |
|--------------|----------------|--------------|------------------|---------------------|
| Insecta      | Coleoptera     | Bostrichidae | Boorkevers       | 1                   |
| Insecta      | Coleoptera     | Cantharidae  | Weekschildkevers | 21                  |
| Insecta      | Coleoptera     | Carabidae    | Loopkevers       | 201                 |
| Insecta      | Coleoptera     | Elateridae   | Kniptorren       | 7                   |
| Insecta      | Coleoptera     | Nitidulidae  | Glanskevers      | 1                   |
| Insecta      | Coleoptera     | Silphidae    | Aaskevers        | 252                 |
| Insecta      | Heteroptera    | Nabidae      | Roofwantsen      | 5                   |
| Insecta      | Heteroptera    | Tingidae     | Netwantsen       | 1                   |
| Insecta      | Hymenoptera    | Vespidae     | Wespen           | 2                   |
| Insecta      | Neuropteroidea |              | Gaasvliegachtige | 2                   |
| Malacostraca | Isopoda        |              | Pissebedden      | 594                 |
| Myriapoda    | Chilopoda      |              | Duizendpoten     | 38                  |
| Myriapoda    | Diplopoda      |              | Miljoenpoten     | 15                  |
| Oligochaeta  | Opisthoptora   | Lumbricidae  | Regenwormen      | 4                   |

**Tabel 2.** Groepen die gedurende het experiment wel op de Berghofweide aanwezig waren, maar niet in het maaisel werden aangetroffen.

