

ontwikkeling+beheer natuurkwaliteit

o+bn

Kennisnetwerk OBN

Ontwikkeling van droge
heischrale graslanden op
voormalige landbouwgronden

Eindrapportage fase 2



Ontwikkeling van droge heischrale graslanden op voormalige landbouwgronden: eindrapportage fase 2.



© 2017 VBNE, Vereniging van Bos- en Natuurterreineigenaren

Rapport nr. 2017/OBN216-DZ
ECOBE 018-R218

Driebergen, 2017

Deze publicatie is tot stand gekomen met een financiële bijdrage van BIJ12 en het Ministerie van Economische Zaken.

Teksten mogen alleen worden overgenomen met bronvermelding.

Deze uitgave kan schriftelijk of per e-mail worden besteld bij de VBNE onder vermelding van code 2017/OBN216-DZ en het aantal exemplaren.

Oplage 75 exemplaren

Samenstelling
R. Loeb, Onderzoekscentrum B-Ware
A. van der Bij, Universiteit Antwerpen
R. Bobbink, Onderzoekscentrum B-Ware
J. Frouz, Institute of Soil Biology
J. Vogels, Stichting Bargerveen
P. Benetková, Institute of Soil Biology
R. van Diggelen, Universiteit Antwerpen

Foto voorkant
Beeld van de vegetatie in een proefveld met maaisel- en zaadadditie in 2014 in het Noordenveld (foto: R. Loeb)

Druk KNNV Uitgeverij/KNNV Publishing

Productie
Vereniging van Bos- en Natuurterreineigenaren (VBNE)
Adres : Princenhof Park 9, 3972 NG Driebergen
Telefoon : 0343-745250
E-mail : info@vbne.nl

Voorwoord

Het doel van het Kennisnetwerk Ontwikkeling en Beheer Natuurkwaliteit (OBN) is het ontwikkelen, verspreiden en benutten van kennis voor terreinbeheerders over natuurherstel, Natura 2000, PAS, leefgebiedenbenadering en ontwikkeling van nieuwe natuur.

In het kader van natura 2000 worden in Europees perspectief zeldzame soorten en vegetatietypen in Nederland beschermd. In dit rapport staat het Natura-2000 habitatype Heischrale graslanden (**H6230**) centraal. In het Noordwest Europese laagland is dit habitatype betrekkelijk zeldzaam tot zeldzaam en beperkt tot relatief kleine oppervlakten. In het laagland is in de twintigste eeuw na de introductie van kunstmest en intensivering van de landbouw een zeer groot deel omgezet in intensief gebruikte landbouwgrond. De resterende heischrale graslanden zijn daardoor nu bijna allemaal gelegen in natuurreservaten. Nederland ligt centraal in het verspreidingsgebied van de laaglandvorm van heischrale graslanden en in ons land komt (of kwam) naar verhouding een betrekkelijk groot oppervlakte ervan voor. Daarom is de Europese betekenis van onze heischrale graslanden groot en is dit een zogenaamd 'prioritair' habitatype.

Het onderzoek beslaat twee verschillende typen experimenten: het eerste type wordt gevormd door relatief grootschalige veldexperimenten op recent ontgronde landbouwgronden. Hierin is uitgewerkt wat de effecten zijn van het werken met vers maaisel, eventueel aangevuld met het toedienen van zaden van specifieke plantensoorten, en van het toedienen van bodem in de vorm van bodemkrumels, bodemplagjes of bodemslurrie naast het maaisel. Het tweede type experimenten betreft kleinschalige experimenten op voormalige landbouwgronden die al circa 15 tot 20 jaar geleden hersteld zijn, maar waarin niet de ontwikkeling naar soortenrijk, droog heischraal grasland heeft plaatsgevonden. In vijf van deze gebieden zijn kleine proefvlakken gelegd, waaraan maaisel en zaden al dan niet in combinatie met bodemkrumels zijn toegediend.

Dit onderzoek heeft laten zien dat dispersie van soorten die typisch zijn voor de ontwikkeling van droog heischraal grasland een bottleneck vormt voor de ontwikkeling. Dit dispersieprobleem kan voor het grootste deel opgelost worden door het aanbrengen van vers maaisel van goed-ontwikkeld heischraal grasland zoals in dit experiment is toegepast. Het aanbrengen van vers maaisel bleek een groot en positief effect te hebben op de ontwikkeling van droge heischrale vegetaties. Het bodementen bleek in dit experiment minder positieve effecten te hebben dan gedacht, terwijl andere experimenten buiten dit project positievere resultaten laten zien.

In hoofdstuk 4 leest u de verschillende aanbevelingen voor herstel en beheer van heischrale vegetaties voor enerzijds recentelijk ontgronde landbouwterreinen en anderzijds voorheen ingerichte terreinen met stagerende vegetatie-ontwikkeling.

Ik wens u veel leesplezier

Teo Wams

Voorzitter van de OBN Adviescommissie

Inhoudsopgave

Samenvatting

Summary

1	Inleiding	13
1.1	Heischrale graslanden	13
1.2	Bedreigingen	14
1.3	Kansen op voormalige landbouwgronden	15
1.4	Knelpunten ontwikkeling van heischrale graslanden op voormalige landbouwgronden	16
1.5	Mogelijke maatregelen	16
1.6	Terugblik op 1e fase en focus huidig onderzoek	17
1.7	Onderzoeksconsortium	18
1.8	Leeswijzer	19
2	Experimenten direct na ontgronden	20
2.1	Inleiding	20
2.2	Proefopzet	20
2.3	Gebiedsbeschrijvingen	21
2.3.1	Noordenveld	21
2.3.2	Wekerom	23
2.3.3	Wolfsven	24
2.3.4	Kleine Startbaan	25
2.3.5	Grote Startbaan	25
2.3.6	Harskamp	26
2.3.7	Groote Heide	26
2.3.8	Bronpopulaties	27
2.4	Materiaal & Methoden	29
2.4.1	Inrichting proeflocaties	29
2.4.2	Vegetatiebeschrijvingen	32
2.4.3	Bemonstering en analyse bodembiota	33
2.4.4	Bemonstering sprinkhanen, wantsen en mieren	34
2.4.5	Bemonstering en analyse bodemchemie	36
2.5	Resultaten	38
2.5.1	Vegetatie	38
2.5.2	Bodemgemeenschap	63
2.5.3	Bovengrondse fauna	77
2.5.4	Bodemchemie	87
2.6	Conclusies	91

3	Experimenten op reeds heringerichte voormalige landbouwgronden met gestagneerde ontwikkeling	93
3.1	Inleiding	93
3.2	Proefopzet	93
3.3	Gebiedsbeschrijvingen	95
3.3.1	Oudemirdum	96
3.3.2	Mantingerveld	96
3.3.3	Wisselse Veen	97
3.3.4	Staverden	98
3.3.5	Baniseveld	98
3.3.6	Referentiegebieden	99
3.3.7	Vegetatietypering gebieden	99
3.4	Materiaal & Methoden	101
3.4.1	Inrichting proeflocaties	101
3.4.2	Vegetatiebeschrijvingen	101
3.4.3	Bemonstering en analyse bodembiota	102
3.4.4	Bemonstering en analyse bodem- en vegetatiechemie	102
3.5	Resultaten	104
3.5.1	Vegetatie	104
3.5.2	Bodembiota	117
3.5.3	Bodemchemie	120
3.6	Conclusies	123
4	Synthese en aanbevelingen	124
4.1	Herstel van recent ontgronde situaties	124
4.1.1	Toevoer van maaisel en diasparen	124
4.1.2	Bodementen	125
4.2	Stagnatie van de ontwikkeling op voormalige landbouwgrond	127
4.2.1	Toevoer van maaisel en diasparen	127
4.2.2	Bodementen	128
4.3	Aanbevelingen voor maatregelen	128
4.3.1	Voormalige landbouwgrond	128
4.3.2	Na ontgronden	128
4.3.3	In stagnerende situaties	129
4.3.4	Verder onderzoek	130
5	Literatuur	131
6	Bijlagen	135

Samenvatting

Achtergrond

Heischrale graslanden zijn laagblijvende vegetaties, waarin naast grasachtigen en Struikhei (*Calluna vulgaris*) of Gewone dophei (*Erica tetralix*) ook veel kruidachtigen in voorkomen. Vegetatiekundig worden er vier associaties onderscheiden, waarvan de Associatie van Liggend walstro en Schapengras in het binnenland onder droge omstandigheden voorkomt. Droge heischrale graslanden (vallend onder Habitatype H6230) staan in Nederland sterk onder druk door voorschrijdende bodemverzuring. Omdat het een prioritair habitatype betreft, is echter zowel kwaliteitsverbetering als uitbreiding van het type vereist. Voor herstel in bestaande natuurterreinen zullen meestal maatregelen nodig zijn om de basenverzadiging van de bodem te herstellen. Op voormalige landbouwgrond, waarvan er veel beschikbaar is gekomen voor uitbreiding van natuur, is de basenverzadiging echter meestal wel op orde. Hier liggen dan ook grote kansen voor de uitbreiding van het habitatype. Hierbij zou prioriteit gegeven moeten worden aan het ontwikkelen van droog heischraal grasland op voormalige landbouwgronden die in of rondom bestaande heidegebieden met heischraal grasland liggen. Op die manier kan het oppervlak dat geschikt is als leefgebied voor populaties van planten en dieren die afhankelijk zijn van heischrale graslanden vergroot worden, zodat populaties versterkt kunnen worden en minder snel zullen verdwijnen. Daarvoor zullen echter eerst de knelpunten op voormalige landbouwgronden moeten worden opgelost. Voormalige landbouwgronden zijn meestal veel te rijk aan fosfaat; eerst moet de nutriëntenrijkdom naar beneden worden gebracht door bijvoorbeeld de nutriëntenrijke toplaag te verwijderen. Het tweede knelpunt dat opgelost moet worden, is de beschikbaarheid van zaden van plantensoorten van heischraal grasland. Er is geen zaadbank van deze soorten meer aanwezig, en het is de vraag of de doelsoorten in staat zijn zich uit de omgeving te vestigen. Het derde probleem is het ontbreken van bodemleven, dat bijvoorbeeld voor de afbraak van organische stof moet zorgen. Mogelijke maatregelen om deze problemen op te lossen, zijn het aanbrengen van plantdiasporen met behulp van maaisel of zaden, en het toedienen van bodemmateriaal van waaruit de bodemgemeenschap zich over het te herstellen terrein kan verspreiden. De maatregelen zijn in een veldonderzoek uitgetest. Het voorliggende rapport beschijft het resultaat de tweede fase van dit onderzoek, waarin de effecten van de maatregelen tot en met vijf jaar na inzetten zijn uitgetest.

Vijfjarig onderzoek

Het onderzoek besloeg twee verschillende typen experimenten: het eerste type werd gevormd door relatief grootschalige veldexperimenten op recent ontgronde landbouwgronden. Hierin is uitgewerkt wat de effecten zijn van het werken met vers maaisel, eventueel aangevuld met het toedienen van zaden van specifieke plantensoorten, en van het toedienen van bodem in de vorm van bodemkruimels, bodemplagjes of bodemslurrie naast het maaisel. Het tweede type experimenten betrof kleinschalige experimenten op voormalige landbouwgronden die al circa 15 tot 20 jaar geleden hersteld zijn, maar waarin niet de ontwikkeling naar soortenrijk, droog heischraal grasland heeft plaatsgevonden. In vijf van deze gebieden zijn kleine proefvlakken gelegd, waaraan maaisel en zaden al dan niet in combinatie met bodemkruimels zijn toegediend.

Experimenten direct na ontgronden

Het experiment op recent ontgronde percelen vond plaats in drie regio's in het zandlandschap: in het noorden op de voormalige landbouwenclave Noordenveld, in centraal-Nederland bij Werkerom en in het zuiden bij het Wolfsven. Er is getracht zoveel mogelijk met regionaal donormateriaal uit goedontwikkelde gebieden te werken. Voor het Noordenveld is maaisel van de Kleine Startbaan gebruikt, en het bodemmateriaal was afkomstig van de Grote startbaan; beide bij Havelte. Voor Wekerom was het meeste materiaal afkomstig van militair oefenterrein De Harskamp. In het Wolfsven is gebruik gemaakt van materiaal van de Groote Heide bij Venlo. Afhankelijk van afspraken met beheerders en regionale beschikbaarheid zijn zaden toegediend van kenmerkende heischrale plantensoorten, zoals

Valkruid (*Arnica montana*), Tandjesgras (*Danthonia decumbens*) en Echte guldenroede (*Solidago virgaurea*). In alledrie de gebieden was de bodembuffering op orde, maar in Wekerom en het Wolfsven was de fosfaatbeschikbaarheid hoog. Er was binnen vijf jaar nog nauwelijks sprake van de ontwikkeling van een organische stofrijke A-horizont en vooral de bodem van het Wolfsven was zeer droog.

Na vijf jaar waren er grote verschillen tussen de proefvlakken die vers maaisel toegediend hadden gekregen en de autonoom ontwikkelende controleproefvlakken (alleen ontgronden). De proefvlakken met maaiseltoediening hadden een veel hogere bedekking met soorten die typerend zijn voor heischrale graslanden. Zij vertoonden meer gelijkenis met de donorgebieden en de vegetaties werden vaker geclassificeerd als de Associatie van Liggend walstro en Schapengras. Ook het toedienen van zaden was succesvol. Hiermee wisten zich onder andere Blauwe knoop (*Succisa pratensis*), Valkruid en Stijve ogentroost (*Euphrasia stricta*) te vestigen. Voor sommige soorten, waaronder Tandjesgras en Echte guldenroede, werkte het uitzaaien niet. Het toedienen van bodem had een beperkt effect op de vegetatie-ontwikkeling. Met bodemkrumels was in twee van de drie gebieden de bedekking met Fijn schapengras (*Festuca filiformis*) en Struikhei hoger. Ook had het toedienen van bodemplagjes en -krumels een positief effect op de vestiging van Tandjesgras en Borstelgras (*Nardus stricta*); twee belangrijke grassoorten van heischraal grasland die zich nauwelijks uit maaisel en zaad wisten te vestigen. Bodeminoculatie had geen duidelijk effect op de bodemgemeenschap. Het werken met vers maaisel had ook een positief effect op de bovengrondse fauna. Na ontgronden is de bovengrondse faunagemeenschap nauwelijks nog aanwezig, maar door de snellere vegetatie-ontwikkeling met maaisel, is de diversiteit aan onder andere wantsen en mieren hier hoger.

In stagnerende situaties

Het tweede experiment vond plaats in vijf terreinen in de drie zandregio's: Oudemirdum en het Mantingerveld in het noorden, in het Wisselse Veen en bij Staverden in het midden en in het Banisveld in het zuiden. Hier werd per regio hetzelfde materiaal gebruikt voor de herstelmaatregelen als in bij het experiment op de recent ontgronde landbouwgronden. De bodem van kleine proefvlakken werd hier ondiep (4-5 cm) afgeplagd om deze te openen, waarna het maaisel, zaad en de bodemkrumels werden toegediend. De vijf gebieden waren erg verschillend in bodemchemie. Behalve in het Banisveld was de fosfaatbeschikbaarheid in de gebieden hoog. Daarnaast was in het Mantingerveld ook de stikstofbeschikbaarheid hoog. Alleen bij Oudemirdum was de bodembuffering relatief laag.

Vijf jaar na het inzetten van het experiment was er een duidelijk verschil zichtbaar tussen de vegetatie die zich autonoom had ontwikkeld en de proefvlakken met toedienen van maaisel en zaden. De autonoom ontwikkelde proefvlakken werden gedomineerd door algemene grassen, terwijl in de proefvlakken met maaisel en zaden meer soorten van heischrale graslanden voorkwamen, die ook een hogere bedekking hadden. Deze proefvlakken leken meer op de donorlocatie dan de autonoom ontwikkelde vegetatie en werden ook vaker als heischraal grasland geclassificeerd. Zowel de autonoom ontwikkelde vegetatie als de vegetatie die na toedienen van maaisel en zaden was ontstaan, hadden hun eigen ontwikkeling, die verschilde van die van de donorlocatie. De ontwikkeling zonder toediening van maaisel en zaden bleef duidelijk gestagneerd en de vegetatie ging in de loop van het onderzoek helemaal niet meer op de goedontwikkelde donorlocatie lijken. Alleen in het Mantingerveld, waar de nutriëntenbeschikbaarheid hoog was, namen de voedselrijke grassoorten in de behandeling met maaisel en zaden weer toe in de loop van het experiment. Het toedienen van bodemkrumels had noch een effect op de vegetatie-ontwikkeling, noch op de bodemgemeenschap. Door de nog te hoge fosfaatbeschikbaarheid in de meeste van deze onderzochte voormalige landbouwgronden was een vegetatie ontstaan waarvan de productiviteit sterk door stikstof werd gelimiteerd. Onder deze omstandigheden was het mogelijk door het aanbrengen van maaisel en zaden na het openen van de vegetatie toch binnen vijf jaar een ontwikkeling naar droog heischraal grasland te laten plaatsvinden. Het is echter de vraag of deze ontwikkeling in de toekomst ook duurzaam in stand kan worden gehouden bij aanhoudend te hoge stikstofdepositie die zal zorgen voor stikstofaccumulatie in de bodem en voor grotere concurrentiekracht van plantensoorten van voedselrijkere omstandigheden.

Aanbevelingen

Uit het onderzoek blijkt dat droge heischrale graslanden (Associatie van Liggende walstro en Schapenzuring) zich doorgaans niet zonder aanvullende maatregelen ontwikkelen op

voormalige landbouwgrond door afwezigheid van de doelsoorten in de bodem of de omgeving. Ook als deze soorten wel in de omgeving voorkomen, blijkt dispersie toch een groot probleem. Met behulp van vers maaisel kan een 'matrix' van belangrijke heischrale soorten worden aangelegd en is geschikt als standaardmaatregel bij de ontwikkeling van droge heischrale graslanden op voormalige landbouwgrond. Het gebruik van zaden is echter voor een aantal zeldzame soorten ook van belang, omdat deze soorten afwezig zijn in de donorgebieden van het maaisel, niet meekomen met het maaisel omdat ze bijvoorbeeld lager zijn dan de maaibalk, of zaden van onvoldoende vitaliteit produceren. Omdat veel karakteristieke soorten van droge heischrale graslanden zeer zeldzaam zijn geworden en dus vaak niet aanwezig zullen zijn op de donorlocaties, is het overbrengen van deze soorten door middel van zaden de enige manier waarop ook zij zullen kunnen profiteren van een uitbreiding van geschikt areaal van het habitatype.

Het aanbrengen van bodemmateriaal had in dit onderzoek veel minder effect dan bekend uit andere studies in relatie tot ontwikkeling van heide of soortenrijke graslanden. Dit kan mogelijk liggen aan de droge omstandigheden en het gebrek aan organisch materiaal waardoor veel van de aangebrachte fauna niet heeft overleefd. Het onderzoek laat echter zien dat het ook zonder bodemtoediening mogelijk is door middel van toediening van vers maaisel al een gewenste vegetatie-ontwikkeling op gang te brengen. Vanwege de schaarse beschikbaarheid van bodemmateriaal van goedontwikkelde heischrale graslanden wordt hier niet aanbevolen om het toedienen van bodemmateriaal als standaardmaatregel uit te voeren bij de ontwikkeling van droge heischrale graslanden op voormalige landbouwgrond.

Op locaties waar al langer geleden inrichtingsmaatregelen zijn uitgevoerd op voormalige landbouwgrond, maar waar sprake is van een stagnerende vegetatieontwikkeling naar droog schraalland, vormt het toedienen van maaisel en zaden na het openen van de begroeiing een geschikte maatregel om de vegetatie weer een 'boost' richting de doelvegetatie te geven. Voorwaarde hiervoor is wel dat de nutriëntenbeschikbaarheid en bodembuffering op orde zijn en dat het juiste beheer gevoerd wordt.

Summary

Background

Dry *Violion caninae* grasslands, historically a common plant community in the heathland landscape, are highly under pressure in the Netherlands due to continuing soil acidification by nitrogen deposition. As a result, many characteristic plant species of this community have become scarce. However, as a Natura 2000 priority habitat (H6230), quality improvement as well as expansion of its area are necessary in the Netherlands. Because of the acidified soil conditions in most nature reserves with this habitat, expansion of this dry community is more likely outside these reserves, on former agricultural lands. Their soils are hardly influenced by acidification because liming is a common agricultural practice on these Dutch sandy areas. Constraints for the restoration of dry *Violion* grasslands on former agricultural lands are, (1) the high nutrient concentrations, (2) the absence of typical plants and animal species, and (3) a strongly changed soil biota community. These constraints have led to an incomplete development of dry *Violion* grasslands on former agricultural lands in many Dutch areas, in which most characteristic plant species are absent. Potential restoration measures that could be taken, are the application of fresh hay and plant seeds, and soil inoculation. This report contains the result of the second phase of the study, with effects studied 5 years after taking measures.

Experiments

Two types of experiments were performed during this study: the first type of experiments contains larger scaled field experiments just after the top-soil removal on former agricultural land. In these experiments the effects of fresh hay application, whether or not combined with the application of seeds of characteristic plant species, and the inoculation with soil as crumbs, sods or slurry, were studied. The second type was a small-scale experiment on sites which were restored 15-20 years ago, but with a stagnating vegetation development. In five of these areas spread over the Netherlands small plots were created in which the addition of hay and seeds, and of additional soil crumbs, were tested.

Directly after topsoil removal

The experiment directly after topsoil removal was performed in three regions with sandy soils: in the northern part of the Netherlands in the former agricultural enclave Noordenveld (Dwingelderveld), in the centre of the Netherlands near Wekerom (Veluwe) and in the south near the Wolfsven (Northern Limburg). Regional donor material from well-developed *Violion caninae* grasslands was used as much as possible. For the Noordenveld hay from the Kleine Startbaan was used, and soil material from the Grote Startbaan, both near Havelte. For Wekerom most of the material originated from the artillery range Harskamp. For the Wolfsven material from the Groote Heide near Venlo was used. Also seeds from characteristic, *Violion* species were used, for instance *Arnica montana*, *Danthonia decumbens* and *Solidago virgaurea*, depending on the wishes of the local nature managers and the regional availability of the seeds. In all three areas soil buffering was sufficient, but phosphate availability was rather high in both Wekerom and the Wolfsven area. In five years almost no A-horizon with organic material developed and especially the soil of the Wolfsven was very dry.

After five years, our results showed a large effect of fresh hay addition. Without the addition of hay from well-developed donor sites, none of the experimental sites showed a development towards a typical *Violion* community. With fresh hay addition, characteristic species were much more present and abundant. The plots developed more into the direction of the donor location and were classified more often as dry *Violion* grasslands (*Galio hercynici-Festucetum ovinae*). With seed addition *Succisa pratensis*, *Arnica montana* and *Euphrasia stricta*, amongst others, successfully

established. Other species, for instance *Danthonia decumbens* and *Solidago virgaurea*, did however not. Hay addition also led to more diverse communities of ants and bugs (*Heteroptera*).

The effects of the soil inoculation on the vegetation development were relatively small. Addition of soil by crumbs led to a higher cover of *Festuca filiformis* and *Calluna vulgaris* in two of the three sites. Besides, inoculation with crumbs or sods had a positive effect on the establishment of *Danthonia decumbens* and *Nardus stricta*; two important grasses of *Violion* grasslands, which did rarely set from hay or seeds. Soil inoculation did not show a clear effect on the soil biota community. For the aboveground macrofauna community hay addition had a positive effect. After top-soil removal, above-ground macrofauna is almost absent, but because of the faster vegetation development with hay addition, the diversity of, for instance, bugs and ants is higher in plots where fresh hay was added.

Re-opening of the vegetation

The second experiment was carried out at five sites in the same three regions: in Oudemirdum and the Mantingerveld in the north, in Wisselse Veen and Staverden in the centre, and in the Banisveld in the south of The Netherlands. For each region, the hay and soil was taken from the same location as in the experiment directly after top-soil removal. To open up the vegetation, the plots were shallowly sod-cutted, after which fresh hay, seeds and soil crumbs were added. The five sites differed strongly in soil chemistry. Except for the Banisveld area, phosphate availability at the sites was however high. In the Mantingerveld, nitrogen availability was high also. Soil buffering was only insufficient at the Oudemirdum site.

Five years after the start of the experiment the difference between the vegetation of the autonomously developed vegetation differed strongly from the plots with hay and seed addition. The autonomously developed control plots were dominated by common grass species of acidic grasslands (e.g. *Agrostis capillaris*), whereas the vegetation with fresh hay and seed addition contained more *Violion* species with higher abundances. These plots showed a higher resemblance to the donor locations and were also classified more often as *Violion* communities. The control vegetation did not develop towards the donor vegetation during the experiment. Soil inoculation with crumbs didn't have any effect on the vegetation development, nor on the soil biota community. Because of the still high phosphate availability that we found in most of the former agricultural soils after top-soil removal, productivity of the vegetation was strongly limited by nitrogen. Under these conditions the development of dry *Violion* communities appeared to be possible after opening of the vegetation with addition of fresh hay and seeds. It is however doubtful whether this development could last with appropriate management at the present atmospheric N deposition, or whether nitrogen accumulation will enhance competitive interactions with more eutraphent species.

Conclusions and recommendations

From this study the conclusion can be drawn that dry *Violion* grasslands (*Gallio hercynici-Festucetum ovinae*) usually don't develop on former agricultural land without additional measures, because of the lack of target species in the surroundings. Even if species are present, dispersion still appears to be problematic. With addition of fresh hay a 'matrix' of important characteristic *Violion* species can be developed. The addition of seeds of specific species next to the fresh hay addition is important for certain rare species, as they won't be transferred by the hay because of absence in the donor area, because they grow shorter than the height of the cutter bar, or because they produce inferior seeds. Because many characteristic species of dry *Violion* grasslands have become rare in the Netherlands and will often be absent in the donor sites of the hay, transfer with seeds is the only way they will also profit by the increase in area of the habitat type.

The effects of soil inoculation were smaller than in some other studies. This could be caused by the dry circumstances and the lack of organic material at the acceptor sites, which the added biota was not able to survive. This study shows however also that it is possible to develop dry *Violion* grasslands after top-soil removal on former agricultural land with addition of fresh hay of a good donor site solely. Because of the low availability of soil material from well-developed dry *Violion* grasslands and its restricted

effects, soil inoculation is not recommended as an additional restoration measure for the development of dry *Violion* grassland on former agricultural land.

At earlier restored sites on former agricultural lands with a stagnating vegetation development, the addition of fresh hay and seeds from donor sites after re-opening the vegetation is a good measure to give the vegetation a significant boost into the direction of the target community. However, a low nutrient availability, a sufficient soil buffering and the right management are conditions which should be met first.

Dankwoord

Onze dank gaat uit naar alle terreinbeherende organisaties die ons bij dit onderzoek geholpen hebben. Met name willen wij Ronald Popken en Erwin de Hoop, (Natuurmonumenten), Michael van Roosmalen, Bart van der Linden, Arjan Oova en René Gerats (Stichting het Limburgs Landschap), Ger Verwoerd en Wim Geraedts (Geldersch Landschap en Geldersche Kastelen), Sjoerd Bakker en Jap Smits (Staatsbosbeheer), Arthur Varkevisser, Jan Mulder, Frans Borgonje, Rense Haveman en Iris de Ronde (Ministerie van Defensie), Gerard Koopmans (Bosgroep Midden Nederland), Bart Kuiper (Landschapsbeheer Drenthe), Marc Smets (Natuurpunt, België) en Gerd Ostermann (Stiftung Natur und Umwelt Rheinland-Pfalz, Duitsland) bedanken voor hun hulp, inzet en enthousiasme. Daarnaast danken we Berend Aukema voor het determineren van de wantsen, en Remco Versluijs voor het uitvoeren van de bemonsteringen en sprinkhaantellingen en het determineren van de mieren. Verder willen wij Veronika Jílková, Petra Radchová, Petr Heděnc, Martin Bartuška, Jiří Cejpek, Alexandra Špadoňová voor het vele uitzoek- en analysewerk van de bodemfauna bedanken. Voor assistentie bij de het bodemchemische veld- en labwerk danken we onder andere Maaïke Weijters, Evi Verbaarschot, Jeroen Graafland, Rick Kuiperij, Deef van Hout, Sebastian Krosse en John Peters.

1 Inleiding

1.1 Heischrale graslanden

Heischrale graslanden zijn laagblijvende, gesloten vegetaties met grasachtige soorten als Borstelgras (*Nardus stricta*), Tandjesgras (*Danthonia decumbens*), Fijn schapengras (*Festuca filiformis*) en Gewone veldbies (*Luzula campestris*), waarin laagblijvende kruiden als Tormentil (*Potentilla erecta*), Stijve ogentroost (*Euphrasia stricta*), Gewoon biggenkruid (*Hypochaeris radicata*), Valkruid (*Arnica montana*), Liggende vleugeltjesbloem (*Polygala serpyllifolia*), en Muizenootje (*Hieracium pilosella*) voorkomen. Dwergstruiken als Struikheide (*Calluna vulgaris*) en Gewone dophei (*Erica tetralix*) komen ook voor, maar domineren zeker niet in heischrale graslanden.

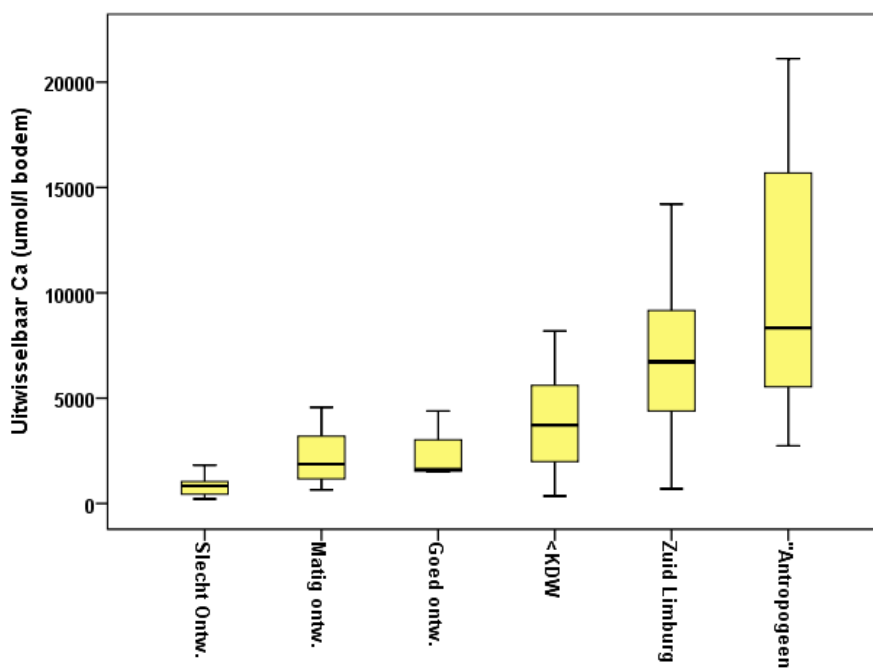
Drogere heischrale graslanden worden behalve door de genoemde soorten gekenmerkt door het voorkomen van Liggend walstro (*Galium saxatile*), Hondsviooltje (*Viola canina*), Mannetjesereprijs (*Veronica officinalis*), Rozenkransje (*Antennaria dioica*) en Gelobde Maanvaren (*Botrychium lunaria*). Meer algemene soorten zijn Grasklokje (*Campanula rotundifolia*) en Pilzegge (*Carex pilulifera*).

De heischrale graslanden van Nederland behoren syntaxonomisch tot de klasse der heischrale graslanden (*Nardetea* 19), verbond der heischrale graslanden (*Nardo-Galion saxatile* 19A). Er worden vier typen (associaties) onderscheiden in Nederland (Swertz *et al.*, 1996). De vegetatie van de droge heischrale graslanden in het Pleistocene zandlandschap behoort tot de Associatie van Liggend walstro en Schapengras (19Aa1), terwijl de Associatie van Maanvaren en Liggende vleugeltjesbloem (19Aa3) het droge heischrale grasland van het duinlandschap is. Vegetatiekundig worden de natte heischrale graslanden gerekend tot de Associatie van Klokjesgentiaan en Borstelgras (19Aa2) (zelfde verbond en klasse). In het Zuid-Limburgse heuvelland komen heischrale graslanden voor op gradiënt van kiezelkop- naar kalkgrasland. Dit betreft de Associatie van Betonie en Gevinde kortsteel (19Aa4). Droge en vochtige heischrale graslanden van het binnenland (dus exclusief de Associatie van Maanvaren en Liggende vleugeltjesbloem) behoren tot het Natura-2000 habitatype Heischrale graslanden (**H6230**). Binnen het SNL-systeem behoren de droge heischrale graslanden tot het type N11.01 (droge schrale graslanden).

Heischrale graslanden zijn in Europa wijdverspreid en komen over grote oppervlakten voor in gebergten, zowel onder natuurlijke omstandigheden boven de boomgrens, als daaronder als halfnatuurlijke vegetatie. Op zwak zure bodems nemen ze in deze berggebieden grote oppervlaktes in en blijven onder extensief beheer van maaien of begrazing langdurig in stand. In het Noordwest Europese laagland zijn ze betrekkelijk zeldzaam tot zeldzaam en beperkt tot relatief kleine oppervlakten, waarbij de soortenrijkere varianten vooral op plaatsen met wat meer buffering in de bodem worden of werden aangetroffen (Janssen & Schaminée, 2003; Declerck *et al.*, 2007). In het laagland is in de twintigste eeuw na de introductie van kunstmest en intensivering van de landbouw een zeer groot deel omgezet in intensief gebruikte landbouwgrond. De resterende heischrale graslanden zijn daardoor nu bijna allemaal gelegen in natuurreservaten. Nederland ligt centraal in het verspreidingsgebied van de laaglandvorm van heischrale graslanden en in ons land komt (of kwam) naar verhouding een betrekkelijk groot oppervlakte ervan voor. Daarom is de Europese betekenis van onze heischrale graslanden groot en is dit een zogenoemd 'prioritair' habitatype (Janssen & Schaminée, 2003; Declerck *et al.*, 2007), wat wil zeggen dat uitbreiding en kwaliteitsverbetering van het habitatype prioriteit hebben.

1.2 Bedreigingen

Kenmerkend voor heischrale graslanden is dat de pH van de bodem waarop zij voorkomen zich bevindt tussen pH 4,5-6 en er zuurbuffering plaatsvindt door kationuitwisseling. Goed ontwikkelde heischrale graslanden hebben een lage aluminium/calcium-verhouding (Al/Ca-verhouding) in het bodemvocht, als gevolg van deze kationenbuffering. Bij bodemverzuring neemt het aluminiumgehalte in het bodemvocht toe en daalt de uitwisselbare calciumconcentratie: het gevolg is dat de Al/Ca-verhouding stijgt. Hoge Al/Ca-verhoudingen worden in goed ontwikkelde heischrale vegetaties niet aangetroffen. Stikstof komt in de bodems van de standplaatsen van het heischraal grasland voor als nitraat of een mengsel van nitraat en ammonium. Verhoogde ammoniumconcentraties in de bodem zijn, zeker in combinatie met een lage pH, vaak negatief voor de groei en ontwikkeling van kenmerkende heischrale plantensoorten zoals bijvoorbeeld Valkruid (De Graaf *et al.* 1998). Heischrale graslanden ontstaan onder schrale omstandigheden; dat wil zeggen dat de beschikbaarheid van vooral stikstof (N) en fosfor (P) in de bodem laag is.



*Figuur 1.1. Concentratie uitwisselbaar calcium in de bodem (NaCl-extractie) als maat voor de buffering in slecht ontwikkelde, matig ontwikkelde en goed ontwikkelde droge heischrale graslanden (Associatie van Liggend walstro en Schapengras) (Van der Zee et al., 2017) vergeleken met locaties met droog heischraal grasland in Noord-West Europa waar de stikstofdeposities onder de kritische depositiewaarde ligt (12 kg N/ha/jr)(data BEGIN project), locaties met de Associatie van Betonie en Gevinde kortsteel in Zuid-Limburg, en locaties waar de buffering antropogeen is beïnvloed door bijvoorbeeld puin of leem in de Tweede Wereldoorlog. Soil exchangeable calcium concentration (NaCl extraction ($\mu\text{mol/l}$ soil)) as a measure for the buffer capacity in poorly developed, moderately developed and well developed dry matgrass swards (*Violion caninae*) in the Netherlands (Van der Zee et al., 2017), compared to locations with *Violion caninae* in European areas with a N deposition below the critical load, locations with the *Betonica-Brachypodium* form in Southern Limburg, and locations with an anthropogenically influenced buffer capacity, for example by addition of rubble or loam during World War II.*

De kwaliteit van de huidige heischrale graslanden in natuurgebieden in Nederland is momenteel vaak matig tot slecht (Van der Zee *et al.*, 2007). Met name het droge type heischraal grasland (Associatie van Liggend walstro en Schapengras) is veelal verzuurd, samenhangend met de voortschrijdende verhoogde stikstofdepositie in Nederland. Waar in vochtige heischrale graslanden herstel van de basenverzadiging

(kationen die de pH bufferen bij verzuring, zie o.a. Bobbink *et al.*, 2017) mogelijk is via grondwaterinvloed, is droog heischraal grasland geheel afhankelijk van de buffering die lokaal in de bodem aanwezig is. De verzuring door verhoogde stikstofdepositie verloopt hier nog steeds sneller dan dat de buffering op natuurlijke wijze door verwerking van bodemmineralen kan worden hersteld. De verzuring heeft voor de droge heischrale graslanden dan ook geleid tot een groot verlies van botanische kwaliteit (figuur 1.1). Door versnippering hebben ook karakteristieke faunasoorten, zoals vlinders die afhankelijk zijn van waardplanten die in heischrale graslanden groeien of die anderszins gebruik maken van de open, grazige vegetatie van heischrale graslanden, terrein verloren (Van der Zee *et al.*, 2017). Zowel voor vlinderpopulaties als voor zeldzamere plantensoorten ligt door de hierdoor ontstane populatieverkleining genetische verarming en inteelt op de loer (Van der Zee *et al.*, 2017). Dit is bijvoorbeeld het geval voor het Rozenkransje (*Antennaria dioica*), die voor 1950 nog in 336 uurhokken voorkwam (Van der Zee *et al.*, 2017; Oostermeijer *et al.*, 2016). Vanwege de grote achteruitgang van de kwaliteit van droge heischrale graslanden in Nederland dient er op zeer korte termijn actie ondernomen te worden om te voorkomen dat er meer karakteristieke soorten die sterk in voorkomen zijn achteruitgegaan, uiteindelijk uit het heidelandschap zullen verdwijnen (Van der Zee *et al.*, 2017).

1.3 Kansen op voormalige landbouwgronden

Vanwege de verzuring die is opgetreden op de hogere zandgronden in natuurterreinen, zal herstel van droog heischraal grasland in de meeste van deze terreinen gepaard moeten gaan met het herstellen van de basenverzadiging door middel van toedienen van dolokal of steenmeel of door te belemen (Van der Zee *et al.*, 2017). Dit maakt grootschalige uitbreiding op korte termijn lastiger. Afgelopen decennia zijn in Nederland echter, onder andere voor het realiseren van de Ecologische Hoofdstructuur (nu: Natuurnetwerk Nederland), percelen heringericht die daarvoor een agrarische bestemming hadden. Voormalige landbouwgronden zouden in potentie geschikt zijn voor de ontwikkeling van heischrale graslanden. Doordat zij meestal jarenlang bekalkt zijn geweest is de basenverzadiging hier nog niet of veel minder aangetast. Daarnaast komt bij eventuele ontgronding bodem aan het oppervlak waarop stikstofdepositie nog geen invloed heeft gehad. Om deze reden lijkt voor voormalige landbouwgronden een belangrijke rol weggelegd voor de uitbreiding van het habitattype (Van der Zee *et al.*, 2017). Hierbij zou prioriteit gegeven moeten worden aan het ontwikkelen van droog heischraal grasland op voormalige landbouwgronden, of op reeds omgevormde heide-akkers (Vogels *et al.*, 2013), die in of rondom bestaande heidegebieden met heischraal grasland liggen. Op die manier kan het oppervlak dat geschikt is als leefgebied voor populaties van planten en dieren die afhankelijk zijn van heischrale graslanden vergroot worden, zodat populaties versterkt kunnen worden en minder snel zullen verdwijnen (Van der Zee *et al.*, 2017).

1.4 Knelpunten ontwikkeling van heischrale graslanden op voormalige landbouwgronden

Vanzelfsprekend zijn gronden die net uit agrarische productie genomen zijn te rijk aan nutriënten voor het ontwikkelen van heischrale graslanden. In praktijk betekent dit meestal dat de nutriëntenrijke toplaag moet worden verwijderd om de nutriëntenrijkdom afdoende naar beneden te brengen (Van Mullekom et al., 2013; Aggenbach *et al.*, in druk).

Daarnaast zijn er op voormalige landbouwgronden geen vitale zaden meer aanwezig van karakteristieke heischrale soorten en zijn deze vaak ook niet in de directe omgeving aanwezig. De mogelijkheden voor dispersie zijn soortafhankelijk. Voor Valkruid (*Arnica montana*), een karakteristieke soort voor heischrale graslanden die zich via de wind verspreid, is een afstand van 100 m al moeilijk te overbruggen, en slechts enkele (algemene) plantensoorten uit het heischrale milieu zijn in staat om een afstand van een kilometer te overbruggen (Soons & Ozinga, 2005; Ozinga, 2008). Dit betekent in praktijk dat een soortenrijk heischraal grasland, inclusief karakteristieke heischrale soorten die de afgelopen decennia zeldzaam zijn geworden (Rode-lijstsoorten), zich niet spontaan zal ontwikkelen op voormalige landbouwgrond als er geen plantdiasporen (zaden, stekjes, plagsel e.d.) van elders worden opgebracht.

Ook in bodemleven, micro-organismen en bodemfauna, wijken voormalige agrarische percelen sterk af van de onaangetaste bodem in doelsituaties. Dit bodemleven heeft echter interacties met plantensoorten en kan de ontwikkeling van doelvegetaties faciliteren (DeDeyn *et al.*, 2003). In het algemeen zijn omzettingsprocessen op landbouwgrond gedomineerd door bacteriën en spelen schimmels onder natuurlijke omstandigheden, met name in heides, een belangrijkere rol in de afbraak. Recent ontgronde bodems waar de organisch rijke bouwvoor of de humusrijke toplaag is verwijderd en de nieuwe toplaag bestaat uit materiaal dat eerst dieper in de bodem zaten, zijn arm aan bodemleven (o.a. Loeb *et al.*, 2013). De bodemfauna en de microbiële gemeenschap die op omgevormde voormalige landbouwgronden aanwezig zijn, lijken na 10-20 jaar nog steeds veel op die van intensief gebruikte landbouwgronden (Frouz *et al.*, 2009; Van der Bij *et al.*, 2017). De dispersie van bodemfauna verloopt zeer traag en veel organismen hebben ook enige bodemontwikkeling nodig om zich te kunnen vestigen (o.a. Kardol & Wardle, 2010).

1.5 Mogelijke maatregelen

Voor de ontwikkeling van droog heischraal grasland op voormalige landbouwgrond lijkt het om bovengenoemde redenen belangrijk om zowel plantdiasporen als bodemleven van een goed ontwikkeld heischraal grasland in te brengen. Dit kan op verschillende wijzen. In dit onderzoek zijn verschillende methoden om deze diasporen over te brengen, uitgetest:

- Voor het overbrengen van plantdiasporen is getest of er een andere ontwikkeling is te zien als er vers maaisel wordt aangebracht van een goedontwikkeld heischraal grasland dan als er spontane vegetatie-ontwikkeling na ontgronden is. Daarnaast wordt er gekeken of het aanbrengen van zaad van zeldzame soorten, dat vaak niet in het maaisel aanwezig is, ook deze soorten terug kan brengen;
- Voor het overbrengen van bodemleven zijn verschillende methoden onderzocht: door middel van het kleinschalig uitstrooien van bodemkruiden, het inbrengen van bodemplagjes en het uitstrooien van bodemslurrie. Het voordeel van het uitstrooien van bodemkruiden is dat de grond goed over het hele oppervlak verdeeld wordt. Hierdoor kan de bodemfauna snel het hele oppervlak koloniseren (o.a. Wubs *et al.*, 2016; Weijters *et al.*, 2015). Het nadeel van bodemkruiden kan echter zijn dat de kruiden snel uitdrogen en de mesofauna geen vochtrijk refugium meer heeft en sterft voordat vestiging

heeft plaatsgevonden. In bodemplagjes, die in gaten in de grond worden gezet, komen de vocht- en organische stofcondities meer overeen met die in de referentiesituatie. Vanuit deze plagjes moet de bodemfauna zich echter over de rest van het terrein verspreiden, wat voor weinig mobiele soortgroepen zoals nematoden en mijten (Siepel, 1994) heel langzaam kan gaan. Door de bodem te mengen met water en te zeven, kan een fijne laag slurrie over het gehele bodemoppervlak aangebracht worden. Hiermee kan niet de grotere bodemfauna worden overgebracht, maar wel de microflora (schimmels en bacteriën). Via een slurrie worden deze zeer fijn verdeeld, waardoor de dispersie sneller kan gaan dan vanuit plagjes of kruimels.

Dit type maatregelen kan ingezet worden bij de herinrichting van voormalige landbouwgronden. Sinds de jaren '90 zijn er echter al veel voormalige landbouwgronden opnieuw ingericht (Bekker, 2008; Verhagen, 2007; Klooker *et al.*, 1999; Verhagen *et al.*, 2003). Op veel van deze gronden waarop het ontwikkelen van heischraal grasland het doel was, is het echter niet gelukt om goed- tot redelijk ontwikkeld droog heischraal grasland (Associatie van Liggend walstro en Schapengras) terug te krijgen. We kijken in dit onderzoek daarom ook of het opbrengen van plantdiasporen en bodemmateriaal in de vorm van bodemkruimels de ontwikkeling naar droog heischraal grasland in deze stagnerende situatie nog kan verbeteren.

1.6 Terugblik op 1e fase en focus huidig onderzoek

In de eerste fase van dit onderzoek zijn twee verschillende typen experimenten ingericht in de zomer van 2011. Het eerste type betrof experimenten die zijn ingericht direct na het ontgronden van voormalige landbouwgronden (Hoofdstuk 2). Hier is in drie zandregio's (noord-midden-zuid) uitgetest wat het effect is van het opbrengen van vers maaisel, vers maaisel in combinatie met extra zaden en vers maaisel met de verschillende wijzen van bodementen. Het tweede type experimenten (Hoofdstuk 3) betrof kleinschalige experimenten in gebieden die circa 15 jaar daarvoor waren heringericht. Op de meeste van deze locaties was het vegetatiedek al gesloten en is er kleinschalig en ondiep geplagd voordat er maaisel en zaden, al dan niet in combinatie met bodemkruimels zijn toegediend. De effecten van deze experimenten na één jaar na aanvang (2012) zijn gerapporteerd in Loeb *et al.* (2013).

In de experimenten die net na ontgronden waren ingericht, was na een jaar te zien dat het toedienen van maaisel een positief effect had op de ontwikkeling van een heischrale vegetatie. In vergelijking met langlopende experimenten (Hölzel & Otte, 2003; Kiehl *et al.*, 2006) hadden zich echter nog relatief vrij weinig soorten uit het zaad gevestigd. Vestiging uit zaad verliep met een succespercentage van 30-50% redelijk succesvol. Na één jaar was er ook een positief effect van het toedienen van bodemkruimels te zien: alle proefvlakken waren na het ontgronden zeer arm aan bodemleven, maar in de proefvlakken waaraan bodemkruimels waren toegediend waren de nematodendichtheden al wat hoger. De andere manieren van bodementen hadden toen geen effect op de bodemfauna.

In de onderzochte gebieden op voormalige landbouwgrond die langer geleden waren heringericht, bleek het droog heischraal grasland minder goed ontwikkeld te zijn dan in de referentiegebieden in natuurterreinen. Naast zeldzame soorten ontbraken meestal ook 'gewonere' soorten van heischraal grasland, zoals Liggend walstro, Borstelgras, Tandjesgras en Hondsviooltje. In de meeste terreinen was het zuurbufferend vermogen voldoende voor de ontwikkeling van heischraal grasland, maar in meerdere terreinen bleken nog teveel nutriënten, met name fosfaat, in de bodem achtergebleven te zijn. De heringerichte terreinen hadden een kleinere schimmel- en bacteriepopulatie dan referenties in natuurgebieden, meer regenwormen en minder duizendpoten dan de referentiegebieden en de slechter ontwikkelde terreinen weken ook in nematodengemeenschap af van de referenties. Het aanbrengen van maaisel en zaden op geopende vegetatie had in de langer geleden heringerichte terreinen, net als in de recent ontgronde terreinen, een positief effect op de ontwikkeling van heischrale vegetatie. Het additioneel aanbrengen van bodemkruimels had destijds geen effect.

Beide typen experimenten konden in de eerste fase van het onderzoek slechts één jaar gevolgd worden. Dit is natuurlijk veel te kort om te zien of maatregelen effectief zijn. De effecten van het aanbrengen van maaisel en zaden zouden enerzijds groter kunnen worden in de loop van de jaren, doordat het enige tijd duurt voor alle zaad gekiemd is. Anderzijds kan het effect ook kleiner worden doordat er mogelijk soorten zijn die de eerste jaren wel kiemen, maar zich daarna niet kunnen handhaven, omdat de abiotische omstandigheden daarvoor toch niet geschikt zijn. Ook de echte pioniersoorten zullen na enkele jaren weer verdwijnen. Daarnaast zal met het dichtgroeien van de vegetatie ook de concurrentie tussen soorten toenemen en zullen er op langere termijn soorten (kunnen) verdwijnen. Deze concurrentie zal niet alleen plaatsvinden tussen soorten die met het maaisel of zaad zijn ingebracht, maar in toenemende mate ook door soorten die zich uit de omgeving in de proefvlakken vestigen. Door deze tegengestelde effecten is het niet zeker of het succespercentage van het ingebrachte maaisel en zaad juist hoger of juist lager zal worden dan het succespercentage in de eerste fase van het onderzoek. Omdat het maaisel betreft van – veelal kleine -restpopulaties van heischrale soorten kan daarmee echter de vitaliteit van het zaad is ook verminderd zijn (bijv. Vergeer, 2005; Vergeer & Ouborg, 2011; Van der Zee *et al.*, 2017). Daarnaast kan het gebruik van maaisel van genetisch verarmde populaties het risico met zich meebrengen dat slechts een deel van de populatie zaad draagt op het moment van maaien, waardoor de genetische variatie van het zaad dat overgebracht wordt naar het doelgebied nog kleiner is dan van de oorspronkelijke situatie (med. G. Oostermeijer). De vestiging van de bodembiota vanuit het aangebrachte bodemmateriaal verloopt naar verwachting erg langzaam omdat een groot deel van de bodemfauna slechts zeer kleine afstanden aflegt. Omdat de ingebrachte aantallen individuen laag zijn, duurt het ook enige tijd voordat de bodemfauna zich heeft vermenigvuldigd tot een normale populatiegrootte en er zich ook een evenwicht tussen de soortgroepen heeft ingesteld.

De tweede fase van het onderzoek heeft als doel om te onderzoeken of de ingezette proefmaatregelen (ook) op langere termijn (vijf jaar) effectief zijn, zodat de kennis die met het onderzoek wordt opgedaan kan vertaald kan worden naar maatregelen die praktisch zijn en effectief zijn voor het herstelbeheer in de toekomst.

1.7 Onderzoekconsortium

Het in dit rapport beschreven onderzoek is uitgevoerd door een onderzoekconsortium, bestaand uit Onderzoekcentrum B-WARE, Universiteit Antwerpen, het Institute for Soil Biology in Tsjechië en Stichting Bargerveen.

Onderzoekcentrum B-WARE is opgetreden als hoofdaannemer en heeft de dagelijkse projectleiding van het project verzorgd. Daarnaast leverde B-WARE (dr. Roland Bobbink en dr. ir. Roos Loeb) de expertise op het gebied van bodemchemische processen. De Ecosystem Management Research Group van de Universiteit Antwerpen (prof. dr. Rudy van Diggelen en drs. Arrie van der Bij) voerde het onderzoek op het gebied van vegetatie uit. De Universiteit Antwerpen heeft daarnaast het aanbrengen van het donormateriaal voor de bodemfauna verzorgd. Het Institute for Soil Biology (prof. dr. Jan Frouz en Petra Benetková MSc) nam de bodemmonsters voor mesofauna en PLFA verzorgde de determinatie en ecologische interpretatie van de bodemesofaunamonsters en de PLFA-analyses. In het laatste jaar van het onderzoek (2016) bemonsterde Stichting Bargerveen (Drs. Joost Vogels en Remco Versluis) de mieren, wantsten en sprinkhanen op één van de experimentele locaties van het experiment direct na ontgronden en voerde de ecologische interpretatie van deze bemonstering uit.

1.8 Leeswijzer

In dit eindrapport van het OBN-project "Ontwikkeling van droge heischrale graslanden op voormalige landbouwgronden- Eindrapportage tweede fase" worden de uitkomsten van het project op de langere termijn (2011 - '16) beschreven. In hoofdstuk 2 worden de onderzoekslocaties, de methodiek en de resultaten van de drie experimenten die opgestart zijn direct na ontgronden beschreven. Hierbij is achtereenvolgend aandacht besteed aan de vegetatie, bodemchemie, bovengrondse fauna (wantsen, mieren en sprinkhanen) en bodemfauna. Het hoofdstuk wordt besloten met een korte synthese. Vervolgens wordt de stagnatie van de ontwikkeling van heischrale graslanden 10-15 jaar na inrichting besproken in hoofdstuk 3, met wederom aandacht voor vegetatie, bodemchemie en bodemfauna. In dit hoofdstuk wordt ook aandacht besteed aan het kleinschalige experiment waarmee beoogd wordt de gestagneerde situatie te vitaliseren. In hoofdstuk 4 wordt tenslotte een synthese van het geheel gegeven plus de voorlopige aanbevelingen voor herstel, waarna het rapport wordt besloten met de literatuurlijst en bijlagen. De resultaten van een workshop en een enquête die gehouden is onder beheerders over de kosteneffectiviteit van het ontwikkelen van heischraal grasland op voormalige landbouwgrond, is opgenomen in Bijlage 11.

2 Experimenten direct na ontgronden

2.1 Inleiding

Om te achterhalen hoe de ontwikkeling van voormalige landbouwgrond naar droog heischraal grasland direct na herinrichting (in dit geval direct na ontgronden) het best op gang gebracht kan worden is een veldexperiment opgestart. In dit experiment zijn op verschillende manieren plantendiasporen en bodemfauna aangebracht op de juist ontgronde situatie.

2.2 Proefopzet

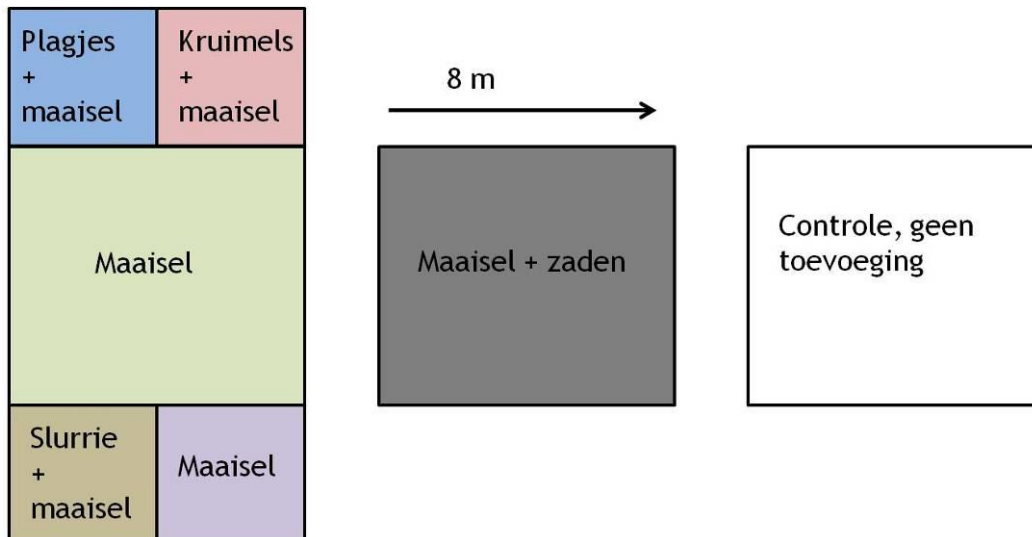
Dit onderzoek is uitgevoerd in de drie Pleistocene regio's waarin droge heischrale graslanden in Nederland hun zwaartepunt hebben (figuur 2.1). In Noord-Nederland was dit in het Noorderveld, in Centraal-Nederland een locatie bij Wekerom en in Zuid-Nederland in het Wolfsven. Door de verschillen in herkomst van de zandafzettingen in deze regio's zijn er lokale verschillen in de abiotische uitgangssituatie, zoals in de korrelgrootte van de zandfractie en de ijzerrijkdom van het moedermateriaal. Daarnaast vallen de drie regio's in verschillende floradistricten (het Drents district in het noorden van Nederland, het Gelders district op de Veluwe en het Kempens en Subcentroop district in het zuiden). Hierdoor zijn er ook lokale verschillen in het voorkomen van plantensoorten en diasporen van deze plantensoorten.



Figuur 2.1. Ligging van de experimentele locaties waar recent ontgrond is (geel) en donorsites (blauw). Location of the experimental sites with recent top soil removal (yellow) and of the donorsites (blue).

In het experiment zijn in het najaar van 2011 op kale bodem 3 typen proefvlakken uitgezet (figuur 2.2). Het eerste type proefvlak is een controleproefvlak (8x8 meter), waarin geen materiaal is ingebracht. In het tweede type proefvlak (8x8 meter) is vers maaisel uit donorgebied opgebracht. Voor elke regio is een donorgebied uit dezelfde regio gekozen (figuur 2.1). Naast maaisel is er in dit proefvlak ook zaad aangebracht

van specifieke kenmerkende soorten. Van welke soorten zaad is aangebracht, verschilde per locatie. In paragraaf 2.4.1 wordt hiervan een overzicht gegeven. Het derde type proefvlak (8x16 meter, dus 2x zo groot) is onderverdeeld in een aantal deelproefvlakken. In het gehele proefvlak is maaisel uit het betreffende donorgebied aangebracht. In 3 deelproefvlakken van 4x4 meter is bodemmateriaal uit het donorgebied aangebracht om bodemorganismen te "enten". Dit is in elk van deze deelproefvlakken op een andere manier gedaan: door middel van bodemkruimels, door middel van kleine plaggen en door middel van toediening van een slurrie (zie paragraaf 2.4.1 voor details). De grootte van de proefvlakken is gekozen op grond van de beschikbaarheid van vers maaisel van goedontwikkeld droog heischraal grasland, en de beperkte beschikbaarheid van bodemmateriaal uit goed ontwikkeld donorgebied. De ligging van de drie proefvlakken ten opzichte van elkaar en de ligging van de deelproefvlakken binnen het grote proefvlak van 8x16 meter is door toeval bepaald. Op het Noordenveld zijn vier herhalingen van de drie proefvlakken geplaatst, in Wekerom vanwege de beperkte ruimte twee herhalingen en in het gebied Wolfsven tenslotte drie herhalingen. Alle proefvlakken liggen minimaal 3 meter uit elkaar. Vanwege ruimtegebrek zijn er in Wekerom en het Wolfsven lokaal enige concessies gedaan aan de afmetingen van de proefvlakken. Dit wordt in paragraaf 2.3 besproken bij de beschrijving van de verschillende gebieden.



Figuur 2.2. Experimentele opzet gebieden direct na ontgronden. *Experimental design at the sites with recent top soil removal.*

2.3 Gebiedsbeschrijvingen

2.3.1 Noordenveld

Het Noordenveld is een voormalige landbouwenclave in Drenthe die deel uitmaakt van Natura-2000-gebied Dwingelderveld (figuur 2.3). Het gebied bestaat uit grondmorene en dalvormige laagten zonder veen. De bodem van het Noordenveld bestond voor afgraving uit veldpodzolgronden met lemig fijn zand en een keileemlaag beginnend op 40-120 cm onder maaiveld (GWT Vb) (bodemdata.nl). Het perceel met de proefvlakken werd tussen 1938 en 1954 ontgonnen; sommige percelen in het Noordenveld iets eerder, andere iets later (watwaswaar.nl). Voor de ontginning bestond het gebied uit droge en natte heide met vennen en natte laagtes (slenken).



Figuur 2.3. Links: ligging Dwingelderveld en Noordenveld (landbouwenclave), met in rood de ligging van de proefvelden aangegeven (googlemaps.nl). Rechts: ligging van het Noordenveld in 1930, toen de heide nog nauwelijks ontgonnen was (watwaswaar.nl). On the left: location of the Dwingelderveld and Noordenveld (agricultural enclave), with in red the experimental plots (maps.google.nl). On the right: location of the Noordenveld in 1930, when it was still fully dominated by heathland (watwaswaar.nl).

In voorjaar-zomer 2011 zijn grote delen van het Noordenveld ontgrond om de P-rijke toplaag te verwijderen (figuur 2.4). Er is circa 30-40 cm afgegraven. Het doel is om op het Noordenveld vooral natte en droge heide te ontwikkelen. Omdat er nog enige buffering van de vroegere bekalking in de nieuwe toplaag aanwezig is, is het potentieel ook mogelijk om heischraal grasland te creëren. Het Noordenveld wordt beheerd door Natuurmonumenten en Staatsbosbeheer. Het perceel waar het experiment loopt, is van Natuurmonumenten.



Figuur 2.4. Links: ontgroning van het Noordenveld, juli 2011. Rechts: één van de proefvlakken in het Noordenveld enkele maanden na ontgronden. In het hele proefvlak (8 x 16 m) is vers maaisel aangebracht. In het deelproefvlak linksonder in beeld is bodem aangebracht in de vorm van bodemkruimels. On the left: top soil removal in the Noordenveld, July 2011. On the right: one of the experimental plots. Fresh hay was applied in the entire plot (8x16 m). In the subplot down on the left also soil crumbs were added.

In het Noordenveld zijn vier herhalingen van drie proefvlakken uitgelegd, ter compensatie van het gebied bij Wekerom, waar vanwege de beperkte ruimte slechts twee herhalingen konden worden geplaatst. De proefvlakken zijn in het perceel zo hoog mogelijk geplaatst, zodat er 's winters geen inundatie op zou treden en de abiotische omstandigheden geschikt zouden zijn voor de realisatie van droog heischraal grasland. Het Noordenveld wordt begraaasd met schapen, maar omwille van

het experiment is de schaapskudde zoveel mogelijk buiten het perceel met het experiment gehouden.

2.3.2 Wekerom

In de buurt van Wekerom op de Veluwe zijn op landgoed Valouwe delen voormalige landbouwgrond ontgrond (figuur 2.5). Het gebied ligt op een hoge stuwwal. De bodem bestaat uit grofzandige (holt)podzolgrond met grind binnen circa 40 cm diepte (GWT VII-VIII) (bodemdata.nl). De proeflocatie is pas laat ontgonnen. Waarschijnlijk is het deel waar de proefvlakken gelegen zijn, pas eind jaren '80 of begin jaren '90 in agrarisch gebruik genomen. Voor de ontginning was de proeflocatie heide (watwaswaar.nl). Het landgoed is in particulier bezit. De ontgrondingen en het beheer worden begeleid door Bosgroep Midden-Nederland. Het perceel waar het experiment is uitgevoerd is in het vroege voorjaar van 2009 ontgrond (20-40 cm). De ontgrondingsdiepte werd lokaal beperkt door de mogelijke aanwezigheid van archeologische waarden in het gebied.



Figuur 2.5. Links: ligging van de proeflocatie op landgoed Valouwe bij Wekerom (maps.google.nl). Rechts: de proeflocatie in 1931, toen het gebied nog heide was (watwaswaar.nl). On the left: location of the experimental site at the Valouwe estate near Wekerom (maps.google.nl). On the right: the experimental site in 1931, when the area was still heathland (watwaswaar.nl).

Op de proeflocaties zijn twee series van 3 proefvlakken uitgezet (figuur 2.6). Vanwege de beperkte ruimte zijn de controleproefvlakken 4x8 m groot, in plaats van 8x8 meter. Eén van de proefvlakken waarin maaisel en zaden zijn aangebracht, is ook wat kleiner van vorm vanwege de beperkte ruimte (circa 50 m²). De proefvlakken zijn bij het uitzetten geschoffeld om de aanwezige planten te verwijderen en om voor alle proefvlakken dezelfde uitgangssituatie te verkrijgen.

Door de ligging aan het rand van het bos, vond er na ontgronden veel opslag van boompjes plaats (o.a. Ruwe berk en Grove den). Deze opslag is begin 2016 verwijderd.



Figuur 2.6. Het opbrengen van het verse maaisel op de proeflocatie bij Wekerom. The addition of fresh hay on the experimental site near Wekerom.

2.3.3 Wolfsven

Het Wolfsven ligt in het gebied Maasduinen ten zuiden van Nieuw-Bergen in het noorden van Limburg (figuur 2.7). Het gebied bestaat uit dekzandruggen en hoge landduinen met bijbehorende vlakten en laagten en met oude landbouwdekken. Het gebied is in de winter van 2010-11 afgegraven om het ven en de omliggende zandgronden te herstellen. Er is circa 30-40 cm afgegraven. Het gebied is in beheer bij Stichting Het Limburgs Landschap.



Figuur 2.7. Links: ligging van de proeflocatie in het Wolfsven (maps.google.nl). Rechts: Het Wolfsven in 1908 voor de ontginning begin 20^e eeuw. Het Reindersmeer (zandaafgraving) bestond nog niet (watwaswaar.nl). On the left: location of the experimental site Wolfsven (maps.google.nl). On the right: the Wolfsven area in 1908, before cultivation at the beginning of the 20th century. Lake Reindersmeer, a sand pit, was not yet present (watwaswaar.nl).

Het Wolfsven is op de bodemkaart gekarteerd als grofzandige veld- en haarpodzolgronden (GWT V-VII) (bodemdata.nl). Het Wolfsven was vroeger het grootste ven van Limburg. Het ven werd omzoomd door hogere droge zandgronden. Het gebied bestond uit droge en natte heide en venvegetaties. Het ven werd in het begin van de 20^e eeuw ontgonnen.

In het Wolfsven zijn drie series van drie proefvlakken uitgezet (figuur 2.8). Vanwege de beperkte ruimte voor het experiment op het hooggelegen deel van het gebied, zijn de controleproefvlakken en de proefvlakken waarin maaisel en zaad is aangebracht, 6x8 meter in plaats van 8x8 meter. De ruimte tussen de proefvlakken in de oost-westrichting is om dezelfde reden twee meter in plaats van drie. De proefvlakken zijn bij het uitzetten geschoffeld om planten (voornamelijk Bezemkruiskruid (*Senecio inaequidens*)) die zich al gevestigd hadden, te verwijderen. In het gebied wordt begrast met koeien, maar de proefvlakken zijn hiervan uitgerasterd.



*Figuur 2.8. Opbrengen van het verse maaisel in de proefvlakken van het Wolfsven.
The addition of fresh hay on the experimental site Wolfsven.*

2.3.4 Kleine Startbaan

Donorlocatie de Kleine Startbaan wordt vaak het best ontwikkelde droge heischrale grasland van Nederland genoemd. De Kleine startbaan ligt in Natura 2000-gebied Holtingerveld aan de rand van de stuwwal van de Havelterberg in een gebied met dekzandruggen (figuur 2.9). Het gebied is al zeer lang in beheer en gebruik door Defensie. De Kleine Startbaan is in de Tweede Wereldoorlog aangelegd door de Duitsers als startbaan voor vliegtuigen. De bodem bestaat uit veldpodzolgronden met lemig fijn zand op keileem binnen 1,20 m (GWT VI) (bodemdata.nl). Vers maaisel van de Kleine Startbaan is gebruikt als donormateriaal voor regio Noord.



Figuur 2.9. Ligging van de Kleine Startbaan (rood) en Grote Startbaan (blauw) bij Havelte (maps.google.nl). Location of the Kleine Startbaan (red) and Grote Startbaan near Havelte (blue) (maps.google.nl).

2.3.5 Grote Startbaan

De donorsite Grote Startbaan ligt op enkele kilometers van de Kleine Startbaan, eveneens in het Holtingerveld (figuur 2.9). Dit gebied is in de Tweede Wereldoorlog eveneens gebruikt als militair vliegveld en de bodem bestaat eveneens uit veldpodzolgronden met lemig fijn zand op keileem (bodemdata.nl). In tegenstelling tot de Kleine Startbaan is de Grote Startbaan in de afgelopen 30 tot 40 jaar nauwelijks beheerd, waardoor er bosvorming heeft plaatsgevonden. Er bleven echter nog steeds delen met heischrale vegetatie aanwezig. In 2008 is het onder beheer gekomen van de vereniging Natuurmonumenten, met als doel het herstellen van een gebied met fraaie heischrale graslanden. Bodem van de Grote Startbaan is gebruikt als donormateriaal voor regio Noord.

2.3.6 Harskamp

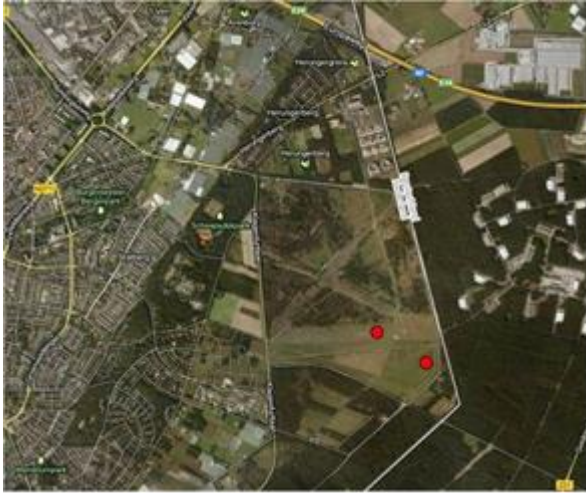
Op militair oefenterrein Harskamp bevinden zich schietbanen die een sterk heischraal karakter hebben. Het gebied ligt op een daluitspoelingswaaier met droogdalen. De bodem bestaat uit haarpodzolgronden met leemarm of zwaklemig fijn zand (GWT VII) (bodemdata.nl). Het terrein is sinds het eind van de 19^e eeuw in beheer en gebruik door Defensie. De schietbanen worden gemaaid en ook regelmatig gebrand om de vegetatie laag te houden. Het donormateriaal is afkomstig van drie delen van het schietterrein India in het oosten van het gebied, waar onder andere Tandjesgras en Borstelgras staat (figuur 2.10). Elders in het gebied komt Valkruid (*Arnica montana*) voor. De heischrale terreinen van de Harskamp behoren tot de beter ontwikkelde heischrale graslanden die nog op de Veluwe over zijn.



Figuur 2.10. Ligging van de schietterreinen gebruikt voor donormateriaal op Harskamp. Location of the artillery ranges that were used for the collection of hay and soil at Harskamp.

2.3.7 Groote Heide

Het derde donorgebied is de Groote Heide bij Venlo (figuur 2.11). Het donormateriaal komt van twee verschillende terreintjes: het zweefvliegveld en het voormalig schietterrein. Het gebied ligt op een Maasterras, waardoor de bodem wat meer grind bevat en wat mineralenrijker is dan in een groot deel van de rest van pleistoceen Nederland. De Groote Heide was sinds de 19^e eeuw een militair schietterrein. Sinds het begin van de 20^e eeuw werd er ook gevlogen vanaf de Groote Heide. Om het terrein vanuit de lucht niet als vliegveld herkenbaar te laten zijn, zijn er kleine perceeltjes op de heide aangelegd, die vanuit de lucht op akkertjes leken. Materiaal voor deze akkertjes is vanuit het Maasdal aangevoerd, waardoor de bodem verstoord is en er soorten die oorspronkelijk niet voorkwamen, zoals Herfsttijloos (*Colchicum autumnale*) zijn aangevoerd. In de Tweede Wereldoorlog breidden de Duitsers het vliegterrein uit naar Duits grondgebied en werden er zeer grote start- en landingsbanen aangelegd. Eind jaren '60 werd een klein deel van het militair oefenterrein omgevormd tot zweefvliegveld. Beide terreinen zijn nu in bezit van Limburgs Landschap. Het zweefvliegveld wordt intensief gebruikt door de plaatselijke zweefvliegclub. Op de bodemkaart 1:50.000 staat het gebied als haarpodzol met grof zand en grind aangegeven (GWT VII) (bodemdata.nl).



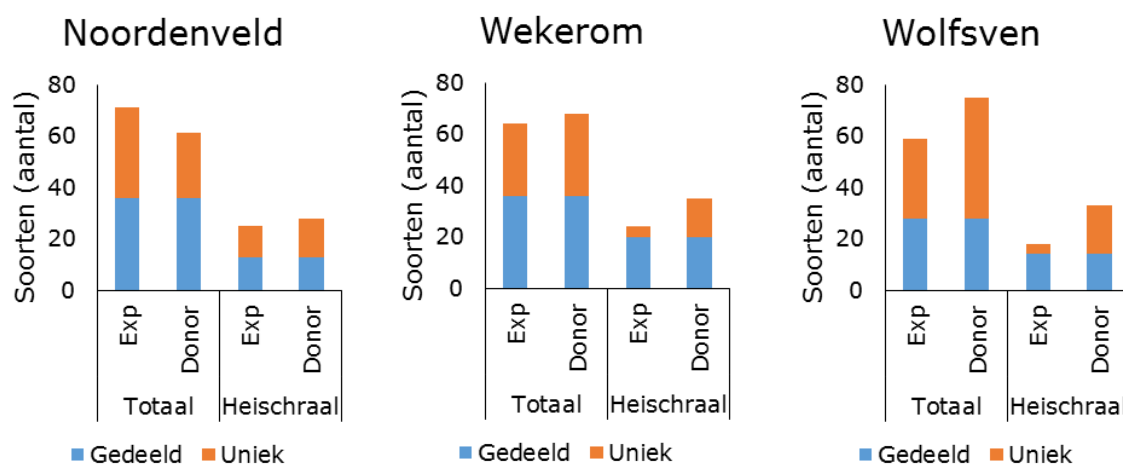
Figuur 2.11. Ligging van het zweefvliegveld (zuidoosten) en het voormalige schietterrein (noordwesten) op de Groote Heide (maps.google.nl). Location of the glider field (in the southeast) and of the former artillery range (in the northwest).

2.3.8 Bronpopulaties

Kolonisatie van de proefvlakken kan geschieden door plantensoorten uit de omgeving van het experiment, of vanuit het aangebrachte donormateriaal. Sommige soorten komen alleen in de omgeving voor, andere alleen in het donormateriaal en voor sommige soorten is er overlap. Het totale aantal plantensoorten dat is waargenomen in de gebieden rondom de proefvlakken (100 x 100 meter) lag tussen de 59 en 71 (figuur 2.12), met het hoogste aantal soorten rond de proefvlakken in het Noordenveld en het laagste aantal rond de proefvlakken in het Wolfsven. Op de donorlocaties kwamen gemiddeld hetzelfde totaal aantal soorten voor als rond de proefvlakken, met het hoogste aantal soorten op de Groote Heide (Wolfsven) en het laagste aantal op de Kleine en Grote Startbaan (Noordenveld). De vegetatie rond de proefvlakken in het Noordenveld kwam het meest overeen met de vegetatie op de donorsite, 59 procent van de soorten uit de donorsite werd ook waargenomen in de directe omgeving van de proefvlakken. In het Wolfsven waren de verschillen in vegetatiesamenstelling tussen het donorgebied en de experimentele locatie het grootst: slechts 37 procent van de soorten uit het donorgebied werd ook gevonden rond de proefvlakken. In Wekerom kwam ongeveer de helft (52 procent) van het totaal aantal soorten zowel rondom de proefvlakken als in de donorgebieden voor.

Het aantal kenmerkende heischrale soorten dat reeds rond de proefvlakken voorkwam, lag tussen de 28 en 35. In het Noordenveld kwamen 12 heischrale soorten rond de proefvlakken voor die niet in de donorgebieden voorkwamen. De andere twee locaties met experimenten bevatten slechts vier unieke heischrale soorten. Het aantal kenmerkende heischrale soorten kwam in Wekerom het meest overeen tussen de omgeving van de proefvlakken en de donorgebieden; 57 procent van de heischrale soorten werd in beide gebieden waargenomen. Deze percentages waren lager voor het Noordenveld (46 procent) en het Wolfsven (42 procent). In alle donorgebieden kwamen tussen de 15 en 20 unieke kenmerkende heischrale soorten voor die niet in de omgeving van de proefvlakken werden waargenomen en dus potentieel geïntroduceerd kunnen worden via het maaisel of het bodemmateriaal. Bij het begin van het experiment in 2011 werd de door pionierssoorten gedomineerde vegetatie rondom de proefvlakken in alle drie locaties gekarakteriseerd als de Wilgenroosjesassociatie (*Senecioni-Epilobietum veronicetosum*), kenmerkend voor verstoorde gronden (Tabel 2.1). In de locaties die als donorgebieden gebruikt worden, konden de vegetaties in de Kleine en Grote Startbaan (Havelte) en die in op het militaire oefenterrein in Harskamp als een karakteristieke heischrale vegetatie omschreven worden. De Kleine Startbaan was het meest soortenrijk, met onder andere hoge dichtheden van Blauwe knoop, Hondsviooltje, Liggende vleugeltjesbloem (*Polygala serpyllifolia*), Klokjesgentiaan (*Gentiana pneumonanthe*) en Tandjesgras. De Grote Startbaan was iets minder soortenrijk. In het deel dat gebruikt is als donorgebied komen veel Echte guldenroede en Tandjesgras voor. In Harskamp werd de vegetatie gedomineerd door Borstelgras, Tandjesgras en Stijf havikskruid

(*Hieracium laevigatum*). De vegetatie op de Groote Heide (Venlo) wordt ingedeeld onder de Vogelpootjes-associatie (*Ornithopodo-Corynephorum*), en bevatte minder karakteristieke heischrale soorten. Geelhartje (*Linum catharticum*), Rapunzelklokje (*Campanula rapunculoides*) en Tandjesgras waren hier de meest in het oog springende soorten.



Figuur 2.12. Het totale aantal plantensoorten (Totaal) en het aantal kenmerkende heischrale soorten (Heischraal) in de omgeving van de proefvlakken (Exp) en in de donorgebieden (Donor). Het blauwe deel van de balk geeft het aantal gedeelde soorten tussen de omgeving van de proefvlakken en de donorgebieden weer, het oranje deel de unieke soorten voor iedere locatie. The total number of plant species (Totaal) and the characteristic Violion species (Heischraal) in the surroundings of the experimental plots (Exp) and the donor locations (Donor). In blue the species that were observed both around the plots and in the donor locations, in orange the unique species for each area.

Tabel 2.1. Indeling naar vegetatietypes van de vegetatie rondom de proefvlakken en de donorgebieden door Associa, Turboveg. Categorisation of the vegetation surrounding the experimental plots and donor locations by Associa, Turboveg.

Categorie	Locatie	Associatie
Experiment	Noordenveld	1 34AA01A – <i>Senecioni-Epilobietum veronicetosum</i>
	Wekerom	1 34AA01A – <i>Senecioni-Epilobietum veronicetosum</i>
	Wolfsven	1 34AA01A – <i>Senecioni-Epilobietum veronicetosum</i>
Donor	Kleine startbaan	2 19AA02 – <i>Gentiano pneumonanthe-Nardetum</i>
	Grote startbaan	2 19AA02 – <i>Gentiano pneumonanthe-Nardetum</i>
	Harskamp	2 19AA01 – <i>Galio hercynici-Festucetum ovinae</i>
	Groote Heide	2 14BA01 – <i>Ornithopodo-Corynephorum</i>

2.4 Materiaal & Methoden

2.4.1 Inrichting proeflocaties

Aanbrengen maaisel

In de drie donorlocaties in de verschillende regio's is vers maaisel verzameld in september 2011 voor de proefterreinen in de desbetreffende regio's. De vegetatie in het donorgebied werd zo kort mogelijk afgemaaid door een kleine maaier of maaibalk en opgevangen of opgeharkt (figuur 2.13). In Zuid-Nederland (Grote Heide, Venlo) en Midden-Nederland (schietterrein Harskamp) is op meerdere plaatsen in het gebied gemaaid. Om de soorten in het maaisel evenredig te verspreiden is het maaisel van de verschillende plaatsen gemengd voordat het werd ingebracht in de proefvlakken. Het maaisel is handmatig ingebracht op dezelfde dag van het maaien (figuur 2.13) met een verhouding van 1:1 tussen het oppervlak van het proefvlak en het donorgebied.

Aanbrengen zaden

Zaden van kenmerkende soorten uit het heischrale verbond of van soorten die er vaak voorkomen zijn verzameld in de donorlocaties en in de gebieden zelf buiten de proefvlakken gedurende augustus en september 2011 (tabel 2.2). De zaden zijn aan de lucht gedroogd en in oktober of november 2011 opgebracht. De zaden zijn verzameld per regio en in samenspraak met de beheerders alleen in de proefvlakken binnen de regio ingebracht. Per soort zijn de zaden naar aantal evenredig verdeeld over de verschillende proefvlakken. Na het uitstrooien zijn de zaden ingeharkt. Zaden van Valkruid en Grasklokje zijn gekocht bij een Arnica-kwekerij in Dwingeloo omdat deze in de nazomer niet meer te verzamelen waren in het veld. Het oorspronkelijke zaadmateriaal van deze kwekerij is begin jaren '80 van de vorige eeuw verzameld op het Dwingelderveld voor Valkruid en eind jaren negentig voor Grasklokje (mond. mededeling Henk Pleiter). Van een aantal soorten die in de eerste jaren van het experiment nergens gekiemd waren, zijn in 2015 opnieuw zaden ingebracht, volgens dezelfde procedure als boven beschreven. Voor alle locaties waren dit Borstelgras, Tandjesgras, Liggend walstro en Liggende vleugeltjesbloem. In het Noordenveld is ook Echte guldenroede (*Solidago virgaurea*) ingebracht. Deze zaden zijn ingebracht in één vierkante meters aangrenzend aan het PQ. In 2016 tijdens de opnames waren de soorten nog zo klein dat ze niet met zekerheid te determineren waren, en daarom ook nog niet in de opnames voorkomen.



Figuur 2.13. Het maaien en opbrengen van het maaisel. Linksboven: maaien van de Kleine Startbaan, Havelte. Rechtsboven: proefvlakken met maaisel in het Noordenveld, Dwingeloo. Linksonder: maaien van Harskamp. Rechtsonder: maaien Groote Heide (zweefvliegveld). The mowing and addition of the hay. On the top left: mowing at the Kleine Startbaan, Havelte. On the top right: experimental plots in the Noordenveld, Dwingeloo. Down on the left: mowing at Harskamp. Down on the right: mowing at the Groote Heide (glider field).

Tabel 2.2. Opgebrachte zaden in de experimenten direct na ontgronden. Applied seeds in the experiments immediately after topsoil removal.

Locatie	Soorten waarvan zaden zijn opgebracht
Noordenveld	Blauwe knoop, Echte guldenroede, Grasklokje, Hondsviooltje, Klein vogelpootje, Liggend walstro, Liggende vleugeltjesbloem, Mannetjesereprijs, Muizenoor, Stijve ogentroost, Tandjesgras, Valkruid, Kleine tijm, Zandblauwtje
Wekerom	Blauwe knoop, Klein vogelpootje, Mannetjesereprijs, Stijf havikskruid, Stijve ogentroost, Tandjesgras
Wolfsven	Donderkruid, Duits viltkruid, Echt duizendguldenkruid, Geelhartje, Gewone rolklaver, Hazenpootje, Muizenoor, Rapunzelklokje, Stijf havikskruid, Tandjesgras, Zandblauwtje

In- of aanbrenge bodemmateriaal

Er zijn drie verschillende methodes voor het in- of opbrengen van bodemfauna gebruikt. In elke replica zijn in de vier deelproefvlakken van elk 4 bij 4 meter (zie ook figuur 2.2) plagjes, verkruid materiaal, slurrie of geen materiaal ingebracht. De donorlocaties waar het maaisel is verzameld, zijn ook gebruikt voor de bodemfauna, behalve bij het Noordenveld, waarvoor bodemmateriaal van de Grote Startbaan is gebruikt. Het bodemmateriaal is per regio verzameld en ingebracht. Vanwege de zeldzaamheid van heischrale terreinen was de hoeveelheid donormateriaal beperkt.

Voor elke methode werd dezelfde hoeveelheid bodemmateriaal per proefvlak gebruikt. Per proefvlak is 0,5 m² donormateriaal opgebracht. Dit komt overeen met een verhouding van 1 op 36.

Plagjes

Op de donorlocaties zijn plagjes gestoken met een diameter van 8 cm en een diepte van 5 cm. Per proefvlak zijn er 100 plaggen ingebracht (= 0,5 m²). In de proefvlakken zijn gaten met dezelfde afmetingen gestoken, waarin de plaggen zijn geplaatst in oktober of november 2011 (figuur 2.14). De plaggen zijn met de vegetatie naar boven toe geplaatst. Met deze methode wordt verwacht dat ook de grote macrofauna goed overgebracht kan worden, omdat de bodem van de donorlocatie intact blijft. Nadeel is dat het materiaal van de plaggen maar in beperkte mate wordt verspreid over het proefvlak, waardoor de effecten iets verder van de plaggen afhangen van de kolonisationsnelheden van de desbetreffende bodemorganismen.



Figuur 2.14. Inbrengen bodemfauna. Linksboven: gestoken plagjes; rechtsboven: ingebrachte plagjes in een proefvlak in het Noordenveld, Dwingeloo; linksonder: ingegraven plag; rechtsonder: proefvlak waar verkruimeld bodemmateriaal is ingeharkt. The addition of soil biota. On the top left: collection of small sods; on the top right: introduced sods in the Noordenveld, Dwingeloo; down on the left: small sod dug into the soil; down on the right: experimental plot with added soil crumbs.

Verkruimeld materiaal

Voor het verkruimelde materiaal is 0,5 m² tot op een diepte van 5 cm geplagd op de donorlocaties en zoveel mogelijk verkruimeld met een plagschop. Dit materiaal is evenredig verspreid over het proefvlak en gemengd met de toplaag om uitdroging te voorkomen (figuur 2.14). Het materiaal is ingebracht in oktober en november 2011. Met deze methode worden de microben en kleinere bodemfauna goed verspreid over de toplaag. De macrofauna zal met deze methode waarschijnlijk minder goed overgebracht worden.



Figuur 2.15. Het toedienen van de slurrie in het Wolfsven bij Well. Linksboven: het geplagde donormateriaal wordt gezeefd, het bodemmateriaal wordt in water gesuspenderd; rechtsboven: de vegetatie blijft in de korf achter; linksonder: de verspreide slurrie op het proefvlak; rechtsonder: het proefvlak na het begieten met water. The addition of slurry in the Wolfsven in Well. On the top left: the sod-cut material being sieved, the material is suspended in water; on the top right: the vegetation stays in the sieving basket; down on the left: the spread slurry in the experimental plot; down on the right: the experimental plot after watering.

Slurrie

Geplagd bodemmateriaal van 0,5 m² en een diepte van 5 cm werd voor zover mogelijk gesuspenderd in water (figuur 2.15). Alle grond werd voor zover mogelijk uit de pluggen gezeefd. De vegetatie is niet gebruikt voor de slurrie. De gemaakte slurrie werd handmatig over het proefvlak verdeeld. Het hele proefvlak werd na het toedienen van de slurrie begoten met water om de verspreiding van de slurrie en het indringen in de bodem te bevorderen. Per proefvlak is 75 liter water gebruikt voor de totale behandeling. De slurrie is in maart 2012 ingebracht. Met deze methode wordt een goede verspreiding van de microben (schimmels & bacteriën) verwacht. De wat grotere bodemorganismen zullen met deze methode niet tot minimaal worden verspreid.

2.4.2 Vegetatiebeschrijvingen

Vegetatie-opnames

In 2011 - 2014 en in 2016 zijn vegetatieopnames gemaakt rond de drie locaties van het experiment direct na ontgronden om de aanwezige soorten in kaart te brengen. Deze opnames zijn gemaakt volgens de Tansley schaal (Tansley, 1946), en hebben een oppervlak van 1 hectare.

In deze jaren zijn van elk ingericht proefvlak 2 opnames gemaakt. In het midden van ieder proefvlak is een permanent kwadraat van 2 bij 2 meter neergelegd, waarin een

opname is gemaakt volgens de Londo schaal (Londo, 1976). De aanwezige soorten in het hele proefvlak zijn beschreven volgens de Tansley methode.

Analyse vegetatie-opnames

Het totale aantal plantensoorten, het aantal kenmerkende heischrale soorten en het aantal Rode lijst soorten wordt bepaald voor zowel de gebiedsbedekkende opnames rondom de proefvlakken en in de donorgebieden, als in de proefvlakken. Soorten worden als kenmerkend voor heischrale graslanden aangeduid als ze een hoge faithfulness hebben voor het heischrale verbond in Synbiosis (Hennekens *et al.* 2010), of zeldzame soorten die een gemiddelde faithfulness hebben voor het heischrale verbond. Enkele algemene grassen met een hoge faithfulness zijn niet opgenomen in de lijst met kenmerkende heischrale soorten, aangezien deze zeer algemeen zijn. Het gaat hier om Gewoon reukgras (*Anthoxanthum odoratum*), Gewoon struisgras (*Agrostis capillaris*) en Pijpestrootje (*Molinia caerulea*). Deze grassen worden later als aparte categorie behandeld. Rode-lijstsoorten zijn bepaald aan de lijst van FLORON uit 2012 (Sparrius *et al.* 2012).

De totale bedekking en de bedekkingen door de kruid-, mos- en strooisellaag worden direct overgenomen uit de opnames in de permanente kwadraten. Omdat verschillen in de ontwikkeling in de vegetatie vaak nog beter te zien in de bedekkingen dan in de absolute aantallen soorten, worden de bedekkingen van verschillende soortgroepen uitgewerkt. Om een duidelijker beeld te krijgen welke groepen soorten de vegetatie domineren, zijn alle soorten opgedeeld in categorieën (tabel 2.3). De volledige indeling van alle soorten is te vinden in Bijlage 1. De bedekkingen door deze soortgroepen worden tegen elkaar uitgezet om te bepalen welke groep de vegetatie domineert en of er verschillen zijn tussen de behandelingen op de bedekkingen van de verschillende categorieën.

Tabel 2.3. Indeling van de soorten in categorieën. De indeling van alle waargenomen plantensoorten is te vinden in Bijlage 1. *Division of species into categories. The classification of all observed species can be found in Appendix 1.*

#	Categorie	Beschrijving
1	Heischraal	Kenmerkende heischrale soorten
2	Grassen	Algemene mesotrofe grassen zoals Gewoon struisgras, Pijpenstrootje, Rood zwenkgras etc.
3	Kruiden	Algemeen voorkomende kruiden, zoals boterbloem, zuring, grasmuur etc.
4	Struik	Struiken en jonge boompjes, zoals berk, wilg, den
5	Agrarisch	Typische eutrofe soorten, zoals Engels raaigras
6	Ruderaal	Soorten met een ruderaal groeivijze
7	Overig	Overige soorten

Statistische analyse

Voor de statistische analyse is een Linear Mixed Model gebruikt met de behandelingen als fixed factor, en de interactie tussen de tijd en de behandeling als random factor. Er is bewust voor een interactie als random factor gekozen, omdat de waardes tussen de verschillende behandelingen over de tijd heen niet onafhankelijk van elkaar zijn. Verschillen tussen individuele behandelingen zijn bepaald met een variant van de post-hoc Tukey test. De statistiek is uitgevoerd in R (R Core Team, 2016), met hulp van de packages nlme (Pinheiro *et al.*, 2016), mvtnorm (Genz *et al.*, 2017) en multcomp (Hothorn *et al.*, 2008). Multivariate analysis zijn eveneens in R gedaan met behulp van het package vegan (Oksanen *et al.*, 2017).

2.4.3 Bemonstering en analyse bodembiota

Bemonstering

Bodembiota werden in deze onderzoeksperiode bemonsterd in het najaar (eind oktober/begin november) van 2014 en 2016. In de volgende behandelingen zijn monsters genomen: controle, maaisel, maaisel&kruiden, maaisel&plagjes en maaisel&slurrie. Monsters voor de analyse van microbiële eigenschappen en voor de analyse van nematoden werden met een guts genomen van 5 cm diameter en 10 cm

OBN Ontwikkeling en Beheer Natuurkwaliteit

lengte en bestonden uit mengmonsters van drie steken. Monsters werden overgebracht naar het lab en bewaard bij 10 °C tot verdere verwerking. Voor de bodemmicroflora werden monsters met een 2 mm zeef gezeefd voor verwerking om wortels te verwijderen; voor de analyse van nematoden werden de steken alleen gemengd. Voor het onderzoek aan de bodemmacrofauna werden monster genomen met een boor van 12 cm doorsnede over een diepte van 10 cm, eveneens bestaand uit een mengmonster van drie steken.

Analyse

Microbiële respiratie van de bodem werd bepaald door middel van bodemincubatie. CO₂ dat vrijkwam tijdens de 2 dagen durende incubatie bij 20 °C werd opgevangen in een NaOH-oplossing, gekwantificeerd door titratie en is uitgedrukt als µg CO₂-C/g droge bodem/uur. De microbiële biomassa (C_{mic}) werd gemeten in de minerale bodem met door extractie met chloroformgas (Vance *et al.*, 1987; Jenkinson, 1988; Wu *et al.*, 1990) en uitgedrukt als µg C /g droge bodem. Specifieke respiratie werd berekend door de microbiële respiratie te delen op de microbiële biomassa en werd uitgedrukt als µg CO₂-C/mg C_{mic}/uur.

Fosfolipidevetzuren (PLFA) werden geëxtraheerd met een chloroform-methanol-fosfaatbuffer (1:2:0,8) (Snajdr *et al.*, 2008). Fosfolipiden werden gescheiden met solid-phase-extractie-cartridges ((LiChrolut Si 60, 112 Merck), en de monsters werden bewerkt met een milde alkaline methanolysis. De vrij methylesters van de fosfolipidevetzuren werden geanalyseerd met een gaschromatograaf-massaspectrometer (450-GC, 240-MS ion trap detector, Varian, Walnut Creek, CA, USA). Deze GC was uitgerust met een split/splitless injector en een DB-5MS kolom werd voor scheiding gebruikt. Gemethyleerde vetzuren werden geïdentificeerd aan de hand van hun massaspectrum en vergeleken met een mix van chemische standaarden van Sigma. Schimmelbiomassa werd gekwantificeerd gebaseerd op 18:2u6, 9 inhoud (PLFA_{fung}), en bacteriële biomassa werd gekwantificeerd als de som van i14:0, i15:0, a15:0, 16:1u7t, 16:1u9, 16:1u7, 10Me-16:0, i17:0, a17:0, cy17:0, 17:0, 10Me-17:0, 10Me-18:0, en cy19:0 (PLFA_{bact}). De vetzuren die zowel in bacteriën als in schimmels gevonden worden, bijvoorbeeld 15:0, 16:0 en 18:1u7, werden uitgesloten van analyse. De verhouding tussen de biomassa van schimmels en bacteriën (F/B) werd berekend als PLFA_{fun}/PLFA_{bact}.

Voor de extractie van nematoden werd 10g bodem blootgesteld in aangepaste Baermann-trechters (Hanel, 1995) gedurende één week. Het materiaal werd daarna gefixeerd met formaldehyde en overgebracht op microscopglasjes. Nematoden werden onderverdeeld in bacterie-etters, schimmeleters, plantparasieten, predatoren, algeneters en omnivoren volgens Yates (1998).

Bodemmesofauna werd geëxtraheerd met een Tullgren-apparaat. Mesofauna werd uitgezocht onder een microscoop. Bodemmacrofauna werd geëxtraheerd met een groter Tullgren-apparaat en eveneens onder een microscoop uitgezocht.

Statistische analyse

Om individuele behandelingen te vergelijken werd een eenweg-ANOVA uitgevoerd, gevolgd door een LSD-post hoc-test. Gegevens werden log (x+1) getransformeerd voor analyse. Bij analyse van de individuele behandelingen, namen we data van verschillende locaties, maar werd locatie als random factor gebruikt. Bij analyse van verschillen tussen locaties, werden behandelingen samengenomen, met behandeling als random factor.

Voor de nematodengemeenschap en werden maturity en channel indices bereken met NINJA (Sieriebriennikov *et al.*, 2014).

2.4.4 Bemonstering sprinkhanen, wantsen en mieren

Vraagstelling

Om een beeld te kunnen krijgen van de mate van herkolonisatie worden drie groepen genomen die verschillen in dispersiecapaciteit. Wantsen zijn relatief goede dispersers (van Noordwijk *et al.* 2012b) en kunnen bovendien door het opbrengen van maaisel verspreid worden (Van Noordwijk *et al.* 2011). Herbivore wantsen zijn vaak waardplant specifiek of zijn specifiek voor een beperkte set van waardplanten. Het

vaststellen van de aan/afwezigheid van wantsen per terrein kan gebruikt worden om de mate van herkolonisatie te kunnen inschatten. In combinatie met gegevens over de aan/afwezigheid van waardplanten kan vastgesteld worden op welk niveau de kolonisatie van deze groep is na 5 jaar, ten opzichte van de referentiesituatie (Kleine Startbaan) en nabijgelegen relictpopulaties. Mieren kennen een grotere variatie in de mate van dispersiecapaciteit. Soortinformatie over de dispersiecapaciteit levert inzicht over de mate waarin isolatie een beperkende factor is. Daarnaast levert aanvullende auto-ecologische informatie belangrijke gegevens over andere beperkende lokale (a)biotische factoren. Mieren zijn hiervoor zeer geschikt, omdat de meeste soorten kolonievormend zijn en daardoor sterk plaatsgebonden zijn (van Noordwijk et al. 2012a). Van een deel van de typische graslandsoorten is bovendien bekend dat zij een beperkte dispersiecapaciteit kennen. Een groot deel van de karakteristieke soorten sprinkhanen van het heidelandschap zijn in meer of mindere mate gebonden aan het voorkomen van heischrale graslanden (Vogels *et al.*, 2011). Karakteristieke soorten zijn relatief slechte dispersers, maar kunnen door de inbreng van maaisel mogelijk wel overgebracht worden (Kiehl & Wagner, 2006; Van Noordwijk *et al.*, 2011).

Onderzochte behandelingen

In 2016 zijn in een deel van de behandelingen in het experiment Noordenveld bemonsteringen uitgevoerd op drie verschillende groepen van evertelaten: Wantsen, Sprinkhanen en Mieren. Om een beter beeld te kunnen krijgen van plaats en richting van in de ontwikkeling van fauna in de Noordenveld experimenten, zijn tevens twee aanvullende locaties bij het onderzoek betrokken. Dit is de Kleine Startbaan op de Havelterberg ('referentie'), en het direct nabij de proeflocaties gelegen, niet ontgronde deel van het Noordenveld ('omgeving'). Van de proeflocaties zijn enkel de behandelingen 'controle' (C) en 'maaisel' (M) bemonsterd. De behandelingen in de proeflocaties zijn in viervoud uitgevoerd en bemonsterd, de controle en referentie locaties zijn slechts in enkelvoud uitgezet en bemonsterd. Zij zijn daarom enkel te interpreteren als een referentiepunt waaruit (controle) of waarnaartoe (referentie) de onderzochte faunagemeenschap zich heeft ontwikkeld of naartoe zou moeten ontwikkelen. Door het ontbreken van replica's voor deze situaties zijn zij echter niet bruikbaar voor statistische analyses.