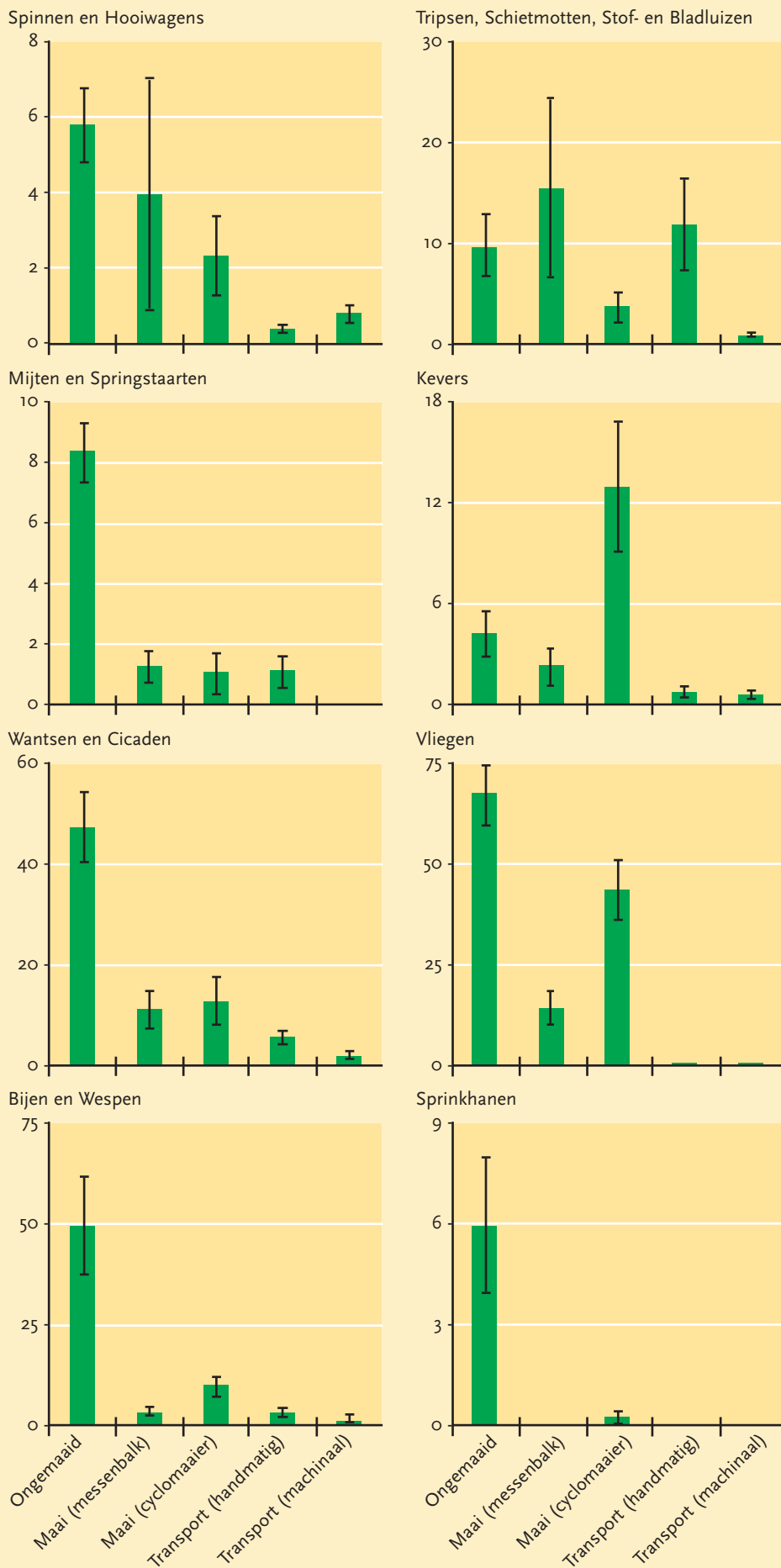


Fig. 1. Gemiddelde dichtheid (aantal per vierkante meter  $\pm$  1 standaardfout) van verschillende taxonomische groepen per behandeling (N=5). Zie tabel 1 voor significante verschillen.

sel (Tukey-posthoc-toets voor non-parametrische data,  $p < 0,05$ ). De twee transporttechnieken bleken, na correctie voor de verschillen in uitgangspositie, sterker te verschillen. Na machinaal transport was het totale aantal individuen slechts 7,5 % van het aantal geleedpotigen na maaien. Bij handmatig transport overleefde daarentegen bijna de helft van het aantal individuen dat na het maaien nog in het maaisel zat (46,1%). Na machinaal transport werden significant lagere dichtheden aangetroffen dan na handmatig transport voor de mijten & springstaarten, wantsen & cicaden, bijen & wespen en de vliegen (Kruskal-Wallis-test,  $p < 0,05$ ) (tabel 1).

### Discussie

Het experiment op de Berghofweide heeft aangetoond dat bijna alle groepen geleedpotigen die zich tijdens het maaien in de vegetatie bevinden levend met maaisel getransporteerd kunnen worden. De dichtheden na transport zijn wel aanzienlijk lager dan in niet-gemaaide vegetatie en de overlevingskansen verschillen per taxonomische groep. Afhankelijk van de overleving ter plaatse kunnen voor kolonisatie lage dichtheden echter al voldoende zijn. Voor succesvolle kolonisatie van natuurontwikkelingsterreinen door geleedpotigen is het niet alleen noodzakelijk dat ze er komen, maar ook dat faunasoorten in deze gebieden kunnen overleven. Als maaisel direct na ontgronden wordt opgebracht, is de omgeving nog kaal. Dit zal voor veel geleedpotigen een vijandige omgeving zijn, waarin zij onvoldoende voedsel en schuilmogelijkheden kunnen vinden om te overleven. Hoewel dit aspect hier niet is onderzocht, valt te verwachten dat de overleving van ongewervelden uit maaisel direct na ontgronden gering is. Waarschijnlijk is het voor ongewervelden effectiever om maaisel op te brengen, nadat zich een eerste vegetatiemat gevormd heeft. In het onderzoek op de Verlengde Winkelberg was dit al na één tot twee jaar het geval (van Noordwijk et al., 2013). De twee door ons onderzochte maaietechnieken vertoonden een relatief klein verschil in effectiviteit, waarbij de dichtheden over het algemeen hoger waren in het met de cyclomaaiër gemaaide maaisel. Dit resultaat is opmerkelijk aangezien uit literatuur bekend is dat de overleving van insecten hoger is wanneer gemaaid wordt met een messenbalk dan met een cyclomaaiër (Humbert et al., 2009, 2010). Reden hiervoor is het grote contactoppervlakte

**Foto 4.** Zwaar gehavend blauwtje gevonden tijdens het experiment op de Berghofweide na maaien met de cyclomaaier (foto: Toos van Noordwijk).