Bemonsteringsmethodieken

Wantsen zijn door middel van een gecombineerde bemonsteringsstrategie verzameld. Potvallen zijn gebruikt om de meer bodemactieve wantsen te verzamelen, bemonstering met een Vortis insectzuigsampler (Arnold, 1994) is toegepast om vegetatie bewonende wantsen te verzamelen. In ieder proefplot zijn 3 potvallen ingegraven en gevuld met een laagje 4% formaldehydeoplossing als conserveringsmiddel. Om bijvangst van gewervelden (muizen, reptielen en amfibieën) te beperken en om overmatige verdamping tegen te gaan zijn alle potvallen met een dakje afgeschermd. Potvallen zijn gedurende drie perioden ingezet met ca drie weken als vangperiode: 11 mei tot 31 mei, 5 juli tot 26 juli en 15 augustus tot 7 september. Tijdens de ophaaldata van de potvalmonsters zijn de zuigmonsters genomen. Zuigmonsters zijn gestandaardiseerd uitgevoerd door tweemaal de lengte van het proefplot te doorkruisen, eenmaal heen en eenmaal terug, waarbij de paden elkaar niet kruisen. Over dit traject is de vegetatie bemonsterd door de zuigmond van de sampler in continue maaiende beweging tijdens de loop van het traject door de vegetatie heen te bewegen.

Sprinkhanen zijn door middel van in tijd gestandaardiseerde tellingen uitgevoerd met het oppervlak van de proefplots als begrenzing van het zoekgebied. Gedurende vijf minuten zijn roepende mannetjes van alle in de plot aanwezige soorten gelokaliseerd en afzonderlijk van elkaar geïdentificeerd. Dit is uitgevoerd door in dit tijdstraject vanuit alle vier de zijden van de plots de roepende mannetjes te lokaliseren, waardoor de exacte locatie van elk individu nauwkeurig bepaald kan worden.

Mieren zijn verzameld door middel van het plaatsen van negen reageerbuisjes gevuld met een zoete lokstof. Bemonsteringen op mieren hebben plaatsgevonden op twee momenten, van 5 juni tot 8 juni en van 15 augustus tot 18 augustus.

Gegevensverzameling en -analyse

Ecologische gegevens voor soort eigenschappen analyse zijn voor de wantsen verzameld uit de verscheidene atlanten van de Nederlandse Wantsen (Aukema & Hermes, 2006, 2014, 2016), voor mieren zijn de indelingen uit van Noordwijk *et al.* (2012a) en Versluijs *et al.* (2013) gebruikt.

Gegevens zijn geanalyseerd met gebruik van het statistische software programma R (R Core Team, 2017), met gebruik making van het package "Vegan" (Oksanen *et al.*, 2017) voor uitvoering van de ordinarie-analysen. Verschillen in samenstelling van de bemonsterde wantsengemeenschap zijn geanalyseerd door middel van het uitvoeren van een ordinarie analyse. Aangezien de verkregen dataset bestond uit aantalsgegevens van bemonsterde wantsen ("count data") en deze gegevens vaak sterk afwijken van normaal verdeelde data ("metric data"), is non-metric multidimensional scaling (NMDS) als ordinarie methode gebruikt. Deze methode heeft als voordeel dat hoog-abundante soorten een minder dominante invloed uitoefenen op de ordinarie uitkomst, en middelmatig en laag abundantie soorten derhalve meer invloed uitoefenen op de ordinarie uitkomst.

2.4.5 Bemonstering en analyse bodemchemie

Bemonstering

Bodemmonsters werden als mengmonster van vier stekken van de bovenste 10 cm per plot met een guts gestoken in oktober 2013, oktober 2014 en oktober 2016. Ook de monsters die in de eerste fase werden gestoken in het najaar van 2011 in de donorgebieden (Loeb *et al.*, 2013) zijn hier ter vergelijking meegenomen.

Vochtpercentage, organische-stofconcentratie en bodemdichtheid

Het vochtpercentage van het verse bodemmateriaal werd via het vochtverlies bepaald. Dit gebeurde door in duplo bodemmateriaal te drogen gedurende 24 uur bij 70 °C. Uit het vaste volume van deze bakjes werd de bodemdichtheid berekend. De fractie organische stof in de bodem werd berekend door het gloeiverlies te bepalen. Hiertoe werd het bodemmateriaal, na drogen, gedurende 4 uur verast in een oven bij 550 °C. Het gloeiverlies komt goed overeen met de fractie organisch materiaal in de bodem.

Olsen-extractie

Plantbeschikbaar fosfaat werd met behulp van een Olsen-extractie (Olsen *et al.*, 1954) bepaald. De fosfaatconcentratie bepaald met een Olsen-extractie is sterk gecorreleerd met de opname van P door de vegetatie en geeft een goede voorspelling van de soortenrijkdom van halfnatuurlijke graslanden (Gilbert *et al.*, 2009). Voor de Olsen-extractie werd aan 3 gram droog bodemmateriaal 60 ml 0,5 mol l⁻¹ natriumbicarbonaat (NaHCO₃) toegevoegd. Gedurende 30 minuten werden de monsters uitgeschud op een schudmachine (100 r.p.m.) waarna het supernatant onder vacuüm werd verzameld met behulp van teflon poriewaterbemonsteraars. Het extract werd bij 4 °C bewaard tot verdere analyse.

Zoutextractie (NaCl-extractie)

Bij een natriumchloride(zout)-extractie worden aan het bodemadsorptiecomplex gebonden kationen verdrongen door natrium. Met deze extractie kan onder andere de pH, ammonium- en nitraatbeschikbaarheid van de bodem bepaald worden en de concentratie kationen aan het kationadsorptiecomplex van de bodem. Voor een zoutextractie werd aan 17,5 gram verse bodem 50 ml 0,2 mol l⁻¹ natriumchloride (NaCl) toegevoegd. Gedurende 60 minuten werden de monsters uitgeschud op een schudmachine (100 r.p.m.) waarna de pH werd gemeten. Het supernatant werd onder vacuüm verzameld met behulp van teflon rhizons en bewaard bij 4°C tot verdere analyse.

Waterextractie

Met behulp van een waterextractie worden makkelijk oplosbare ionen van de bodem losgemaakt. In het waterextract worden de pH en de concentratie nitraat, fosfor en kationen gemeten. De concentraties in het waterextract geven van alle extracties het meest een beeld van de beschikbaarheid van ionen en nutriënten op het moment van

monsternamen. De waterextractie werd op dezelfde wijze als de zoutextractie uitgevoerd met MilliQ-water in plaats van een NaCl-oplossing.

Bodemdestructie

Door de bodem te destructuren (ontsluiten) is het mogelijk de totale concentratie van bepaalde elementen in het bodemmateriaal te bepalen. Hiervoor werd 200 mg fijn gemalen gedroogde bodem afgewogen in teflon destructievaatjes. Aan het bodemmateriaal werd 4 ml geconcentreerd salpeterzuur (HNO_3 , 65%) en 1 ml waterstofperoxide (H_2O_2 , 30%) toegevoegd en geplaatst in een destructiemagnetron (Milestone microwave type mls 1200 mega). De monsters werden vervolgens gedestruueerd in gesloten teflon vaatjes en na afkoelen werd het destructuaat nauwkeurig overgebracht en aangevuld tot 100 ml met milliQ. De monsters werden in polyethyleenpotjes bij 4°C bewaard voor verdere analyse.

C- en N-bepaling

Voor het bepalen van de totaalconcentraties C en N in de bodem werd de bodem zeer fijn gemalen en werd circa 20 mg ingewogen voor analyse. Concentraties totaal-C en totaal-N werden bepaald met een CNS analyser (Carbo Erla Instruments, Instruments NA 1500).

Chemische analyses

Van de bodemextracten werd de pH gemeten met een standaard Ag/AgCl₂-elektrode verbonden met een Radiometer type TIM 840 Titralab. De analyses van calcium, magnesium, kalium ijzer, aluminium, silicium, zink, mangaan, totaal fosfor en totaal zwavel en Olsen-P werden uitgevoerd met behulp van Inductief Gekoppeld Plasma - Optische Emissie Spectrometrie (ICP-OES; ICAP). Nitraat ($\text{NO}_3 + \text{NO}_2$) en ammonium (zoutextract en waterextract), orthofosfaat en chloride (waterextract) werden colorimetrisch bepaald met behulp van een Bran+Luebbe AutoAnalyser 3. Natrium en kalium in het waterextract werden vlamfotometrisch bepaald.

Concentraties in de bodem zijn uitgedrukt per liter bodem omdat dit een beter beeld geeft van de daadwerkelijk voor planten beschikbare concentratie dan uitgedrukt per massa-eenheid.

Statistische analyse

Resultaten van bodemchemische analyses werden eerst getransformeerd om ze beter te laten voldoen aan een normale verdeling. Voor concentraties werden de data $\ln(x+1)$ getransformeerd. Percentages, zoals het organische stof- en vochtpercentage, werden $\arcsin(\sqrt{x})$ getransformeerd. pH-metingen werden niet getransformeerd. Verschillen tussen behandelingen werden over de gehele looptijd getoetst met een Linear Mixed Model met plots als subjects, behandeling als fixed factor en locatie en jaar als random factors om effecten van behandelingen te toetsen. Om de verschillen tussen locaties te toetsen, werd locatie als fixed factor genomen en plotnummer, jaar en behandeling als random factors. Om de effecten in de tijd te toetsen werden plotnummers als subjects en tijd als repeated factor ingegeven met respectievelijk behandeling, danwel locatie als fixed en als random factors. Verschillen tussen behandelingen werden getest met een LSD-test. Naast de afzonderlijke behandelingen werd ook het effect van het toedienen van maaisel (alle behandelingen versus de controlebehandeling) en het toedienen van bodem (verschillende bodemtoedieningsmethoden versus de behandelingen waarin geen bodem werd toegediend) getoetst. Verschillen met $p \leq 0,05$ ten opzichte van de controle werden als significante effecten van de behandeling gezien. Statistische tests werden uitgevoerd met IBM SPSS Statistics 24.

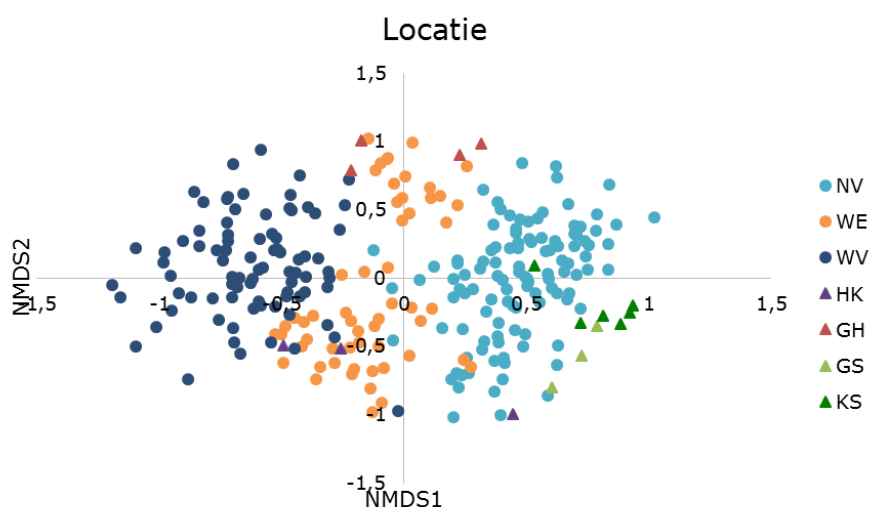
In dit hoofdstuk zijn in de figuren en tabellen de volgende afkortingen gebruikt voor de verschillende behandelingen: **C** (controle), **M** (maaisel), **M&Z** (maaisel en zaden), **M&K** (maaisel en kruiden), **M&P** (maaisel en plagjes) en **M&S** (maaisel en slurrie). Daarnaast zijn voor de locaties de volgende labels gebruikt: **NV** = Noordenveld, **WE** = Wekerom en **WF** = Wolfsven. De donorgebieden zijn als volgt afgekort: **KS** = Kleine startbaan, **GS** = Grote startbaan, **HK** = Harskamp en **GH** = Groote Heide.

2.5 Resultaten

2.5.1 Vegetatie

Globale analyse

Om in te bepalen welke factoren de verschillen in vegetatiesamenstelling in de proefvlakken het meest verklaren, is een multivariate analyse (NMDS-ordinatie) uitgevoerd waarin de vegetatie-opnames van de permanente kwadraten van alle behandelingen, alle locaties en alle jaren zijn opgenomen, naast die van de bronvegetaties voor maaisel of bodem. Door hierin de opnames weer te geven op grond van locatie (noord – midden - zuid) (figuur 2.16), en ook gedurende de hele onderzoeksperiode (tijd) is een eerste overzicht verkregen welke factor(en) de grootste invloed op de vegetatiesamenstelling hebben. De vegetatiesamenstelling verschilde sterk tussen de drie locaties ($p < 0,001$). De proefvlakken binnen iedere locatie liggen duidelijk gegroepeerd langs de horizontale as. Kortom, de lokale omstandigheden hebben een grote invloed op de vegetatiesamenstelling in de proefvlakken te hebben. Ook de tijd dat het experiment liep, had een duidelijk effect op de vegetatiesamenstelling in de proefvlakken: de opnames uit 2012 liggen bovenin de grafiek gegroepeerd, de opnames uit 2016 onderin de grafiek ($p < 0.001$) (Bijlage 2). Aangezien de verschillen tussen de locaties en over de tijd een grote invloed hebben op de vegetatiesamenstelling in de proefvlakken, zullen de effecten van de herstelbehandelingen hierna voor iedere locatie apart en worden besproken. Omdat de afmetingen van de proefvlakken voor de verschillende behandelingen, respectievelijk 8 x 8 m of 4 x 4 m, verschilden, wordt het gedeelte van het experiment waarin maaisel of maaisel + zaden zijn toegevoegd, apart besproken van het gedeelte van het experiment waar de verschillende enttechnieken voor bodem in combinatie met het inbrengen van maaisel zijn getest.

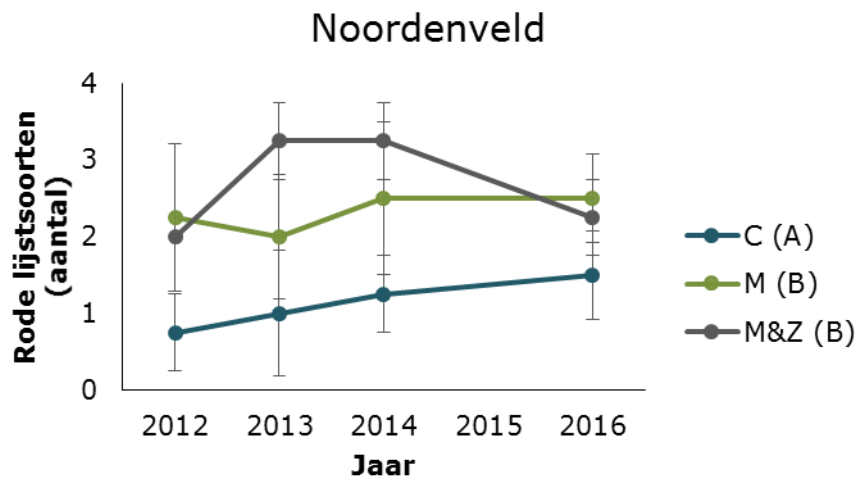
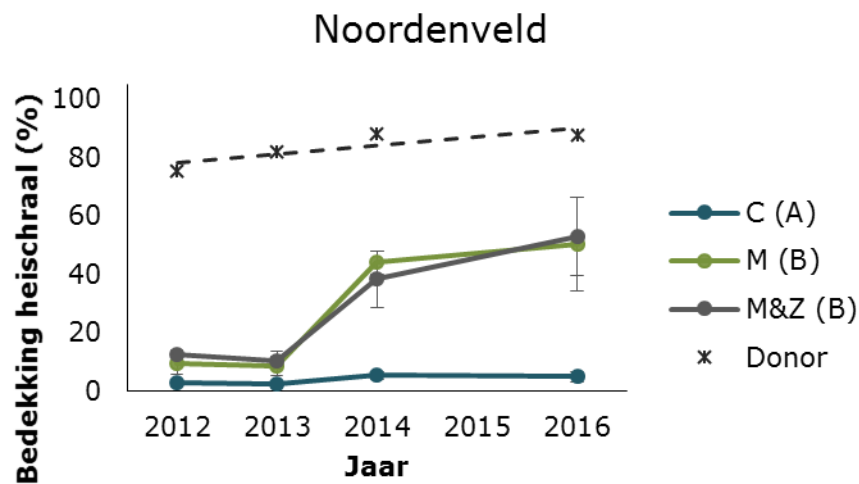
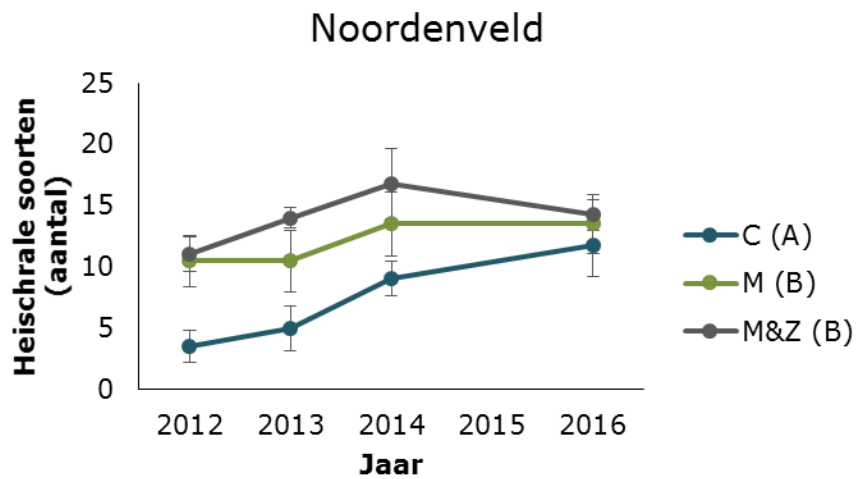


Figuur 2.16. Ordinatie (NMDS) van de vegetatiesamenstelling in alle permanente kwadraten van het experiment en donorgebieden verklaard locatie. An ordination of the vegetation composition in all permanent quadrats of the experiment and the donor locations, plotted against location.

Inbrengen van vers maaisel

In het Noordenveld (regio noord) werd de schaarse begroeide kruidlaag (gemiddeld 12,5% bedekking) in de controleproefvlakken na vijf jaar gedomineerd door Fioringras (*Agrostis stolonifera*) en kwamen Smalle weegbree (*Plantago lanceolata*), Gestreepte witbol (*Holcus lanatus*), Gewoon biggenkruid (*Hypochaeris radicata*) en Schapenzuring (*Rumex acetosella*) regelmatig voor, terwijl er slechts enkele plantjes Struikhei en Gewone dophei werden aangetroffen (tabel 2.4). Door Associa werden deze proefvlakken geclassificeerd als Dwerghaververbond (proefvlak met onder andere Zilverhaver (*Aira caryophyllea*), Dwergviltkruid (*Filago minima*) en Hondsviooltje)

(14Ba), Wilgenroosjesassociatie (34Aa), ofwel als de Klasse der Heischrale graslanden (19) (proefvlakken met Pijpenstrootje), waarvan 1x als Associatie van Liggend walstro en Schapengras (19Aa1). De proefvlakken waaraan vers maaisel is toegediend, hadden na vijf jaar een geheel ander uiterlijk dan de controlevelden. Hier was de bedekking van de kruidlaag significant hoger (rond de 60%) en domineerde Struikhei, vaak samen met Fijn schapengras. Ook behaalde Gewone dophei een hogere bedekking. Uit het maaisel vestigden zich ook Muizenoor (*Hieracium pilosella*), Veldbies (*Luzula spec.*), Blauwe knoop, Schermhavikskruid (*Hieracium umbellatum*) en Stijve ogentroost. Deze laatste soort was vooral aan het begin van het experiment frequent aanwezig en wist zich binnen vijf jaar ook naar de controleproefvlakken te verplaatsen, net als Hondsviooltje. Zowel het aantal kenmerkende heischrale soorten per proefvlak ($p < 0,001$) als de bedekking van deze soorten nam in het Noordenveld toe na het inbrengen van maaisel (figuur 2.17). Na het inbrengen van maaisel bedekten kenmerkende heischrale soorten ($p = 0,024$) na vijf jaar rond de 50 procent van de oppervlakte. Dit is nog wat lager dan in het donorgebied (Kleine startbaan), waar heischrale soorten een bedekking rond de 85 procent hadden. De bedekking met mos leek in de proefvlakken met maaisel wat lager dan in de controleproefvlakken (80 tegenover 60%), maar dit verschil was door de grote variatie in mosbedekking niet significant. Ook op het aantal Rode-lijstsoorten had de toediening van vers maaisel een significant verhogend effect. Algemene grassen, met name Gewoon struisgras (*Agrostis capillaris*), zijn na vijf jaar de categorie soorten met de hoogste bedekking in de controleproefvlakken (figuur 2.21). In de proefvlakken met maaiseltoediening lijken de verhoudingen tussen de verschillende categorieën echter al wel het meest op de verhoudingen die in het donorgebied aanwezig zijn. Op de Kleine Startbaan, de donorlocatie voor het maaisel, waren 55 hogere plantensoorten aanwezig op het gedeelte waar het maaisel is verzameld. Hiervan werden er 25 (45%) na vijf jaar nog aangetroffen in de proefvlakken met het maaisel. De donorlocatie herbergde 46 soorten die niet in de controleproefvlakken in het Noordenveld aanwezig waren. Van deze 46 soorten werd 35% in de proefvlakken met maaisel aangetroffen. Soorten die zich niet vanuit het maaisel wisten te vestigen, waren onder andere Stijf havikskruid (*Hieracium laevigatum*), Vertakte leeuwentand (*Leontodon autumnalis*), Heidekartelblad (*Pedicularis sylvestris*), Echte guldenroede, Liggende vleugeltjesbloem (*Polygala serpyllifolia*) en Kleine tijm (*Thymus serpyllum*). Tweederde van de proefvlakken waaraan vers maaisel werd toegediend kon volgens ASSOCIA na 5 jaar tot de Klasse der heischrale graslanden (19) worden gerekend. De helft van deze proefvlakken kon zelfs als de associatie van Liggend walstro en Schapengras worden gekarakteriseerd (19Aa1).



Figuur 2.17. Het aantal kenmerkende heischrale soorten (boven), hun bedekking (midden) en het aantal Rode-lijstsoorten (onder) in de proefvlakken na het opbrengen van maaisel of maaisel en zaden in het Noordenveld. De letters tussen haakjes geven weer of de behandelingen statistisch significant verschillend zijn. Blauw = controle, groen = maaisel, grijs = maaisel+zaden. Gemiddelde \pm standaarddeviatie. The number of typical Violion species (top), their cover (middle) and the number of Red List species (bottom) in the experimental plots after addition of hay or hay and seeds in the Noordenveld. Characters between brackets indicate significant differences. Blue = control, green = hay, gray = hay + seeds. Average \pm standard deviation.

Tabel 2.4. Synoptische tabel van de proefvlakken van het Noordenveld. Kopgegevens: aantal proefvlakken per behandeling, en gemiddelde bedekkingen van kruid- en moslaag en belangrijkste classificaties volgens Associa. Aanduidingen gemeenschappen verwijzen naar Schaminée et al. (1995). Gegevens tabel: percentage van proefvlakken per behandeling waarin betreffende soort is aangetroffen in 2016. Vetgedrukt: verschillen in voorkomen per behandeling. Indien er verschillen in bedekking van de soort waren, is de bedekking in superscript aangegeven (gemiddelden, omgerekend naar Braun-Blanquetschaal). Soorten die schuin gedrukt staan, waren aanwezig op de donorlocatie van het maaisel. Soorten die vetgedrukt staan, zijn met zaden ingebracht. Synoptic table of the plots of the Noordenveld. Header: number of plots, average coverage of herb and moss layer, and the three most plausible plant communities according to Associa. Community numbers see Schaminée et al. (1995). Data table: percentage of plots per treatment in which the species was found in 2016. Bold: differences in appearance between treatments. If differences were found in coverage, the coverage is indicated in superscript (means, recalculated to Braun-Blanquet scale. Species in italic: present at the donor location of the hay. Species in bold: added by seeds.

	Controle	Maaisel	Maaisel + zaad	Maaisel + bodem
n=	4	8	4	12
Bedekking kruidlaag (%)	13	60	60	59
Bedekking moslaag (%)	86	71	64	74
Belangrijkste gemeenschappen (Associa)	14Ba/19(Aa01) /34Aa	19Aa01/14Ba	19(Aa01)	19Aa01/20Aa01 D/19Aa02
<u>Klasse der heischrale graslanden</u>				
<i>Fijn schapengras</i>	100 ^r	100³	100³	100³
<i>Gewone rolklaver</i>	100	100	100	92
Stijve ogentroost	100	88	100	42
<i>Schapenzuring</i>	100	13	50	8
<i>Gewone dophei</i>	75 ^r	100^{2a}	75^{2a}	100^{2a}
<i>Pilzegge</i>	25	63	100	100
Grasklokje	25	63	100	42
<i>Tormentil</i>	25	63	75	58
Hondsviooltje	25	13		33
<i>Stekelbrem</i>	25	13		8
Blauwe knoop		100	100	50
<i>Veldbies (G)</i>		38	100	50
<i>Scherh-havikskruid</i>		38	13	42
<i>Gewone veldbies</i>			25	8
Valkruid			25	
Muizenoor			13	17
Tandjesgras				8
<u>Klasse der droge graslanden</u>				
<i>Gewoon biggenkruid</i>	100	100	100	100
<i>Smalle weegbree</i>	100	75	100	75
Zandblauwtje	50		50	8
Klein vogelpootje	50		25	67
<i>Gewoon duizendblad</i>	25	38		33
<i>Vroege haver</i>	25	25	50	
<i>Zilverhaver</i>	25			
<i>Dwergviltkruid</i>	25			
<i>Gewoon struisgras</i>		13		
<u>Klasse der matig voedselrijke graslanden</u>				
<i>Fioringras</i>	100³	100 ^{2a}	100 ^{2a}	100 ^{2a}
<i>Gestreepte witbol</i>	100	50	75	33
<i>Veldzuring</i>	75			8
<i>Pijpenstrootje</i>	50	100	50	92
<i>Pitrus</i>	50			

	<i>Controle</i>	<i>Maaisel</i>	<i>Maaisel + zaad</i>	<i>Maaisel + bodem</i>
<i>Rood zwenkgras s.s.</i>		13		
<i>Sint-Janskruid</i>		13		
<u>Klasse der droge heide</u>				
<i>Struikhei</i>	100 ^r	100³	100³	100³
<i>Kraaihei</i>		13		
<u>Klasse der kapvlakte-gemeenschappen</u>				
<i>Bochtige smele</i>	50			
<i>Wilgenroosje</i>	25		25	
<u>Overige</u>				
<i>Ruwe berk</i>	100	75	100	100
<i>Grove den</i>	100	75	50	83
<i>Trekrus</i>	75	50	50	33
<i>Sporkehout</i>	75	25	50	25
<i>Grauwe en Rossige wilg</i>	50	38	50	25
<i>Kruipwilg</i>		50	25	
<i>Zachte berk</i>			25	
<i>Duinriet</i>				8
<i>Goudlork</i>				8
<i>Krulzuring</i>				8
<i>Wilde lijsterbes</i>				8

Ook in Wekerom (regio midden) was de bedekking van de kruidlaag van de controleproefvlakken na 5 jaar laag (15-20%) (tabel 2.5). Er was veel opslag van Ruwe berk (*Betula pendula*), waartussen onder andere Schapenzuring, Fioringras (*Agrostis stolonifera*), Gewoon biggenkruid, Dwergviltkruid, Stekelbrem (*Genista anglica*) en Canadese fijnstraal (*Conyza canadensis*) stonden. Deze proefvlakken werden geclassificeerd als Wilgenroosjes-associatie (subassociatie *veronicetosum*) (34Aa01A). Onder invloed van het aanbrengen van vers maaisel nam de bedekking van de kruidlaag toe tot ongeveer 50%, waarin Fijn schapengras dominant werd. Met het maaisel deden ook Pijpenstrootje (*Molinia caerulea*) en Stijf havikskruid hun intrede. Het aantal kenmerkende heischrale soorten in de proefvlakken nam niet toe met het aanbrengen van maaisel (figuur 2.18), maar de bedekking met deze soorten nam wel significant toe. De bedekking van de heischrale soorten kwam na vijf jaar al in de richting van de bedekking die in het donorgebied Harskamp werd aangetroffen. Algemene grassen hebben in Wekerom, waar de proefvlakken tegen de bosrand zijn gelegen, na het inbrengen van maaisel een relatief klein aandeel vergeleken met de donorsite (figuur 2.21), maar het aandeel opslag van bomen en struiken is echter relatief groot.

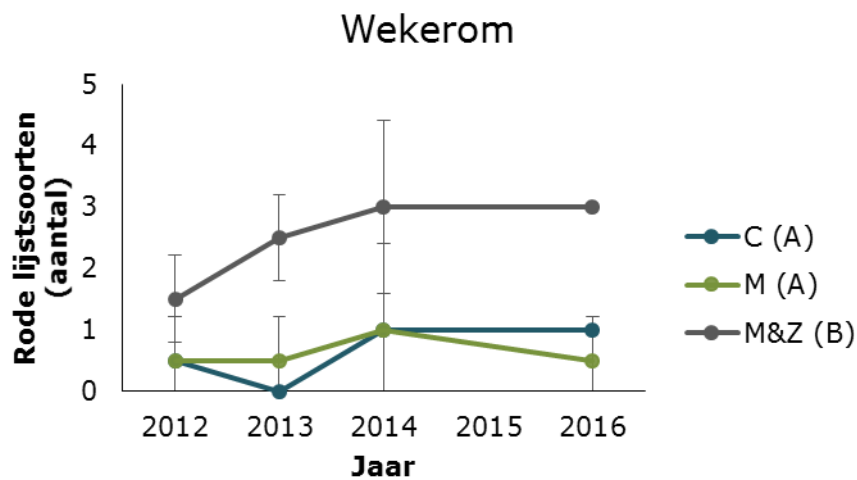
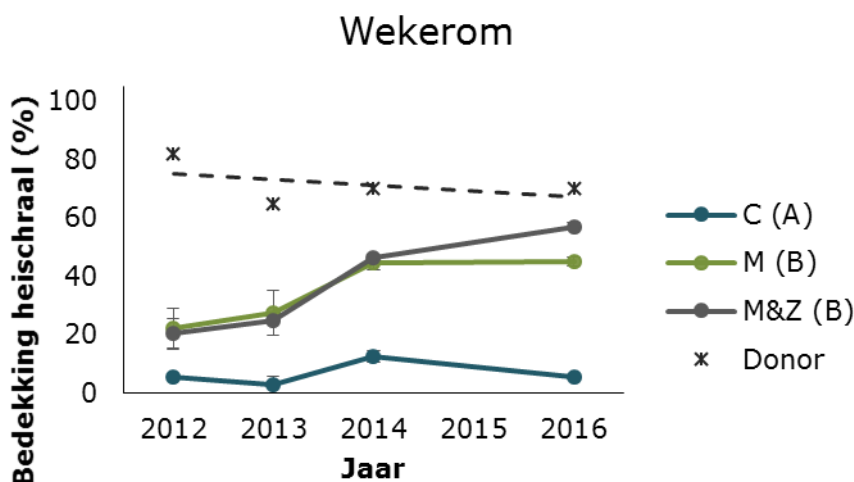
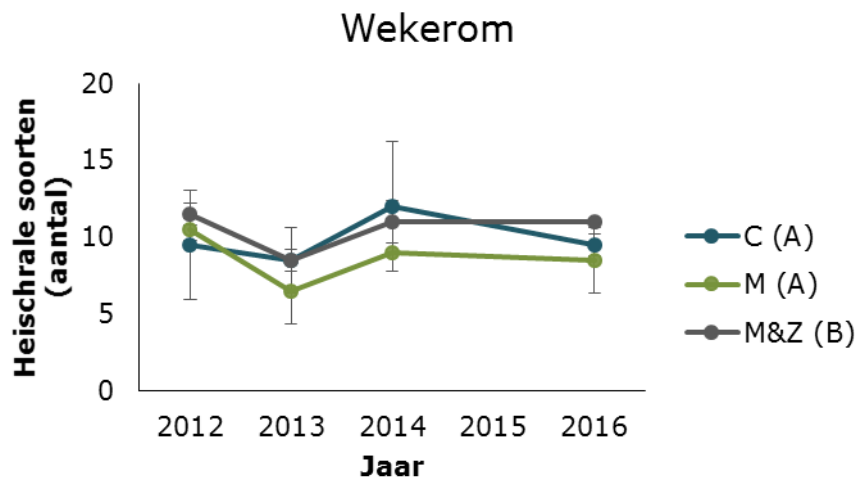
Van de 17 soorten die in totaal op het gemaaide donorterrein in Harskamp voorkwamen, werd 64% ook in de proefvlakken met maaisel in Wekerom aangetroffen. Gecorrigeerd voor de soorten die ook in de controlevlakken in Wekerom voorkwamen, werd 45% van de soorten van de donorlocatie aangetroffen. Soorten die niet meekwamen met het maaisel waren Liggend walstro, Kruipbrem, Tormentil en Schermhavikskruid.

Van de twaalf proefvlakken waaraan vers maaisel werd toegediend, werd er nog slechts één geclassificeerd als Wilgenroosjes-associatie (subassociatie *veronicetosum*) (34Aa01A). Drie proefvlakken, waaronder de twee waaraan ook zaden waren toegevoegd, werden als Associatie van Liggend walstro en Schapengras geclassificeerd (19Aa01). De overige proefvlakken werden tot het Dwerghaververbond of het Verbond van Gewoon struisgras gerekend (14Ba; 14Bb).

Tabel 2.5. Synoptische tabel van de proefvlakken van Wekerom. Kopgegevens: aantal proefvlakken per behandeling, en gemiddelde bedekkingen van kruid- en moslaag, en gemiddelde bedekkingen van kruid- en moslaag en belangrijkste classificaties volgens Associa. Aanduidingen gemeenschappen verwijzen naar Schaminée et al. (1995). Gegevens tabel: percentage van proefvlakken per behandeling waarin betreffende soort is aangetroffen in 2016. Vetgedrukt: verschillen in voorkomen per behandeling. Indien er verschillen in bedekking van de soort waren, is de bedekking in superscript aangegeven (gemiddelden, omgerekend naar Braun-Blanquetschaal). Soorten die schuin gedrukt staan, waren aanwezig op de donorlocatie van het maaisel. Soorten die vetgedrukt staan, zijn met zaden ingebracht. * Alleen aanwezig met plagjes of kruimels. Synoptic table of the plots of Wekerom. Header: number of plots, average coverage of herb and moss layer, and the three most plausible plant communities according to Associa. Community numbers see Schaminée et al. (1995). Data table: percentage of plots per treatment in which the species was found in 2016. Bold: differences in appearance between treatments. If differences were found in coverage, the coverage is indicated in superscript (means, recalculated to Braun-Blanquet scale). Species in italic: present at the donor location of the hay. Species in bold: added by seeds. * Only present with sods or crumbs.

	Controle	Maaisel	Maaisel + zaad	Maaisel + bodem
n=	2	4	2	6
Bedekking kruidlaag (%)	18	49	60	44
Bedekking moslaag (%)	58	2	6	33
Belangrijkste gemeenschappen (Associa)	34Aa01a	19Aa01/14Ba	19Aa01	14Ba/14Bb01A
<u>Klasse der heischrale graslanden</u>				
<i>Fijn schapengras</i>	100 ⁺	100³	100³	100³
<i>Stekelbrem</i>	100	50	10	83
Veldbies (G)	50	25	50	
<i>Pilzegge</i>	50	25		50
Mannetjesereprijs	50			
Stijf havikskruid		100	100	83
<i>Gewone dophei</i>			100	
Stijve ogentroost			100	
Blauwe knoop			100	
Tandjesgras				67*
<i>Borstelgras</i>				67*
<u>Klasse der droge graslanden</u>				
<i>Schapenzuring</i>	100	100	100	100
<i>Gewoon biggenkruid</i>	100	100	100	100
Dwergviltkruid	100	75	50	83
Klein vogelpootje	50	25	100	33
<i>Gewoon struisgras</i>	50	25		33
Jakobskruiskruid s.l.	50	25		33
Gewoon duizendblad	50	25		
Gewone & Glanzende hoornbloem	50			
Hopklaver		25		33
Hazenpootje		25		33
Duits viltkruid				33
Muurpeper				17
<u>Klasse der matig voedselrijke graslanden</u>				
Fioringras	100	75		100
Gestreepte witbol	100			17
Kropaar	50			17
Paardenbloem (G)	50			
Pitrus	50			
Akkerdistel	50			
<i>Pijpenstrootje</i>		25		67
Gewoon reukgras		25		

	<i>Controle</i>	<i>Maaisel</i>	<i>Maaisel + zaad</i>	<i>Maaisel + bodem</i>
<u>Klasse der droge heiden</u>				
<i>Struikhei</i>	100	75		100
<u>Klasse der kapvlaktegemeenschappen</u>				
Bochtige smele	100			17
Bosdroogbloem	50	50		17
<u>Overige</u>				
Grove den	100	100	100	100
Goudlork	100	100	50	100
Ruwe berk	100	100		100
Canadese fijnstraal	100	75		67
Grauwe & Rossige wilg	100	50	50	
Zomereik	50	25		17
Smalle weegbree	50			17
Glad vingergras	50			
Kantige basterdwederik s.l.	50			
Grote & Getande weegbree	50			
Gewone brunel		25		17
Populier (G)			50	
Witte klaver				50
<i>Gewone braam</i>				17
<i>Klein streepzaad</i>				17



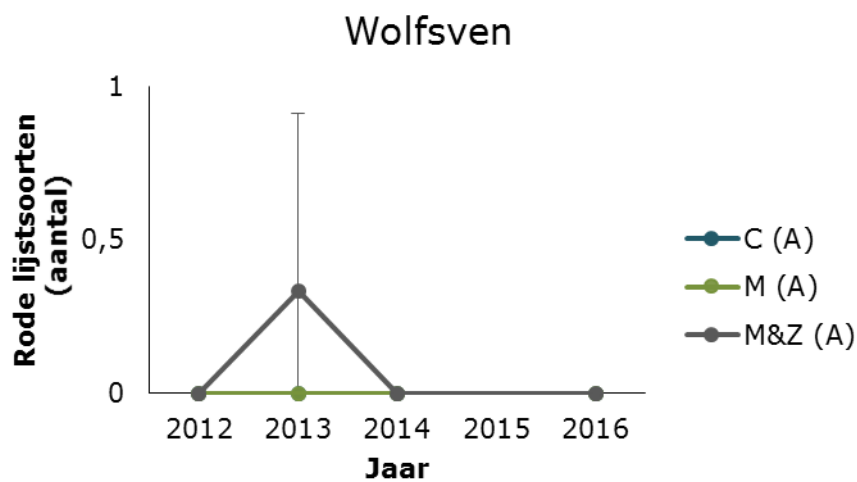
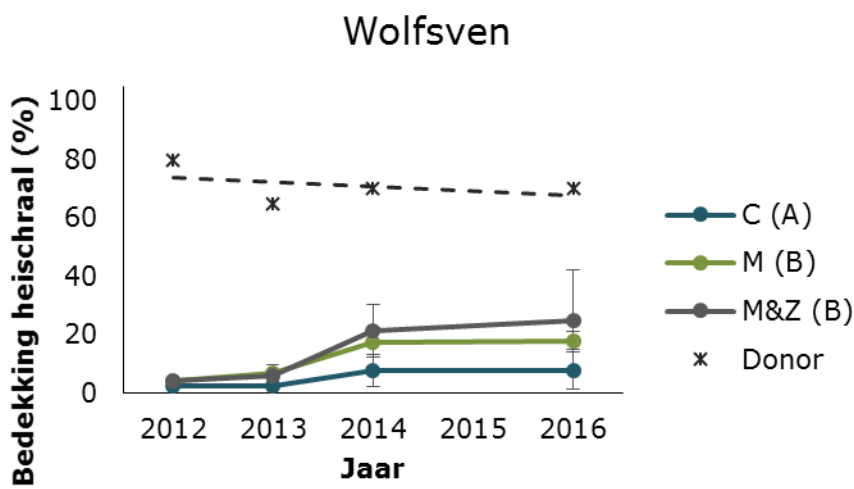
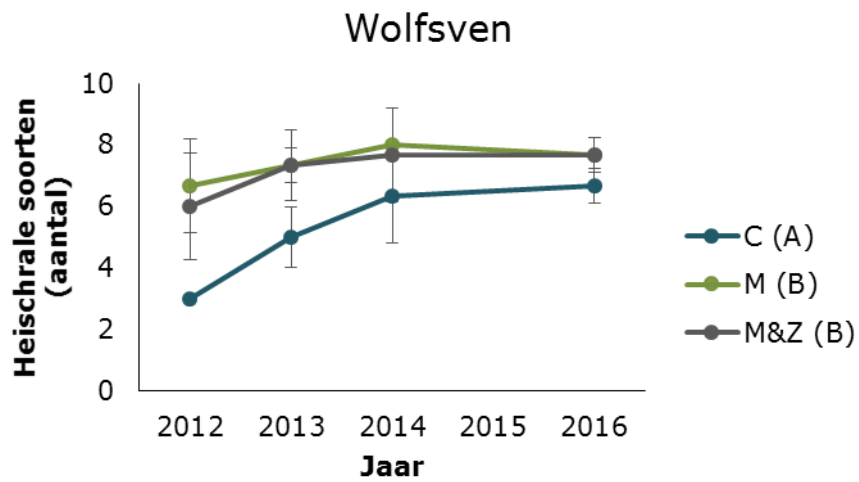
Figuur 2.18. Het aantal kenmerkende heischrale soorten (boven), hun bedekking (midden) en het aantal Rode-lijstsoorten (onder) in de proefvlakken na het opbrengen van maaisel of maaisel en zaden in het Wekerom. De letters tussen haakjes geven weer of de behandelingen statistisch significant verschillend zijn. Blauw = controle, groen = maaisel, grijs = maaisel+zaden. Gemiddelde \pm standaarddeviatie. The number of typical Violion species (top), their cover (middle) and the number of Red List species (bottom) in the experimental plots after addition of hay or hay and seeds in Wekerom. Characters between brackets indicate significant differences. Blue = control, green = hay, gray = hay + seeds. Average \pm standard deviation.

In het Wolfsven (regio zuid) nam het aantal kenmerkende heischrale soorten ($p = 0,028$) en hun bedekking eveneens toe na het inbrengen van maaisel. In het Wolfsven waren de controleproefvlakken schaars begroeid met Struikhei, Bezemkruid (*Senecio inaequidens*), Fioringras en Schapenzuring (tabel 2.6). Door de nog schaarse begroeiing is classificatie van de opnamen lastig. In de proefvlakken waarin vers maaisel is uitgelegd, was Struikhei nog steeds de belangrijkste bedekkende soort, maar komen Fijn schapengras, Veldbies en Schapenzuring in ongeveer evenhoge bedekkingen voor. De totale bedekking van de kruidlaag was met ongeveer 30% gemiddeld drie keer zo hoog als in de controleproefvlakken. Met het maaisel vestigden zich ook Grasklokje (*Campanula rotundifolia*), Zandzegge (*Carex arenaria*), Geel walstro (*Galium verum*), Sint Janskruid (*Hypericum perforatum*), Gewoon biggenkruid, Hopklaver (*Medicago lupulina*), Muurpeper (*Sedum acre*) en Jacobskruid (*Senecio jacobea*). Zowel het aantal als de bedekking met heischrale soorten nam toe met het aanbrengen van vers maaisel (figuur 2.19). Het aandeel van de verschillende soortcategorieën in de proefvlakken met maaisel kwamen na 5 jaar ongeveer overeen met de verhoudingen in het donorgebied. De bedekking is echter 4 - 5x lager (figuur 2.21). In de donorvegetaties van de Grootte Heide waren 74 hogere plantensoorten aanwezig. Hiervan werden 21 soorten (28 %) teruggevonden in de proefvlakken met maaisel. Als alleen soorten worden geteld die niet in de controleproefvlakken voorkwamen, werd slechts 18% van de soorten uit de donorlocaties aangetroffen. Soorten die niet met het maaisel werden overgebracht, waren onder andere Rapunzelklokje (*Campanula rapunculus*), Klein streepzaad (*Crepis capillaris*), Duits viltkruid (*Filago vulgaris*), Kruipbrem (*Genista pilosa*), Bleekgele droogbloem (*Gnaphalium luteo-album*), Muizenoor, Vertakte leeuwentang, Geelhartje (*Linum catharticum*), Tandjesgras, Hazenpootje (*Trifolium arvense*), Wilde marjolein (*Origanum vulgare*) en Brem (*Cytisus scoparius*). Net als de donorlocaties op de Grootte Heide kon ongeveer één derde van de proefvlakken met maaisel worden gekarakteriseerd als Dwerghaververbond (14Ba). Ongeveer evenveel proefvlakken met maaisel vielen in de Klasse der droge heide en twee proefvlakken werden door Associa toegekend aan de Associatie van Klokjesgentiaan en Borstelgras (19Aa02).

Tabel 2.6. Synoptische tabel van de proefvlakken van het Wolfsven. Kopgegevens: aantal proefvlakken per behandeling, en gemiddelde bedekkingen van kruid- en moslaag, en gemiddelde bedekkingen van kruid- en moslaag en belangrijkste classificaties volgens Associa. Aanduidingen gemeenschappen verwijzen naar Schaminée et al. (1995). Gegevens tabel: percentage van proefvlakken per behandeling waarin betreffende soort is aangetroffen in 2016. Vetgedrukt: verschillen in voorkomen per behandeling. Indien er verschillen in bedekking van de soort waren, is de bedekking in superscript aangegeven (gemiddelden, omgerekend naar Braun-Blanquetschaal). Soorten die schuin gedrukt staan, waren aanwezig op de donorlocatie van het maaisel. Soorten die vetgedrukt staan, zijn met zaden ingebracht. * Alleen aanwezig met plagjes of kruimels. Synoptic table of the plots of the Wolfsven. Header: number of plots, average coverage of herb and moss layer, and the three most plausible plant communities according to Associa. Community numbers see Schaminée et al. (1995). Data table: percentage of plots per treatment in which the species was found in 2016. Bold: differences in appearance between treatments. If differences were found in coverage, the coverage is indicated in superscript (means, recalculated to Braun-Blanquet scale. Species in italic: present at the donor location of the hay. Species in bold: added by seeds. * Only present with sods or crumbs.

	Controle	Maaisel	Maaisel + zaad	Maaisel + bodem
n=	3	6	3	9
Bedekking kruid laag (%)	12	25	32	35
Bedekking moslaag (%)	52	65	70	61
Belangrijkste gemeenschappen (Associa)	19/14/41RG	14Ba/20	19Aa02/18Aa02 /20Aa01D	14Ba/20/14Bb01
<u>Klasse der heischrale graslanden</u>				
Fijn schapengras	100 ^r	100^{2a}	100^{2a}	100^{2a}
Schapenzuring	100	100	100	100
Gewone rolklaver	33	83	100	44

	<i>Controle</i>	<i>Maaisel</i>	<i>Maaisel + zaad</i>	<i>Maaisel + bodem</i>
<i>Stijf havikskruid</i>	33		100	
<i>Veldbies (G)</i>		100	100	100
Hondsviooltje		17		
<i>Grasklokje</i>		17		
Pilzegge				56*
<i>Tandjesgras</i>				33*
Tormentil				11
Ruige leeuwentand				11
<u>Klasse der droge graslanden</u>				
Kleine leeuwentand	33	100	33	56
Dwergviltkruid	33	17		33
Vroege haver	33	17		11
Buntgras	33			
<i>Smalle weegbree</i>		83	68	100
<i>Geel walstro</i>		67		44
<i>Gewoon biggenkruid</i>		50		11
<i>Zandzegge</i>		17		22
<i>Jakobskruiskruid s.l.</i>		17		11
Zilverhaver		17		
<i>Zandblauwtje</i>			33	
<i>Muurpeper</i>				22
<i>Hopklaver</i>				11
<u>Klasse der matig voedselrijke graslanden</u>				
Fioringras	100	100	100	100
<i>Pijpenstrootje</i>	100	33	67	33
Rood zwenkgras s.s.	33			11
Pitrus	33			
<u>Klasse der droge heiden</u>				
<i>Struikhei</i>	100	100	100	100
<u>Klasse der kapvlaktegemeenschappen</u>				
<i>Bochtige smele</i>	67			
Gladde witbol	33			11
Wilgenroosje	33			
<u>Overige</u>				
Bezemkruiskruid	100	67		67
<i>Ruwe berk</i>	67	83	100	67
Gewone braam	67	50	67	22
Sporkehout	33	17		22
Duinriet	33			
Kantige basterdwederik s.l.	33			
<i>Sint-Janskruid</i>		17		44
Oranje havikskruid			33	
<i>Canadese fijnstraal</i>				22
<i>Grove den</i>				22
Zachte berk				11
Greppelrus				11
Populier (G)				11
Wilde lijsterbes				11



Figuur 2.19. Het aantal kenmerkende heischrale soorten (boven), hun bedekking (midden) en het aantal Rode-lijstsoorten (onder) in de proefvlakken na het opbrengen van maaisel of maaisel en zaden in het Wekerom. De letters tussen haakjes geven weer of de behandelingen statistisch significant verschillend zijn. Blauw = controle, groen = maaisel, grijs = maaisel+zaden. Gemiddelde \pm standaarddeviatie. The number of typical Violion species (top), their cover (middle) and the number of Red List species (bottom) in the experimental plots after addition of hay or hay and seeds in Wolfsven. Characters between brackets indicate significant differences. Blue = control, green = hay, gray = hay + seeds. Average \pm standard deviation.

Het toedienen van zaden

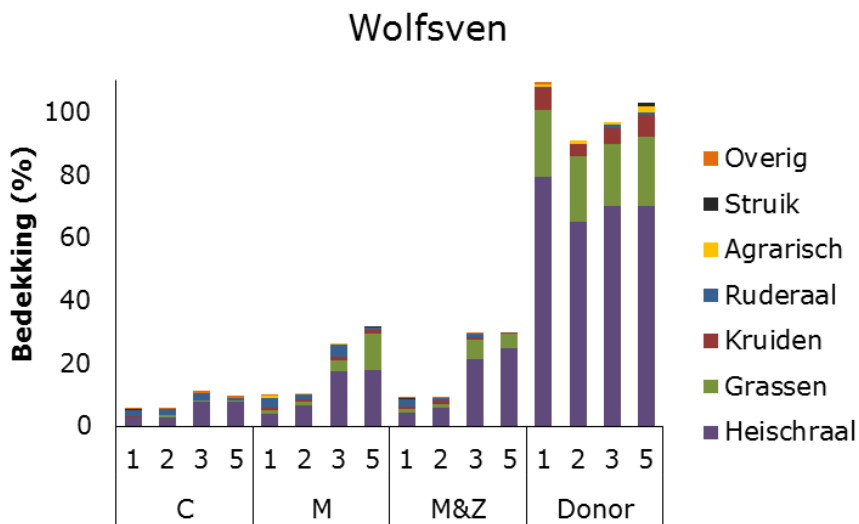
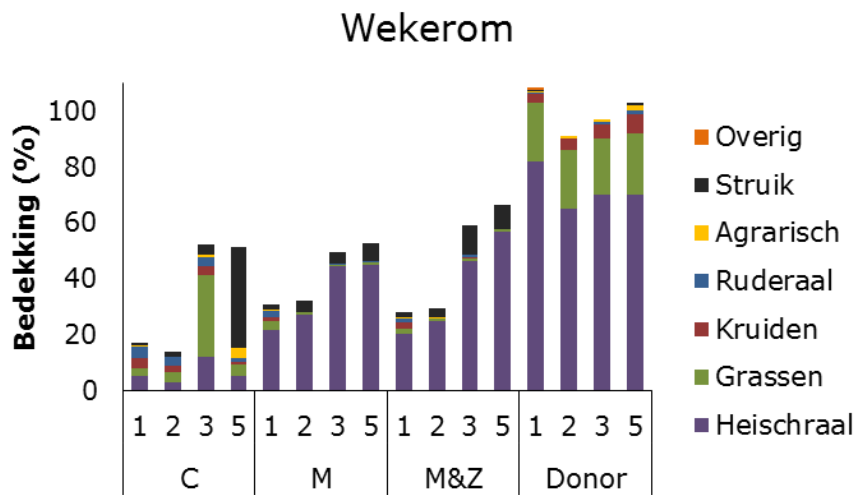
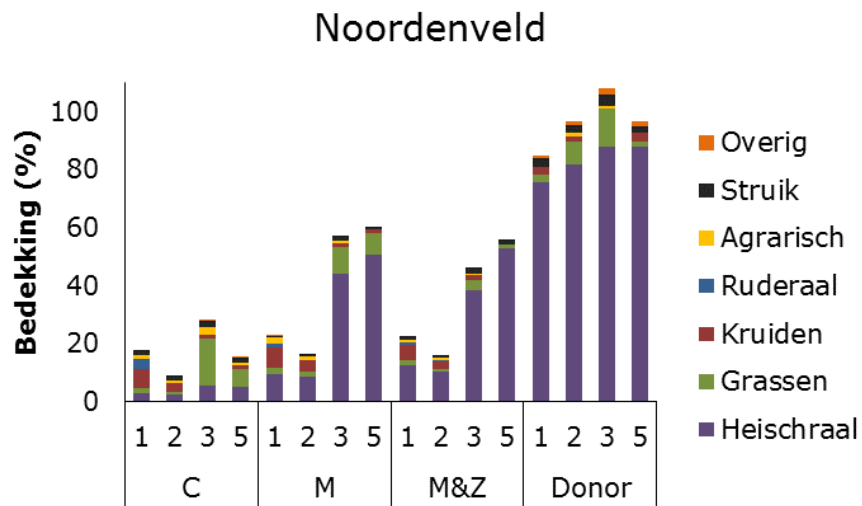
In het Noordenveld vestigden zich slechts enkele soorten blijvend (tabel 2.7 en Bijlage 3). Een aantal van de met zaden ingebrachte soorten is gedurende de looptijd van het experiment niet waargenomen (zoals Echte guldenroede), of slechts éénmaal waargenomen (Liggende vleugeltjesbloem en Kleine tijm (*Thymus serpyllum*)). Valkruid is in groten getale gekiemd in het eerste jaar van het experiment, maar na 5 jaar werden in totaal slechts drie exemplaren teruggevonden (figuur 2.20). Na 1-2 jaar werden bijna alle planten van Valkruid geel en stierven af.



Figuur 2.20. Eén van de nog aanwezige Valkruid-planten in de M&Z-behandeling op het Noordenveld in 2017 (foto R. Bobbink). One of the still present specimen of *Arnica montana* in the treatment with hay and seeds in the Noordenveld in 2017. Picture R. Bobbink.

In Wekerom vestigden zich Blauwe knoop, Klein vogelpootje en Stijve ogentroost uit zaad. In het Wolfsven werden na vijf jaar nog Stijf havikskruid en Zandblauwtje (*Jasione montana*) aangetroffen. De meeste ingebrachte zaden zijn in het Wolfsven niet aangeslagen. Geelhartje werd slechts eenmaal waargenomen. Opvallend is dat in geen van de drie locaties Tandjesgras uit het zaad is opgekomen.

Het aanbrengen van zaden had alleen in Wekerom een significant additioneel effect op het aantal heischrale soorten en het aantal Rode-lijstsoorten in de proefvlakken (figuur 2.18). Op de bedekking met heischrale soorten was er geen effect. In het Noordenveld en het Wolfsven werden geen significante verschillen voor het aantal Rode-lijstsoorten, het aantal heischrale soorten of de bedekkingen gevonden vergeleken met alleen toediening van maaisel.



Figuur 2.21. De bedekkingen van de verschillende categorieën soorten in de proefvlakken na het inbrengen van maaisel of maaisel en zaden en in het donorgebied. De getallen 1 tot 5 geven de jaren sinds de start van het experiment weer.

The cover of different species categories in the experimental plots after the addition of hay or hay and seeds and in the donor location. The numbers 1 to 5 depict the years since the start of the experiment.

Tabel 2.7. Aanwezigheid in 2016 van als zaad in 2011 aangebrachte plantensoorten. - = niet (meer) aanwezig, + = aanwezig, ~ = aanwezig, maar evenveel als in andere proefvlakken. Lege vakjes = soort niet toegevend. Presence in 2016 of species introduced by seeds in 2011. - = not present (anymore), + = present, ~ = present, but in same numbers as in other plots. Empty cells = species not sown.

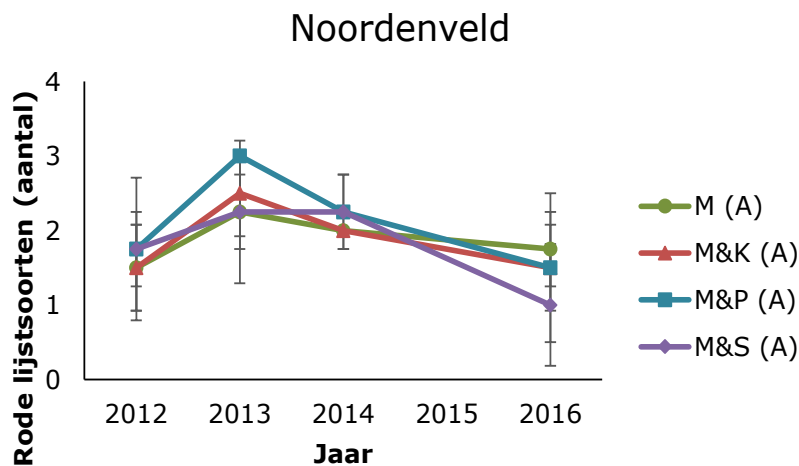
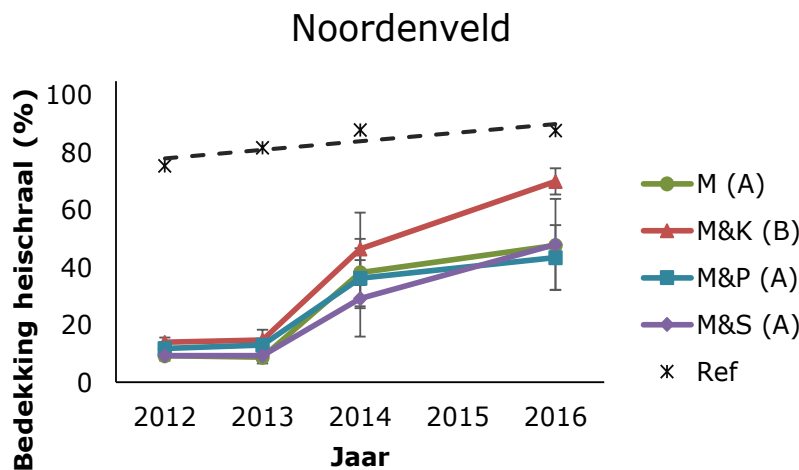
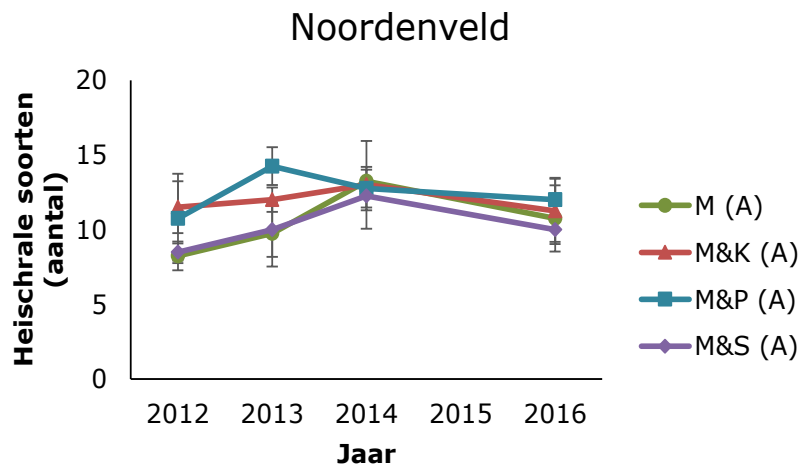
Soort	Noordenveld	Wekerom	Wolfsven
Blauwe knoop	~	+	
Echte guldenroede	-		
Grasklokje	~		
Hondsviooltje	-		
Klein vogelpootje	~	+	
Liggend walstro	-		
Liggende vleugeltjesbloem	-		
Mannetjesereprijs	-	-	
Muizenoor	~		-
Stijve ogentroost	~	+	
Tandjesgras	-	-	-
Valkruid	+		
Kleine tijm	-		
Zandblauwtje	~		~
Stijf havikskruid		~	+
Donderkruid			-
Duits viltkruid			-
Geelhartje			-
Gewone rolklaver			~
Hazenpootje			-
Rapunzelklokje			-

Conclusies inbrengen vers maaisel en zaden

- In alle drie de regio's heeft het inbrengen van vers maaisel een sterk positief effect op de bedekking door kenmerkende heischrale soorten
- De vegetatiesamenstelling is 5 jaar na het opbrengen van vers maaisel goed vergelijkbaar met die in de donorgebieden, al is de bedekking van de kruidlaag nog wel lager
- In twee van de drie onderzoeksgebieden (het Noordenveld en het Wolfsven) leidt het inbrengen van vers maaisel tot meer heischrale soorten per oppervlak
- Opbrengen van zaden uit de regio heeft weinig additionele effecten op de ontwikkeling van vegetatieparameters, alleen in Wekerom is het aantal heischrale soorten hoger na het inbrengen van zaden; enkele Rode-lijstsoorten hebben zich echter wel weten te vestigen
- De verschillen in soortensamenstelling tussen de drie onderzoekslocaties zijn aanzienlijk

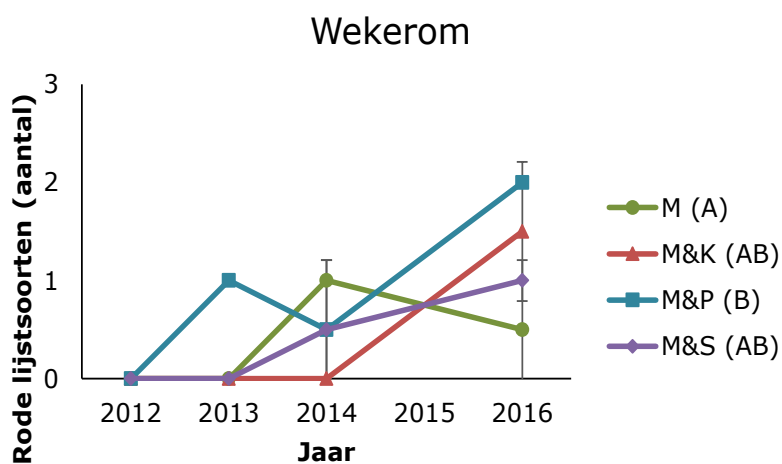
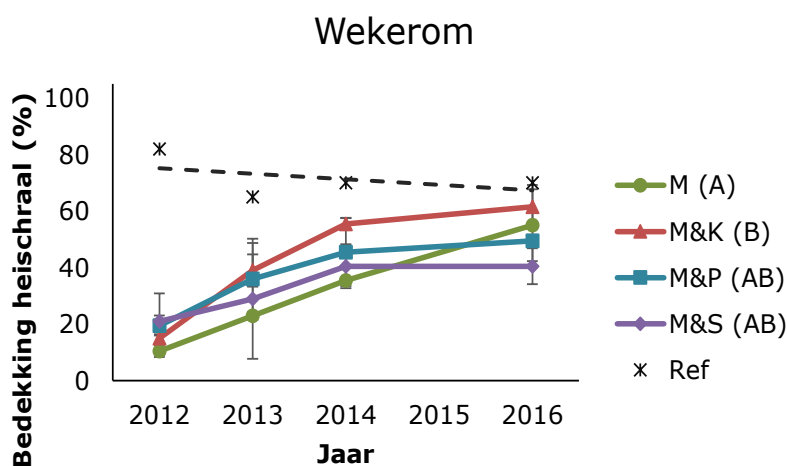
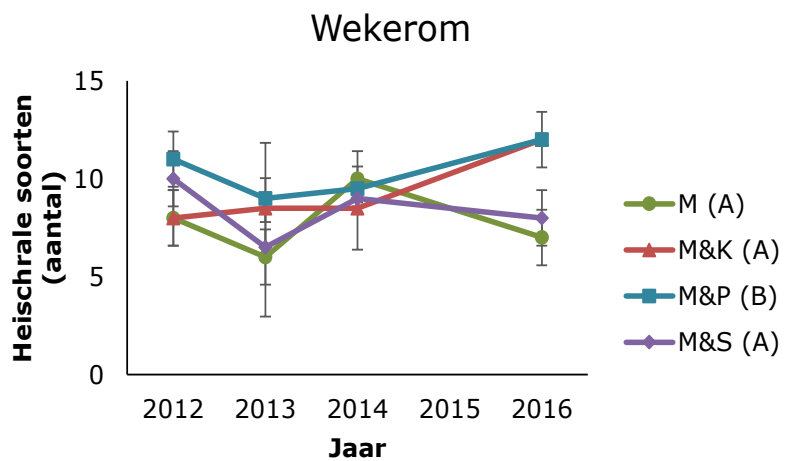
Enten met bodem

Net als de proefvlakken met alleen maaisel, zijn de proefvlakken in het Noordenveld waaraan ook nog bodem is toegediend na vijf jaar te karakteriseren als vegetaties van de Klasse der Heischrale graslanden of de Klasse der Droge heiden. De soortensamenstelling van proefvlakken met bodeminoculatie verschilden dan ook niet van de proefvlakken met alleen maaisel in het Noordenveld. Alleen Tandjesgras werd in één proefvlak met bodemplagjes aangetroffen, en verder nergens in de proefvlakken (tabel 2.4). De bedekking met heischrale soorten was in de proefvlakken waarin bodemkruiden werden toegediend na 5 jaar met 70% significant hoger dan in de overige proefvlakken (circa 50%) (figuur 2.22). Met name Struikhei had hier met een bedekking van meer dan 50% een veel hogere bedekking dan in andere proefvlakken. In het Noordenveld was de bedekking door de kruidlaag na het inbrengen van verkruid bodemmateriaal (76%) significant hoger in vergelijking met de andere behandelingen (gemiddeld 50-60%) ($p = 0,011$). De bedekking door de moslaag was significant hoger na het inbrengen van plagjes dan na het inbrengen van verkruid bodemmateriaal (87 versus 57%). De bedekking door de moslaag in de proefvlakken waar alleen maaisel of maaisel en slurrie zijn toegevoegd verschilde echter niet significant van de behandelingen met plagjes of kruiden.



Figuur 2.22. Het aantal kenmerkende heischrale soorten (boven), hun bedekking en de bedekking op de donorlocatie (midden) en het aantal Rode-lijstsoorten (onder) na het inbrengen van maaisel in combinatie met verschillende enttechnieken voor bodem en in het donorgebied in het Noordenveld. Groene cirkels = maaisel, rode driehoekjes = maaisel + kruimels, blauwe vierkantjes = maaisel + plagjes, paarse ruiten = maaisel + slurry, zwarte sterretjes en stippellijn = donorlocatie. De letters tussen haakjes geven weer of de behandelingen statistisch significant verschillend zijn. Gemiddelde \pm standaarddeviatie. The number of typical Violion species (top), their cover and the cover in the donor area (middle) and the number of Red List species (bottom) in the experimental plots after hay addition in combination with the different soil inoculation techniques in the Noordenveld. Green circles = hay, red triangles = hay + crumbs, blue squares = hay + sods, purple diamonds = hay + slurry, black stars and dotted line = donor location. Characters between brackets indicate significant differences. Average \pm standard deviation.

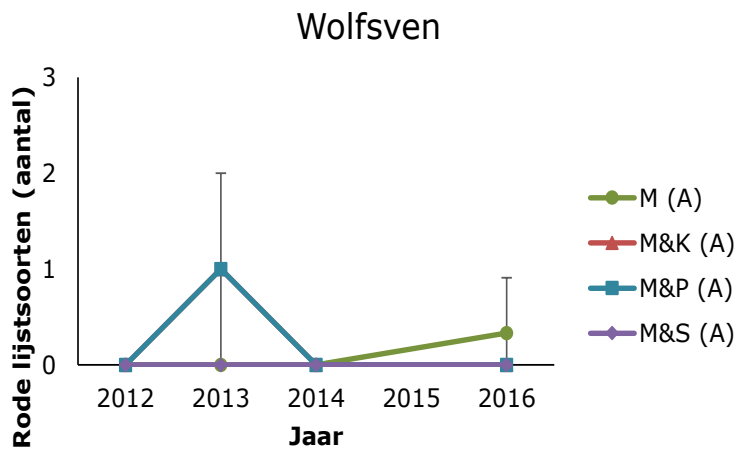
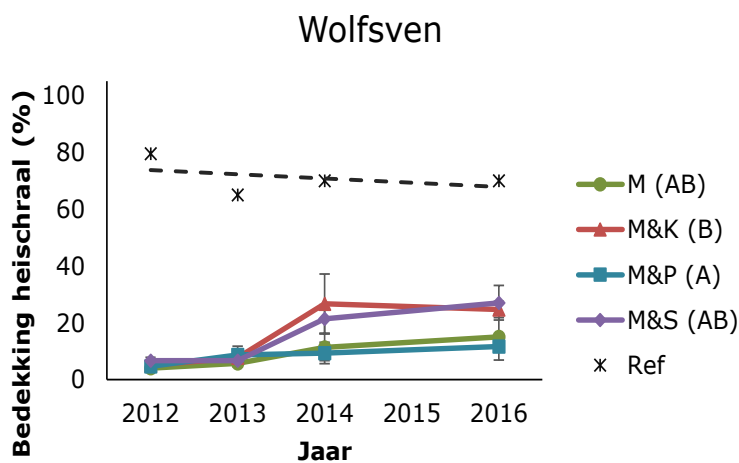
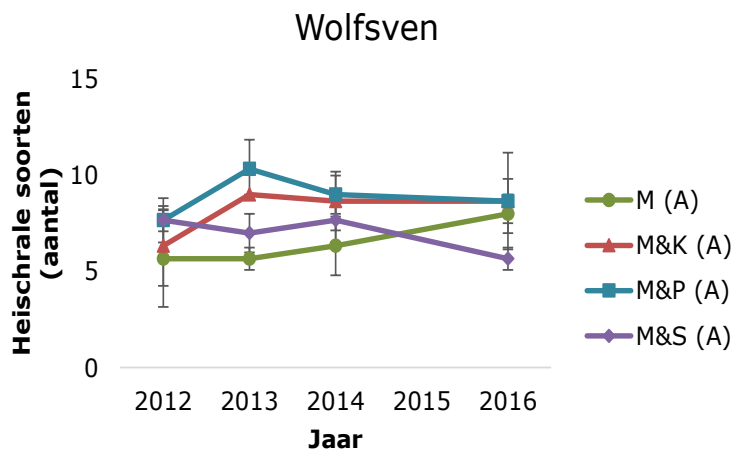
In Wekerom was de soortensamenstelling van de proefvlakken met bodeminoculatie ook vergelijkbaar met de proefvlakken waarin alleen maaisel was toegediend. Zowel Tandjesgras als Borstelgras kwamen echter alleen voor in proefvlakken waaraan bodem in de vorm van plagjes of kruimels was aangebracht (tabel 2.5). Het aantal kenmerkende heischrale soorten (figuur 2.23) en aantal Rode-lijstsoorten (figuur 2.23) was in proefvlakken met bodemplagjes en maaisel significant hoger dan in proefvlakken met alleen maaisel. Borstelgras is de enige Rode-lijstsoort die enkel is overgebracht met bodemmateriaal. Vanaf het eerste jaar van het experiment is deze soort aangetroffen op een aantal plagjes in Wekerom, in het vijfde jaar ook bloeiend. In Bijlage 3 zijn de Rode-lijstsoorten opgenomen die zijn gevonden in de proefvlakken waar de enttechnieken met bodem zijn toegepast. De bedekking met heischrale soorten verschilde echter juist in de proefvlakken met bodemkruimels significant van de proefvlakken met alleen maaisel (figuur 2.23). Met name Struikhei en Fijn schapengras behaalden een hogere bedekking. In Wekerom was de bedekking van de kruidlaag niet significant verschillend met bodemkruimels ($p = 0,373$), al valt hier een kanttekening bij te maken. Gedurende de eerste drie jaar van het experiment is de bedekking door de kruidlaag hoger na het inbrengen van verkruid bodemmateriaal, in het vijfde jaar is de bedekking door de kruidlaag in één van de twee proefvlakken waar verkruid bodemmateriaal is ingebracht veel lager door het gewoel van wilde zwijnen. Zonder deze verstoring zou de bedekking van de kruidlaag waarschijnlijk ook in Wekerom significant hoger zijn na het inbrengen van verkruid bodemmateriaal. In tegenstelling tot de andere locaties is de bedekking door de moslaag in Wekerom juist hoger na het inbrengen van verkruid bodemmateriaal ten opzichte van het inbrengen van maaisel ($p = 0,029$). Opvallend was dat de bedekking van de moslaag in de controleproefvlakken (zonder maaisel) ook groter was dan in de rest van de proefvlakken.



Figuur 2.23. Het aantal kenmerkende heischrale soorten (boven), hun bedekking en de bedekking op de donorlocatie (midden) en het aantal Rode-lijstsoorten (onder) na het inbrengen van maaisel in combinatie met verschillende enttechnieken voor bodem en in het donorgebied in Wekerom. Groene cirkels = maaisel, rode driehoekjes = maaisel + kruimels, blauwe vierkantjes = maaisel + plagjes, paarse ruiten = maaisel + slurrie, zwarte sterretjes en stippellijn = donorlocatie. De letters tussen haakjes geven weer of de behandelingen statistisch significant verschillend zijn. Gemiddelde \pm standaarddeviatie. The number of typical Violion species (top), their cover and the cover in the donor area (middle) and the number of Red List species (bottom) in the experimental plots after hay addition in combination with the different soil inoculation techniques in Wekerom. Green circles = hay, red triangles = hay + crumbs, blue squares = hay + sods, purple diamonds = hay + slurry, black stars and dotted line = donor location. Characters between brackets indicate significant differences. Average \pm standard deviation.

De soortensamenstelling in het Wolfsven was met bodeminoculatie en maaisel vergelijkbaar met de samenstelling met alleen maaisel (tabel 2.6). Hier kwamen Tandjesgras en Pilzegge echter alleen voor in proefvlakken waar bodemkruimels of -plagjes waren aangebracht. De bedekking met heischrale soorten was met de toevoeging van kruimels met 27% hoger dan met alleen maaisel (12%) (figuur 2.24). Hier was het met name Fijn schapengras dat voor een hogere bedekking zorgde. In het Wolfsven is het verschil in bedekking van de kruidlaag niet significant ($p = 0,119$), maar de post-hoc analyse van de behandelingen laat een significant hogere bedekking door de kruidlaag zien na het inbrengen van verkruimeld bodemmateriaal (47% bedekking) ten opzichte van het inbrengen van alleen maaisel (28% bedekking) ($p = 0,025$). Net als in het Noordenveld had de behandeling met plagjes een hogere bedekking met mos (79%) dan met bodemkruimels (40%).

Op alle drie de locaties bleven de verhoudingen tussen verschillende categorieën soorten na het toepassen van de verschillende enttechnieken vergelijkbaar met de verhoudingen na het inbrengen van maaisel (Bijlage 4). De hogere bedekking door heischrale soorten na het inbrengen van verkruimeld bodemmateriaal (M&K) is duidelijk zichtbaar maar ondanks deze toename was de bedekking met heischrale soorten in de proefvlakken nog wel lager dan in de donorgebieden.



Figuur 2.24. Het aantal kenmerkende heischrale soorten (boven), hun bedekking en de bedekking op de donorlocatie (midden) en het aantal Rode-lijstsoorten (onder) na het inbrengen van maaisel in combinatie met verschillende enttechnieken voor bodem en in het donorgebied het Wolfsven. Groene cirkels = maaisel, rode driehoekjes = maaisel + kruimels, blauwe vierkantjes = maaisel + plagjes, paarse ruiten = maaisel + slurrie, zwarte sterretjes en stippellijn = donorlocatie. De letters tussen haakjes geven weer of de behandelingen statistisch significant verschillend zijn. Gemiddelde \pm standaarddeviatie. The number of typical Violion species (top), their cover and the cover in the donor area (middle) and the number of Red List species (bottom) in the experimental plots after hay addition in combination with the different soil inoculation techniques in Wolfsven. Green circles = hay, red triangles = hay + crumbs, blue squares = hay + sods, purple diamonds = hay + slurry, black stars and dotted line = donor location. Characters between brackets indicate significant differences. Average \pm standard deviation.

Conclusies enttechnieken bodem

- Het opbrengen van verkruid bodemmateriaal leidt in alle drie onderzoekslocaties tot een significant hogere bedekking van kenmerkende heischrale soorten en van de kruidlaag. Met name Struikhei en Fijn schapengras kunnen met verkruid bodemmateriaal een beduidend hoger bedekking hebben;
- Door de hogere bedekking van de kruidlaag, is de bedekking met mossen (Gewoon haarmos) op de meeste plekken lager;
- Het aantal soorten uit het heischrale milieu wordt niet significant beïnvloed door bodementen. Alleen met het inbrengen van plagjes wordt het totaal aantal soorten in enkele locaties verhoogd;
- Met name Tandjesgras en Borstelgras komen makkelijker via bodemkruiden of -plagjes mee dan met maaisel.

Effecten op dispersiemogelijkheden individuele soorten

Tabellen 2.8 tot en met 2.10 laten het belang van het toedienen van maaisel en bodem zien in vergelijking met de aanwezigheid in de omgeving van soorten die van belang zijn voor heischrale graslanden voor de verschillende experimentele locaties.

In het Noordenveld komen de meeste soorten die zich vanuit het maaisel zouden kunnen vestigen ook al voor in de directe omgeving van de proefvlakken (tabel 2.8), hoewel de dichtheden vaak lager zijn. Bij deze soorten is de herkomst niet met exacte zekerheid aan te duiden. Veel van deze soorten hebben echter een (veel) hogere bedekking in de proefvlakken waar maaisel is ingebracht in vergelijking met de controle proefvlakken, hetgeen erop duidt dat het inbrengen van maaisel een sterk positief effect heeft op de vestiging van deze soorten. Een aantal karakteristieke heischrale soorten is zeker met maaisel in de proefvlakken geïntroduceerd en heeft zich ook gevestigd, waaronder Blauwe knoop, Hondsviooltje, Stijve ogentroost en verschillende soorten Havikskruid. Deze soorten hebben zich ook gevestigd in de proefvlakken waar maaisel in combinatie met een enttechniek voor bodem is toegepast, maar er is geen duidelijk additioneel effect van het inbrengen van bodem te zien op het aantal proefvlakken waarin deze soorten voorkomen of de bedekking van deze soorten. Slechts zes soorten zijn enkel door het inbrengen van bodemmateriaal overgebracht van de donorlocatie naar de proefvlakken, maar hieronder bevinden zich wel Klokjesgentiaan, Liggende vleugeltjesbloem en Tandjesgras. Van Klokjesgentiaan en Liggende vleugeltjesbloem zijn vermoedelijk zaden uit de zaadbank van het entmateriaal gekiemd. Voor Tandjesgras zijn herhaardelijk (in jaar 1 en jaar 4 van het experiment) zaden ingebracht, zonder dat deze gekiemd zijn. Tandjesgras is met name aangetroffen in de proefvlakken waar plagjes zijn ingebracht.

In Wekerom laat de herkomst van de soorten hetzelfde beeld zien als in het Noordenveld: de meeste soorten komen zowel in het maaisel als in de directe omgeving van de proefvlakken voor (tabel 2.9). Omdat de donorlocatie (Harskamp) veel minder soortenrijk was dan de donorlocatie voor het Noordenveld (Kleine startbaan), zijn er veel minder soorten overgebracht. Borstelgras en Tandjesgras zijn alleen in de proefvlakken waar bodem is ingebracht waargenomen. Beide soorten werden zowel met verkruid bodemmateriaal als met plagjes overgebracht.

In het Wolfsven hebben zich in vergelijking met de andere twee gebieden relatief veel nieuwe soorten vanuit het maaisel in de proefvlakken gevestigd, waaronder Fijn schapengras, Geelhartje, Grasklokje en Muizenoor (tabel 2.10). Met de verschillende enttechnieken voor bodem zijn nog 10 extra soorten geïntroduceerd. Net als in de andere locaties wordt Tandjesgras ook in het Wolfsven alleen waargenomen na het inbrengen van bodem, net als Pilzegge, Rapunzelklokje en Tormentil.

In alle drie locaties leidt het inbrengen van vers maaisel tot de grootste toename in de vestiging van nieuwe soorten. Ook heischrale soorten die al in de directe omgeving van de proefvlakken aanwezig waren, hebben na het inbrengen via maaisel vaak een hogere bedekking. Het toepassen van de verschillende enttechnieken voor bodem zorgt in alle drie de locaties voor de vestiging van additionele soorten. Enkele

karacteristieke heischrale soorten, zoals Borstelgras, Liggende vleugeltjesbloem en Tanjesgras, lijken enkel door het inbrengen van bodemmateriaal overgebracht te kunnen worden.

Tabel 2.8. De effectiviteit van de verschillende technieken voor de vestiging van individuele soorten die van belang zijn voor heischrale graslanden in het Noordenveld. Alleen soorten die zijn waargenomen in de proefvlakken en het donorgebied zijn opgenomen in deze lijst. The effectiveness of the different techniques for the establishment of individual species of importance for *Violion caninae* in the Noordenveld. Only species observed in both the experimental plots and the donor locations are included in this list.

Nederlandse naam	Wetenschappelijke naam	Herkomst soorten			
		Enkel maaisel	Enkel bodem	Maaisel & omgeving	Bodem & omgeving
Blauwe knoop	<i>Succisa pratensis</i>	x			
Fijn schapengras	<i>Festuca filiformis</i>			x	
Gewone dophei	<i>Erica tetralix</i>			x	
Gewone rolklaver	<i>Lotus corniculatus</i>			x	
Gewoon biggenkruid	<i>Hypochaeris radicata</i>			x	
Gewoon duizendblad	<i>Achillea millefolium</i>			x	
Gewoon reukgras	<i>Anthoxanthum odoratum</i>	x			
Gewoon struisgras	<i>Agrostis capillaris</i>			x	
Grasklokje	<i>Campanula rotundifolia</i>			x	
Grote ratelaar	<i>Rhinanthus angustifolius</i>	x			
Hondsviooltje	<i>Viola canina</i>	x			
Klokjesgentiaan	<i>Gentiana pneumonanthe</i>		x		
Liggende vleugeltjesbloem	<i>Polygala serpyllifolia</i>				
Moerasdroogbloem	<i>Gnaphalium uliginosum</i>			x	
Muizenoor	<i>Hieracium pilosella</i>	x			
Paardenbloem spec	<i>Taraxacum officinale</i>			x	
Pijpenstrootje	<i>Molinia caerulea</i>			x	
Pilzegge	<i>Carex pilulifera</i>			x	
Schapenzuring	<i>Rumex acetosella</i>			x	
Schermhavikskruid	<i>Hieracium umbellatum</i>	x			
Smalle weegbree	<i>Plantago lanceolata</i>			x	
Stekelbrem	<i>Genista anglica</i>			x	
Stijf havikskruid	<i>Hieracium laevigatum</i>	x			
Stijve ogentroost	<i>Euphrasia stricta</i>	x			
Struikhei	<i>Calluna vulgaris</i>			x	
Tandjesgras	<i>Danthonia decumbens</i>		x		
Tormentil	<i>Potentilla erecta</i>			x	
Veldbies spec	<i>Luzula species</i>	x			
Veldzuring	<i>Rumex acetosa</i>			x	
Vertakte leeuwentand	<i>Leontodon autumnalis</i>				x

Tabel 2.9. De effectiviteit van de verschillende technieken voor de vestiging van individuele soorten die van belang zijn voor heischrale graslanden in Wekerom. Alleen soorten die zijn waargenomen in de proefvlakken en het donorgebied zijn opgenomen in deze lijst. The effectiveness of the different techniques for the establishment of individual species in Wekerom. Only species observed in both the experimental plots and the donor locations are included in this list.

Nederlandse naam	Wetenschappelijke naam	Herkomst soorten			
		Enkel maaisel	Enkel bodem	Maaisel & omgeving	Bodem & omgeving
Blauwe knoop	<i>Succisa pratensis</i>	x			
Borstelgras	<i>Nardus stricta</i>		x		
Fijn schapengras	<i>Festuca filiformis</i>			x	
Gewone dophei	<i>Erica tetralix</i>	x			
Gewoon biggenkruid	<i>Hypochaeris radicata</i>			x	
Gewoon struisgras	<i>Agrostis capillaris</i>			x	
Kruipbrem	<i>Genista pilosa</i>			x	
Pijpenstrootje	<i>Molinia caerulea</i>	x			
Pilzegge	<i>Carex pilulifera</i>			x	
Schapenzuring	<i>Rumex acetosella</i>			x	
Stekelbrem	<i>Genista anglica</i>			x	
Stijf havikskruid	<i>Hieracium laevigatum</i>	x			
Stijve ogentroost	<i>Euphrasia stricta</i>				
Struikhei	<i>Calluna vulgaris</i>			x	
Tandjesgras	<i>Danthonia decumbens</i>		x		

Tabel 2.10. De effectiviteit van de verschillende technieken voor de vestiging van individuele soorten die van belang zijn voor heischrale graslanden in Wolfsven. Alleen soorten die zijn waargenomen in de proefvlakken en het donorgebied zijn opgenomen in deze lijst. The effectiveness of the different techniques for the establishment of individual species in Wolfsven. Only species observed in both the experimental plots and the donor locations are included in this list.

Nederlandse naam	Wetenschappelijke naam	Herkomst soorten			
		Enkel maaisel	Enkel bodem	Maaisel & omgeving	Bodem & omgeving
Dwergviltkruid	<i>Filago minima</i>			x	
Fijn schapengras	<i>Festuca filiformis</i>	x			
Fioringras	<i>Agrostis stolonifera</i>			x	
Geel walstro	<i>Galium verum</i>	x			
Geelhartje	<i>Linum catharticum</i>	x			
Gewone rolklaver	<i>Lotus corniculatus</i>			x	
Gewoon biggenkruid	<i>Hypochaeris radicata</i>			x	
Gewoon struisgras	<i>Agrostis capillaris</i>			x	
Grasklokje	<i>Campanula rotundifolia</i>	x			
Hazenpootje	<i>Trifolium arvense</i>	x			
Hopklaver	<i>Medicago lupulina</i>		x		
Klein streepzaad	<i>Crepis capillaris</i>	x			
Kleine klaver	<i>Trifolium dubium</i>		x		
Kleine leeuwentand	<i>Leontodon saxatilis</i>			x	
Liggend walstro	<i>Galium saxatile</i>	x			
Liggende klaver	<i>Trifolium campestre</i>		x		
Mannetjesereprijs	<i>Veronica officinalis</i>				x
Muizenoor	<i>Hieracium pilosella</i>	x			
Paardenbloem spec	<i>Taraxacum officinale</i>			x	
Pijpenstrootje	<i>Molinia caerulea</i>			x	
Pilzegge	<i>Carex pilulifera</i>		x		
Rapunzelklokje	<i>Campanula rapunculus</i>		x		
Schapenzuring	<i>Rumex acetosella</i>			x	
Smalle weegbree	<i>Plantago lanceolata</i>			x	
Stijf havikskruid	<i>Hieracium laevigatum</i>	x			
Struikhei	<i>Calluna vulgaris</i>			x	

Nederlandse naam	Wetenschappelijke naam	Herkomst soorten			
		<i>Enkel maaisel</i>	<i>Enkel bodem</i>	<i>Maaisel & omgeving</i>	<i>Bodem & omgeving</i>
Tandjesgras	<i>Danthonia decumbens</i>		x		
Tormentil	<i>Potentilla erecta</i>		x		
Veldbies spec	<i>Luzula species</i>			x	
Zandzegge	<i>Carex arenaria</i>			x	

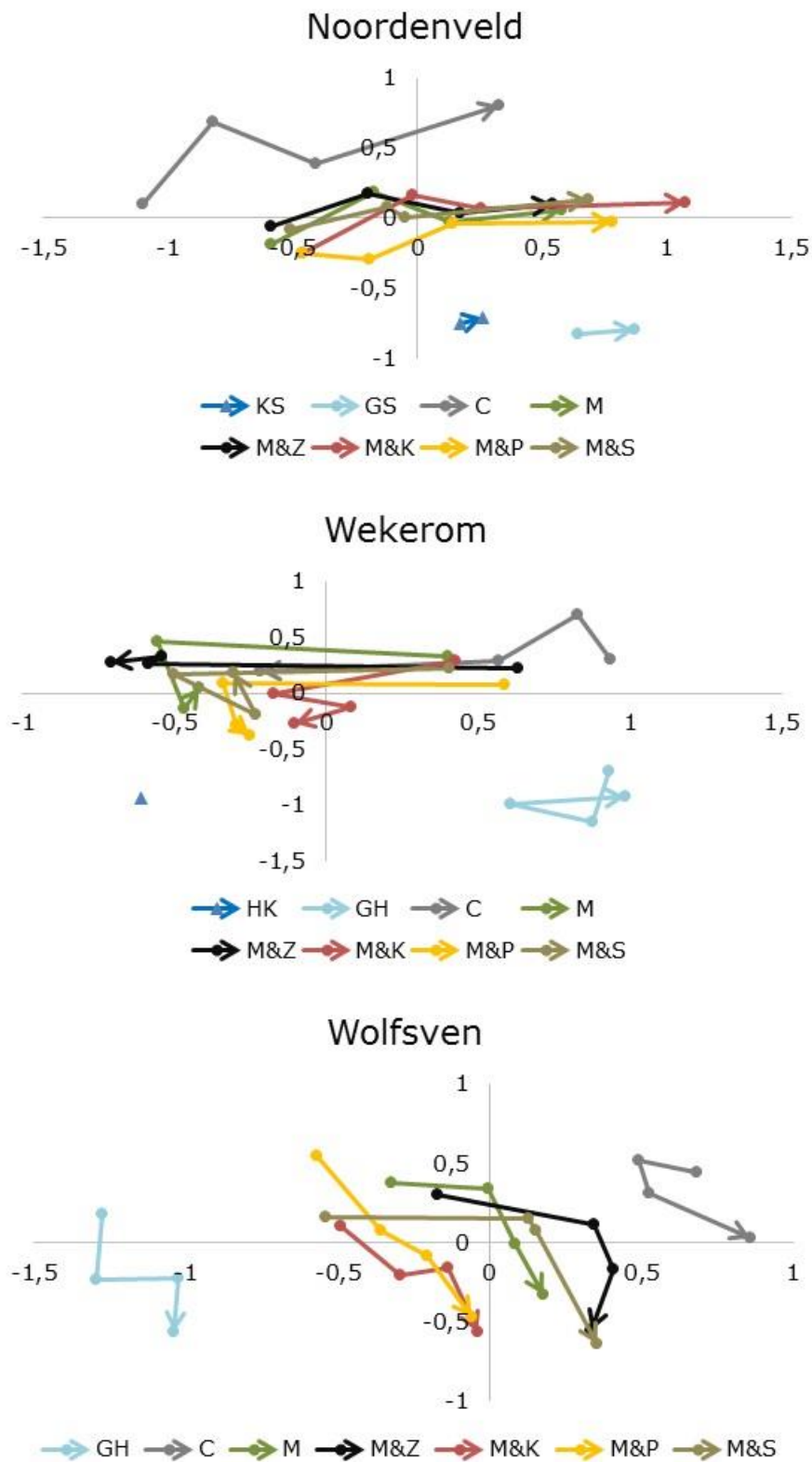
Ontwikkeling van de vegetatiesamenstelling

Om te bepalen of de vegetatiesamenstelling in de proefvlakken zich in de richting van de donorgebieden beweegt, is voor iedere regio een multivariate analyses gemaakt van de vegetatiesamenstelling van de permanente kwadraten van het experiment en de desbetreffende donorgebieden. In het Noordenveld bewegen alle behandelingen op de horizontale as over de tijd in de richting van de donorgebieden ($p < 0,001$, figuur 2.25). Desondanks verschilt de vegetatiesamenstelling in het Noordenveld significant van die in de donorgebieden van het maaisel ($p < 0,001$). Ook de behandelingen verschillen significant van elkaar ($p < 0,001$), waar de controle het meest duidelijk verschilt van de overige behandelingen en het minst op het donorgebied lijkt. De vegetatiesamenstelling in alle overige behandelingen volgen hetzelfde traject, al gaat deze ontwikkeling na het inbrengen van maaisel in combinatie met verkruid bodemmateriaal duidelijk het snelste. Ook het inbrengen van maaisel in combinatie met plagjes of slurrie lijkt deze ontwikkeling iets te versnellen ten opzichte van het alleen inbrengen van maaisel of maaisel en zaden. Hierbij moet in het achterhoofd gehouden worden dat in het Noordenveld bodemmateriaal van de Grote Startbaan gebruikt is bij de bodeminoculatie, naast maaisel van de Kleine Startbaan en dat er dus ook ander materiaal is ingebracht dan bij behandeling met alleen maaisel. De behandelingen met bodem en maaisel lijken zich echter wel in dezelfde richting te ontwikkelen als de behandelingen met alleen maaisel.

In Wekerom bewegen ook alle behandelingen dezelfde richting uit op dezelfde as richting Harskamp, het donorgebied voor maaisel, verkruid bodemmateriaal en plagjes. Ook hier is de ontwikkeling over de tijd significant ($p = 0,010$), ook al vinden de grootste veranderingen plaats tussen het eerste en tweede jaar van het experiment. De vegetatiesamenstelling in de proefvlakken blijft significant verschillend van de donorgebieden ($p < 0,001$). Ook al verschillen de behandelingen significant van elkaar ($p < 0,001$), de verschillen zijn hier minder duidelijk dan in het Noordenveld. Op de eerste as ontwikkelen de proefvlakken met maaisel en maaisel en zaden zich het meest in de richting van het donorgebied, op de verticale as zijn dit de proefvlakken na het inbrengen van maaisel in combinatie met verkruid bodemmateriaal of plagjes. Het donormateriaal voor de slurrie in Wekerom is gewonnen op de Groote Heide, maar dit lijkt geen enkel effect te hebben op de vegetatiesamenstelling in deze proefvlakken.

In het Wolfsven verschillen zowel de ontwikkeling over de tijd ($p < 0,001$), tussen de proefvlakken en het donorgebied ($p < 0,001$) en tussen de behandelingen ($p < 0,001$) significant van elkaar. De vegetatiesamenstelling in de proefvlakken waar maaisel in combinatie met verkruid bodemmateriaal of plagjes is toegevoegd, lijkt het meest op die in het donorgebied. De vegetatiesamenstelling in het controleproefvlak vertoont het grootste verschil.

Zowel in het Noordenveld als in het Wolfsven valt het op dat de proefvlakken die met maaisel (al dan niet met zaad of bodemmateriaal) hun eigen ontwikkeling hebben. Deze ontwikkeling gaat niet in dezelfde richting als dat van de controleproefvlakken, maar ook niet precies in de richting van het donormateriaal. De ontwikkeling van deze proefvlakken wordt dus zowel door het donormateriaal als door de locatie beïnvloed.



Figuur 2.25. Een multivariate analyse van de richting van de vegetatieontwikkeling in de permanente kwadraten van alle behandelingen ten opzichte van de donorgebieden. KS= Kleine startbaan, GS=Grote startbaan, HK= Harskamp en GH= Grote Heide. De pijlen geven de ontwikkeling over de tijd weer. A multivariate analysis of the direction of vegetation development in the permanent quadrats of all treatments compared to the donor locations. Arrows indicate the direction of the development over time.

Eindconclusies vegetatie

De effecten van de verschillende behandelingen zijn samengevat in Tabel 2.11. Het dispersieprobleem van kenmerkende heischrale soorten wordt het meest effectief opgelost door het opbrengen van vers maaisel (1:1), het inbrengen van bodem heeft hier geen of slechts beperkt effect op. Het inbrengen van maaisel in combinatie met verkruid materiaal heeft een positief en significant effect op de vestiging en bedekking van kenmerkende heischrale soorten tezamen.

Tabel 2.11. De effecten van de verschillende behandelingen. Een + geeft een significant effect van de behandeling in één locatie aan, bij +++ is er in alle locaties een significant verschil. Bij 0 verschilt de behandeling in geen enkele locatie significant. The effects of the different treatments. A + indicates a significant effect of the treatment in one location, by +++ a significant effect was found in all three locations. With 0 there were no significant differences in any location.

	Soorten			Bedekking			
	Totaal	Heischraal	Rode lijst	Totaal	Kruidlaag	Moslaag	Heischraal
Maaisel en zaden vs. controle							
M/M&Z	0	+++	++	+	+++	0	+++
Bodem vs. maaisel							
M&K	+	0	+	+	+++ (*)	+	+++
M&P	++	+	0	0	0	++	0
M&S	0	0	0	0	0	0	0

2.5.2 Bodemgemeenschap

In deze experimenten op recent ontgronde landbouwgrond werden eigenschappen van de microbiële bodemgemeenschap (o.a. respiratie, hoeveelheid bacteriën & schimmels), de voedselgilden van nematoden (aaltjes) en de gemeenschap van meso- en macrofauna geanalyseerd als indicatoren voor ecologische veranderingen in het bodemecosysteem door de toegepaste behandelingen (o.a. De Deyn *et al.*, 2004; Frouz *et al.*, 2009). In dit gedeelte van het onderzoek konden de eventuele veranderingen in de 4 behandelingen (M, M&K, M&P & M&S) ten opzichte van de controle gekwantificeerd worden.

Micro-organismen

In een tweeweg-variantieanalyse (ANOVA) waren de microbiële biomassa, de respiratie en de specifieke respiratie niet significant verschillend tussen de verschillende behandelingen in 2014 (Bijlage 5) en in 2016. Deze parameters verschilden echter wel significant tussen de 3 locaties (tabel 2.12). Zo was de microbiële biomassa in 2016 het hoogst in het Wolfsven en het laagst in Wekerom, terwijl de microbiële respiratie (=ademhaling) het hoogst was in het Noordenveld en het laagst in het Wolfsven. Hierdoor was de specifieke respiratie (de microbiële respiratie gedeeld door de microbiële biomassa) het hoogst in het Noordenveld en het laagst in het Wolfsven. Gebaseerd op eerder onderzoek wordt verondersteld dat de specifieke respiratie een indicator is voor de "rijpheid" van het ecosysteem en dat deze afneemt als de rijpheid van het ecosysteem toeneemt (Helingerová, 2010). Op deze manier bekeken is het Wolfsven het rijpste van de locaties, hoewel de vegetatiebedekking daar juist opvallend laag is.

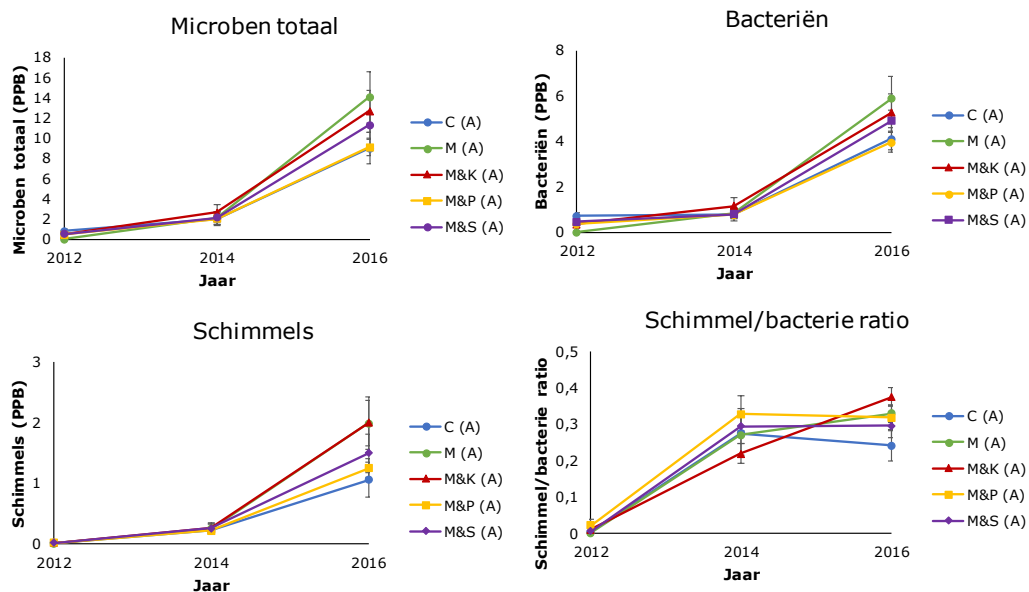
Vanwege de locatie-specifieke verschillen, zijn de effecten van de behandelingen ook per locatie apart geanalyseerd. Alleen in het Wolfsven werden significante verschillen tussen behandelingen gevonden. Hier was de respiratie en specifieke respiratie in de controlebehandelingen hoger dan in de behandelingen met maaisel+plagjes. De behandeling met maaisel+plagjes had ook de hoogste biomassa en de laagste respiratie, wat een indicatie is voor een verdere ontwikkeling van de microbiële gemeenschap in deze behandeling (Helingerová, 2010).