vlak van de roterende cyclomaaierschijven en de grote kracht waarmee vegetatie en fauna worden weggeslingerd (foto 4). De dichtheden in het maaisel worden echter niet alleen bepaald door de overleving gedurende het maaien. Een deel van de overlevende geleedpotigen zal het maaisel verlaten en elders een veilig heenkomen zoeken. Het is goed mogelijk dat het percentage geleedpotigen dat ontsnapt groter was in het handmatig bijeengeharkte maaisel van de messenbalk behandeling dan in het maaisel dat snel en efficiënt bijeen werd geraapt met de hooischudder (cyclomaaier behandeling). Deze resultaten zeggen daarmee niets over de overleving van ongewervelden in het donorterrein zelf. De transporttechniek bleek van grotere invloed te zijn op de effectiviteit van faunatransport met maaisel. De toegepaste handmatige transporttechniek bleek ruim zes keer zo effectief voor het overbrengen van geleedpotigen als machinaal rapen en transporteren (totale overleving van 46,1% t.o.v. 7,5%). De twee transporttechnieken verschilden in een aantal opzichten. Naast machinaal versus handmatig harken en verzamelen van het maaisel was er ook een verschil in de duur tussen het maaien en het rapen van het maaisel (dezelfde dag bij handmatig transport en de volgende dag bij machinaal transport). Bij het machinale transport is het goed mogelijk dat een deel van de fauna 's nachts uit het maaisel is gekropen en zo transport is ontlopen. In de toegepaste experimentele opzet is het niet mogelijk de gevolgen van handmatig rapen, het in grotere volumes transporteren van het maaisel en het langere wachten voor transport uit elkaar te houden. De machinale behandeling is echter in de praktijk wel een realistisch scenario. Daarmee laten onze resultaten vooral zien in welke orde van grootte de effectiviteit van maaiseltransport voor geleedpotigen ligt. Bovendien is duidelijk geworden dat het effectief overbrengen van fauna in grote mate afhankelijk is van de wijze van uitvoering van transport, maar meer onderzoek is nodig om vast te stellen welke aspecten hierbij het meest

belangrijk zijn. Het machinale transport in dit experiment verliep overigens al aanzienlijk faunavriendelijker dan het transport van maaisel naar de Verlengde Winkelberg in 2008. Met de destijds gehanteerde methode, waarbij het maaisel in de hooiwagen werd geperst en met grote kracht werd verspreid op de Verlengde Winkelberg, werd een minimale overleving gevonden (van Noordwijk et al., 2011).

#### **Aanbevelingen voor beheerders**

Allereerst is het belangrijk dat beheerders zich bij de start van natuurontwikkelingsprojecten realiseren dat diverse geleedpotigen grote moeite hebben deze plekken te bereiken. Voor plantensoorten wordt inmiddels breed erkend dat veel soorten niet vanzelf op nieuwe plekken terechtkomen en dat aanvullende maatregelen nodig zijn. Voor weinig mobiele faunasoorten is dit niet anders. Wettelijk gezien zijn er geen verschillen in de regels voor planten en geleedpotigen en het belang van herstel van geleedpotigen gezelschappen voor het functioneren van ecosystemen is eveneens evident (Tscharntke & Brandl, 2004). Om een geheel ecosysteem te herstellen inclusief de ongewervelde fauna, met alle functies die zij in het systeem vervullen (waaronder bestuiving, afbraak van organisch materiaal en voedsel voor hogere trofische niveaus), is het belangrijk vooraf na te denken voor welke groepen dispersieknelpunten ontstaan en op welke wijze deze kunnen worden opgeheven. Ons experiment heeft laten zien dat niet alle groepen geleedpotigen met maaisel overgebracht kunnen worden. Om ook grond bewonende groepen (pissebedden, miljoenpoten, loopkevers etc.) over te brengen zijn andere technieken nodig, zoals bijvoorbeeld het kleinschalig enten van bodem (van Noordwijk et al., 2013). De resultaten van ons experiment laten

zien dat veel faunasoorten die in de vegetatie leven met maaisel mee kunnen komen. Met name de transporttechniek is daarbij van grote invloed op het succes. Het lijkt het meest effectief als maaisel direct na het maaien bijeen wordt geraapt en wordt getransporteerd. Het zal ook zeker de overleving ten goede komen als het maaisel direct na transport wordt uitgereden en het maaisel niet wordt samengeperst of met grote kracht wordt weggeslingerd bij het uitrijden. Deze adviezen komen goed overeen met de aanbevelingen voor gebruik van maaisel voor het overbrengen van plantenzaden (Kiehl et al., 2010).