Tabel 2.12. Microbiële biomassa, respiratie en specifieke respiratie in de behandelingen in 2016 op de verschillende locatie: gemiddelde (standaarddeviatie). Onderaan de P-waarden voor een tweeweg-ANOVA waarin locatie- en behandelingseffect worden vergeleken en eenweg-ANOVA's ter vergelijking van de behandelingen per locatie. Homogene groepen van locaties zijn aangegeven met een letter, waarbij 'a' het hoogste gemiddelde weergeeft, 'b' het één-na-hoogste, enzovoorts. Statistisch homogene groepen zijn weergegeven dezelfde letter gebaseerd op de eenweg-ANOVA's per locatie. Microbial biomass, respiration and specific respiration in individual sites and treatments: mean (standard deviation). Bottom of the table: p values for two way ANOVA comparing site and treatment effect to one way ANOVAs comparing treatments for individual sites; homogenous groups of sites are marked by letters, where 'a' means group with highest mean, 'b' with second highest and so on. Statistically homogeneous groups are marked by the same letter accompanying means based on the one way ANOVA calculated separately for individual sites.

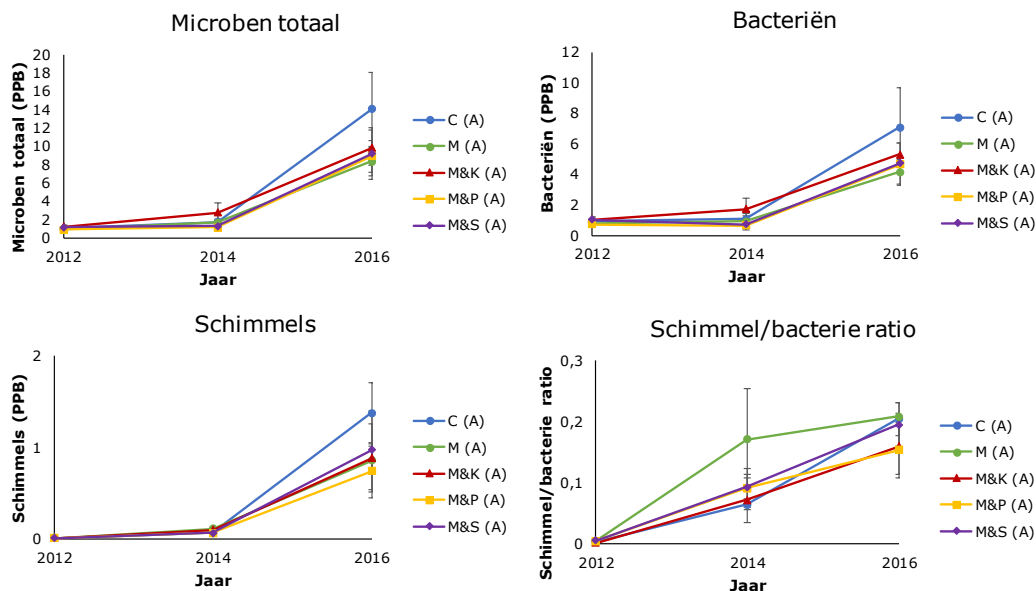
Locatie	Behandeling	Microbiële biomassa ($\mu\text{g C/g}$ droge bodem)	Respiratie ($\mu\text{g CO}_2\text{-}$ C/g droge bodem/uur)	Specifieke respiratie ($\mu\text{g CO}_2\text{-C/mg}$ $\text{C}_{\text{mic}}/\text{uur}$)
NV	Controle	65 (30)	0,80 (0,22)	1,42 (0,61)
NV	Maaisel	81 (25)	0,98 (0,50)	1,32 (0,81)
NV	Maaisel + kruidmels	89 (51)	1,00 (0,30)	1,47 (1,00)
NV	Maaisel + slurrie	84 (58)	0,91 (0,41)	2,56 (3,95)
NV	Maaisel + plagjes	101 (56)	0,86 (0,36)	0,99 (0,39)
WE	Controle	65 (11)	0,74 (0,06)	1,18 (0,26)
WE	Maaisel	61 (18)	0,65 (0,22)	1,09 (0,24)
WE	Maaisel + kruidmels	66 (7,5)	0,53 (0,06)	0,81 (0,13)
WE	Maaisel + slurrie	57 (10)	0,69 (0,08)	1,27 (0,37)
WE	Maaisel + plagjes	57 (9,2)	0,45 (0,11)	0,82 (0,24)
WF	Controle	101 (38)	0,45 ^b (0,07)	0,50 ^a (0,19)
WF	Maaisel	96 (27)	0,36 ^a (0,08)	0,39 ^{ab} (0,11)
WF	Maaisel + kruidmels	105 (34)	0,45 ^b (0,06)	0,48 ^a (0,19)
WF	Maaisel + slurrie	121 (34)	0,49 ^b (0,05)	0,45 ^a (0,18)
WF	Maaisel + plagjes	138 (26)	0,35 ^a (0,03)	0,26 ^b (0,05)
Eenweg	Behandeling	ns	ns	ns
Tweeweg	Behandeling	NV ns	ns	ns
Anova		WE ns	ns	ns
		WF ns	>0,0001	0,0238

PLFA-biomarkers voor bacteriën en schimmels

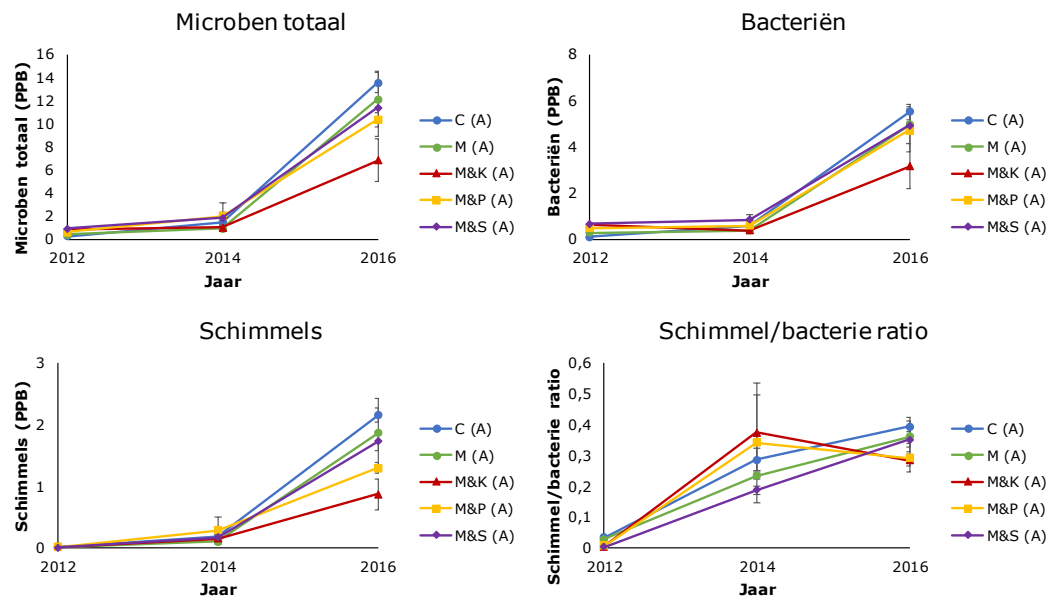
Via de PLFA-metingen is een inschatting verkregen van de hoeveelheid bacteriën, schimmels, totale micro-organismen en de schimmel/bacterie-ratio. De veranderingen in de loop van het experiment zijn weergegeven in figuur 2.26, 2.27 en 2.28. In de loop van het experiment is duidelijk te zien dat in alle drie de locaties en in alle behandelingen de hoeveelheid micro-organismen (zowel schimmels als bacteriën) duidelijk is toegenomen vanaf 2012. Er zijn nauwelijks significante verschillen tussen de behandelingen over de 3 locaties samen gevonden, maar wat opvallend is dat de trend in de bodem van het Noordenveld anders is dan die in de bodems van Wekerom en Wolfsven. Zo was in het Noordenveld de hoeveelheid schimmels juist het laagst in de controle, terwijl de behandelingen, vooral die met maaisel&kruidmels, hoger waren in 2016. In Wekerom en Wolfsven bleek er juist een trend te zijn dat de hoeveelheid bacteriën en schimmels hoger waren in de controle, dan in de andere vier behandelingen. In de proefvelden behandeld met maaisel&kruidmels in het Wolfsven was juist een duidelijk trend te zien dat daar de schimmelhoeveelheid het laagst was.



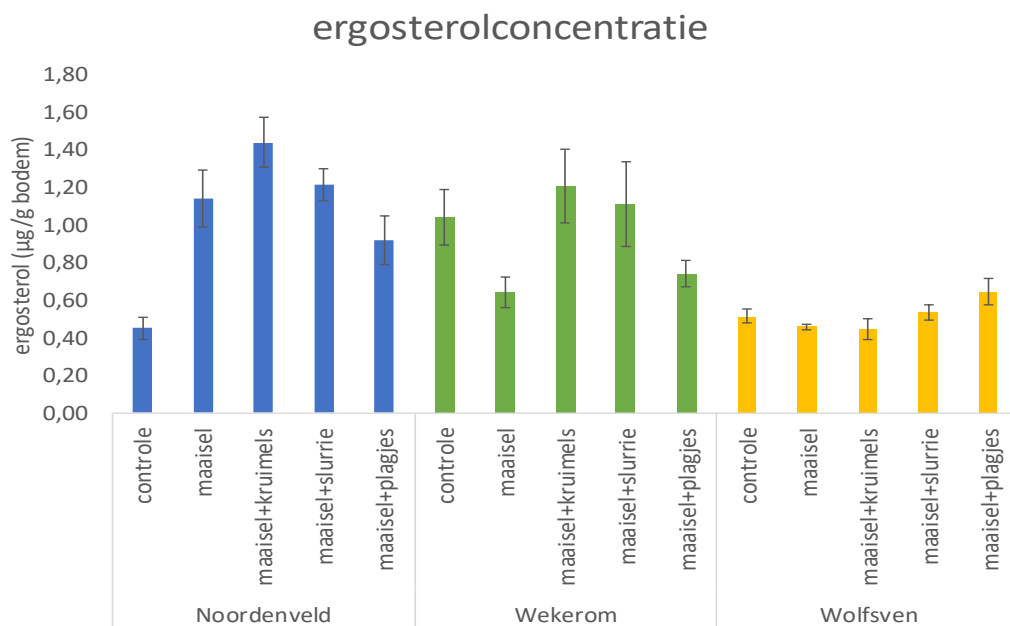
Figuur 2.26. Veranderingen van totaal microben, bacteriën, schimmels en de schimmel/bacterie-ratio in de loop van het experiment in het Noordenveld. Foutbalken geven de standaardfout aan. Changes in total microbes, bacteria, fungi and the fungi/bacteria ratio during the experiment in the Noordenveld. Error bars indicate standard error of the mean.



Figuur 2.27 Veranderingen van totaal microben, bacteriën, schimmels en de schimmel/bacterie-ratio in de loop van het experiment in Wekerom. Foutbalken geven de standaardfout aan. Changes in total microbes, bacteria, fungi and the fungi/bacteria ratio during the experiment in Wekerom. Error bars indicate standard error of the mean.



Figuur 2.28. Veranderingen van totaal microben, bacteriën, schimmels en de schimmel/bacterie-ratio in de tijd in het Wolfsvan. Foutbalken geven de standaardfout aan. Changes in total microbes, bacteria, fungi and the fungi/bacteria ratio during the experiment in the Wolfsvan. Error bars indicate standard error of the mean.



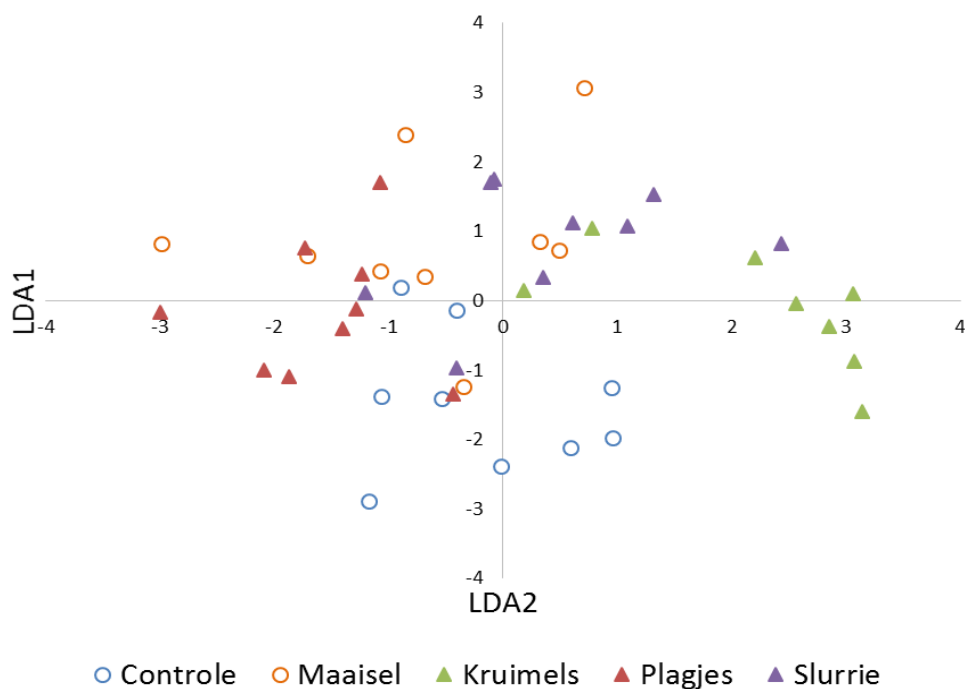
Figuur 2.29. Ergosterolconcentratie in de bodem. Foutbalken geven de standaardfout aan. Concentration of ergosterol in the soil. Error bars indicate standard error of the mean.

Het ergosterolgehalte, een veelgebruikte maat voor de actieve biomassa van schimmels in een bodem, was in de controle-proefvlakken hoger in Wekerom dan in het Noordenveld of Wolfsvan (Figuur 2.28). Dit geldt echter niet voor proefvlakken met de verschillende behandelingen. In het Wolfsvan is het gehalte ergosterol in zijn geheel niet beïnvloed door toevoeging van maaisel of bodemmateriaal, en de reactie in Wekerom is nogal gevarieerd. Dit wordt waarschijnlijk veroorzaakt door het te lage aantal replica's in dit terrein ($n=2$). Alleen in het Noordenveld is te zien dat behandelingen met maaisel (met of zonder bodemmateriaal samen) hogere ergosterolgehaltes in de bodem hebben ($p = 0,01$). Dit is wederom, net zoals bij de PLFA-biomarker voor schimmels, een aanwijzing dat er in dit terrein door de genoemde behandelingen een ontwikkeling plaats vindt in de richting van een OBN Ontwikkeling en Beheer Natuurkwaliteit

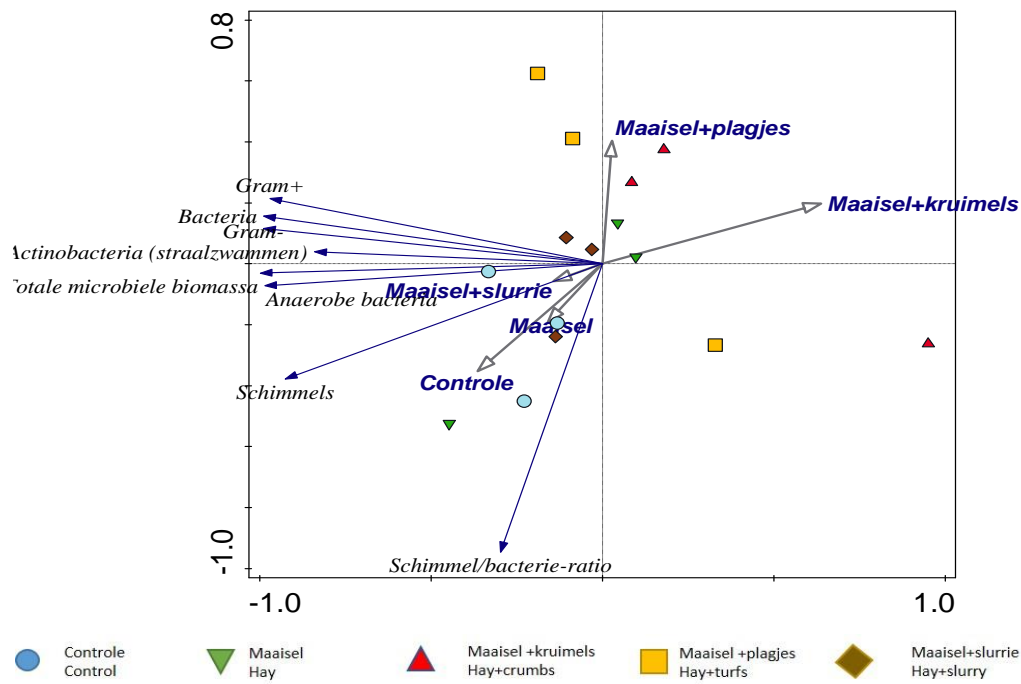
microbiële gemeenschap met meer schimmels, iets wat verwacht kan worden voor nutriëntenarme graslanden zoals heischrale graslanden (Frouz *et al.*, 2009). De bodem van het Noordenveld is van de drie onderzochte locaties duidelijk het armst aan fosfaat (paragraaf 2.5.4), dat zou een oorzaak van het waargenomen verschil in reactie tussen de terreinen kunnen zijn.

Fenotypische profilering van de microbiële bodemgemeenschap

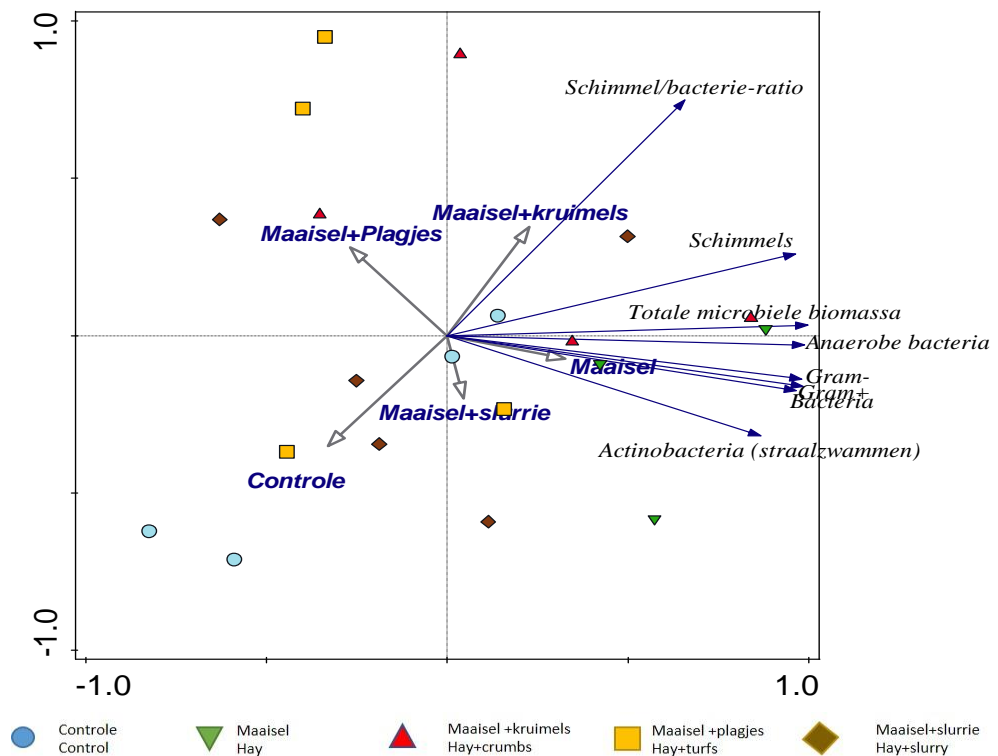
Alle verschillende biomarkers van de PLFA zijn samen gebruikt om tot een fenotypische profilering van de microbiële bodemgemeenschap te komen en zo een karakterisering te verkrijgen van het geheel. Net als bij de vegetatie, waren de verschillen in fenotypische profilering groter tussen de locaties dan tussen de behandelingen. Ook werden verschillen in reactie in de loop van het experiment gevonden. Zo waren de verschillen tussen de behandelingen, onafhankelijk van de locatie, in 2014 duidelijk aanwezig en lagen de behandelingen min of meer geclusterd in het ordinatiediagram (figuur 2.30). Dit is een duidelijk aanwijzing dat de microbiële bodemgemeenschap na het derde effectjaar duidelijk beïnvloed was door toediening van of maaisel of bodem (3 vormen). Na 5 jaar zijn de verschillen tussen de locaties in het ordinatiediagram groter geworden, en moeten de veranderingen per locatie worden geanalyseerd. Worden de locaties apart beschouwd, dan is duidelijk het effect van behandelingen op de PLFA te zien in zowel het Noordenveld, als in het Wolfsven, alleen zijn deze effecten op de twee locaties tegengesteld (figuur 2.31 & 2.32). De interpretatie van de effecten is daardoor lastig. Het is mogelijk dat het verschil in vochtgehalte tussen de locaties een verschil in respons van de onderzochte parameters geeft, of het al aanwezige grote verschil in vegetatiebedekking tussen deze twee terreinen. Het is daarbij niet uit te sluiten dat doelgemeenschappen via verschillende routes kunnen worden bereikt.



Figuur 2.30. LDA-ordinatie diagram van de fenotypische profilering (PLFA) van de microbiële bodemgemeenschap van de verschillende behandelingen in alle terreinen in 2014. De open cirkels zijn behandelingen waar geen bodem is geënt, in de behandelingen weergegeven met dichte driehoeken is bodem met verschillende enttechnieken toegevoegd. LDA ordination diagram of the phenotypic profiles (PLFA) of the soil microbial community of all treatments of all locations together in 2014.



Figuur 2.31. PCA-diagram van de fenotypische profilering (PLFA) van de microbiële bodemgemeenschap van de verschillende behandelingen in het Wolfsven (2016). PCA diagram of the phenotypic (PLFA) profiles of the soil microbial community in Wolfsven in 2016.



Figuur 2.32. PCA-diagram van de fenotypische profilering (PLFA) van de microbiële bodemgemeenschap van de verschillende behandelingen in het Noordenveld (2016). PCA diagram of the phenotypic (PLFA) profiles of the soil microbial community in Noordenveld in 2016.

Nematoden

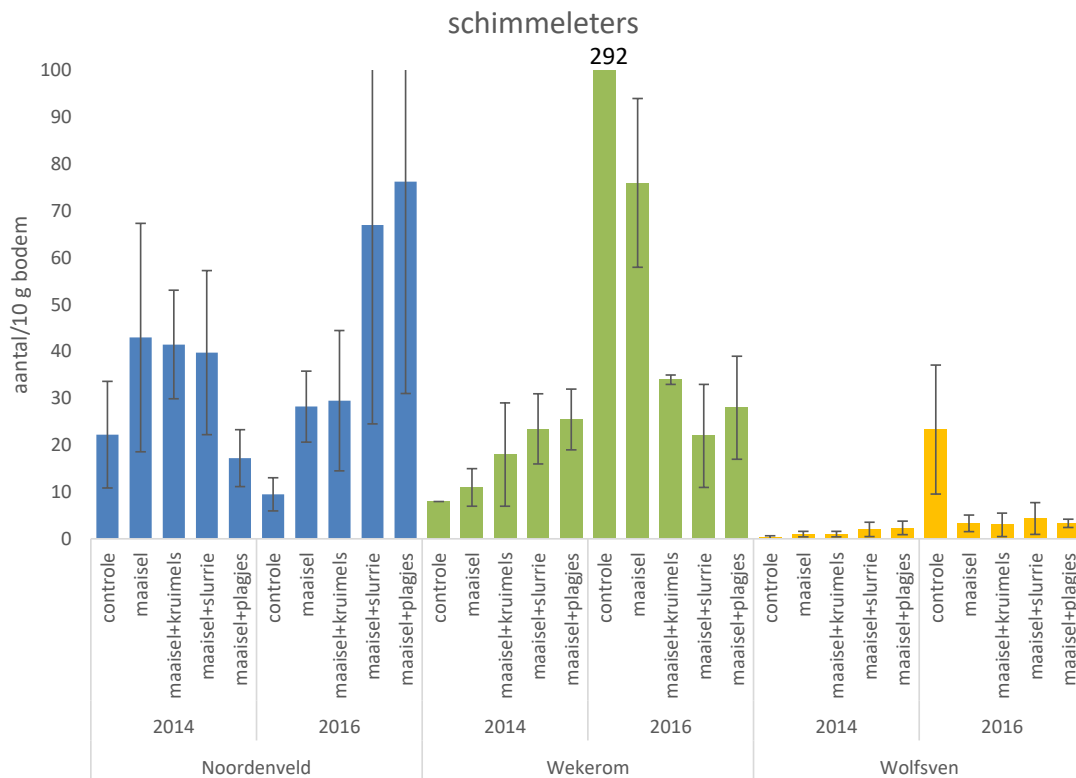
Nematoden behoren tot de meest talrijke groep van bodemdieren (microfauna) in graslanden en in landbouwgronden en bekleden verschillende posities in het bodemvoedselweb. Er zijn verschillende typen plantenetende nematoden, maar er zijn ook nematoden die bacteriën en schimmels eten. Tevens zijn er omnivore en carnivore nematoden (Kardol, 2007). Door hun grote aantallen en duidelijke verschillen in voedselgilden, wordt de samenstelling van de nematodengemeenschap veelvuldig als indicator gebruikt om ecologische veranderingen in het bodemsysteem te traceren (o.a. Kardol *et al.*, 2009a, b; Wubs *et al.*, 2016).

De dichtheden van de verschillende voedselstrategiegroepen van nematoden na 3 of 5 effectjaren zijn weergegeven in tabel 2.13a&b. In het algemeen was er geen éénduidig effect van de behandelingen voor alle locaties tezamen te zien. Per locatie en per jaar kwamen er wel trends (soms significant) naar voren: zowel in Wekerom (2016) als in Wolfsven (2014 en 2016) waren de aantallen bacterie-eters hoger in de controle dan in de bodems van alle andere behandelingen (figuur 2.34), terwijl dit in het Noordenveld juist andersom was. Ook de reactie in dichtheden van schimmetende nematoden was precies andersom in genoemde locaties: in het Noordenveld was zowel in 2014 als in 2016 de dichtheid hoger in de behandelingen met maaisel of met bodem (totaal vier behandelingen) dan in de controle, terwijl dit voor Wekerom en Wolfsven in 2016 juist andersom was: hoger in controle dan in de vier behandelingen (figuur 2.33). Deze respons in het Noordenveld van de schimmetende nematoden komt goed overeen met de eerder vermelde toename van bodemschimmels (PLFA-biomarker, ergosterol) in deze situaties. Mogelijk speelt de hogere P-beschikbaarheid in Wekerom en Wolfsven t.o.v. die in Noordenveld een rol bij deze tegenovergestelde reactie in voedselstrategiegroepen van de nematoden.

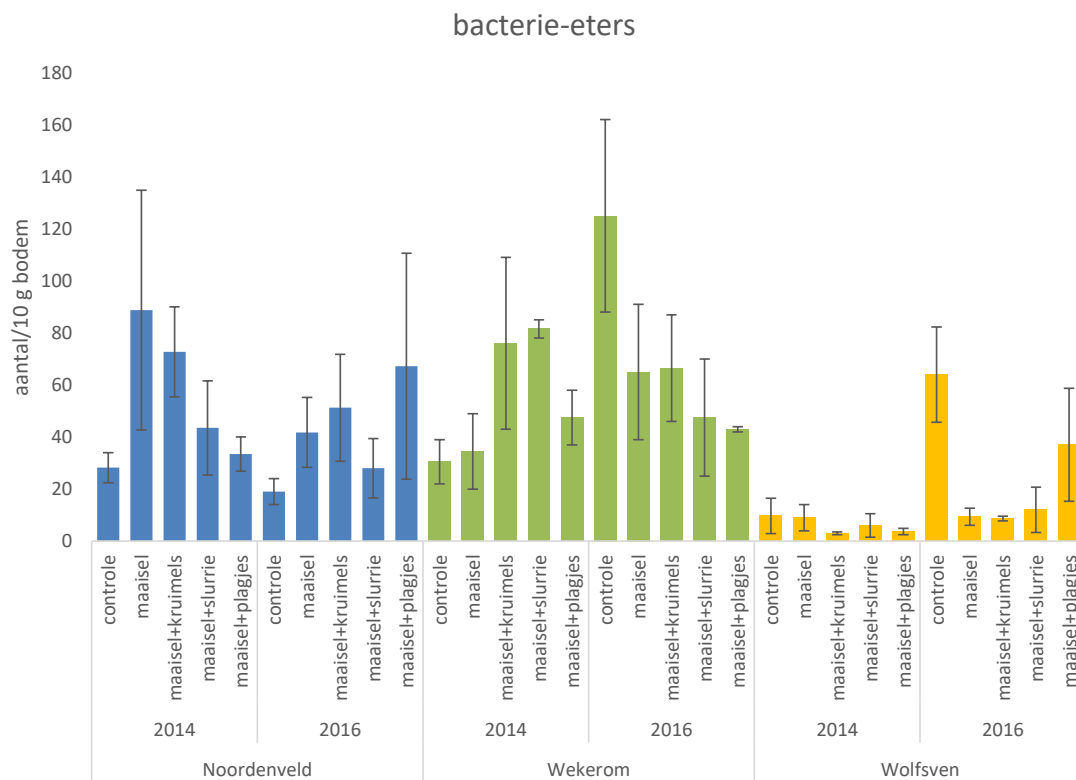
Tabel 2.13a. Dichtheden van verschillende voedselstrategiegroepen van nematoden uitgedrukt als individuen per 10g bodem (inclusief standaarddeviatie) in 2014.

Densities of individual feeding groups of Nematodes expressed as individuals per 10g of soil (including standard deviation) in 2014.

		Bacterie-eters	Planten-eters	Schimmel-eters	Algen-eters	Predatoren	Omnivoren
WF	Controle	10 (12)	0,3 (0,6)	0,3 (0,6)	0 (0)	10 (6,1)	4,3 (2,5)
WF	Maaisel	9,0 (8,7)	0,0 (0)	1,0 (1,0)	0 (0)	6,3 (6,0)	1,7 (1,5)
WF	Maaisel + slurrie	6,0 (7,8)	0,7 (1,2)	2,0 (2,6)	0 (0)	7,7 (6,4)	4,3 (3,1)
WF	Maaisel + kruimels	3,0 (1,0)	1,3 (1,5)	1,0 (1,0)	0 (0)	15 (15)	2,0 (2,0)
WF	Maaisel + plagjes	3,7 (2,1)	1,7 (1,5)	2,3 (2,5)	0 (0)	11 (6,4)	3,0 (3,6)
WE	Controle	15 (18)	8,0 (0)	0,0 (0)	1 (0,7)	7,0 (2,8)	
WE	Maaisel	35 (21)	1,0 (0)	11 (5,7)	0 (0)	0,5 (0,7)	0,5 (0,7)
WE	Maaisel + slurrie	82 (4,9)	5,0 (4,2)	24 (11)	0 (0)	0,5 (0,7)	3,5 (4,9)
WE	Maaisel + kruimels	76 (47)	6,0 (4,2)	18 (16)	0 (0)	1,0 (1,4)	5,5 (6,4)
WE	Maaisel + plagjes	48 (15)	1,5 (0,71)	26 (9,2)	2 (3)	0,0 (0)	1,0 (0)
NV	Controle	27 (12)	1,3 (0,96)	22 (23)	0 (0)	2,3 (2,9)	4,0 (1,2)
NV	Maaisel	89 (92)	1,0 (1,4)	43 (49)	0 (0)	2,8 (2,5)	4,8 (2,1)
NV	Maaisel + slurrie	43 (37)	1,5 (1,7)	40 (35)	0 (0)	1,3 (2,3)	4,0 (2,6)
NV	Maaisel + kruimels	73 (35)	3,0 (6,0)	42 (23)	4 (7,5)	5,8 (12)	2,5 (1,9)
NV	Maaisel + plagjes	30 (14)	2,3 (3,9)	17 (12)	0 (0)	4,0 (3,7)	2,8 (1,5)



Figuur 2.33. Aantallen schimmeletende nematoden in de bodem in 2014 en 2016. Foutbalken geven de standaardfout weer. Numbers of mycophagous nematods in 2014 and 2016. Error bars indicate standard error of the mean.



Figuur 2.34. Aantallen bacterie-etende nematoden in de bodem in 2014 en 2016. Foutbalken geven de standaardfout weer. Numbers of bacteriophagous nematods in 2014 and 2016. Error bars indicate standard error of the mean.

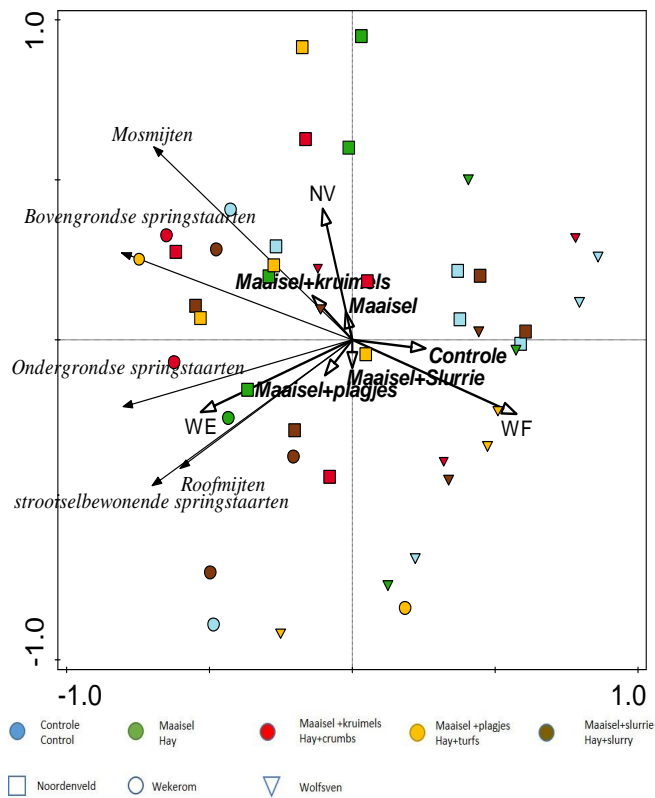
Tabel 2.13b. Dichtheden van verschillende voedselstrategiegroepen van nematoden uitgedrukt als individuen per 10g bodem (inclusief standaarddeviatie) in 2016. Onderaan de P-waarden voor een tweeweg-ANOVA waarin locatie- en behandelingseffect worden vergeleken en eenweg-ANOVA's ter vergelijking van de behandelingen per locatie. Homogene groepen van locaties zijn aangegeven met een letter, waarbij a het hoogste gemiddelde weergeeft, b het één-na-hoogste, enzovoorts. Statistisch homogene groepen zijn weergegeven dezelfde letter gebaseerd op de eenweg-ANOVA's per locatie. Densities of individual feeding groups of nematodes expressed as individuals per 10g of soil (including standard deviation) in 2016. In bottom are p values for two way ANOVA comparing site and treatment effect to the one way ANOVAs comparing treatment on individual sites; homogenous groups of sites are marked by letter where a means group with highest mean, b with second highest and so on. Statistically homogeneous groups are marked by the same letter based on one way ANOVA calculated separately for individual sites.

		Bacterie- eters	Planten- eters	Schimmel -eters	Algen- eters	Preda- toren	Omnivoren
WF	Controle	64 (26)	5 (4)	23 (19)	0 (0)	1 (1)	2 (1)
WF	Maaisel	9 (5)	2 (1)	3 (2)	0 (0)	6 (4)	1 (1)
WF	Maaisel + slurrie	12 (12)	1 (1)	4 (5)	0 (0)	8 (7)	2 (1)
WF	Maaisel + kruimels	9 (1)	0 (0)	3 (4)	0 (0)	6 (7)	1 (1)
WF	Maaisel + plagjes	37 (31)	2 (2)	3 (1)	0 (0)	14 (18)	1 (0)
WE	Controle	125 (37)	2 (2)	3 (1)	0 (0)	0 (0)	3 (0)
WE	Maaisel	65 (26)	1 (1)	76 (18)	0 (0)	0 (0)	4 (2)
WE	Maaisel + slurrie	48 (23)	3 (2)	22 (11)	7 (7)	1 (1)	2 (2)
WE	Maaisel + kruimels	67 (21)	5 (4)	34 (1)	0 (0)	0 (0)	11 (3)
WE	Maaisel + plagjes	43 (1)	7 (7)	28 (11)	0 (0)	0 (0)	6 (6)
NV	Controle	19 (9)	2 (2)	10 (6)	0 (0)	0 (0)	2 (1)
NV	Maaisel	42 (23)	2 (3)	28 (13)	0 (0)	0 (0)	3 (3)
NV	Maaisel + slurrie	28 (20)	1 (1)	67 (73)	0 (0)	0 (0)	1 (1)
NV	Maaisel + kruimels	51 (36)	10 (12)	30 (26)	0 (0)	0 (0)	3 (1)
NV	Maaisel + plagjes	67 (75)	9 (10)	76 (78)	0 (0)	0 (0)	2 (2)
Locatie		0,030	ns	0,007	ns	0,011	ns
Locatie post hoc		WEa		WEa		WEa	
		NVab		NVb		NVa	
		WFb		WFb		WFb	
Behandeling		ns	ns	0,040	ns	ns	ns

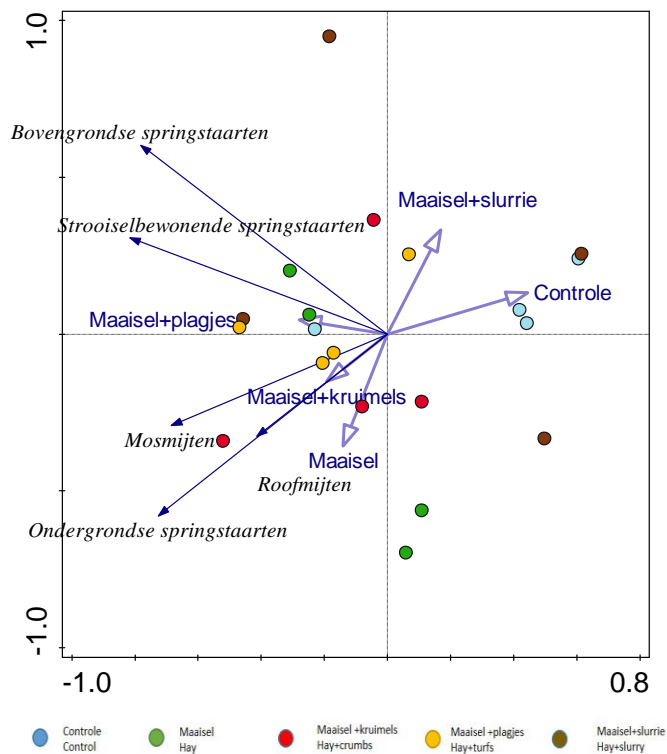
Mesofauna

Springstaarten en mijten zijn de grootste groepen van de mesofauna-bodemgemeenschap. Er was geen effect van de behandelingen op de samenstelling van bodemmesofauna in 2016, maar er waren voor sommige groepen wel significante verschillen tussen de locaties (tabel 2.14). Zo is de bodem van de proefvelden bij het Wolfsven opvallend arm aan individuen van de drie onderscheiden groepen van springstaarten (*Collembola*) en mosmijten, terwijl die in Wekerom – en wat in mindere mate in het Noordenveld - juist rijk zijn aan die groepen. Er zijn per terrein wel tendensen dat de aantallen van de vijf mesofaunagroepen gestimuleerd worden door de behandelingen met bodemadditie (ondermeer M&K), maar door het lage aantal replica's en de grote variatie in aantallen individuen van deze groepen, is dit per terrein niet significant.

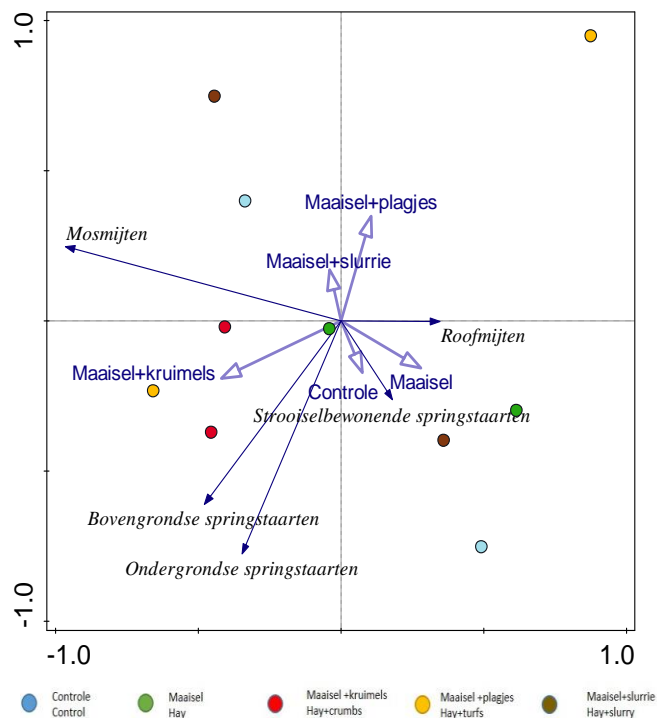
De PCA-ordinatie gaf ook aan dat er een sterker effect ("langere pijlen") van locatie dan van behandeling is, maar daarnaast is er ook een duidelijke trend gevonden dat de behandelingen met maaisel&kruimels of maaisel&plagjes leiden tot een hogere dichtheid aan mesofauna (figuur 2.35). Voor de locaties afzonderlijk (figuur 2.36 tot en met 2.38; tabel 2.14) was er ook geen effect van de behandelingen. In het Noordenveld (figuur 2.36) lijkt er echter een trend aanwezig dat de controlebehandeling armer is aan mesofauna dan de andere behandelingen. Voor de gegevens in 2014, zie Bijlage 6.



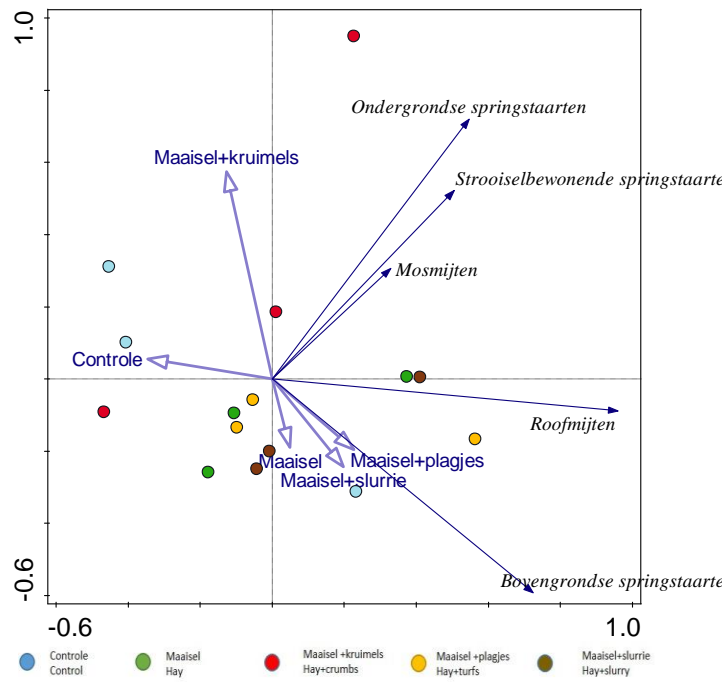
Figuur 2.35. PCA-diagram van de dichtheid van verschillende taxa van bodemmesofauna voor alle locaties samen (2016). De eerste as verklaart 54%, de tweede as 16% van de variatie. PCA diagram based on density of individual taxa of soil mesofauna on individual sites and treatments, first ordination axis explains 54% the second 16% of data variability.



Figuur 2.36. PCA-diagram van de dichtheid van verschillende taxa van bodemmesofauna voor het Noorderveld (2016). De eerste as verklaart 52%, de tweede as 23% van de variatie. PCA diagram based on density of individual taxa of soil mesofauna on individual sites and treatments of the Noorderveld, first ordination axis explains 52% the second 23% of data variability.



Figuur 2.37. PCA-diagram van de dichtheid van verschillende taxa van bodemmesofauna voor Wekerom (2016). De eerste as verklaart 50%, de tweede as 23% van de variatie. PCA diagram based on density of individual taxa of soil mesofauna on individual sites and treatments of Wekerom, first ordination axis explains 50% the second 23% of data variability.



Figuur 2.38. PCA-diagram van de dichtheid van verschillende taxa van bodemmesofauna voor het Wolfsven (2016). De eerste as verklaart 56%, de tweede as 23% van de variatie. PCA diagram based on density of individual taxa of soil mesofauna on individual sites and treatments of the Wolfsven, first ordination axis explains 56% the second 23% of data variability.

Tabel 2.14. Dichtheden (en standaarddeviatie) van mesofauna in behandelingen op de verschillende locaties uitgedrukt in individuen per m² (2016). Densities (and standard deviation) of soil mesofauna in individual sites and treatments expressed in individuals m⁻² (2016).

		Springstaarten			Mijten	
		Boven- grondse	Strooisel- bewoners	Onder- grondse	Mosmijten	Roofmijten
NV	C	467 (809)	170 (294)	2207 (1962)	425 (306)	3651 (2039)
NV	M	2038 (1230)	425 (389)	4839 (4340)	1231 (1154)	4542 (1014)
NV	M&K	2377 (2550)	425 (282)	5094 (2788)	1019 (930)	6834 (3452)
NV	M&S	467 (500)	382 (387)	12820 (15483)	849 (1040)	5052 (4971)
NV	M&P	1486 (844)	891 (617)	5094 (2114)	1274 (570)	3651 (2534)
WE	C	2207 (170)	3141 (1443)	6877 (4670)	1528 (1528)	8660 (2547)
WE	M	2547 (1528)	2972 (1613)	4839 (3141)	425 (425)	6792 (3396)
WE	M&K	2972 (1953)	1613 (85)	13584 4585)	2292 (85)	8150 (2717)
WE	M&S	1443 (594)	4415 (1019)	4160 (1953)	2927 (2802)	11971 3311)
WE	M&P	1189 (1189)	849 (170)	12650 (10952)	1953 (1953)	15112 (170)
WF	C	0 (0)	283 (212)	962 (1361)	0 (0)	4471 (5370)
WF	M	57 (80)	226 (320)	962 (212)	340 (480)	13244 (15854)
WF	M&K	1358 (1802)	1132 (974)	453 (212)	170 (240)	2717 (2014)
WF	M&S	509 (720)	170 (240)	2207 (734)	170 (139)	8830 (8433)
WF	M&P	57 (80)	792 (764)	3339 (3643)	57 (80)	10811 (11092)
Eenweg	Locatie	0,0272	>0,0001	ns	0,0070	ns
Tweeweg	Behan- deling	ns	ns	ns	ns	ns
	Locatie	WEa	WEa		WEa	
	post	WFab	NVb		WFb	
	hoc	NVb	WFb		NVb	

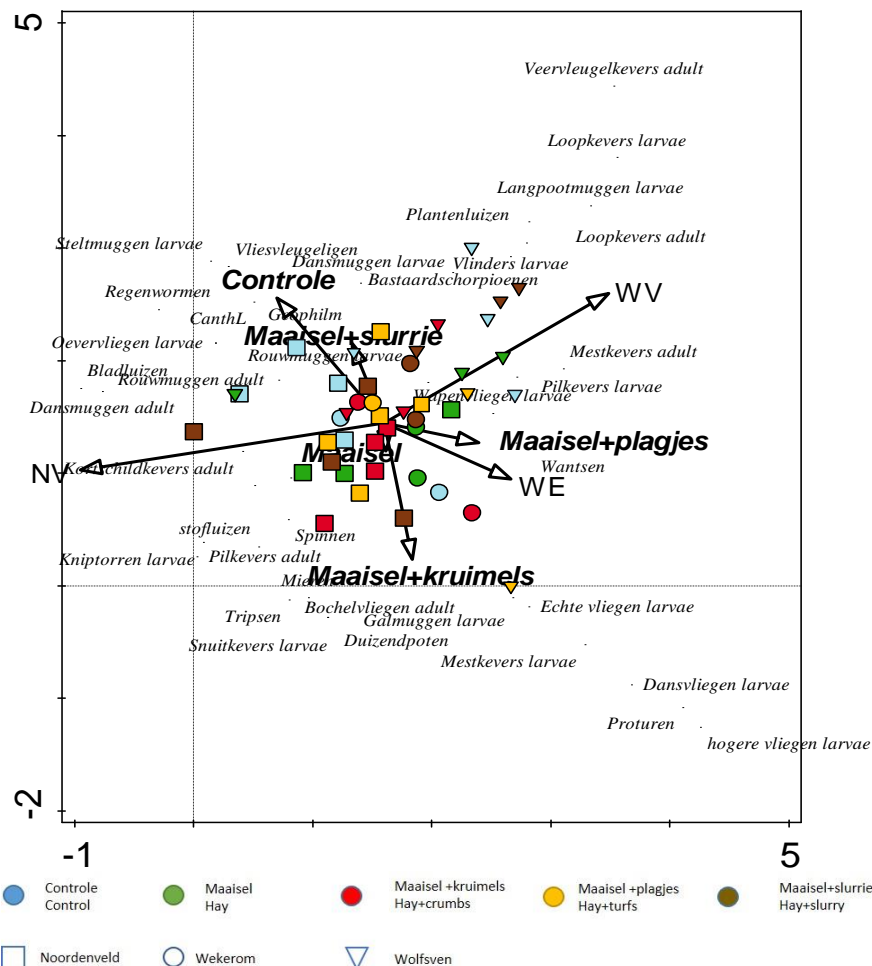
Ondergrondse macrofauna

De aanwezigheid en dichtheid van de geselecteerde taxa van bodemmacrofauna waren niet significant verschillend tussen de locaties of behandelingen in het vijfde effectjaar (tabel 2.15). Er is wel een tendens zichtbaar dat in alle drie de terreinen het aantal potwormen in de controle-proefvlakken lager was dan in de behandelingen met maaisel of met maaisel en bodem. Deze tendens was ook te zien in de totale dichtheid van deze bodemgroepen. In tegenstelling tot de proefvlakken in het experiment in gestagneerde situaties (par. 3.5.2), werden er in dit experiment met recent ontgronde gebieden nauwelijks regenwormen aangetroffen. Dit was overigens ook het geval in twee van de drie donorgebieden (Harskamp; Grote Startbaan) met al jaren oude heischrale vegetatie, alleen in in de bodem van de Groote Heide werden wat meer regenwormen aangetroffen (Loeb *et al.*, 2013).

Er is ook een ordinatie (PCA) uitgevoerd met betrekking tot de gehele ondergrondse gemeenschap van macrofauna. In deze PCA van alle locaties en behandelingen tezamen (2016) is te zien dat wederom locatie bepalender is dan de behandelingen, maar dat er een duidelijk effect is van het toedienen van bodemplagjes en kruimels enerzijds en de additie van slurrie en de controlebehandeling anderzijds (figuur 2.39).

Tabel 2.15. Totale dichtheid (en standaarddeviatie) van macrofauna en dichtheid van geselecteerde macrofaunagroepen in 2016 uitgedrukt in individuen per m². Total density (and standard deviation) of macrofauna and density of selected macrofauna groups in experiment A expressed in individuals m⁻².

		Regen- wormen	Potwormen	Duizend- poten	Spinnen	Insecten	Totaal
NV	C	0 (0)	140 (84)	7 (15)	15 (15)	531 (190)	693 (202)
NV	M	7 (13)	266 (137)	0 (0)	52 (44)	590 (326)	922 (442)
NV	M&K	0 (0)	266 (47)	0 (0)	30 (21)	487 (316)	833 (314)
NV	M&S	7 (13)	96 (24)	0 (0)	37 (48)	487 (413)	634 (483)
NV	M&P	0 (0)	177 (66)	7 (13)	22 (13)	295 (100)	502 (153)
WE	C	0 (0)	177 (89)	0 (0)	30 (0)	561 (236)	797 (354)
WE	M	0 (0)	384 (118)	15 (15)	59 (30)	634 (162)	1106 (280)
WE	M&K	0 (0)	295 (89)	15 (15)	30 (0)	1033 (148)	1401 (192)
WE	M&S	0 (0)	723 (605)	0 (0)	44 (15)	782 (310)	1549 (929)
WE	M&P	0 (0)	620 (443)	0 (0)	15 (15)	1003 (89)	1652 (354)
WF	C	0 (0)	49 (37)	0 (0)	10 (14)	207 (96)	275 (124)
WF	M	0 (0)	49 (70)	0 (0)	10 (14)	295 (110)	364 (153)
WF	M&K	10 (14)	108 (77)	0 (0)	10 (14)	344 (109)	502 (42)
WF	M&S	0 (0)	89 (48)	0 (0)	0 (0)	295 (197)	384 (217)
WF	M&P	0 (0)	157 (164)	0 (0)	30 (24)	374 (290)	639 (496)



Figuur 2.39. PCA-diagram van de dichtheid van de ondergrondse macrofauna-groepen voor alle 3 de locaties in 2016. De eerste as verklaart 9 %, de tweede as 8 % van de variatie. PCA diagram of the below-ground macrofauna groups for all three locations in 2016. The first axis explains 9% of the variation; the second axis 8%.

Conclusies voor de effecten op de bodemgemeenschap

- De verschillen in de samenstelling van de bodemgemeenschap is voor alle onderzochte groepen groter tussen de 3 locaties dan tussen de behandelingen met maaisel of bodementen en de controle;
- Een deel van deze verschillen zou mogelijk verklaard kunnen worden door het grote verschil in P-beschikbaarheid tussen Noordenveld enerzijds en Wekerom en Wolfsven anderzijds. Ook het zeer droge karakter van de proefvelden in Wolfsven zou hierbij een rol kunnen spelen;
- Hoewel veelal niet significant werd in het Noordenveld (met de meeste replica's) een duidelijk trend gevonden dat de microbiële gemeenschap daar meer door schimmels (PLFA-marker; ergosterol) werd bepaald bij maaisel met bodem (kruimels) dan in de andere 2 terreinen, dit leek zich ook te uiten in het aantal schimmeletende nematoden;
- Er is een tendens gevonden dat de dichtheid van de mesofauna het hoogst is in de behandeling met maaisel&kruimels. Dit leek ook het geval te zijn voor de macrofaunagemeenschap;
- Na vijf effectjaren is de bodemgemeenschap nog lang niet uitontwikkeld, en lijkt zich vaak onafhankelijk te ontwikkelen van de vegetatie.

2.5.3 Bovengrondse fauna

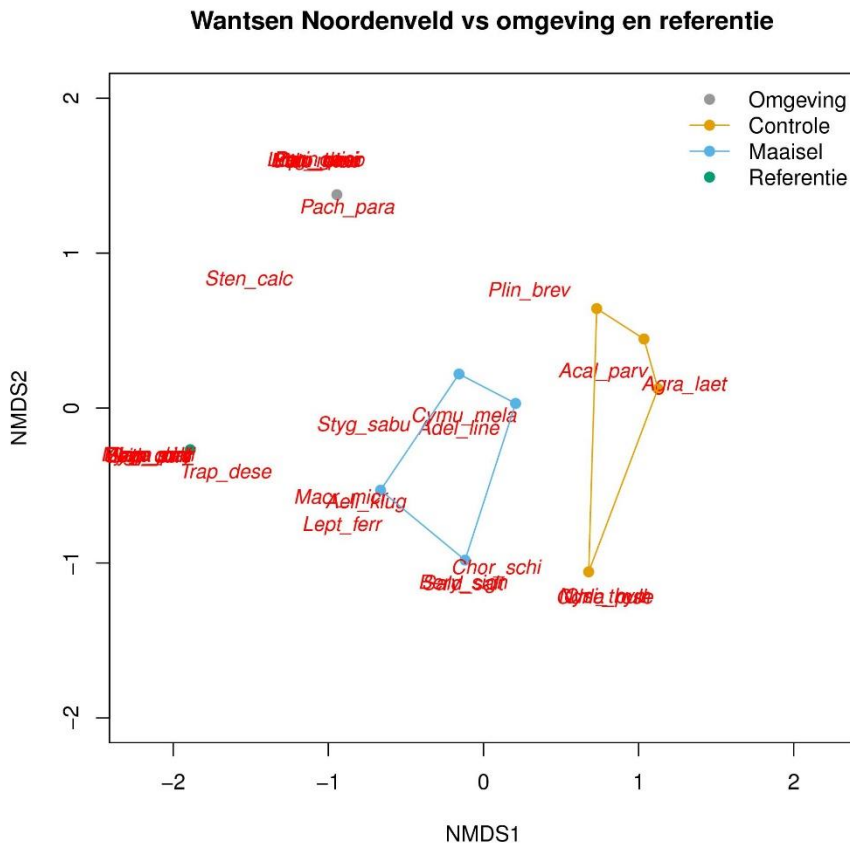
Wantsen

Over het algemeen bestond de bemonsterde wantsenfauna uit algemene tot zeer algemene soorten, vaak wel in meer of mindere mate gebonden aan habitats van de hogere zandgronden, zoals droge heide, stuifzand, stuifzandheide en droge schraalgraslanden (voor een overzicht, zie Bijlage 7). De enige zeldzame soort die in de monsters is aangetroffen betreft een enkele vangst van *Berytinus signoreti* in een van de 'maaisel'-behandelingen in het experiment. Dit is een oligofage soort die in droge schraallanden voorkomt en leeft van Vlinderbloemigen (Fabaceae), onder andere Gewone rolklaver (*Lotus corniculatus*) en Klein vogelpootje (*Ornithopus perpusillus*). Het proefvlak in de omgeving werd sterk gedomineerd door *Pachytomella parallela*, een zeer algemene soort die leeft van verscheidene soorten grassen en in allerlei grazige biotopen voorkomt. De experimentele plots (zowel de 'controle'- als de 'maaisel'-behandelingen in het Noordenveld experiment) werden sterk door *Acalypta parvula* gedomineerd. Dit is een netwants (Tingidae) die leeft van het sap van mossen en in erg droge en open plekken voor kan komen, in heidegebieden vaak in stuifzandheide en gestabiliseerde stuifzanden. De referentielocatie op de Kleine Startbaan van de Havelterberg werd gekenmerkt door meerdere codominante soorten; te weten *Leptopterna ferrugata*, *Myrmus miriformis*, *Rhyparochromus pini* en *Trapezonotus desertus*. *L. ferrugata* is een zeer algemene soort die leeft van verscheidene soorten grassen van min of meer voedselarme biotopen (oa. *Deschampsia flexuosa*, *Agrostis capillaris* en *Arrhenatherum elatius*). *M. miriformis* is een algemene soort in heidegebieden en duingraslanden en leeft van verscheidene soorten grassen. *R. pini* is een vrij algemene fytofage soort die gespecialiseerd is op zaden van verscheidene kruidachtige soorten, onder andere composieten, lipbloemigen en kruisbloemigen. *T. desertus* is algemeen in heideterreinen en is gespecialiseerd op zaden.

Samenstelling wantsengemeenschap

Uit de NMDS-analyse (figuur 2.40) komt naar voren dat de aangetroffen gemeenschappen in de behandelingen 'controle' en 'maaisel' verschillen in samenstelling. Eveneens is te zien dat de samenstelling van de nabij gelegen omgeving sterk afwijkt in samenstelling van zowel de 'controle'- als de 'maaisel'-behandeling. De gemeenschap van de referentie was eveneens sterk afwijkend in algehele samenstelling ten opzichte van zowel beide behandelingen (controle en maaisel), als van het omgevingsmonsterpunt. De maaiselbehandeling was in samenstelling wel iets meer vergelijkbaar met de referentie op de Kleine Startbaan, maar de interne variatie in samenstelling was in deze groep van monsterpunten erg

groot. Over het algemeen kan gesteld worden dat de wantsenfauna in de proefplots nog sterk het karakter van een pionierstadium had, met veel incidentele vangsten en het voorkomen van slechts 1 tot enkele soorten in de onderzoekslocaties, hetgeen de relatief grote afstand tussen de monsterpunten behorende tot dezelfde behandelingsgroep in het diagram verklaart.



Figuur 2.40: NMDS ordination diagram op basis van aangetroffen wantsen in de verschillende onderzoeksplots. Voor soortafkortingen, zie bijlage 7. NMDS ordination diagram based on the trapped bugs at the different research plots. For species abbreviations, see appendix 7.

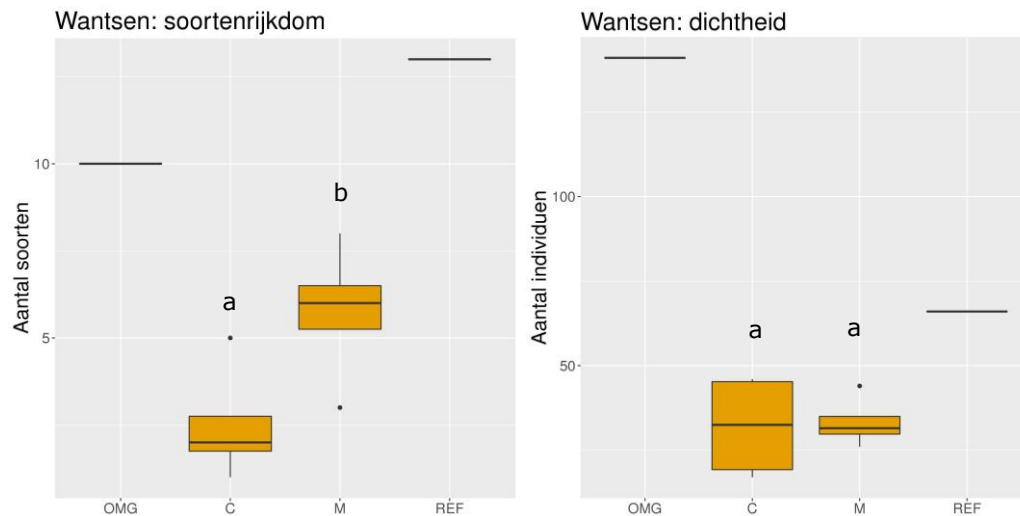
Dichtheid en soortenrijkdom

Het aantal aangetroffen soorten in alle monsterlocaties was vrij laag, waarschijnlijk als gevolg van de relatief lage bemonsteringsintensiteit. De dichtheid van wantsen was in zowel de 'controle'- als in de 'maaisel'-behandeling beduidend lager dan in het nabij gelegen, grasland (Omg) en het heischrale grasland op de Kleine Startbaan (Ref) (figuur 2.41). De gemiddelde soortenrijkdom was eveneens beduidend lager in zowel de ontgronde als de maaisel-behandelingen in het experiment. Zowel in de omgeving als in de heischraal grasland-referentie zijn beduidend meer soorten aangetroffen. Het effect van maaiseltoevoeging heeft wel een positieve bijdrage op de soortenrijkdom: deze was significant hoger dan in de enkel controlesituatie (t-test: $t=2.81$, $p<0.05$).

Soorteigenschappen analyse

De bruikbaarheid van soorteigenschappenanalyse is zeer beperkt gebleken, aangezien de wantsengemeenschap op zowel de niet ontgronde locatie als in de proefvlakken sterk gedomineerd werden door 1 soort. Een vergelijking van de abundantie van soortgroepen met een bepaalde gedeelde eigenschap (bijvoorbeeld langvleugeligheid) zal sterk bepaald worden door de vraag of de meest abundante soort deze eigenschap al dan niet bezit, en geeft derhalve weinig informatie prijs over eventuele sturende mechanismen achter de soortopbouw van de aangetroffen gemeenschap. Een overzicht van de soortenrijkdom van soortgroepen met een gedeelde eigenschap heeft deze beperking in mindere mate in zich, maar hier kan een tegengesteld effect

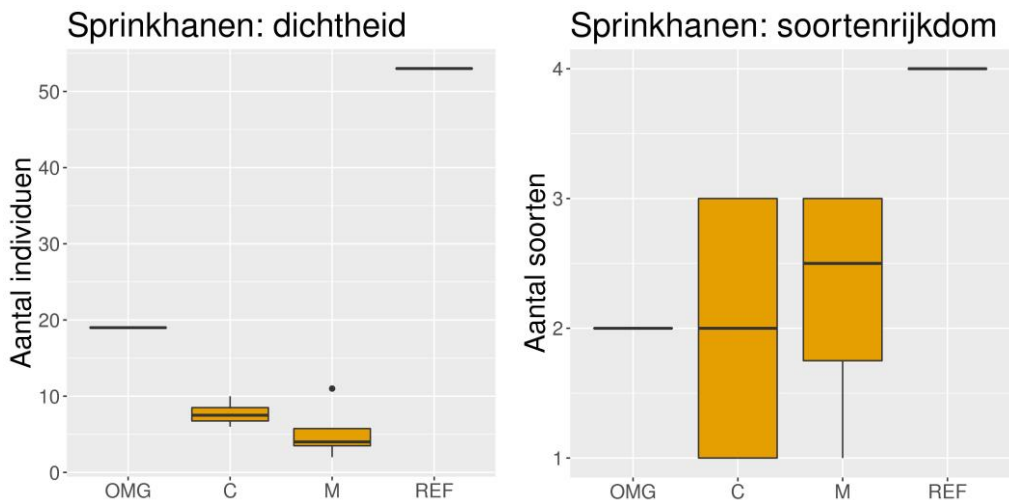
optreden als de meest dominante soort een bepaalde eigenschap heeft die geen enkele van de andere soorten heeft. Op het oog zal deze eigenschap in de overzichten van weinig belang zijn (slechts 0 tot 1 soort van aangetroffen), terwijl deze ene soort in werkelijkheid het grootste numerieke aandeel behaalt. Gekozen is om de eigenschappen analyse van de wantsen enkel in de bijlage (Bijlage 8) te behandelen.



Figuur 2.41. Box-en-whisker plots van de soortenrijkdom (links) en dichtheid (rechts) van wantsen aangetroffen in de behandelingen 'controle' (C) en 'maaisel' (M), in relatie tot de nabij gelegen niet ontgronde situatie ('omgeving'; OMG) en het heischrale grasland op de kleine startbaan ('referentie'; REF). Letters geven verschillende significante groepen weer. Box-and-whisker plots of the species richness (left) and density (right) of bugs in the treatments 'control' (C) and 'hay' (M), in relation tot the nearby, non topsoil removed situation (OMG) and the reference situation at Kleine Startbaan (REF). Different letters indicate different significant groups.

Sprinkhanen

De dichtheid van sprinkhanen in de proefvlakken was lager dan die bepaald in de nabijgelegen omgeving en de referentie op de Kleine Startbaan (figuur 2.42, linker grafiek). De gemiddelde soortenrijkdom was niet verschillend met die van de nabijgelegen controle situatie, maar wel beduidend lager dan op de Kleine Startbaan (figuur 2.42, rechter grafiek). Tussen de verschillende behandelingen (controle versus maaisel) was geen significant verschil in dichtheid noch soortenrijkdom gevonden.



Figuur 2.42: Box-en-whisker plots van de dichtheid (links) en soortenrijkdom (rechts) van sprinkhanen aangetroffen in de behandelingen 'controle' (C) en 'maaisel' (M), in relatie tot de nabij gelegen niet ontgronde situatie ('omgeving'; OMG) en het heischrale grasland op de kleine startbaan ('referentie'; REF).

Box-and-whisker plots of the density (left) and species richness (right) of grasshoppers in the treatments 'control' (C) and 'hay' (M), in relation to the nearby, non topsoil removed situation (OMG) and the reference situation at Kleine Startbaan (REF).

De samenstelling van de waargenomen sprinkhanengemeenschap verschilde sterk tussen de verschillende behandelingen (tabel 2.16). In de omgeving was de Ratelaar (*Chorthippus biguttulus*) de dominante soort, evenals in de referentiesituatie op de Kleine Startbaan. Deze soort werd in de controle- en maaisel-behandelingen in het experiment slechts in lage dichtheden aangetroffen. De referentie en omgeving verschilden onderling in soortenrijkdom: op de Kleine Startbaan werd naast Ratelaar en Krasser (*Chorthippus parallelus*) ook Heidesabelsprinkhaan (*Metrioptera brachyptera*) en Wekkertje (*Omocestus viridulus*) waargenomen. Uniek voor de plots in de experimentele behandelingen was het Knopsprietje (*Myrmeleotettix maculatus*). Dit is een soort die open, spaarzaam begroeide schraallanden en stuifzanden als habitat preferereert. Het Knopsprietje verschilde significant in abundantie tussen controle- en maaisel-behandeling: ze was significant abundanter in de controlebehandeling, (t-test: $t=4.02$, $p<0.01$). Voor de krasser, een soort die meer stabiele, vochtige graslanden preferereert leek dit omgekeerd, maar dit verschil was niet significant (t-test: $t=2.36$, $p<0.07$).

Ecologie van de soorten in relatie tot de vangsten

In tabel 2.16 is een overzicht gegeven van de gemiddelde abundantie in de proefvlakken met daarnaast een overzicht van de meest relevante ecologische parameters. Hieruit wordt duidelijk dat de Heidesabelsprinkhaan en het Wekkertje het sterkst gebonden zijn aan habitats met een relatief stabiel en vochtig microklimaat. De heidesabelsprinkhaan is hieraan gebonden vanwege haar lange eiontwikkeling met meerdere overwinteringen en eiafzet substraat (stengels en/of vochtige bodem). Bovendien is het een soort die zich bij voorkeur klimmend in de vegetatie ophoudt. Het Wekkertje is net als de meeste veldsprinkhanen die in deze studie zijn aangetroffen een soort die zich zowel op de bodem als klimmend in vegetatie ophoudt. Het eiafzetsubstraat (bovengronds in strooisel en mos) en de relatief korte PDD-duur (*post diapauze development time*) (van Wingerden et al., 1991) verraden dat deze soort met name in haar eiontwikkeling is aangepast aan een relatief koel en vochtig microklimaat. Beide soorten zijn uitsluitend in de referentie in lage dichtheden op Kleine Startbaan aangetroffen. Waarschijnlijk bevindt het optimale habitat voor beide soorten zich aan de randen van het heischraal grasland op de overgangen naar vochtige heide.

De soort die het meest is aangepast aan open en spaarzaam begroeide vegetatie is het Knopsprietje. Het is een soort met een goed verspreidingsvermogen, legt relatief kleine ei-pakketten (i.e. hogere mate van risicospreiding) en begeeft zich nagenoeg uitsluitend op open bodem. Het feit dat deze soort uitsluitend in de proefvlakken is aangetroffen en niet in de nabijgelegen niet-ontgronde situatie (OMG), noch in de referentie (Kleine Startbaan) geeft aan dat de situatie in de ontgronde proefvlakken nog sterk afwijkt van zowel gedegrademd als goed ontwikkeld heischraal grasland. Het significante verschil tussen controle en maaiselbehandeling is wel een duidelijke indicatie dat maaiseladditie leidt tot een wat snellere ontwikkeling richting meer gesloten (en bijgevolg minder voor Knopsprietje geschikte) vegetatie.

De Krasser en Ratelaar zijn beide algemene soorten met een vrij brede ecologische amplitude, die hun zwaartepunt in relatief dicht begroeide graslanden hebben. De Krasser is sterker gebonden aan microklimatologisch stabiele situaties dan de Ratelaar: de *Post Diapauze Development time* (PDD; van Wingerden et al., 1991) van de Krasser is hoger dan die van de Ratelaar. Een trage PDD betekent in de praktijk dat een ei niet te snel ontwikkelt bij hoge temperaturen, een eigenschap die soorten van open schraalgraslanden met elkaar delen en waarschijnlijk geëvolueerd vanwege grenzen aan de vochtopname bij te hoge ontwikkelingsnelheden. Omgekeerd zijn soorten met een relatief snelle PDD in staat om ook bij lage bodemtemperaturen een ei tot volledige ontwikkeling naar nymf te volbrengen binnen het zomerseizoen. Deze soorten zijn bovendien niet of verminderd vatbaar voor uitdroging als gevolg van de relatief hoge bodemvochtigheid. Beide soorten zijn evenwel in veel situaties samen aan te treffen in hetzelfde biotoop, de verschillen uiten zich in breedte en zwaartepunt van de ecologische niche. Beide soorten zijn enkel in hoge dichtheden aangetroffen in de omgeving en referentie locatie, in de proefvlakken zijn zij slechts sporadisch aangetroffen. Voor beide soorten geldt waarschijnlijk dat de situatie in de proefvlakken ten tijde van het onderzoek nog te extreem waren om als optimaal habitat voor deze soorten te fungeren.

Afgezien van de Heidesabelsprinkhaan en de Krasser zijn alle soorten in staat om zich vliegend te verplaatsen. Heidesabelsprinkhaan en Krasser kennen een polymorfe vleugelaanleg, waarbij incidenteel macroptere individuen ontwikkelen. Zij kunnen voor uitwisseling en kolonisatie van nieuw habitat zorgen. Aangezien ook de Krasser in de proefvlakken is aangetroffen is er geen aanleiding om aan te nemen dat dispersie een doorslaggevende factor is in het vestigen van soorten in de proeflocaties. Voor de Heidesabelsprinkhaan is het aannemelijk dat ongunstige habitatcondities op het moment van onderzoek van sterkere invloed is dan dispersie limitatie.

Tabel 2.16: Overzicht van aangetroffen soorten sprinkhanen met gemiddelde dichtheid (± 1 S.E.) in de proefvlakken met overzicht van relevante uit de literatuur bekende ecologische eigenschappen

Soort	Wet. naam	OMG	C	M	REF	Vleugel ^{a,1}	Voedsel ^{a,b}	Eisubstraat ^a	Eiafzet ^a	# ei/pakket ^{a,2}	Ontw. duur ^{a,3}	Sänger type ^{a,4}	PDD ^{c,5}
Heidesabelsprinkhaan	<i>Metrioptera brachyptera</i>	0 (-)	0 (0)	0 (0)	2 (-)	poly (b)	Poly-zoofaag: Kruiden en ongewervelden	stengels / vochtige bodem	los	Nvt	2-3	fytofiel	-
Knopsprietje	<i>Myrmeleotettix maculatus</i>	0 (-)	6 (0.71) *	2.5 (0.95) *	0 (-)	macr	Oligofaag: Grassen	onbedekte bodem	pakket	4-6	1	geofiel	-
Krasser	<i>Pseudochorthippus parallelus</i>	2 (-)	1.5 (0.48)	3.25 (0.95)	12 (-)	poly (b)	Polyfaag:Grassen en kruiden	onbedekte bodem	pakket	3-10 (9)	1	fyto-geo	Short
Ratelaar	<i>Chorthippus biguttulus</i>	17 (-)	2 (0.71)	1 (0.25)	37 (-)	macr	Oligofaag: Grassen	onbedekte bodem	pakket	6-12 (9)	1	fyto-geo	Long
Wekkertje	<i>Omocestus viridulus</i>	0 (-)	0 (0)	0 (0)	2 (-)	macr	Oligofaag: Grassen	strooisel bovengronds	pakket	4-10 (8)	1	fyto-geo	Short
Eindtotaal		19 (-)	7.75 (0.85)	5.25 (1.97)	53 (-)								

*: significant verschillend

^a: Volgens Kleukers et al., 1997

^b: Volgens Ingrish & Köhler, 1998

^c: Volgens van Wingerden et al., 1991

¹: macr: soort is altijd macropteer, goed vliegvermogen. poly (b): soort is polymorf met als standaard brachyptere individuen en met macroptere individuen als uitzondering

²: minima en maxima met tussen haken gemiddeld aantal eieren per pakket

³: duur van ontwikkeling van ei van afzet tot uitkomen in aantal overwinteringen. 0.5: sommige eieren komen in zelfde seizoen nog uit.

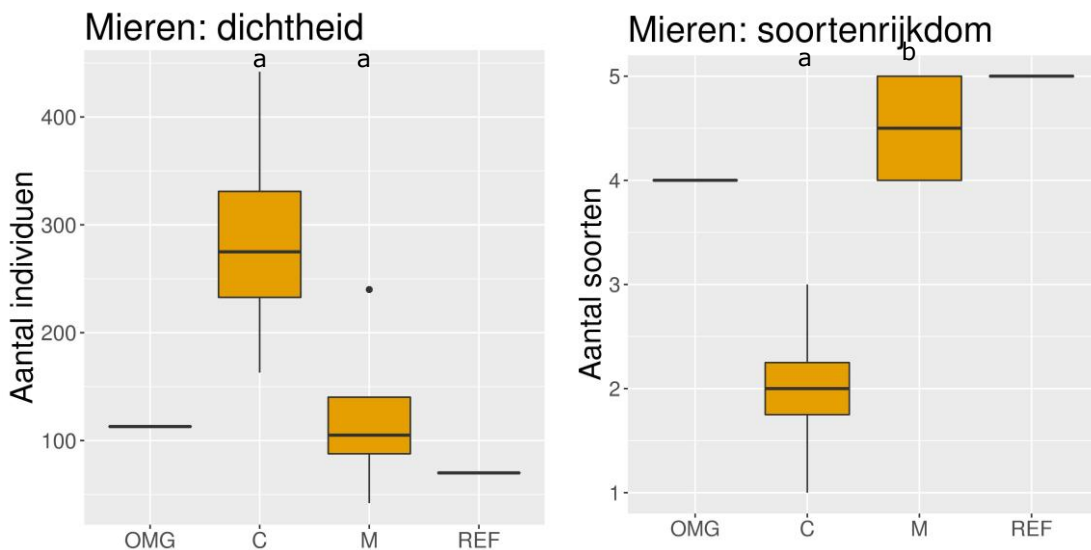
⁴: voorkeur voor vegetatiestructuur, naar Sänger, 197

⁵: PDD: post diapauze development time, een temperatuurafhankelijke maat voor snelheid van eiontwikkeling na breken van de diapauze tot het uitkomen van het ei. Soorten aangepast aan een relatief koel microklimaat hebben meestal een korte PDD; soorten met aanpassing aan relatief warm (en droog microklimaat) een relatief lange PDD.

Mieren

Het aantal aangetroffen mieren was in de controlebehandeling beduidend hoger dan in de omgeving en referentiesituatie (figuur 2.43). Het aantal mieren in de maaiselbehandeling was vergelijkbaar met omgeving en iets hoger dan de referentiesituatie (Kleine Startbaan). Het lage aantal gevangen mieren op Kleine Startbaan is echter waarschijnlijk grotendeels een gevolg van een verminderde vangefficiëntie van de buisjes op deze locatie: deze raakten vaak in een vroeg stadium verstopt doordat mestkevers massaal in de vangbuisjes liepen en vervolgens de opening van de reageerbuisjes blokkeerden (Versluijs, pers. comm). De dichtheid van mieren was hoger in controlebehandeling ten opzichte van de maaiselbehandeling, maar niet significant (t-test: $t=2.32$, $p<0.07$).

Het aantal soorten was in de controlebehandeling lager dan in de omgeving, referentie en de maaiselbehandeling (figuur 2.43). Het verschil in soortenrijkdom tussen maaisel- en controlebehandeling was significant (t-test: $t=-5.0$, $p<0.01$).



Figuur 2.43. Box-en-whisker plots van de dichtheid (links) en soortenrijkdom (rechts) van mieren aangetroffen in de behandelingen 'controle' (C) en 'maaisel' (M), in relatie tot de nabij gelegen niet ontgronde situatie ('omgeving'; OMG) en het heischrale grasland op de Kleine Startbaan ('referentie'; REF). Letters geven verschillende significante groepen weer. Box-and-whisker plots of the density (left) and species richness (right) of ants in the treatments 'control' (C) and 'hay' (M), in relation to the nearby, non topsoil removed situation (OMG) and the reference situation at Kleine Startbaan (REF). Different letters indicate different significant groups.

Soort eigenschappen

Nesttype

Het type nest dat mieren bouwen kan informatie verschaffen over de belangrijkste sturende en/of beperkende factoren in de vestiging van mierensoorten en kan zo ook informatie verschaffen over de vestigingskansen van andere soortgroepen. Er is gebruik gemaakt van de indeling van Versluijs et al. (2013); waar vier typen bodemnesten in zijn beschreven, welke hier kort beschreven worden.

- Simpele bodemnesten: verticale nestkamers die het volk in staat stellen om door middel van verplaatsing de eieren en larven steeds de optimale temperatuur en luchtvochtigheid te kunnen garanderen. Bovendien kunnen de meeste soorten het gehele nest verplaatsen en zijn ze dus in staat om extreme situaties of verstoringen te overleven.
- Complexe bodemnesten: ook hier worden nestkamers ondergronds gebouwd, maar verschillen van simpele bodemnesten door de grootte van de kolonie (vele malen groter) en door de veelal permanente ondergrondse levenswijze van de kolonie. Mieren leven hier van wortelluizen die op de wortels van grassen en kruiden leven. Door de omvang is de kolonie niet verplaatsbaar.

Soorten zijn goed bestand tegen bovengrondse verstoringen, maar vaak wel sterk afhankelijk van de bovenliggende vegetatie (droge kruidenrijke graslanden).

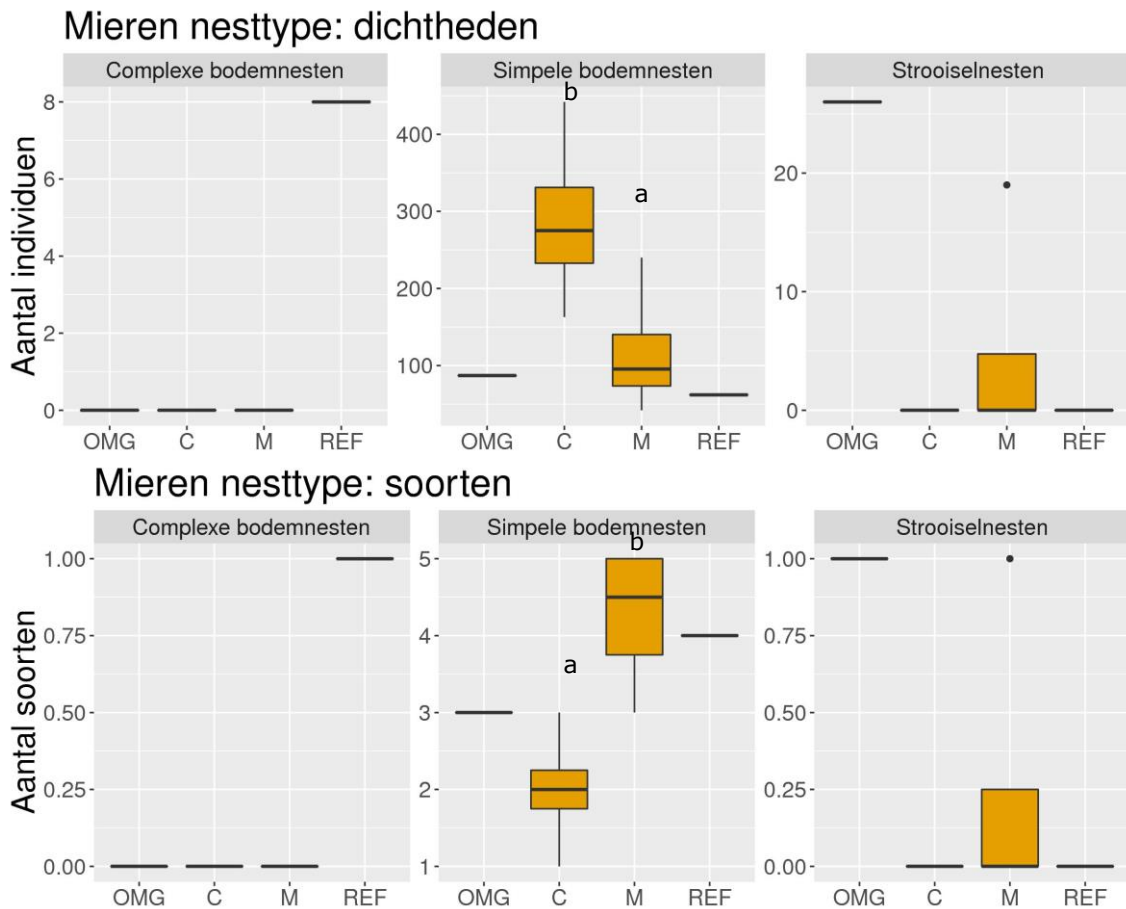
- Strooiselnesten: nesten gebouwd in strooisellagen en/of dood hout. Deze groep kan nog verder worden onderverdeeld in omvangrijke nesten in strooisel (zoals van de humusmier) en uitgesproken kleine nestjes in takjes en dergelijke. Bouwers van beide typen zijn afhankelijk van een goed ontwikkelde strooisellaag; de soorten met kleine nesten zijn in staat tot nestverplaatsing maar zijn door hun geringe grootte beperkt in hun dispersiecapaciteit.
- Koepelnesten: grote nestkoepels (veelal gebouwd door bosmierensoorten). Bouwers van dit type nesten zijn in staat om bovengronds hun eigen microklimaat te creëren. Hier voor de volledigheid genoemd maar niet informatief in relatie tot de proefopzet (zie onder).

De mogelijkheid tot het omgaan met onvoorspelbaarheid in het habitat is het grootst bij soorten met simpele bodembesten en het laagst bij soorten met koepelnesten, met de complexe bodemnesten en strooiselnesten strategieën een tussenpositie hier in nemend. De mogelijkheid tot het verplaatsen van kolonies is in afnemende volgorde: simpele bodemnesten, strooiselnesten, koepelnesten, complexe bodemnesten. Soorten met simpele bodemnesten bestaan derhalve veelal uit r-strategen, en soorten met koepelnesten zijn het beste als K-strategen te bestempelen, de andere twee nesttypen kunnen beschouwd worden als tussenliggende strategieën op het r-K spectrum.

In goed ontwikkelde heischrale graslanden wordt verwacht dat er relatief veel soorten met complexe bodemnesten voorkomen die hier in hoge dichtheden zullen voorkomen. Daarnaast komen er veel soorten met simpele bodemnesten en strooiselnesten voor, zij het dat deze minder soortenrijk zijn en/of minder numeriek dan in open zandige biotopen (simpele bodemnesten) of sterk vergraste of vervilte situaties (strooiselnesten). In deze opzet is het al dan niet voorkomen van soorten die koepelnesten bouwen niet informatief, aangezien deze soorten een zeer groot ruimtegebruik kennen. Één kolonie is in staat om het gehele proefveldoppervlak te doorkruisen en er kunnen nooit meer dan 1-2 in het gehele proefveld aanwezig kunnen zijn.

Verreweg de meeste individuen (totaal 1770 van 1830 individuen) en soorten (totaal 8 van de 11 soorten) van de bemonsterde mierenfauna behoorden tot de groep met simpele bodemnesten als nesttype. Hiervan was de generalistische, maar ook uitgesproken pioniersoort *Lasius niger* verreweg de meest aangetroffen soort, met name in de controlebehandeling (Bijlage 9). De groep die complexe bodemnesten bouwt werd door slechts 1 soort (*Lasius flavus*) vertegenwoordigd in de vangsten, en is enkel in de referentielocatie op de Kleine Startbaan aangetroffen. Daarnaast zijn 2 soorten uit de groep van strooiselnesten bouwers aangetroffen; *Lasius platythorax* en *Myrmica ruginodis*. Er zijn geen soorten aangetroffen die koepelnesten bouwen. In figuur 2.44 is te zien dat de soortenrijkdom van simpele bodemnestbouwers het hoogst is in de behandeling 'maaisel', en hier significant hoger is dan in de 'controle'-behandeling (t-test: $t=3.57$, $p<0.05$). Het aantal aangetroffen mieren uit deze groep was echter significant hoger in de controlebehandeling ten opzichte van de maaiselbehandeling (negative binomial glm: $z=2.57$, $p<0.05$). Dit significante effect is volledig bepaald door de hoge abundantie van *Lasius niger* in deze behandelingen, die hier duidelijk talrijker voorkwam. *Lasius niger* is een van de meest uitgesproken r-strategen binnen deze groep. Bij lage abundantie en/of presentie van andere soorten met een vergelijkbare overlevingsstrategie is de concurrentie met deze soorten minimaal en kan deze soort maximale dichtheden behalen. De soortenrijkdom van de groep van simpele bodemnestbouwers was in de omgeving wat lager dan in de maaiselbehandeling, waarschijnlijk een gevolg van de vochtige en humusrijke omgevingscondities aldaar. In de referentie op de Kleine Startbaan was de soortenrijkdom vergelijkbaar met die in de 'maaisel'-behandeling. In de omgeving waren soorten uit de groep van strooiselnesten meer vertegenwoordigd, welke in de andere onderzochte locaties (experiment en Kleine Startbaan) niet of nauwelijks zijn aangetroffen. Ook dit is in lijn met de observatie dat het omgevingsmonsterpunt sterk door grassen was gedomineerd en een dikke strooisellaag kende. In de experimentele plots is de vegetatieontwikkeling nog niet ver genoeg op gang gekomen om als

geschikt habitat voor deze soorten te fungeren. De Kleine Startbaan zou in principe wel geschikt moeten zijn, maar hier is wellicht het intensief maaibeheer (en bijgevolg actief tegengaan van strooiselopbouw) debet aan het ontbreken van deze soortgroep, al moet ook in het achterhoofd gehouden worden dat de vangsten van de Kleine Startbaan slecht vergelijkbaar zijn met de andere monsterpunten wegens verschil in vangefficiëntie.



Figuur 2.44. Box-en-whisker plots van dichtheid en soortenrijkdom van mieren uitgesplitst over soortgroepen verschillend in nesttype. Behandelingen: C = controle, M = maaisel, OMG = nabijgelegen niet ontgronde situatie, REF= heischraal grasland referentie Kleine Startbaan. Verschillende letters geven significant verschillende groepen weer. Box-and-whisker plots of the density and species richness of ants differing in nest type. Treatments: C = control, M = hay, OMG = non topsoil removed situation, REF = reference situation at Kleine Startbaan. Different letters indicate different significant groups.

Life history strategie

De naamgeving van de LHS uit van Noordwijk *et al.* (2012a) is gebaseerd op de belangrijkste voorwaarde voor succesvolle vestiging en/of handhaving in een bepaald biotoop:

- High food availability: Soorten waarvan de koninginnen zelf moeten fourageren om een eerste generatie werkers op te bouwen. Tijdens de nest vestigingsfase moeten dus voldoende prooien aanwezig zijn om een nest op te bouwen;
- Poor dispersion: soorten die door middel van nest splitsing reproduceren of een parasitaire levenswijze hebben. Dispersie-capaciteit is derhalve laag en isolatie is vaak een belangrijk knelpunt in vestigingskansen.
- High temperature: Soorten waarvan de koninginnen vanuit eigen bestaande reserves een eerste generatie werkers produceren, maar door de relatief late periode van reproductie beperkt zijn in de tijd om een nest te vormen. Zij zijn daardoor vaak afhankelijk van hoge bodemtemperatuur in de zomer om een snelle ontwikkeling van de larven te verzekeren.

- Generalists: soorten die vanuit eigen reserve een eerste generatie werksters produceren, maar een bredere periode van reproductie en nest-stichting kennen. Daardoor zijn zij vrij plastisch en in staat om zich in een breed spectrum van habitats wat betreft voedselaanbod en bodemtemperatuur te vestigen.

Er zijn drie van de vier door van Noordwijk *et al.* (2012a) beschreven LHS-groepen aangetroffen in de monsters (figuur 2.45). Wat meteen opvalt is het ontbreken van de groep van "poor dispersers" in alle onderzochte locaties. Gezien de relatief jonge ontwikkeling waarin de proefvelden van het Noordenveld zich bevinden is het logisch dat deze groep van soorten ontbreekt. Minder logisch is het ontbreken van soorten uit deze groep in de nabijgelegen omgeving en de referentiesituatie op de Kleine Startbaan. Het is mogelijk dat deze groep hier onderbemonsterd is; parasitaire soorten zijn vaak lastig te bemonsteren, aangezien zij altijd slechts een zeer laag aandeel van de totale mierenpopulatie innemen. De controlebehandeling werd in numeriek opzicht gedomineerd door generalisten (wederom met name de pioniersoort *Lasius niger*). Zij kenden een significant hogere dichtheid in de controlebehandeling ten opzichte van de maaiselbehandeling (negative binomial GLM; $z=2.97$, $p<0.01$), maar het aantal soorten uit deze strategie verschilde niet significant. Soorten uit de LHS 'high food availability' waren significant talrijker in de maaiselbehandelingen ten opzichte van de controlebehandelingen (negative binomial GLM: $z=2.33$, $p<0.05$), en de soortenrijkdom was eveneens significant hoger in de maaiselbehandeling (t-test: $t=4.02$, $p<0.05$). In vergelijking tot de nabijgelegen omgeving was de soortenrijkdom even hoog, maar was de aantalsdichtheid ook in de maaiselbehandeling nog beduidend lager. Het lijkt er dus op dat de ontwikkeling in de met maaisel behandelde proefvlakken hier leidt tot een snellere ontwikkeling, en ook een snellere toename van prooi-soorten voor deze groep ten opzichte van controlesituatie. Opmerkelijk is het nagenoeg ontbreken van deze groep in de referentie op de Kleine Startbaan. Mogelijk speelt de vastgestelde onderbemonstering door problemen in vangst efficiëntie hier een rol.

Opvallend was dat soorten uit de groep "high temperature" nergens in hoge dichtheden zijn aangetroffen. Gezien het zeer open en zandige karakter van de Noordenveld experimenten zou een hoge temperatuursom tijdens de nestvestigingsfase geen enkele belemmering moeten zijn. Mogelijk speelt in dit geval een ander uiterste een beperkende rol: een te hoge temperatuur en/of te sterke droogte ten tijde van nestvestiging van deze soorten in de zeer open en zandige pionierssituatie. Het ontbreken van deze strategie in de niet ongronde controle, en hogere aanwezigheid in de Kleine Startbaan ligt wel in de lijn der verwachtingen. Het voedselrijk grasland zal in de zomerperiode geen hoge bodemtemperaturen kunnen behalen, het opener en schraler karakter van het heischraal grasland van de Kleine Startbaan is hier ongetwijfeld veel geschikter.



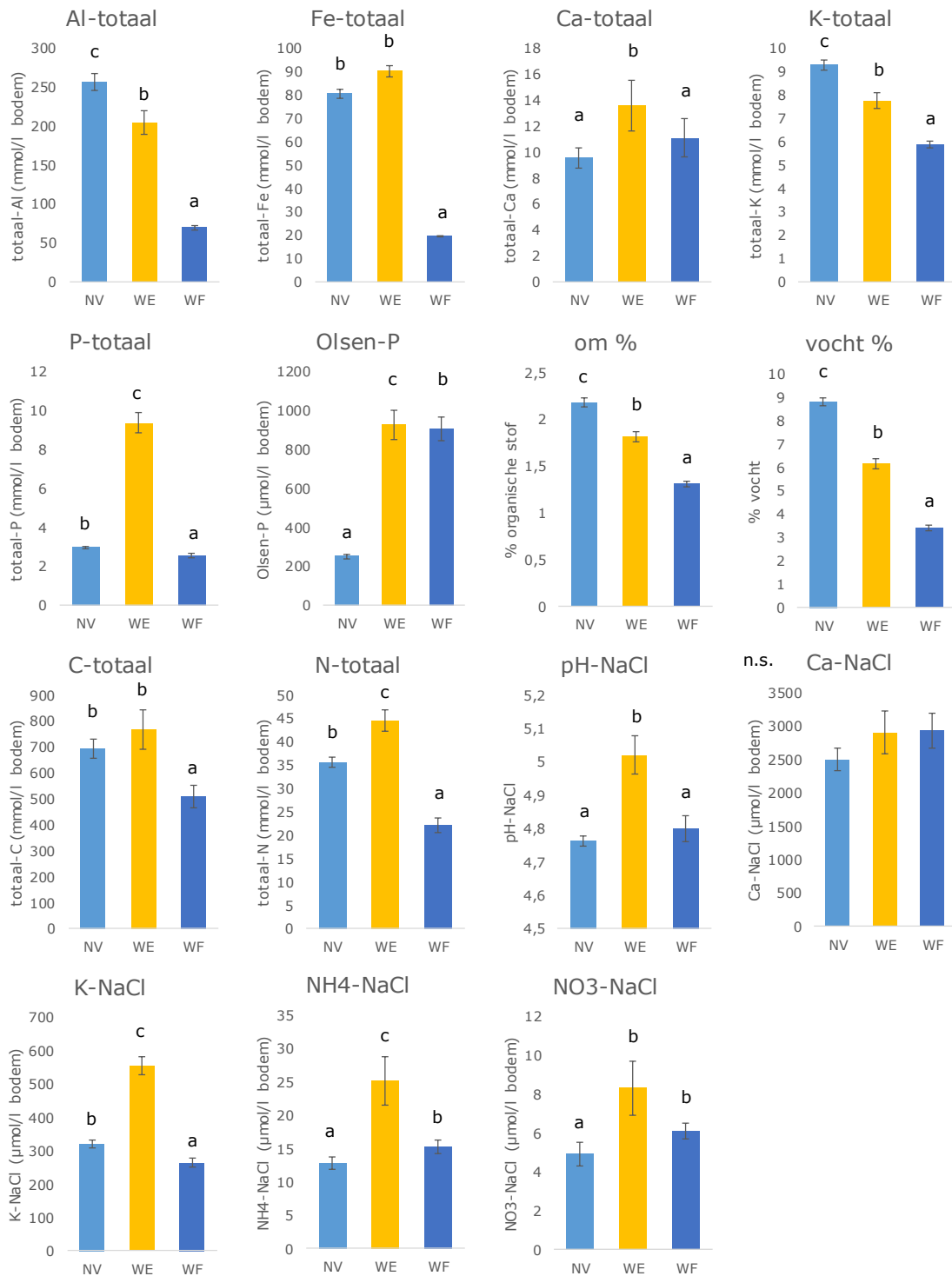
Figuur 2.45. Dichtheden en soortenrijkdom van mieren uitgesplitst over soortgroepen verschillend in Life History strategy. Behandelingen: C = controle, M = maaisel, OMG = nabijgelegen niet ontgronde situatie, REF= heischraal grasland referentie Havelterberg. Verschillende letters geven significant verschillende groepen weer. Box-and-whisker plots of the density and species richness of ant grouped by life history strategy. Treatments: C = control, M = hay, OMG = non topsoil removed situation, REF = reference situation at Kleine Startbaan. Different letters indicate different significant groups.