De vestiging van faunasoorten is waarschijnlijk echter beperkt wanneer het maaisel direct na ontgronden wordt opgebracht. Voor vestiging van veel plantensoorten is het over het algemeen juist belangrijk dat maaisel vrijwel direct na ontgronden wordt opgebracht (Kiehl et al., 2010; Klimkowska et al., 2010). Het is hierdoor moeilijk met één maaiselgift zowel vegetatie als fauna effectief te herstellen. Wanneer twee tot drie jaar na ontgronden (opnieuw) maaisel wordt opgebracht kan het wel effectief zijn voor de fauna.

Als vanuit vegetatieoogpunt geen maaiselgift is voorzien nadat de vegetatie zich al enigszins heeft ontwikkeld, is maaisel wellicht niet de meest aangewezen methode voor het overbrengen van ongewervelden. Het verzamelen van ongewervelden met een sleepnet en het legen ervan in het natuurontwikkelingssterrein is een goedkoper en simpeler alternatief en is beduidend minder verstorend voor zowel donor- als receptorterrein. Dergelijk handmatig verzamelen zal ongetwijfeld op de nodige weerstand stuiten en worden bestempeld als 'onnatuurlijk' en 'tuinieren'. In feite is het echter niet anders dan het transporteren van plantenzaden via maaisel en aange-

zien de vestigingskansen nog altijd sterk worden bepaald door natuurlijk processen is ook de aanduiding 'tuinieren' weinig toepasselijk. Gezien de grote geldbedragen die gemoeid zijn met de aanleg en inrichting van natuurontwikkelingsgebieden is het onze maatschappelijke plicht deze gebieden optimaal te gebruiken voor bescherming van de biodiversiteit. Het nemen van aanvullende maatregelen voor het overbrengen van geleedpotigen heeft in dat opzicht grote toegevoegde waarde.

## Literatuur

**Bakker, J.P. & F. Berendse, 1999.** Constraints in the restoration of ecological diversity in grassland and heathland communities. *Trends in Ecology & Evolution* 14: 63-68.

**Bekker, R.M. & M.F. Wallis de Vries, 2009.** Dagvlinders en natuurontwikkeling: meer vlinders door ontgronding? *De Levende Natuur* 110 (1): 28-32.

**Bekker, R.M., L. van den Berg, R. Strykstra & R. Verhagen, 2005.** Maaisel opbrengen: het recept voor snel herstel van heidevegetaties? *De Levende Natuur* 106 (5): 214-218.

**Bekker, R., I. Knevel, E. Lucassen, B. van Tooren & I. Schimmel, 2009.** Leren van 20 jaar ontgronden voor natuur. *De Levende Natuur* 110 (1): 62-65.

**Humbert, J.-Y., J. Ghazoul & T. Walter, 2009.** Meadow harvesting techniques and their impacts on field fauna. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 130 (1-2): 1-8.

**Humbert, J. Y., J. Ghazoul, N. Richner & T. Walter, 2010.** Hay harvesting causes high orthopteran mortality. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 139 (4): 522-527.

**Kiehl, K. & Ch. Wagner, 2006.** Effect of Hay Transfer on Long-Term Establishment of Vegetation and Grasshoppers on Former Arable Fields. *Restoration Ecology* 14: 157-166.

**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: 285-299.

**Klimkowska, A., R. van Diggelen, J.P. Bakker & A.P. Grootjans, 2007.** Wet meadow restoration in Western Europe: A quantitative assessment of the effectiveness of several techniques. *Biological Conservation* 140: 318-328.

**Klimkowska, A., W. Kotowski, R. van Diggelen, A.P. Grootjans, P. Dzierza & K. Brzezinska, 2010.** Vegetation re-development after fen meadow restoration by topsoil removal and hay transfer. *Restoration Ecology* 18: 924-933.

**Mortimer, S.R., R.G. Booth, S.J. Harris & V.K. Brown, 2002.** Effects of initial site

management on the Coleoptera assemblages colonising newly established chalk grassland on ex-arable land. *Biological Conservation* 104: 301-313.

**Noordwijk, C.G.E. van, M.J. Weijters, N.A.C. Smits, J. Kuper, R. Loeb, H.P.J. Huiskes, W. Dimmers, R. Bobbink & H. Siepel, 2011.** Tussenrapport 2e fase O+BN hellingschraallanden onderzoek, resultaten 1e jaar, 2010-2011. Stichting Bargerveen, rapport 2011.072.