2.5.4 Bodemchemie

Locaties

Ondanks de overeenkomsten tussen de locaties – recent ontgronde landbouwgronden op zand – bleken zij in de meeste bodemchemische parameters duidelijk van elkaar te verschillen. Figuur 2.46 geeft de belangrijkste parameters weer. Het Wolfsven week in basismineralogie (totaal-concentraties) sterk af van het Noordenveld en Wekerom. De gehalten aan aluminium, ijzer en kalium waren hier zeer laag. Het valt op dat de concentratie totaal-P in Wekerom nog zeer hoog was. Dit komt doordat hier niet de gehele bouwvoor verwijderd kon worden in verband met mogelijke archeologische waarden. De concentratie totaal-P kwam hierdoor ver boven de concentraties die in de donorsites Harskamp en Kleine Startbaan werden gevonden (2-3 mmol P/l bodem), maar lag in dezelfde orde van grote als in de donor-/referentielocaties van de Groote Heide en de Eifel (7-13 mmol P/l bodem). De concentratie plantbeschikbaar P (P-Olsen) was hier met circa 900 µmol/l bodem echter wel veel hoger dan op de donor-/referentielocaties (circa 125-650 µmol/l). Ook in het Wolfsven lag de concentratie plantbeschikbaar fosfor zo hoog. Dit komt doordat er door de lage concentraties aan ijzer-en aluminium(hydr)oxiden zeer weinig bindingscapaciteit is voor fosfaat en het

fosfaat daardoor makkelijk opneembaar is voor planten. Alleen in het Noordenveld is het door ontgroning gelukt om de beschikbaarheid van fosfor te verlagen tot een niveau waarbij droog heischraal grasland doorgaans voorkomt (totaal-P circa 3-6 mmol/l bodem; plantbeschikbaar P <400 µmol Olsen-P/l bodem voor goed-ontwikkelde droge heischrale graslanden (Loeb & Bobbink, ongepubliceerde data). Door de ontgroning is het gehalte organische stof op alle drie de locaties laag. Het organische stofpercentage in het Noordenveld is met 2,2 % het hoogste en in het Wolfsven met 1,3% het laagst. Wekerom zit hier met 1,8% tussen in. Ook hield de bodem, op het tijdstip van bemonstering, in het Noordenveld het meeste vocht vast, terwijl de bodem van het Wolfsven met slechts 3,4% vocht zeer droog was. In het voorjaar zijn de verschillen mogelijk nog groter, omdat de (schijn)grondwaterspiegel in het Noordenveld dan slechts enkele decimeters onder maaiveld staat door de aanwezigheid van een ondiepe keileemlaag. Het lage vochtgehalte op de ontgronde bodem in het Wolfsven betekent dat het microklimaat voor kieming en vestiging van planten en het leefklimaat voor bodem(micro)fauna moeilijk is. Samenhangend met het organische stofpercentage waren ook de totaal-concentraties van koolstof en stikstof het laagst in het Wolfsven. De verhouding tussen C en N lag hierbij voor het Wolfsven wat hoger (gemiddeld 33 g/g) en het organisch materiaal dat aanwezig was, was hierdoor mogelijk slechter afbreekbaar dan in het Noordenveld en Wekerom, waar deze verhouding beneden 25 g/g ligt. De pH was op alle drie de locaties relatief hoog, met een pH-NaCl boven de 4,7. Dit geeft aan dat deze voormalige landbouwgronden nog niet verzuurd waren. De pH lag daarmee boven de gemiddelde pH van 4,4 die in goed-ontwikkelde droge heischrale graslanden in natuurterreinen is gemeten (Van der Zee *et al.*, 2017). De concentratie zoutextraheerbaar calcium (en ook de concentratie basische kationen) op de proeflocaties leek aan de ondergrens te zitten voor droge heischrale graslanden, maar gezien het feit dat er door de lage organische-stofconcentraties nog nauwelijks sprake is van een adsorptiecomplex, betekenen deze basenconcentraties toch dat de basenverzadiging (percentage van het adsorptiecomplex dat bezet is met basische kationen) hoog genoeg is. Concentraties nitraat en ammonium in de bodem waren op alle locaties zeer laag, waarbij de concentraties in het Noordenveld het laagste waren.



Figuur 2.46. Belangrijkste bodemchemische parameters op de verschillende locaties. Gemiddelden over de vier gemeten jaren. Verschillende letters geven significante verschillen aan. Most important soil-chemical parameters for the different locations. Mean values over the four measured years. Different letters indicate significant differences.

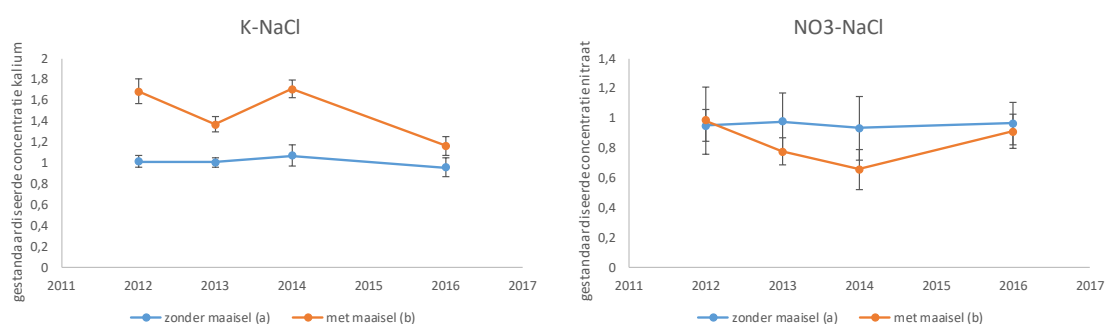
Behandelingen

Het toedienen van maaisel had een significant verhogend effect op de concentratie uitwisselbaar kalium en een verlagend effect op nitraat (figuur 2.47). Over de gehele looptijd was de concentratie uitwisselbaar kalium meer dan 40% hoger in de proefvlakken met maaisel. Het uitspoelen van kalium uit (vers) maaisel of dood plantenmateriaal is een bekend verschijnsel (Swift et al., 1979). Met name het eerste jaar na toedienen van het maaisel kan dit een effect hebben. Het verlagende effect op nitraat (-16%) kan mogelijk verklaard worden door de hogere bedekking in de

kruidlaag in de behandelingen met maaisel; door opname kan de reeds lage nitraatconcentratie verder worden verlaagd.

Het toedienen van bodem had geen significant effect op de gemeten parameters. Van de specifieke behandelingen waren alleen de behandelingen met toediening van maaisel+slurrie en maaisel+plagjes significant verschillend van de controlebehandeling op de concentratie uitwisselbaar kalium (hoger met maaisel en bodem). Dit effect was voor de behandeling 'maaisel+plagjes' ook meetbaar in de concentratie waterextraheerbaar kalium (hoger). Het effect op de nitraatconcentratie was alleen voor de behandeling 'maaisel+slurrie' significant lager dan in de controlebehandeling.

Per locatie uitgesplitst was het effect van maaisel op uitwisselbaar kalium alleen nog in het Noordenveld significant. In het Wolfsven hadden de behandelingen met maaisel de laatste jaren een net iets hogere pH en in Wekerom werd in de eerste jaren een iets lagere concentratie calcium gemeten in de proefvlakken met maaisel. Bij verscheidene specifieke behandelingen werd een significant effect op verschillende parameters gemeten, maar omdat deze verschillen klein, tijdelijk en/of niet consistent waren en daarom waarschijnlijk ecologisch niet relevant zijn, worden deze verschillen hier niet besproken.



Figuur 2.47. Parameters die significant verschilden tussen de behandelingen met en zonder maaisel. Links zoutextraheerbaar kalium, rechts zoutextraheerbaar nitraat. Balken: standaardfout. Concentraties zijn gestandaardiseerd door te delen op het gemiddelde van de controlebehandeling van een specifieke locatie. Parameters which showed significant differences between the treatments with and without hay.

Veranderingen

Behalve een effect van maaisel op uitwisselbaar kalium en nitraat werd ook een significant effect van tijd op de effecten van maaisel op deze parameters gevonden. Dit betekent dat het verschil gedurende het experiment niet altijd even groot was. Zoals hierboven al aangegeven, werd het effect van maaisel op kalium in de loop van de tijd minder groot, na eerst tijdelijk groter te zijn geweest. Omdat overige parameters niet significant verschillend waren tussen behandelingen, zijn de verschillen in veranderingen in deze parameters ecologisch niet relevant.

2.6 Conclusies

Na het ontgronden bleef op de proeflocaties een bodem over die een geschikte pH en buffering had voor de ontwikkeling van heischraal grasland. Op twee van de drie locaties was er echter niet afdoende ontgrond om de beschikbaarheid van fosfaat afdoende naar beneden te brengen. De beschikbaarheid van stikstof was echter wel zeer laag.

Het opbrengen van vers maaisel van goed-ontwikkelde heischrale graslanden zorgt ervoor dat binnen vijf jaar de vegetatie sterk op een heischraal grasland lijkt, al is de kruidlaag nog niet volledig gesloten en heeft er nog nauwelijks ontwikkeling van organische stof in de bodem, of van opbouw van een strooisellaag plaatsgevonden. Met behulp van zaden kan een aantal zeldzamere soorten, waaronder Valkruid, ook worden overgebracht. Zonder toediening van maaisel groeit de bodem dicht met algemenere grassoorten uit zure milieus en gewoon Haarmos, en heeft de vegetatie een eigen, autonome ontwikkeling, die na vijf jaar vrijwel niet in de richting van droog heischraal grasland gaat. Het toedienen van bodem met het maaisel heeft maar een (zeer) beperkt effect op de vegetatie-ontwikkeling. Fijn schapengras en Struikhei lijken wel te profiteren van toediening van bodemkrumels. Ook zijn er enkele soorten (Tandjesgras en Borstelgras) die zich niet via toediening van vers maaisel en zaad vestigen maar dit in (beperkte) mate wel konden via bodemplagjes of bodemkrumels.

De ontwikkeling van de bodemfauna wordt sterker bepaald door de locatie dan door toediening van bodem, waardoor de locaties in aanvangssituatie van elkaar verschillen voor de verschillende parameters. Voor de macro- en mesofauna is er echter een trend zichtbaar bij toediening van krumels en plagjes ten opzichte van de andere behandelingen (controle, alleen maaisel of maaisel+slurrie). Per locatie bezien is er vaak een effect van de verschillende behandelingen, alleen is de respons op de behandelingen voor de locaties verschillend. Mogelijk komt dit door verschillen in bodemkarakteristieken (P-beschikbaarheid; droogte) en het is dan ook niet uit te sluiten dat de behandelingen op de verschillende locaties zich via andere routes naar hetzelfde eindstadium ontwikkelen. Bodemtoediening heeft een klein effect op de ontwikkeling van de bodemfauna en krumels en plagjes lijken de meest geschikte methode voor het toedienen van bodem. Dit komt bijvoorbeeld ook naar voren in het Noordenveld waar de behandeling maaisel&krumels de hoeveelheid schimmels en de schimmeletende nematoden lijkt te stimuleren.

De proeflocaties voor het herstel van heischraal grasland hebben echter ook na vijf jaar na inrichting wat betreft bovengrondse macrofauna nog zeer sterk het karakter van een pioniersituatie. De onderzichte faunagroepen geven een unaniem beeld van een sterk door extreme situaties gedomineerde omgeving, die in sterke mate bepalend is gebleken voor de vestigingskansen van (karakteristieke) ongewervelden. Dispersie lijkt voor de meeste soorten van de onderzochte groepen echter geen belemmering voor succesvolle vestiging. Zo is er geen verschil in vestigingssucces gevonden tussen hoog mobiele en laag mobiele soorten wantsen, en lijken sprinkhanen in hun vestigingskansen in ieder geval niet primair beperkt te worden door dispersie problemen. Voor mieren is het niet uitgesloten dat slechte dispersers moeite hebben met het koloniseren van de proefvlakken, maar ook voor deze soorten is met name het pionierkarakter zeer sterk bepalend voor het vestigingssucces. De overheersende bepalende factor in succesvolle vestiging is de zeer open en droge situatie waarin de proefvlakken verkeren. De meest abundante en dominante soort onder de wantsen is een van de weinige soorten die zich in deze condities kan handhaven, aangezien deze kleine soort zich in mospakketten (waar ze ook van leeft) kan schuilhouden. In beide proefvlakken is al wel een moslaag tot ontwikkeling gekomen, wat kennelijk genoeg bescherming biedt voor deze soort. Het voorkomen van het knopspretje, een uitgesproken droogteminnende soort met een sterke

voorkeur voor open en kale bodem, is eveneens in overeenstemming met de wantsen en mieren gegevens, en de dominantie van mieren met simpele bodemnesten in de experimentele vlakken is ook indicatief voor de sterke sturende rol die extreme microklimaat condities spelen in succesvolle vestiging van fauna.

Er zijn geen aanwijzingen dat er een succesvolle introductie van soorten als gevolg van maaiseltoediening heeft opgetreden. Uit eerder OBN-onderzoek naar het effect van maaiseltoediening na ontgronden (van Noordwijk et al., 2013) bleek dat soorten weliswaar mee kunnen liften met maaisel, maar dat een uiteindelijke vestiging van soorten uit het maaisel sterk belemmerd wordt door de extreme microklimatologische omstandigheden vlak na ontgronden. De resultaten uit dit onderzoek zijn in lijn met de resultaten uit van Noordwijk et al. (2013) en de extreme microklimatologische situatie na ontgronden is ongetwijfeld ook hier de meest beperkende factor in het succesvol vestigen van (karakteristieke) diersoorten van heischrale graslanden. Voor ongewervelden zou het raadzaam zijn om maaiselintroductie te herhalen, op het moment dat vegetatiesuccessie in een ver genoeg gevorderd stadium verkeert om succesvolle vestiging van soorten mogelijk te maken.

Maaiseladditie heeft wel sturend effect op ontwikkeling van de vegetatie, en daarmee heeft het een versnellend effect op het bieden van vestigingsmogelijkheden van ongewervelde fauna. Proefvlakken die enkel ontgrond werden, waren soortenarmer (wantsen en mieren), en werden nog sterker gedomineerd door uitgesproken pioniersoorten (Knosprietje, Zwarte wegmier *Lasius niger*) dan de behandelingen met maaiseladditie. De hogere abundantie van soorten met een hoge voedselbehoefte (mieren) geeft ook aan dat in de met maaisel behandelde proefvlakken de algehele dichtheid van ongewervelden al wat hoger is dan in de niet met maaisel behandelde proefvlakken.

Al met al kan dus geconcludeerd worden dat alleen ontgronden niet leidt tot een ontwikkeling richting een functioneel heischraal grasland, maar dat additie van vers maaisel deze ontwikkeling qua fauna wel enigszins versnellen kan. Of dit uiteindelijk leidt tot het ontstaan van een soortenrijk heischraal grasland, met veel karakteristieke faunasoorten (kruideters), zal pas in de komende jaren duidelijk worden; dit is een traag verlopend proces.

3 Experimenten op reeds heringerichte voormalige landbouwgronden met gestagneerde ontwikkeling

3.1 Inleiding

Het tweede deel van dit onderzoek richt zich op gebieden die al enige tijd geleden (10-15 jaar) opnieuw zijn ingericht, maar waarbij de ontwikkeling naar droog heischraal grasland nog lang niet altijd volledig is. In dit vergelijkende onderzoek wordt onderzocht of het ontbreken van kenmerkende plantensoorten en/of een verkeerde verhouding tussen functionele groepen bodemorganismen na zoveel jaar nog kan worden bijgesteld door de inbreng van plantendiasporen en bodembiota om tot een meer volledige ontwikkeling van droge heischrale graslanden te komen.

3.2 Proefopzet

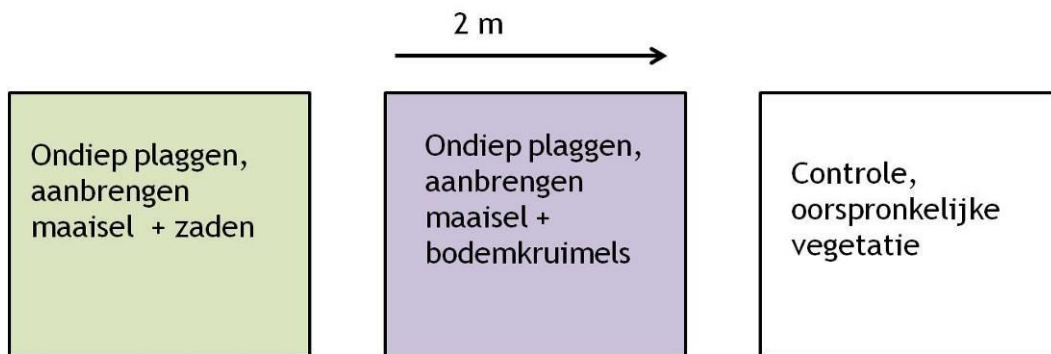
In dit tweede deel van het onderzoek zijn 10 gebieden uitgezocht die circa 10 tot 15 jaar geleden vanuit agrarisch gebruik zijn omgevormd naar natuurgebied en waar droog heischraal grasland werd beoogd (figuur 3.1). Het doel van dit deelonderzoek is om een vergelijking te maken tussen (redelijk) goed geslaagde herstelprojecten en minder goed geslaagde herstelprojecten om tot een analyse van mogelijke knelpunten, zoals dispersie van plantenzaden en/of een slechte ontwikkeling van bodemfaunagroepen, te komen. Daarnaast wordt er in de op het oog minder goed geslaagde herstelprojecten een experiment op kleine schaal uitgevoerd om te onderzoeken of er mogelijkheden zijn om de ontwikkeling van deze locaties te verbeteren door het inbrengen van maaisel, zaden en/of bodemfauna. De ontwikkeling van de locaties wordt in paragraaf 3.5.1 geëvalueerd op grond van de vegetatie.

Voor de selectie van deze gebieden is gebruikt gemaakt van de evaluatie die door Bekker (2008) is opgesteld van ontgrondingen als maatregel ten behoeve van natuurontwikkeling. In de evaluatie van Bekker wordt de vegetatieontwikkeling van gebieden op zandgrond beschreven waar tussen 1986 en 2005 is ontgrond. Op grond van deze beschrijvingen zijn meerdere gebieden bezocht waarvan vestiging van kenmerkende plantensoorten uit droge heischrale graslanden was beschreven. Ter plekke is op het oog beoordeeld of op de locatie droog heischraal grasland aanwezig was en hoe hoog de kwaliteit van de vegetatie was. Daarnaast zijn er locaties geselecteerd die door beheerders of onderzoekers zijn aangedragen als geschikte gebieden.



Figuur 3.1. Ligging van de onderzoeksgebieden op 10-15 jaar geleden heringerichte voormalige landbouwgronden: locaties die dienen als referentiegebied (blauw) en locaties waar een experiment is ingericht (geel). De meeste referentiegebieden hadden een vegetatie die redelijk goed ontwikkeld was en de meeste experimentele locaties hadden een vegetatie die minder goed ontwikkeld was (paragraaf 3.5.1) (maps.google.nl). Location of the former agricultural research areas that were restored 10-15 years ago: reference sites (blue) and experimental sites (yellow). Most of the reference sites had a better developed vegetation, most of the experimental sites were less developed (section 3.5.1) (maps.google.nl).

In vijf van de tien gebieden waar zich nog weinig zeldzame soorten van droge heischrale graslanden hadden gevestigd, is een experiment ingezet. In deze gebieden zijn drie proefvlakken van circa 2 x 2 meter ingericht met minimaal 3 meter tussen de proefvlakken (figuur 3.2). Eén van de proefvlakken dient als controle voor de autonome vegetatie-ontwikkeling. De twee andere proefvlakken zijn ondiep (circa 5 cm diep) afgeplagd. Het afplaggen diende om kieming en vestiging van ingebrachte soorten mogelijk te maken en niet om de voedselrijkdom te verlagen. In beide proefvlakken is maaisel uit een donorgebied aangebracht en zijn zaden van kenmerkende soorten ingebracht. In een van de twee proefvlakken is daarnaast ook bodemmateriaal als kruimels uit het donorgebied ingebracht om bodemfauna te introduceren. Op deze wijze kan onderzocht worden of vestiging van karakteristieke plantensoorten wordt belemmerd door een moeizame dispersie van deze soorten of dat ook de bodemfaunasamenstelling en daarmee de benodigde omzettingsprocessen in de bodem de ontwikkeling van droog heischraal grasland na 10-15 jaar nog belemmeren. Als donorgebieden zijn dezelfde gebieden gebruikt als in de experimenten op de recent ontgronde locaties. Ook hier kregen de noordelijke locaties weer donormateriaal van de Kleine Startbaan, de locaties op de Veluwe van schietterrein Harskamp en de locatie in het zuiden van de Grote Heide. In één van de proefgebieden (Staverden) kwamen weliswaar vrij veel Rode-lijstsoorten voor, maar alle kenmerkende Rode-lijstsoorten van droge heischrale graslanden ontbraken. Dit gebied is in het experiment toch meegenomen om te onderzoeken of het inbrengen van doelsoorten en van bodemfauna nog kan leiden tot een betere ontwikkeling in de richting van droog heischraal grasland.



Figuur 3.2. Experimentele opzet op vijf locaties op reeds heringerichte voormalige landbouwgronden met gestagneerde ontwikkeling. Experimental lay-out at five sites on restored former agricultural land with a stagnating development.

In de vijf gebieden met een op het oog redelijk ontwikkelde vegetatie zijn bodemfauna- en bodemchemische monsters genomen en vegetatie-opnamen gemaakt. Hiermee kan een vergelijking gemaakt worden met de gebieden waar er een minder goede vestiging van soorten van droge heischrale graslanden was na ontgronden.

3.3 Gebiedsbeschrijvingen

De gebieden van het onderzoek in reeds heringerichte gebieden, die circa 10-15 jaar geleden opnieuw zijn ingericht vanuit landbouwkundig gebruik, liggen verspreid over de verschillende Pleistocene gebieden in Nederland en net over de grens met in België. Eén gebied ligt in de Eifel in Duitsland. Door deze ligging zal het gebied klimatologisch en geologisch afwijken van de andere gebieden, maar er is toch voor gekozen om dit gebied mee te nemen in de vergelijking, omdat er hier naar herinrichting een goed ontwikkeld heischraal grasland is ontstaan.

3.3.1 Oudemirdum

De onderzoekslocatie bij Oudemirdum in Gaasterland is in 1994 afgegraven (circa 50 cm) (figuur 3.3). Het gebied is in beheer bij Staatsbosbeheer. Het betreft een zeer oude landbouwgrond, die in elk geval al in de tweede helft van de 19^e eeuw in agrarisch gebruik was (watwaswaar.nl). Het herstelde terrein loopt af van het hogere gedeelte, waar het experiment in is gelegen, richting de Wyldemerk. Het gebied bestaat uit grondmorenes waarop dekzandruggen zijn afgezet. In dit deel van Gaasterland komen voornamelijk veldpodzolgronden en hoge zwarte enkeerdgronden met leemarm of zwakleemig fijn zand voor (GWT V-VI), soms met ondiepe keileem (bodemdata.nl). Het perceel bestaat al sinds de 19^e eeuw uit grasland. Gezien de huidige heiderijke vegetatie, zal dit waarschijnlijk voornamelijk heischraal grasland zijn geweest. In het gebied is één serie proefvlakken uitgezet.



Figuur 3.3. Links: ligging onderzoeksgebied bij Oudemirdum (maps.google.nl). Rechts: het gebied rond Oudemirdum in 1908 (watwaswaar.nl). On the left: location experimental site near Oudemirdum (maps.google.nl). On the right: the area around Oudemirdum in 1908 (watwaswaar.nl).

3.3.2 Mantingerveld

Het Mantingerveld grenst aan het Mantingerzand (figuur 3.4). Het Mantingerveld is in 1994 ontgrond (Bekker, 2008). Het is in beheer bij Natuurmonumenten. Het deel van het gebied waar het experiment is uitgezet werd pas eind jaren '50/begin jaren '60 van de 20^e eeuw ontgonnen (watwaswaar.nl). Het gebied bestaat uit dekzandruggen en lage landduinen met bijbehorende vlakten en laagten met landbouwdekken. De bodem bestaat uit veldpodzolen op lemige fijne zanden op keileem (GWT V-VI) (bodemdata.nl), die ter plekke een dikke eerdlaag hebben. Tot in de jaren '50 bestond het huidige Mantingerveld uit droge en natte heide met natte laagten en vennen.



Figuur 3.4. Links: ligging van het onderzoeksgebied in het Mantingerveld (maps.google.nl). Rechts: het Mantingerveld in 1903 (watwaswaar.nl). On the left: Location of the experimental site at Mantingerveld (maps.google.nl). On the right: the Mantingerveld in 1903 (watwaswaar.nl).

3.3.3 Wisselse Veen

De onderzoekslocatie bij het Wisselse Veen, ten westen van Epe, ligt op de overgang van de stuwwal van de Veluwe naar het beekdal van de Verloren beek en Tongerense beek (figuur 3.5). Geomorfologisch bestaat het gebied uit stuwwalglooiingen en hoge landduinen met bijbehorende vlakten. De bodem bestaat hier uit voornamelijk leemarme haarpodzolgronden, die naar het lager gelegen deel overgaan in veldpodzolgronden met grof zand en grind dieper dan 40 cm (GWT VI-VIII) (bodemdata.nl). Het Wisselse Veen werd vanaf circa 1915 ontgonnen, maar het hooggelegen deel tegen de Tongerense Heide aan bleef tot zeker midden jaren '30 heide. Na ontginning is dit deel eerst in gebruik geweest als akker en daarna als grasland (watwaswaar.nl). In het Wisselse Veen worden sinds begin negentiger jaren van de vorige eeuw herstelmaatregelen uitgevoerd. Het deel waar de proefvlakken liggen is eind 1993 ontgrond (circa 30 cm). Het gebied is in beheer bij Gelders Landschap.

Voor de aanleg van de proefvlakken is er machinaal enkele vierkante meters afgeplagd. De proefvlakken (inclusief het niet afgeplagde controlevlak) zijn met schapengaas afgezet om begrazing door de regelmatig langstreckende schaapskudde te voorkomen.



Figuur 3.5. Links: ligging van het onderzoeksgebied Wisselse Veen (maps.google.nl). Rechts: het onderzoeksgebied in het Wisselse Veen in 1872 (linksboven op de overgang van de Tongerense Heide naar het beekdal) (watwaswaar.nl). On the left: location of the experimental site at Wisselse Veen (maps.google.nl). On the right: the Wisselse Veen in 1872 (on the top left on the transition from the Tongerense Heide towards the stream valley) (watwaswaar.nl).

3.3.4 Staverden

Het 'landje van Hendriks' ten zuiden van Staverden maakte tot na 1931 deel uit van het Speulderveld en is tussen de jaren '30 en de jaren '50 in agrarisch gebruikt genomen (watwaswaar.nl) (figuur 3.6). Voor de ontginning was het terrein een heide. Gelders Landschap heeft in 2001 de toplaag van het gebied (20 – 40 cm) afgegraven ten behoeve van natuurherstel. Al snel na herstel keerden enkele Rode-lijstsoorten terug, zoals Stijve ogentroost (*Euphrasia stricta*) en Dwergviltkruid (*Filago minima*). Delen van de vegetatie kunnen gekarakteriseerd worden als een goed ontwikkelde Vogelpootjesassociatie (*Ornithopodo-Coryneporetum*) (med. H. Inberg). Het gebied ligt in een daluitspoelingswaaier met glooiingen van sneeuwsmeltwaterafzettingen. De bodem bestaat uit grofzandige holtpozolgronden waar ondiep grind in zit (GWT VIII) (bodemdata.nl). Voor de aanleg van de proefvlakken is er machinaal enkele vierkante meters ondiep afgeplagd.



Figuur 3.6. Links: ligging van het onderzoeksgebied bij Staverden (maps.google.nl). Rechts: het onderzoeksgebied bij Staverden in 1931. De proefvlakken liggen ten zuiden van het woord 'Veld' (watwaswaar.nl). On the left: location of the experimental site near Staverden (maps.google.nl). On the right: the experimental site near Staverden in 1931. The plots are located south of the word 'Veld' (watwaswaar.nl).

3.3.5 Banisveld

Het Banisveld ligt aan de zuidoostkant van de Kampina in het midden van Noord-Brabant (figuur 3.7). Het gebied ligt in een vlakte van ten dele verspoelde dekzanden. De heide van het Banisveld werd halverwege de 19e eeuw ontgonnen in een karakteristiek driehoekig verkavelingspatroon, zoals nu nog in het Velderbosch terug te vinden is. Het Banisveld was toen nog heide. Rond de jaren '20 van de 20e eeuw werd het gebied als akker- en weidegrond in gebruik genomen (watwaswaar.nl). De bodem van het Banisveld bestaat uit veldpodzolgronden met zwaklemig fijn zand (GWT VI). Natuurmonumenten heeft in het gebied de ca. 40 cm dikke bouwvoor afgegraven in 1999-2000. Na afgraven zijn veel Rode-lijstsoorten teruggekeerd, zoals Bruine snavelbies (*Rhynchospora fusca*), Kleine zonnedauw (*Drosera rotundifolia*), Moerashertshooi (*Hypericum elodes*), Teer guichelheil (*Anagallis tenella*) en Moeraswolfsklauw (*Lycopodiella inundata*) (med. Natuurmonumenten).

Het grootste deel van het perceel is 's winters vrij nat. De proefvlakken zijn op de gradiënt gelegd van de oorspronkelijke bouwvoor naar het laaggelegen deel waarvan de gehele bouwvoor is verwijderd, zodat ze hoog genoeg liggen om de ontwikkeling van droog heischraal grasland mogelijk te maken. De proefvlakken zijn door middel van schrikdraad van de rest van het gebied afgesloten om begrazing door aanwezige runderen te voorkomen.



Figuur 3.7. Links: Ligging van het onderzoeksgebied in het Banisveld aan de zuidoostkant van de Kampina (maps.google.nl). Rechts: het Banisveld (onderin de kaart) in 1912 (watwaswaar.nl). On the left: location of the experimental sites in the Banisveld at the southeastern side of the Kampina (maps.google.nl). On the right: the Banisveld area (bottom of the map) in 1912 (watwaswaar.nl).

3.3.6 Referentiegebieden

Voor de beschrijving van de redelijk ontwikkelde locaties op voormalige landbouwgronden en referentiegebieden wordt verwezen naar Loeb *et al.* (2013).

3.3.7 Vegetatietypering gebieden

Een analyse van de associaties waar de vegetaties het best bij ingedeeld kunnen worden, laat zien dat de vegetaties van de donorlocaties goed ontwikkeld zijn en meestal het best kunnen worden ingedeeld in de associatie van Klokjesgentiaan en Borstelgras (*Gentiano pneumonanthes-Nardetum*) of de associatie van Liggend walstro en Schapengras (*Galio hercynici-Festucetum ovinae*). Dit gold eveneens voor de andere referentiegebieden en redelijk ontwikkelde gebieden die beschreven worden in Loeb *et al.* (2013). De vegetatie van de matig ontwikkelde gebieden, waar de experimenten in dit hoofdstuk zijn uitgevoerd, kunnen -op het Banisveld na- alle worden beschouwd als rompgemeenschappen. Dit geeft aan dat de vegetatie hier inderdaad slechter ontwikkeld is.

Tabel 3.1. Indeling van de vegetatietypes door Associa, Turboveg. *Categorisation of the vegetation types by Associa, Turboveg.*

	Locatie	Associatie	
		1	2
Donorlocaties	Kleine startbaan	19AA02 – Gentiano pneumonanthes-Nardetum	19AA01 – Galio hercynici-Festucetum ovinae
	Grote startbaan	19AA02 – Gentiano pneumonanthes-Nardetum	18AA02 – Hieracio – Holcetum mollis
	Harskamp	19AA01 – Galio hercynici-Festucetum ovinae	19AA02 – Gentiano pneumonanthes-Nardetum
	Groote Heide	14BA01 – Ornithopodo-Corynephorretum	14BB01B – Festuco-Thymetum anthoxanthetosum
			28AA01B – Cicendietum filiformis juncetosum
Matig ontwikkeld	Banisveld	19AA02 – Gentiano pneumonanthes-Nardetum	14BA01 – Ornithopodo-Corynephorretum
	Staverden	14RG06 – RG Agrostis capillaris-Hypochaeris radicata	
	Wisselse veen	14RG06 – RG Agrostis capillaris-Hypochaeris radicata	14BA01 – Ornithopodo-Corynephorretum
	Mantingerveld	16RG01- RG Agrostis capillaris-Lolium perenne	31 Artemisieta vulgaris
	Oudemirdum	14RG06 – RG Agrostis capillaris-Hypochaeris radicata	14BA01 – Ornithopodo-Corynephorretum

3.4 Materiaal & Methoden

3.4.1 Inrichting proeflocaties

Aanbrengen maaisel

Het maaisel voor deze experimenten werd verzameld op dezelfde donorlocaties en op dezelfde manier als in de experimenten die net na ontgronden zijn uitgevoerd (paragraaf 2.4.1). De verhouding tussen oppervlak donorgebied/proefvlak was 1:1.

Aanbrengen zaden

De zaden zijn op dezelfde manier verzameld en verwerkt als beschreven in de experimenten net na ontgronden (tabel 3.2). De zaden van Valkruid en Grasklokje zijn gekocht bij een kweker (zie paragraaf 2.4.1) (Loeb *et al.*, 2013).

Tabel 3.2. De zaden die zijn opgebracht in de herstelde gebieden waar een experiment is opgezet. *Seeds that are applied in restored areas where an experiment was set up.*

Locatie	Soorten waarvan zaden zijn opgebracht
Banisveld	Blauwe knoop, Echt duizendguldenkruid, Gewone rolklaver, Hazenpootje, Mannetjesereprijs, Muizenoor, Tandjesgras, Zandblauwtje
Mantingerveld	Blauwe knoop, Echte guldenroede, Grasklokje, Hondsviooltje, Klein vogelpootje, Liggend walstro, Liggende vleugeltjesbloem, Mannetjesereprijs, Muizenoor, Stijve ogentroost, Tandjesgras, Valkruid, Kleine tijm, Zandblauwtje
Oudemirdum	Blauwe knoop, Echte guldenroede, Grasklokje, Hondsviooltje, Klein vogelpootje, Liggend hertshooi, Liggend walstro, Liggende vleugeltjesbloem, Mannetjesereprijs, Muizenoor, Stijve ogentroost, Tandjesgras, Zandblauwtje
Staverden	Blauwe knoop, Klein vogelpootje, Mannetjesereprijs, Stijf havikskruid, Stijve ogentroost, Tandjesgras, Valkruid
Wisselseveen	Blauwe knoop, Klein vogelpootje, Mannetjesereprijs, Stijf havikskruid, Stijve ogentroost, Tandjesgras, Valkruid

Inbrengen bodemfauna

In de experimenten is de bodemfauna ingebracht via verkruimeld bodemmateriaal, op dezelfde wijze als in de experimenten net na ontgronden. Per proefvlak is 0,2 m² bodemmateriaal ingebracht van de donorlocatie uit de regio in oktober of november 2011.

Onderhoud en beheer

De vegetatie van Staverden, Wisselse Veen, Oudemirdum en het Mantingerveld zijn met een bosmaaier gemaaid in de winter van 2015/2016. In het Banisveld was dit vanwege de open vegetatie nog niet nodig. Wel zijn hier in 2014 en 2016 boompjes getrokken en afgeknipt. De proefvlakken van Oudemirdum, Wisselse Veen en het Banisveld waren met hekken afgezet van de rest van het terrein, waardoor er geen reguliere begrazing optrad door ingeschaarde runderen (Banisveld) of konijnen.

3.4.2 Vegetatiebeschrijvingen

Vegetatieopnames

In 2012 – 2014 en 2016 zijn opnames rondom het permanent kwadraat gemaakt van alle locaties. De opnames zijn gemaakt volgens de Tansley schaal met een oppervlak van 1 hectare. In de gebieden waar ook een experiment is opgezet, is van alle drie permanente kwadraten een opname van 2 bij 2 meter gemaakt volgens de schaal van Londo, in de gebieden zonder experiment is een opname gemaakt van het controle-

permanent kwadraat. De coderingen van de opnameschalen zijn te vinden in Bijlage 10.

Biomassa

Voor de bepaling van de peak standing crop als maat voor de productiviteit is biomassa geknipt van een oppervlak van 40 bij 40 centimeter. De biomassa is gewogen na minimaal 48 uur drogen bij 70°C.

Analyse vegetatiedata en statistiek

De vegetatiedata van dit deel van het experiment zijn op dezelfde wijze geanalyseerd en getest als de gegevens van het experiment direct na ontgronden. Om de sample grootte van alle categorieën dichter bij elkaar te krijgen, zijn nog enkele redelijk herstelde heischrale graslanden op voormalige landbouwgrond en een referentiegebied in de buurt van het Turnhouts Vennengebied (BE) toegevoegd aan de analyse.

3.4.3 Bemonstering en analyse bodembiota

Bemonstering

Bodembiota werden bemonsterd in het najaar van 2016. Monsters voor de analyse van microbiële eigenschappen en voor de analyse van nematoden werden met een guts genomen van 5 cm diameter en 10 cm lengte en bestonden uit mengmonsters van drie steken. Monsters werden overgebracht naar het lab en bewaard bij 10 °C tot verdere verwerking. Voor de bodemmicroflora werden monsters met een 2mm zeef gezeefd voor verwerking om wortels te verwijderen; voor de analyse van nematoden werden de steken alleen gemengd.

Voor het onderzoek aan de bodemmacrofauna werden monster genomen met een boor van 12 cm doorsnede over een diepte van 10 cm, eveneens bestaand uit een mengmonster van drie steken.

Analyses

De analyses werden op dezelfde wijze uitgevoerd als bij het experiment direct na ontgronden; zie paragraaf 2.4.3.

Statistische analyse

Om individuele behandelingen te vergelijken werd een eenweg-ANOVA uitgevoerd, gevolgd door een LSD-post hoc-test. Gegevens werden $\log(x+1)$ getransformeerd voor analyse. Bij analyse van de individuele behandelingen, namen we data van verschillende locaties, maar werd locatie als random factor gebruikt. Bij analyse van verschillen tussen locaties, werden behandelingen samengenomen, met behandeling als random factor.

Voor de nematodengemeenschap en werden *maturity* en *channel* indices berekend met NINJA (Sieriebriennikov *et al.*, 2014).

3.4.4 Bemonstering en analyse bodem- en vegetatiechemie

Bemonstering

Bodemmonsters werden als mengmonster van vier steken van de bovenste 10 cm per plot met een guts gestoken in oktober 2013, oktober 2014 en oktober 2016. Ook de monsters die in de eerste fase werden gestoken in het najaar van 2011 in de donorgebieden (Loeb *et al.*, 2013) zijn hier ter vergelijking meegenomen.

Bodemextracties

Op de bodemmonsters werd net als in de experimenten direct na ontgronden een zoutextractie, waterextractie, Olsen-extractie, een destructie en een organische stofbepaling uitgevoerd (paragraaf 2.4.5).

Verwerking en analyse vegetatiemonsters

De vegetatiemonsters werden in papieren zakken minimaal 48 uur gedroogd bij 70 °C. Na drogen werd de massa van het monster bepaald en werd elk monster fijngeknipt waarna een representatief mengmonster verder fijn werd gemalen met een kogelmaler. De vegetatie werd gedestruëerd en geanalyseerd analoog aan de bodemdestructie (paragraaf 2.4.5). De C- en N-analyse werd op dezelfde wijze uitgevoerd als de analyse van het bodemmateriaal, met als verschil dat er van de vegetatiemonsters circa 3 mg werd ingewogen.

In dit hoofdstuk zijn in de figuren en tabellen de volgende afkortingen gebruikt voor de verschillende behandelingen: **C** (controle), **M** (maaisel), **M&Z** (maaisel en zaden), **M&K** (maaisel en kruimels), **M&P** (maaisel en plagjes) en **M&S** (maaisel en slurrie). Daarnaast zijn voor de locaties de volgende labels gebruikt: **BV** = Banisveld, **OM** = Oude Mirdum, **MV** = Mantingerveld, **WV** = Wisselse Veen en **ST** = Staverden. De donorgebieden zijn als volgt afgekort: **KS**= Kleine startbaan, **GS**=Grote startbaan, **HK**= Harskamp en **GH**= Groote Heide.

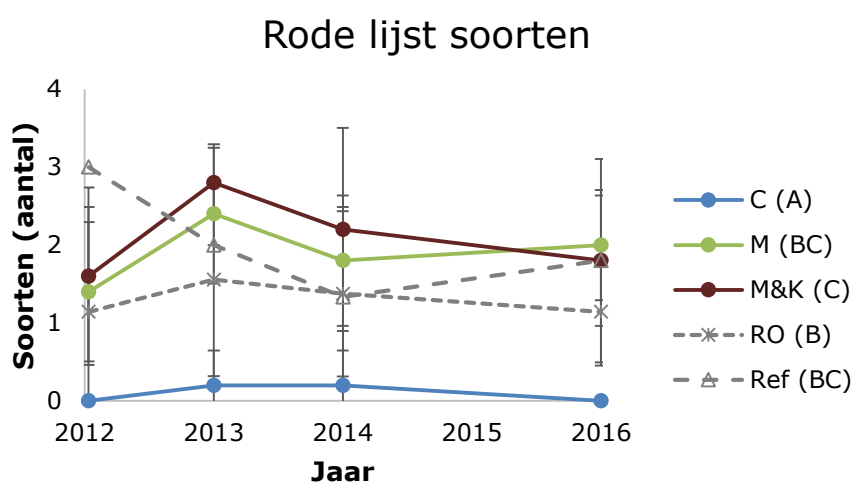
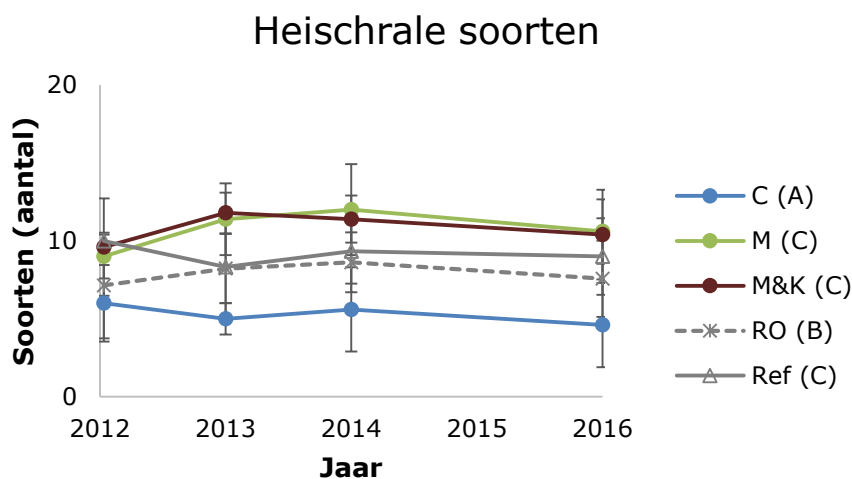
3.5 Resultaten

3.5.1 Vegetatie

Algemene effecten aanbrengen maaisel, zaad en bodemkrumels

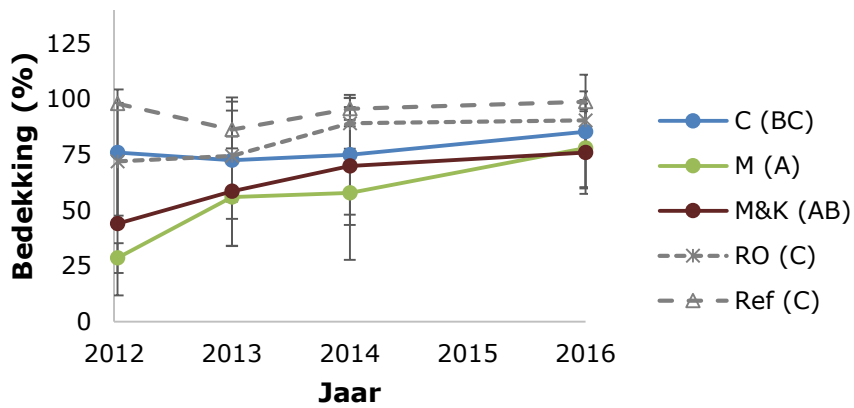
Als gekeken wordt naar de effecten van de twee behandelingen in alle experimentele gebieden samen, dan valt een aantal dingen op. Het inbrengen van maaisel of maaisel en bodemkrumels na het openen van de vegetatie verhoogde het aantal kenmerkende heischrale soorten tot het niveau van de referentiegebieden in natuurterreinen; beide behandelingen waren hier even effectief (figuur 3.8). Beide behandelingen verhoogden het aantal Rode-lijstsoorten tot het niveau van de referentiegebieden. In het Wisselse veen (4) en Oudemirdum (3) zijn de meeste Rode-lijstsoorten geïntroduceerd. Met name Blauwe knoop lijkt zich goed te vestigen in de geplagde proefvlakken, ongeacht de behandeling. Uit de ingebrachte zaden hadden zich in Staverden en in het Wisselse veen enkele kiemplanten van Valkruid gevestigd, die ook in het vijfde jaar van het experiment nog steeds aanwezig waren. Het aantal exemplaren van enkele soorten liep na een succesvolle kieming en zelfs bloei in de eerste twee jaar van het experiment toch weer wat terug. In Oudemirdum liep het aantal exemplaren van Blauwe knoop en Hondsviooltje sterk terug in het vijfde jaar van het experiment, in het Banisveld is Geelhartje weer verdwenen.

De ondiep afgeplagde proefvlakken waren na 5 jaar weer volledig bedekt. In tegenstelling tot de totale bedekking was de bedekking van de kruidlaag vijf jaar na het inzetten van het experiment lager na het toedienen van alleen maaisel en zaad ($p < 0,001$) (figuur 3.9). Vijf jaar na afplaggen was gemiddeld 75 procent van het oppervlak weer bedekt door kruiden. De bedekking door de moslaag verschilde niet significant tussen de verschillende ontwikkelingsstadia en de proefvlakken ($p = 0,066$). Toch lijkt er een trend te zijn met een relatief lage bedekking door de moslaag in de referentiegebieden en een hoge bedekking in de redelijk ontwikkelde gebieden. De controleproefvlakken en de proefvlakken met behandeling hadden een gemiddelde mosbedekking (figuur 3.9).

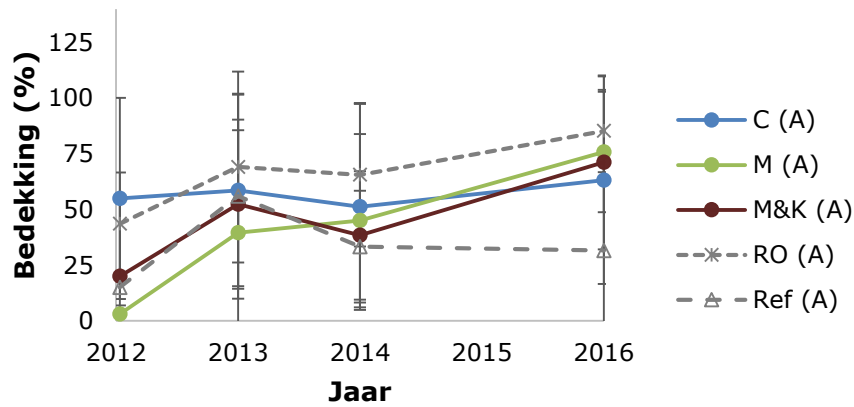


Figuur 3.8. Het aantal kenmerkende heischrale soorten (boven) en het aantal Rode-lijstsoorten (onder) in de permanente kwadraten. De letters geven significante verschillen tussen de permanente kwadraten aan. Blauw = controleproefvlakken, groen = proefvlakken met maaisel en zaad, bruin = proefvlakken met maaisel, zaad en bodemkruimels, grijs gestippelde lijn met sterretjes = redelijk ontwikkelde gebieden op voormalige landbouwgrond, grijs gestippelde lijn met open driehoekjes = referentiegebieden in natuurterreinen. Gemiddelde \pm standaarddeviatie. The number of characteristic Nardo-Galium species (middle) and the number of red list species (bottom) in the permanent quadrats. Blue = control plots, green = plots with hay and seeds, brown = plots with hay, seeds and soil crumbs, gray dashed line with stars = reasonably developed areas on former agricultural land, gray dashed line with open triangles = reference sites in nature conservation areas. Characters between brackets indicate significant differences. Average \pm standard deviation.

Bedekking kruidlaag



Bedekking moslaag

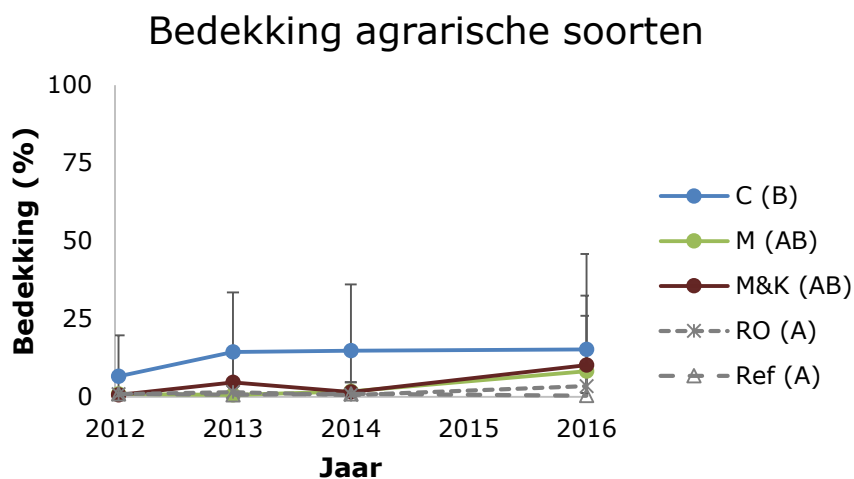
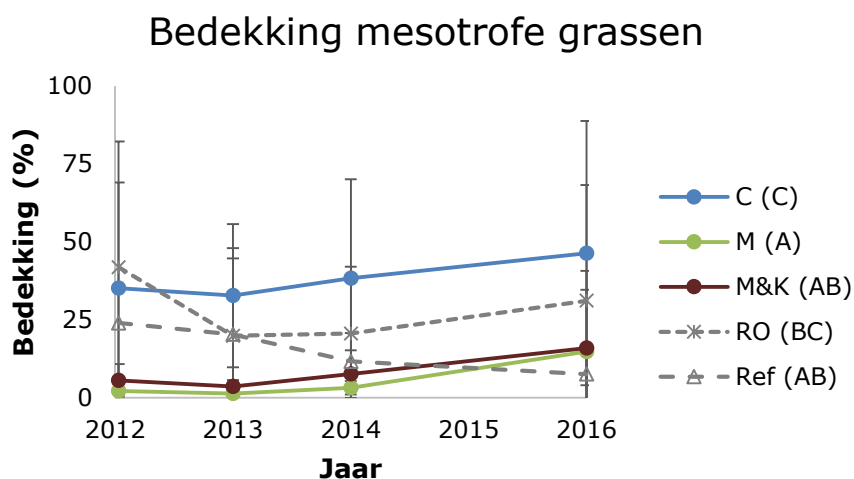
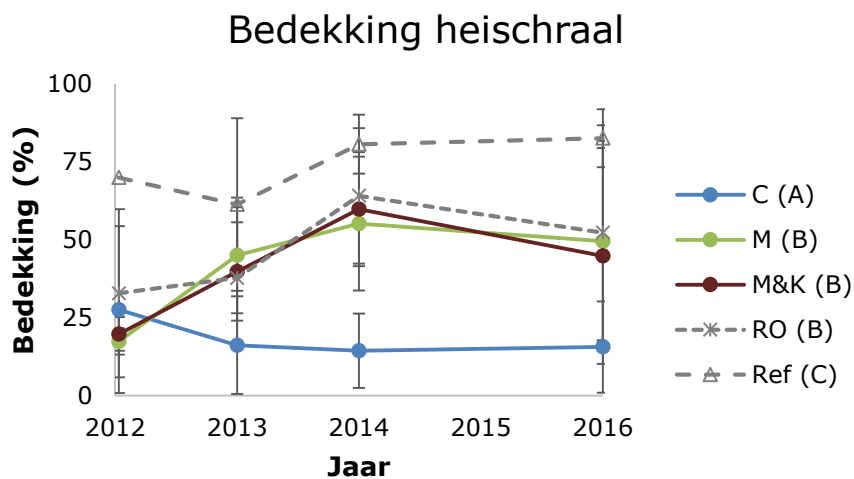


Figuur 3.9. De bedekking door de kruidlaag (boven) en de moslaag (onder) in de permanente kwadraten. De letters geven significante verschillen tussen de permanente kwadraten aan. Gemiddelde \pm standaarddeviatie. The cover of the herb layer (top) and the moss layer (bottom) in the permanent quadrats. Characters between brackets indicate significant differences. Average \pm standard deviation.