**Noordwijk, C.G.E. van, M.J. Weijters, N.A.C. Smits, A.T. Kuiters, E. Verbaarschot, R. Bobbink, R. Versluijs, J. Kuper, W. Floor-Zwart, H.P.J. Huiskes, E. Remke, & H. Siepel, 2013.** Uitbreiding en herstel van Zuid-Limburgse hellingschraallanden, Eindrapport 2e fase O+BN hellingschraallanden onderzoek. Directie Agrokennis, Ministerie van Economische Zaken, rapport 2013/OBN177-HE.

**Padilla, F.M. & F.I. Pugnaire, 2006.** The role of nurse plants in the restoration of degraded environments. *Frontiers in Ecology and the Environment* 4: 196-202.

**Tscharntke, T. & R. Brandl, 2004.** Plant-insect interactions in fragmented landscapes. *Annual Review of Entomology* 49: 405-430.

**Woodcock, B.A., A.R. Edwards, C.S. Lawson, D.B. Westbury, A.J. Brook, S.J. Harris, V.K. Brown & S.R. Mortimer, 2008.** Contrasting success in the restoration of plant and phytophagous beetle assemblages of species-rich mesotrophic grasslands. *Oecologia* 154 (4): 773-783.

**Woodcock, B.A., A.R. Edwards, C.S. Lawson, D.B. Westbury, A.J. Brook, S.J. Harris, G. Masters, R. Booth, V.K. Brown & S.R. Mortimer, 2010.** The Restoration of Phytophagous Beetles in Species-Rich Chalk Grasslands. *Restoration Ecology* 18 (5): 638-644.

## Summary

### Can arthropods benefit from green hay transfer?

Application of hay from species-rich donor sites is widely accepted as a measure to overcome dispersal bottlenecks for vascular plants after top-soil removal on former arable land aimed at restoring nutrient poor grasslands. Many invertebrates that are characteristic of nutrient poor grasslands also have poor dispersal abilities, and hence, have great difficulty colonizing restored sites. It seems possible to introduce arthropod species living in standing vegetation simultaneously with the plant propagules through fresh hay transfer. We describe an experiment testing which invertebrate taxa are able to survive in the hay during mowing and transport. Two different mowing and transport techniques were compared to determine how mechanical versus manual mowing influenced survival rates. Results showed that most inver-

tebrate taxa living in standing vegetation can survive in mown and transported fresh hay. However, densities drastically declined after mowing and again after transport and the survival rates differed between taxonomic groups. Little difference was found between the two mowing techniques. However, the manual transport technique was six times more efficient in terms of arthropod transfer (densities) than the mechanical hay collection and transport. This indicates that the transport technique and the time interval between mowing, collection and transport have a major impact on the effectiveness of transport of invertebrates with fresh hay. After transport, meeting the food, shelter and microclimatic demands is vital for survival of invertebrates in a restored site. Therefore, application of fresh hay directly after topsoil removal, when there is little vegetation cover, is not suitable for most invertebrate species. This is however, the optimal timing for vascular plants, making it difficult to aid the colonisation and re-establishment of both plants and invertebrates with a single hay transfer event. A second hay transfer event, two to three years after the first, can be effective for invertebrates if performed with appropriate methods. It may however be cheaper, more effective and less disturbing to collect invertebrates with sweep nets and transfer them manually.

## Dankwoord

Wij zijn Staatsbosbeheer en Natuurmonumenten, alsmede alle betrokken medewerkers van deze organisaties zeer dankbaar voor het toestaan van onderzoek in hun terrein en voor de grote hulpvaardigheid bij het uitvoeren van het onderzoek. Gijs Clements, Jan Kuper, Theo Peeters, Peter Beusink, Marten Geertsma, Wanda Floor-Zwart en Stef Waasdorp worden hartelijk bedankt voor hun bijdrage in het veld- en determineerwerk. Dit onderzoek is uitgevoerd als onderdeel van het O+BN onderzoek naar de mogelijkheden voor uitbreiding en herstel van hellingschraalland in Zuid-Limburg in opdracht van het Bosschap en het ministerie van Economische zaken, Landbouw en Innovatie.

Drs. C.G.E. van Noordwijk  
Stichting Bargerveen  
Toernooiveld 1  
6525 ED Nijmegen  
t.vannoordwijk@science.ru.nl  
toos.vannoordwijk@gmail.com

Dr. A. Klimkowska  
Independent advisor in Ecosystem Restoration  
agataklimkowskajobse@gmail.com