Drie categorieën soorten hebben de hoogste bedekkingen in de onderzochte gebieden: kenmerkende heischrale soorten, mesotrofe grassen en agrarische soorten. De matig ontwikkelde gebieden hadden de laagste bedekking door heischrale soorten, gemiddeld tussen de 15 en 20 procent (figuur 3.1.0). In de referentiegebieden hadden heischrale soorten de hoogste bedekking, gemiddeld rond 75 procent. De redelijk ontwikkelde gebieden liggen hier tussenin, met bedekkingen tussen 30 en 50 procent ($p < 0,001$). Het inbrengen van maaisel en zaden of maaisel, zaden en verkruid bodemmateriaal verhoogde de bedekking door heischrale soorten significant ten opzichte van het controleproefvlak op de vijf bestudeerde locaties met matig ontwikkelde vegetatie. Beide behandelingen verschilden niet significant van elkaar, hetgeen suggereert dat dispersie het grootste probleem is voor vestiging van kenmerkende heischrale soorten. Hierbij moet aangetekend worden dat vestiging erg moeizaam zal verlopen als de zode eenmaal is dichtgegroeid.

De bedekking door mesotrofe grassen laat het omgekeerde beeld zien van de heischrale soorten. Mesotrofe grassen hadden de hoogste bedekking in de controleproefvlakken, en een significant lagere bedekking in de referentiegebieden ($p = 0,002$). De redelijk ontwikkelde gebieden lagen hier tussenin. Na het plagen en inbrengen van maaisel of maaisel en verkruid bodemmateriaal werd de bedekking door mesotrofe grassen beduidend lager, al namen deze tussen het derde en vijfde jaar van het experiment weer toe. Na vijf jaar is de bedekking in de geplagde proefvlakken nog wel beduidend lager dan in het controleproefvlak van de matig ontwikkelde gebieden. Externe factoren zoals het voedingsstoffenaanbod zullen uiteindelijk bepalend zijn of de mesotrofe grassen de concurrentie van de kenmerkende heischrale soorten winnen of blijvend een lagere bedekking zullen houden (3.5.3).

De bedekking door agrarische soorten toonde een vergelijkbaar beeld als de mesotrofe grassen, al was de bedekking van deze soortgroep lager. In de controleproefvlakken van de matig ontwikkelde gebieden van het experiment was de bedekking door agrarische soorten significant hoger dan in de redelijk ontwikkelde gebieden en referentiegebieden ($p = 0,036$). De proefvlakken waaraan maaisel was toegediend lagen hier tussenin, al lijkt de bedekking van agrarische soorten tussen het derde en vijfde jaar van het experiment toe te nemen.



Figuur 3.10. De bedekking door kenmerkende heischrale soorten (boven), mesotrofe grassen (midden) en agrarische soorten (onder) in de permanente kwadraten. De letters geven significante verschillen tussen de permanente kwadraten aan. Gemiddelde \pm standaarddeviatie. The cover of characteristic Nardo-Galium species (top), mesotrophic grasses (middle) and agricultural species (bottom) in the permanent quadrats. Characters between brackets indicate significant differences. Average \pm standard deviation.

Richting ontwikkeling proefvlakken

Locatiespecifieke effecten aanbrengen maaisel, zaad en bodemkruiden

De onbehandelde controlevegetatie in Staverden werd gedomineerd door Gewoon reukgras, dat samen met enkele algemene grassoorten voorkwam (tabel 3.3). Plaatselijk kwamen wel Stijf havikskruid, Gewone veldbies en Gewoon biggenkruid voor. In de proefvlakken waarin vijf jaar daarvoor de vegetatie was geopend en maaisel en zaden waren aangebracht, was Fijn schapengras aspectbepalend. Daarnaast kwamen hier ook onder andere de heischrale soorten Pilzegge, Gewone dophei, Gewone veldbies, Blauwe knoop, Stijf havikskruid, Schapenzuring, Stijve ogentroost, Vertakte Leeuwentand en in één van de twee proefvlakken zelfs Valkruid voor. Blauwe knoop, Stijve ogentroost en Valkruid zaten niet in het oorspronkelijke maaisel en hebben zich uit het zaad gevestigd. Mannetjesereprijs, Tandjesgras en Klein vogelpootje wisten zich niet uit het uitgestrooide zaad te vestigen (tabel 3.8). Met deze soortensamenstelling hadden de twee met maaisel en zaad behandelde proefvlakken een veel sterker heischraal karakter dan de onbehandelde vegetatie en werden zij door Associa ook in de Klasse der heischrale graslanden geplaatst, terwijl de oorspronkelijk vegetatie meer elementen van de Klasse der droge graslanden op zandgrond en de Associatie van Boshavikskruid en Gladde witbol bevatte. Het proefvlak waarin naast maaisel en zaden ook bodemkruiden waren uitgestrooid, leek in vegetatie-ontwikkeling sterk het proefvlak zonder bodemkruiden, maar bevatte wel meer soorten (tabel 3.3).

De vegetatie aan de bovenrand van het Wisselse Veen, waar het experiment zich bevond, werd door Gewoon struisgras gedomineerd en was erg soortenarm (tabel 3.4). Aan typisch heischrale soorten kwamen alleen Schapenzuring en Stijf havikskruid voor. De gemeenschap zou het beste kunnen worden ingedeeld in de Rompgemeenschap van Gewoon struisgras en Biggenkruid in het Verbond van Gewoon struisgras (niet in de Associatie van Schapegras en Tijn, zoals Associa aangeeft). De proefvlakken met maaisel en zaden hadden ook na vijf jaar een veel lagere bedekking met Gewoon struisgras. Hier kwamen naast Schapenzuring en Stijf havikskruid ook onder andere Fijn schapengras, Borstelgras, Veldbies, Stijve ogentroost, Blauwe knoop, Valkruid en Gewoon biggenkruid voor. Stijve ogentroost en Blauwe knoop vestigden zich uit het uitgezaaide zaad. Net als in het Wisselse Veen sloegen de zaden van Mannetjesereprijs, Klein vogelpootje en Tandjesgras niet aan (tabel 3.8). Opmerkelijk is hier de vestiging van Borstelgras uit het maaisel, dat zich in Staverden niet en Wekerom alleen met plagjes of bodemkruiden wist te vestigen.

Het Banisveld had zo'n 20 jaar na de herinrichting nog steeds een vrij open kruidlaag. Op de droge zoom waar het experiment plaatsvond, was Struikhei de soort die het meeste bedekte (tabel 3.5). Daarnaast kwamen onder andere ook Dophei, Gewone rolklaver, Pilzegge, Gewone veldbies, Klein vogelpootje en Gewoon biggenkruid voor. De proefvlakken met maaisel en zaden hadden een lagere bedekking met Struikhei. Uit het maaisel en het zaad wisten zich onder andere Fijn schapengras en Blauwe knoop te vestigen, waardoor deze proefvlakken een sterker heischraal karakter hadden dan het controleproefvlak, dat volgens Associa in de Klasse der Droge heiden geplaatst zou moeten worden. Het proefvlak met alleen maaisel valt volgens Associa na vijf jaar in de Klasse van Heischrale graslanden. Ondanks dat het ongeveer dezelfde soortensamenstelling had, zou het proefvlak waarin ook bodemkruiden zijn uitgestrooid in de Klasse der kapvlagtegemeenschappen geplaatst worden door de hogere bedekkingen van Zwarte els en Ruwe berk. Deze indeling vormt echter geen weerspiegeling van het gebied buiten de proefvlakken, omdat de proefvlakken van de begrazingseenheid zijn uitgerasterd. Uit het zaad wisten Muizenoor, Zandblauwtje, Mannetjesereprijs, Tandjesgras, Echt duizenguldenkruid en Hazenpootje zich niet te vestigen (tabel 3.8).

In het Mantingerveld werd het voedselrijke karakter (zie paragraaf 3.5.3) van het terrein weerspiegeld in de aanwezigheid van de Rompgemeenschap van Gestreepte witbol en Engels raigras uit de Klasse der matig voedselrijke graslanden. Naast Gestreepte witbol kwamen Akkerdistel, Gewoon struisgras, Jacobskruid en Kruipende boterbloem veelvuldig voor (Tabel 3.6). In het controleproefvlak ontbraken

typische heischrale soorten nagenoeg, maar verderop in het terrein werd wel Hondsviooltje gevonden, waarvan de zaden zijn gebruikt om in te brengen in de proefvlakken met maaisel en zaad. In deze proefvlakken kwamen beduidend meer typische soorten uit de Klasse der heischrale graslanden voor. De meest voorkomende soorten waren hier Fijn schapengras, Gewone rolklaver, Gewoon biggenkruid en Gewoon struisgras. Daarnaast vestigden zich typisch heischrale soorten als Tormentil, Blauwe knoop, Stijve ogentroost, Grasklokje, Muizenoor en Hondsviooltje. Doordat zich ook meer soorten van de Klasse der Droge graslanden vestigden, zoals Klein vogelpootje, Vroege haver, Gewoon duizenblad, Kleine klaver en Zandblauwtje kunnen de behandelde proefvlakken echter beter geassocieerd worden als Associatie van Schapengras en Tijm. Het aanbrengen van zaden van Mannetjesereprijs, Tandjesgras, Echte guldenroede, Liggend walstro en Liggende vleugeltjesbloem was hier niet succesvol (tabel 3.8).

De vegetatie van Oudemirdum werd gedomineerd door Gewoon struisgras (tabel 3.7). Hiertussen stonden onder andere Veldbiezen, Struikhei, Gewoon biggenkruid en Gestreepte witbol. De vegetatie wordt daarom door Associa gezien als (soortenarme variant van de) Associatie van Liggend walstro en Schapengras. De proefvlakken met maaisel en zaad bevatten echter veel meer karakteristieke heischrale soorten. Abundant was in deze proefvlakken Fijn schapengras in plaats van Gewoon struisgras, waartussen onder andere Pilzegge, Gewone dophei, Schermhavikskruid, Schapenzuring, Tormentil, Blauwe knoop en Stijve ogentroost stonden, waardoor de proefvlakken gezien kunnen worden als een soortenrijkere variant van de Associatie van Liggend walstro en Schapengras. Stijve ogentroost wist zich in korte tijd ook buiten de proefvlakken te vestigen, maar lijkt daar inmiddels op zijn retour. Ondanks de succesvolle vestiging van veel heischrale soorten, waren veel soorten die alleen als zaad zijn toegediend minder succesvol: Muizenoor, Mannetjesereprijs, Tandjesgras, Grasklokje, Hondsviooltje, Echte guldenroede, Liggend walstro en Liggende vleugeltjesbloem vestigden zich helaas niet (tabel 3.8).

Tabel 3.3. Vegetatie-opnamen van de proefvlakken (2 x 2 m) van Staverden vijf jaar na start van het experiment (schaal van Londo). In de kopgegevens staan de drie meest waarschijnlijke classificaties volgens Associa aangegeven. Aanduidingen gemeenschappen verwijzen naar Schaminée et al. (1995). Soorten die schuin gedrukt staan, waren aanwezig op de donorlocatie van het maaisel. Soorten die vetgedrukt staan, zijn met zaden ingebracht. Vegetation relevées in the plots (2x2 m) in Staverden five years after the start of the experiment. The three most plausible plant communities according to Associa are given in the header. Community numbers see Schaminée et al. (1995). Species in italic: present at the donor location of the hay. Species in bold: added by seeds.

	<i>controle</i>	<i>maaisel</i>	<i>maaisel+kruimels</i>
Associa_01	18AA02	19AA01	19
Associa_02	19	19A	19A
Associa_03	19A	19AA	19AA
Aantal soorten	14	16	22
<u>Klasse der heischrale graslanden</u>			
Stijf havikskruid	p1	m1	m1
Gewone veldbies	r1	m1	
Fijn schapengras		6	6
<i>Pilzegge</i>		m1	m1
<i>Gewone dophei</i>		m1	
Blauwe knoop		p1	1+
<i>Schapenzuring</i>		p1	p1
Stijve ogentroost		p1	
Vertakte leeuwentand			r1
Valkruid			r1
<u>Klasse der droge graslanden</u>			
<i>Gewoon struisgras</i>	1-	p1	m1
Gewoon duizenblad	a1		r1
<i>Gewoon biggenkruid</i>	p1	p1	a1
Sint-Janskruid	p1		p1
Gewone en Glanzende hoornbloem	p1		r1

	<i>controle</i>	<i>maaisel</i>	<i>maaisel+kruimels</i>
Smalle weegbree	r1		r1
Zilverhaver		m1	a1
Vroege haver			a1
Dwergviltkruid			r1
<u>Klasse der matig voedselrijke graslanden</u>			
Gewoon reukgras	6		m2
Geknikte vossenstaart	p1		
Witte klaver	r1		
<u>Klasse der droge heiden</u>			
<i>Struikhei</i>		m2	m2
<u>Overig</u>			
Bochtige smele	1+		
Gestreepte witbol	m2	p1	
Sporkehout	r1		r1
Pitrus		p1	
Grove den		r1	r1
Ruwe berk		r1	
Fioringras			m1
Zachte berk			r1

Tabel 3.4. Vegetatie-opnamen van de proefvlakken (2 x 2 m) van het Wisselse Veen vijf jaar na start van het experiment (schaal van Londo). In de kopgegevens staan de drie meest waarschijnlijke classificaties volgens Associa aangegeven. Aanduidingen gemeenschappen verwijzen naar Schaminée et al. (1995). Soorten die schuin gedrukt staan, waren aanwezig op de donorlocatie van het maaisel. Soorten die vetgedrukt staan, zijn met zaden ingebracht. *Vegetation relevées in the plots (2x2 m) in Wisselse Veen five years after the start of the experiment. The three most plausible plant communities according to Associa are given in the header. Community numbers see Schaminée et al. (1995). Species in italic: present at the donor location of the hay. Species in bold: added by seeds.*

	<i>controle</i>	<i>maaisel</i>	<i>maaisel+kruimels</i>
Associa_01	14BB01B	14BB01	19AA01
Associa_02	14BB01	18	19A
Associa_03	19AA01	18A	19AA
Aantal soorten	8	11	13
<u>Klasse der heischrale graslanden</u>			
<i>Schapenzuring</i>	m1		p1
Stijf havikskruid	r1	a1	m2
<i>Fijn schapengras</i>		1-	2
<i>Borstelgras</i>		m2	m2
<i>Veldbies (G)</i>		m1	m1
Stijve ogentroost		a1	p1
Blauwe knoop		p1	a1
Valkruid			r1
<u>Klasse der droge graslanden</u>			
<i>Gewoon struisgras</i>	9	4	4
Gewoon reukgras	m1	m1	
Zandzegge	m2	1+	m1
Smalle weegbree	r1		
<i>Gewoon biggenkruid</i>		p1	p1
<u>Klasse der matig voedselrijke graslanden</u>			
Gestreepte witbol	m2		
Fioringras		2	1-
<u>Klasse der droge heiden</u>			
<i>Struikhei</i>			m1
<u>Overig</u>			
Zomereik	r1		
Grove den			r1

Tabel 3.5. Vegetatie-opnamen van de proefvlakken (2 x 2 m) van het Banisveld vijf jaar na start van het experiment (schaal van Londo). In de kopgegevens staan de drie meest waarschijnlijke classificaties volgens *Associa* aangegeven. Aanduidingen gemeenschappen verwijzen naar Schaminée et al. (1995). Soorten die schuin gedrukt staan, waren aanwezig op de donorlocatie van het maaisel. Soorten die vetgedrukt staan, zijn met zaden ingebracht. *Vegetation relevées in the plots (2x2 m) in Banisveld five years after the start of the experiment. The three most plausible plant communities according to Associa are given in the header. Community numbers see Schaminée et al. (1995). Species in italic: present at the donor location of the hay. Species in bold: added by seeds.*

	<i>controle</i>	<i>maaisel</i>	<i>maaisel+kruimels</i>
Associa_01	20	19	34
Associa_02	20A	19A	34A
Associa_03	28	19AA	34AA
Aantal soorten	14	20	21
<u>Klasse der heischrale graslanden</u>			
Gewone rolklaver	m2	m1	m1
Gewone dophei	a1	m1	a1
Pilzegge	a1	m1	m2
<i>Gewone veldbies</i>	p1	p1	m2
<i>Fijn schapengras</i>		1+	m1
Blauwe knoop		a2	p1
<u>Klasse der droge graslanden</u>			
<i>Gewoon struisgras</i>	m1	m2	m4
Zilverhaver	a1		
Klein vogelpootje	p1	r1	
Zandstruisgras	p1		
<i>Gewoon biggenkruid</i>	p1	p1	a1
Vroege haver		m1	m1
<i>Geel walstro</i>		p1	p1
<i>Smalle weegbree</i>		r1	r1
<i>Sint-Janskruid</i>			r1
<u>Klasse der matig voedselrijke graslanden</u>			
<i>Gewone brunel</i>		a1	
<i>Vertakte leeuwentand</i>		r1	
Fioringras			m2
Pitrus			p1
<u>Klasse der droge heiden</u>			
<i>Struikhei</i>	3	2	1+
<u>Overig</u>			
Ruwe berk	2		
Grauwe wilg	1-	1-	1+
Kruipwilg	1-		
Berk	r1	p2	p1
Zwarte els		1-	2
Sporkehout		r1	
Duinriet			m1
Heermoes			r1
<i>Zomereik</i>			r1

Tabel 3.6. Vegetatie-opnamen van de proefvlakken (2 x 2 m) van het Mantingerveld vijf jaar na start van het experiment (schaal van Londo). In de kopgegevens staan de drie meest waarschijnlijke classificaties volgens Associa aangegeven. Aanduidingen gemeenschappen verwijzen naar Schaminée et al. (1995). Soorten die schuin gedrukt staan, waren aanwezig op de donorlocatie van het maaisel. Soorten die vetgedrukt staan, zijn met zaden ingebracht. *Vegetation relevées in the plots (2x2 m) in Mantingerveld five years after the start of the experiment. The three most plausible plant communities according to Associa are given in the header. Community numbers see Schaminée et al. (1995). Species in italic: present at the donor location of the hay. Species in bold: added by seeds.*

	<i>controle</i>	<i>maaisel</i>	<i>maaisel+kruimels</i>
Associa_01	16RG01	14BB01A	14BB01
Associa_02	31	14BB01	14BB01A
Associa_03	31C	14BB	14BB
Aantal soorten	11	25	15
<u>Klasse der heischrale graslanden</u>			
Schapenzuring	r1	p1	
<i>Fijn schapengras</i>		3	2
<i>Gewone rolklaver</i>		2	2
<i>Tormentil</i>		m2	m1
Blauwe knoop		m2	p1
Stijve ogentroost		a1	m1
Grasklokje		a1	m1
Muizenoor		a1	
Hondsviooltje		p1	
<u>Klasse der droge graslanden</u>			
<i>Gewoon struisgras</i>	1	m1	2
<i>Jakobskruiskruid</i>	1		
<i>Gewone hoornbloem</i>	a1	a1	
<i>Smalle weegbree</i>	p1	1-	1+
Klein vogelpootje		a1	m1
<i>Gewoon biggenkruid</i>		2	m4
<i>Vroege haver</i>		a1	
<i>Gewoon duizendblad</i>		p1	1
<i>Kleine klaver</i>		r1	r1
Zandblauwtje		r1	
<u>Klasse der matig voedselrijke graslanden</u>			
<i>Gestreepte witbol</i>	5	1-	1-
<i>Akkerdistel</i>	2		
<i>Witte klaver</i>	m1	m4	m1
<i>Kruipende boterbloem</i>	a1		
<i>Paardenbloem (G)</i>	r1		
<i>Rood zwenkgras s.s.</i>		m1	
<i>Gewoon reukgras</i>		p1	
<u>Klasse der droge heiden</u>			
<i>Struikhei</i>		r1	r1
<u>Overige</u>			
<i>Klein streepzaad</i>	m1	p1	
<i>Knopig helmkruid</i>	p2		
<i>Zachte dravik s.l.</i>	p1		
<i>Speerdistel</i>	r1		
<i>Bosdroogbloem</i>		r1	

Tabel 3.7. Vegetatie-opnamen van de proefvlakken (2 x 2 m) van Oude Mirdum vijf jaar na start van het experiment (schaal van Londo). In de kopgegevens staan de drie meest waarschijnlijke classificaties volgens *Associa* aangegeven. Aanduidingen gemeenschappen verwijzen naar Schaminée et al. (1995). Soorten die schuin gedrukt staan, waren aanwezig op de donorlocatie van het maaisel. Soorten die vetgedrukt staan, zijn met zaden ingebracht. *Vegetation relevées in the plots (2x2 m) in Oude Mirdum five years after the start of the experiment. The three most plausible plant communities according to Associa are given in the header. Community numbers see Schaminée et al. (1995). Species in italic: present at the donor location of the hay. Species in bold: added by seeds.*

	<i>controle</i>	<i>maaisel</i>	<i>maaisel+kruimels</i>
Associa_01	19AA01	19AA01	14BB01A
Associa_02	14RG01	19A	19AA01
Associa_03	19A	19AA	19A
Aantal soorten	12	16	19
<u>Klasse der heischrale graslanden</u>			
<i>Veldbies (G)</i>	m2	m2	m1
<i>Fijn schapengras</i>		5	6
<i>Pilzegge</i>		a1	m1
<i>Gewone dophei</i>		m1	
<i>Schermhavikskruid</i>		p1	a1
<i>Schapenzuring</i>		p1	p1
<i>Tormentil</i>		p1	
Blauwe knoop		r1	r1
Stijve ogentroost			r1
<u>Klasse der droge graslanden</u>			
<i>Gewoon struisgras</i>	7	m2	m1
<i>Gewoon biggenkruid</i>	1+	m2	m2
<i>Vroege haver</i>	m1	m1	m1
<i>Zandzegge</i>	m1	m1	m1
<i>Smalle weegbree</i>		r1	r1
Klein vogelpootje			p1
<i>Gewoon duizendblad</i>			r1
<u>Klasse der matig voedselrijke graslanden</u>			
<i>Gestreepte witbol</i>	m2		m1
<i>Gewoon reukgras</i>	m1	m1	m1
<i>Pijpenstrootje</i>		p1	
<u>Klasse der droge heiden</u>			
<i>Struikhei</i>	m2	3	1-
<u>Overige</u>			
<i>Grasmuur</i>	m1		
<i>Bochtige smele</i>	m1		
<i>Zomereik</i>	r1		r1
<i>Grauwe en Rossige wilg</i>	r1		
Liggend hertshooi			r1

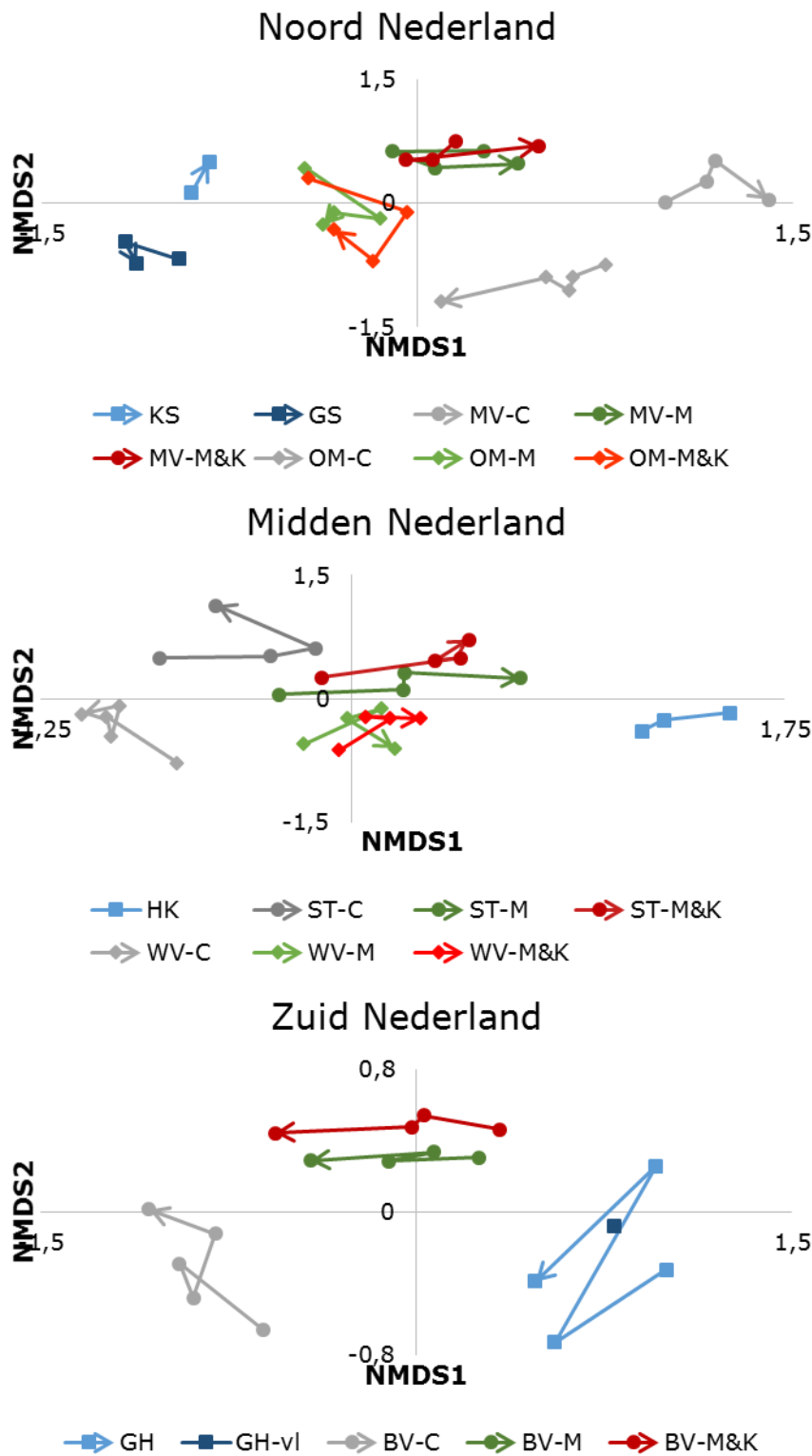
Tabel 3.8. Aanwezigheid van soorten vijf jaar na inbrengen van zaden op de vijf proeflocaties. + = aanwezig, - = niet aanwezig, geen waarde = geen zaden ingebracht van de betreffende soort. Sommige soorten zijn mogelijk ook uit maaisel of de omgeving gevestigd. Presence of species five years after sowing at the five experimental locations. + = present, - = absent, empty cells = seeds not added at the location. Some species might also originate from the fresh hay or from the surroundings.

	<i>BV</i>	<i>MV</i>	<i>OM</i>	<i>ST</i>	<i>WV</i>
Blauwe knoop	+	+	+	+	+
Gewone rolklaver	+				
Zandblauwtje	-	+	-		
Muizenoor	-	+	-		
Mannetjesereprijs	-	-	-	-	-
Tandjesgras	-	-	-	-	-
Echt duizendguldenkruid	-				
Hazenpootje	-				
Stijve ogentroost		+	+	+	+
Klein vogelpootje		+	+	-	-
Grasklokje		+	-		
Hondsviooltje		+	-		
Liggend hertshooi			+		
Echte guldenroede		-	-		
Liggend walstro		-	-		
Liggende vleugeltjesbloem		-	-		
Stijf havikskruid				+	+
Valkruid				+	+

Vegetatieontwikkeling

De vegetatiesamenstelling in de afgeplagde proefvlakken op de verschillende locaties, verspreid door Nederland, uitgezet per regio ontwikkelden zich in verschillende richtingen (figuur 3.11). Op alle locaties ontwikkelde het proefvlak waar alleen maaisel en zaden waren ingebracht zich in dezelfde richting als het proefvlak waar zowel maaisel en zaden als verkruid bodemmateriaal waren ingebracht. In Staverden en het Wisselse Veen ontwikkelde de vegetatiesamenstelling in de afgeplagde proefvlakken zich over de tijd in de richting van het donorgebied (Harskamp), waardoor het verschil in vegetatiesamenstelling tussen de controleproefvlakken en de afgeplagde proefvlakken steeds groter werd. In het Mantingerveld (regio Noord) en het Banisveld (regio Zuid) lag de vegetatiesamenstelling na vijf jaar weliswaar ook in tussen die van de donorlocatie en van de controleproefvlakken, maar liet een ander patroon zien. In het Mantingerveld breidde Gestreepte witbol zich weer snel uit in de afgeplagde proefvlakken onder invloed van de hoge concentraties fosfor en stikstof in de bodem, waardoor kleine soorten er sneller weer weggeconcentreerd worden en de vegetatie zich niet meer verder in de richting van de donorvegetatie ontwikkelde. In het Banisveld nam vooral de bedekking door mos en jonge boompjes toe, doordat de proefvlakken waren uitgerasterd van de begrazingseenheid. Hierdoor gingen de proefvlakken weer meer op de controlesituatie lijken. In Oudemirdum (regio Noord) ontwikkelde de controle zich ook nog steeds richting de donorlocatie, maar lagen de proefvlakken waar, na openen, maaisel en zaden (en bodemkruiden) zijn ingebracht na vijf jaar veel dicht bij de donorsituatie.

De introductie van heischrale soorten uit de donorgebieden verliep in alle 5 locaties met gestagneerde ontwikkeling zeker succesvol. De uiteindelijke vestiging voor langere tijd laat duidelijke verschillen zien tussen de locaties. De omstandigheden in de gebieden zullen uiteindelijk bepalen hoe kansrijk de langdurige vestiging van kenmerkende heischrale soorten is. Wanneer er door bijvoorbeeld hoge gehalten aan voedingsstoffen of opslag door bomen sterke concurrentie om licht optreedt, zullen de vaak kwetsbare kenmerkende heischrale soorten ook na een succesvolle introductie weer verdwijnen. Goed vervolgbeheer is dus essentieel om de herstelde vegetaties te behouden.



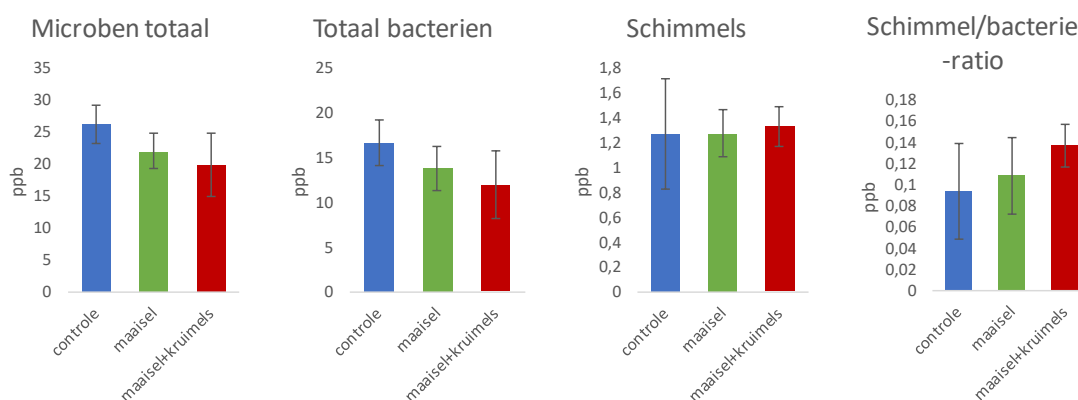
Figuur 3.11. Een multivariate weergave van de ontwikkeling over de tijd van de vegetatiesamenstelling in de proefvlakken in Noord- (boven), Midden- (midden) en Zuid-Nederland (onder) ten opzichte van de donorgebieden. A multivariate representation of vegetation development over time in the experimental plots in the northern (top), middle (middle) and southern part of the Netherlands (bottom) in comparison to the donor sites.

3.5.2 Bodembiota

In dit experiment met 5 replica's verspreid over het Nederlandse zandgebied werd gepoogd de stagnatie in ontwikkeling naar heischraal grasland, die optrad 10-15 jaar na ontgronden, te doorbreken door het openen van de vegetatie en daarna maaisel en zaden toe te dienen, al of niet samen met bodemkruiden. Ook in dit experiment werden eigenschappen van de microbiële bodemgemeenschap (hoeveelheid bacteriën & schimmels, schimmel/bacterie-ratio), de voedselgilden van nematoden (aaltjes) en de gemeenschap van meso- en macrofauna geanalyseerd als indicatoren voor veranderingen in het bodemecosysteem (o.a. De Deyn *et al.*, 2003). In dit gedeelte van het onderzoek konden de eventuele veranderingen door toediening van maaisel&zaden vergeleken worden met maaisel&zaden & bodemkruiden, in vergelijking met de controle, waar niets was gebeurd (dus ook niet ondiep geplagd).

Micro-organismen

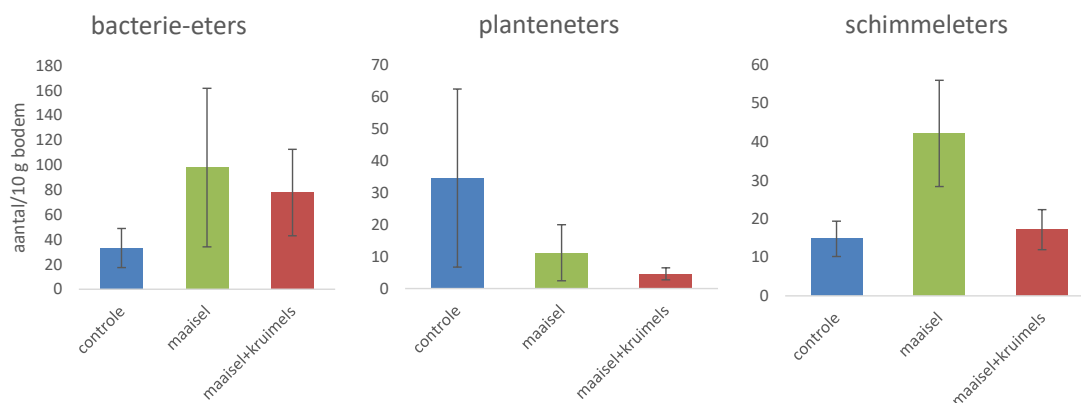
Er waren geen significante effecten op de PLFA-markers van de micro-organismen van toediening van bodemkruiden t.o.v. alleen maaisel- en zadenadditie (figuur 3.12). Er is wel een tendens te zien dat de schimmel/bacterie-ratio iets hoger is in de behandeling waar wel bodemkruiden zijn toegediend.



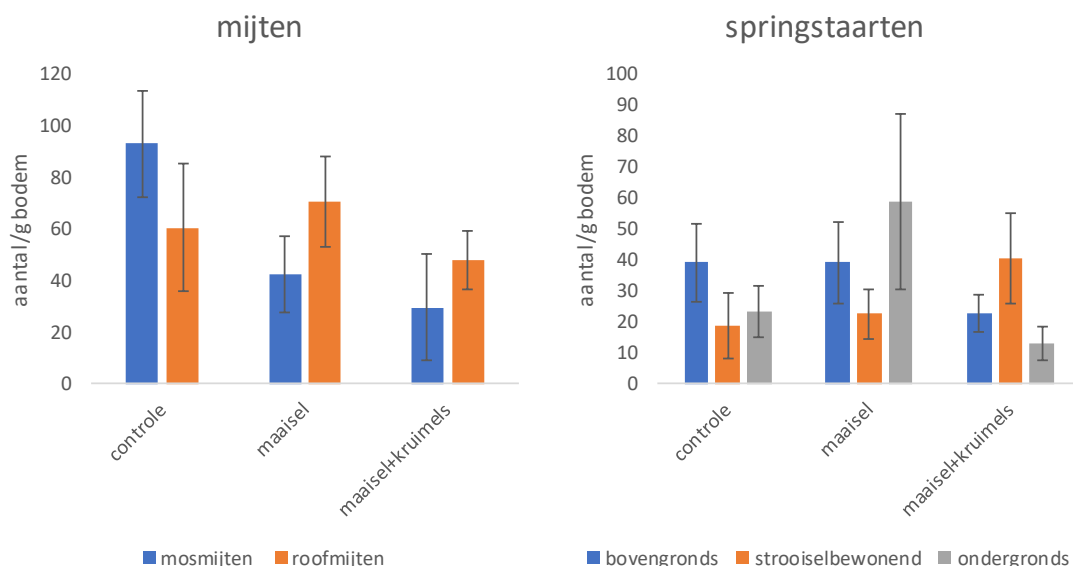
Figuur 3.12. Concentraties totale micro-organismen, bacteriën, schimmels en de schimmel/bacterie-ratio (biomarkers via PLFA) in de verschillende behandelingen in 2016. Foutbalken geven de standaardfout weer. Concentrations of total microorganisms, bacteria, fungi and the fungi/bacteria (bio markers according to PLFA) ratio in 2016. Error bars indicate standard error of the mean.

Nematoden, mesofauna en macrofauna

Er werd geen significant effect van de behandelingen op de abundantie van de verschillende voedselgilden van de nematoden gevonden na 5 effectjaren, noch voor de onderzochte mesofauna- of macrofaunagroepen van de bodem. Dit betekent dat na ondiep pluggen van ca. 5 cm diepte het al of niet uitstrooien van bodemmateriaal geen effect had op de samenstelling van de bodemgemeenschap, vergeleken met de situatie waar alleen maaisel met zaden was uitgelegd. Wel leek het ondiep pluggen na 5 jaar soms een klein effect te hebben. Zo leek een trend aanwezig met minder (mos)mijten, meer bacterie-etende nematoden en minder planten-etende nematoden in de behandelingen die ondiep waren afgeplagd en waar maaisel aan was toegevoegd ten opzichte van de controle (figuur 3.13 en 3.14). Het kleinere aantal mijten is mogelijk het gevolg van het afplaggen, waarbij de mijten uit de toplaag verwijderd zijn. In de maturity indices van de nematodenpopulatie (tabel 3.9 en 3.10) valt vooral in de Channel index -een maat voor de hoeveelheid nutriënten die door schimmels en schimmeters wordt omgezet- op dat deze in het Mantingerveld het laagst is ($p < 0.05$) (17.28 ± 8.05). Dit wijst op de hoge nutriëntenrijkdom van het gebied. Er werd geen effect van de behandelingen op aantallen macrofauna gevonden (tabel 3.11).



Figuur 3.13. Aantallen bacterie-etende, plantenetende en schimmeletende nematoden in de verschillende behandelingen in 2016. Foutbalken geven de standaardfout weer. Numbers of bacteriophagous, phytophagous and mycophagous nematods in the different treatments in 2016. Error bars indicate standard error of the mean.



Figuur 3.14. Aantallen mijten (links) en springstaarten (rechts) in 2016. Foutbalken geven de standaardfout weer. Numbers of Acari (left) and Collumbola (right) in the different treatments in 2016. Error bars indicate standard error of the mean.

Tabel 3.9. Maturity indices van de nematodenpopulatie voor de controle (C), behandeling met maaisel en zaden (M) en de behandeling met maaisel, zaden en kruimels (M&K). p-waarde voor de ANOVA. Maturity indices of the nematod population for the treatments control (C), Hay and seeds (M) and hay, seeds and soil crumbs (M&K). p-value based on ANOVA.

	C	M	M&K	p
Maturity Index	2,45 (0,27)	2,38 (0,47)	2,49 (0,35)	0,899
Maturity Index 2-5	2,54 (0,23)	2,49 (0,37)	2,58 (0,39)	0,916
Sigma Maturity Index	2,48 (0,24)	2,39 (0,45)	2,51 (0,34)	0,874
Plant Parasitic Index	2,36 (0,56)	2,77 (0,72)	2,55 (0,42)	0,660
Channel Index	67,90 (34,92)	62,91 (36,87)	64,61 (43,36)	0,979
Basal Index	30,76 (13,60)	30,79 (9,26)	33,08 (15,70)	0,950
Enrichment Index	43,72 (19,67)	49,55 (11,10)	33,85 (19,98)	0,384
Structure Index	59,54 (15,63)	51,34 (19,95)	58,37 (22,17)	0,775

Tabel 3.10. Maturity indices van de nematodenpopulatie voor de verschillende terreinen. p-waarde voor de ANOVA. Maturity indices of the nematod population for the different experimental locations. p-value based on ANOVA.

	BV	MV	OM	ST	WV	p
Maturity Index	2,49 (0,39)	2,3 (0,12)	2,53 (0,21)	2,59 (0,46)	2,58 (0,33)	0,267
Maturity Index 2-5	2,63 (0,43)	2,26 (0,08)	2,57 (0,23)	2,65 (0,43)	2,59 (0,33)	0,585
Sigma Maturity Index	2,49 (0,37)	2,4 (0,10)	2,48 (0,14)	2,57 (0,42)	2,71 (0,21)	0,120
Plant Parasitic Index	3,67 (NA)	2,34 (0,23)	2,00 (0,00)	2,33 (0,47)	3,00 (0,00)	0,005
Channel Index	51,27 (45,23)	17,28 (8,5)	82,14 (9,28)	83,33 (28,87)	91,67 (14,43)	0,026
Basal Index	28,46 (13,42)	35,81 (8,51)	28,89 (9,56)	29,21 (19,57)	35,34 (15,33)	0,925
Enrichment Index	46,47 (18,8)	53,53 (11,71)	44,08 (10,29)	45,94 (23,3)	21,85 (12,88)	0,223
Structure Index	58,80 (27,3)	38,57 (6,78)	62,49 (13,78)	62,77 (20,73)	59,45 (18,79)	0,509

Tabel 3.11. Macrofauna aangetroffen in de proefvlakken in 2016 (aantal/m²) (standaarddeviatie tussen haakjes). Macrofauna found in the plots in 2016 (numbers/m²) (standard deviation between brackets).

	Potwormen	Regenwormen	Duizenpoten	Spinnen	Insecten
controle	142 (236)	367 (237)	49 (65)	42 (44)	1059 (634)
maaisel	87 (101)	190 (119)	29 (30)	59 (132)	798 (455)
maaisel+kruimels	74 (103)	525 (650)	76 (169)	26 (31)	994 (766)

3.5.3 Bodemchemie

De locaties waar het experiment is uitgevoerd, verschilden sterk van elkaar (figuur 3.15). In het Banisveld en Staverden was de bodem vrij rijk aan aluminium en ijzer, waardoor deze locaties goed in staat zijn fosfaat te binden, en ook rijk aan kalium. De bodem van het Mantingerveld was juist vrij rijk aan calcium. Ondanks dat de voormalige landbouwgronden alle ontgrond waren, waren zij allemaal nog erg rijk aan fosfor, op het Banisveld na. In het Banisveld was de concentratie beschikbaar P (Olsen-P) daardoor vergelijkbaar met concentratie in de donor-/referentielocaties die alle beneden de 700 $\mu\text{mol/l}$ bodem lagen. Door de sterkere binding van fosfaat in Staverden was de beschikbaarheid van fosfor hier lager dan in het Wisselse Veen, Oude Mirdum en het Mantingerveld, maar met gemiddeld 1000 $\mu\text{mol/l}$ bodem (Olsen-P) was de fosfaatbeschikbaarheid hier ook te hoog. Het Wisselse Veen, Oude Mirdum en het Mantingerveld hadden een Olsen-P-concentratie van rond de 2000 $\mu\text{mol/l}$ bodem, of zelfs hoger. Omdat er al een langere tijd opbouw van organische stof heeft plaatsgevonden, was het organische stofpercentage hier al flink hoger dan in het experiment met recent ontgronde terreinen (2.5.3). In alle terreinen was de pH-NaCl 4,3 of hoger, behalve in Oude Mirdum. Hier was de pH ongeveer 3,8, wat te laag is voor een goede ontwikkeling van droog heischraal grasland (Van der Zee *et al.*, 2017). Ook was de concentratie uitwisselbaar calcium hier erg laag met slechts circa 2000 $\mu\text{mol/l}$ bodem, terwijl dit voor goed-ontwikkelde droge heischrale graslanden gemiddeld rond 5000 $\mu\text{mol/l}$ bodem ligt. In het Wisselse Veen lag de concentratie uitwisselbaar calcium even laag, maar hier heeft door het lage gehalte organische stof nog weinig opbouw van het adsorptiecomplex plaatsgevonden en is de verwachting dat deze concentratie nog wat kan stijgen. Behalve in het Banisveld was in de terreinen al vrij veel nitraat en ammonium geaccumuleerd, met name in het Mantingerveld.

Effect van behandelingen

Er waren geen significante effecten van de behandelingen op de gemeten bodemchemische parameters over de gehele looptijd.

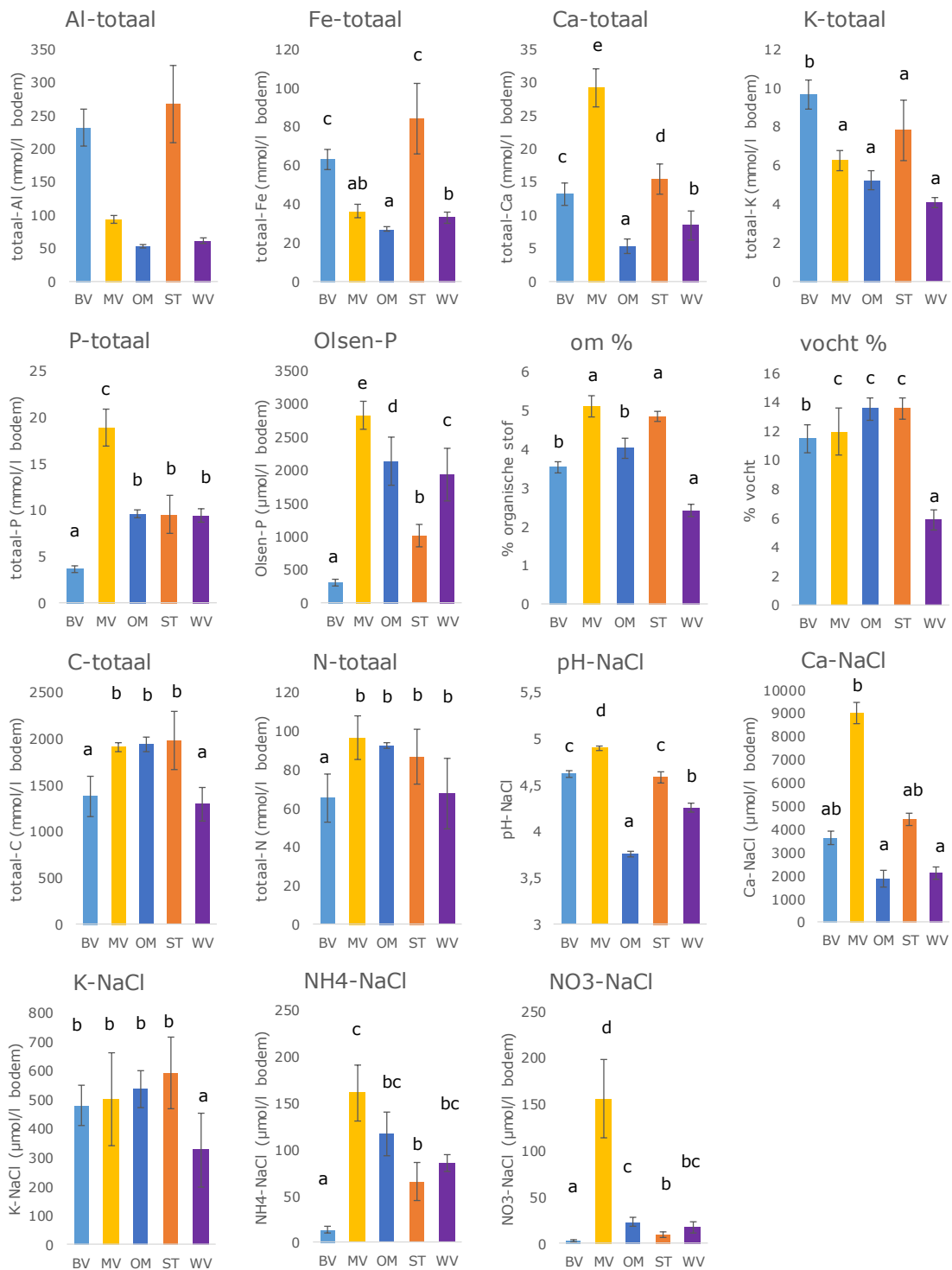
Ontwikkeling in de tijd

In de eerste jaren na het inzetten van het experiment hadden de behandelingen met maaisel en maaisel+kruimels lagere concentraties ammonium, organische stof, totaal-koolstof, totaal-fosfor (2012) en totaal-stikstof (Univariate analyse per jaar met locatie als random factor). Dit komt door het ondiep afplaggen van de proefvlakken om de bodem weer open te maken. Na vijf jaar werden deze verschillen niet meer gevonden.

Chemische samenstelling vegetatie

In de eerste fase van dit onderzoek (Loeb *et al.*, 2013) werd al geconstateerd dat de terreinen die na ontgronden nog steeds een hoge fosfaatbeschikbaarheid hebben (alle proeflocaties behalve het Banisveld), een vegetatie krijgen die sterk gelimiteerd wordt door stikstof (figuur 3.16). Dit komt doordat met het ontgronden wel nagenoeg alle stikstof en organische stof verwijderd wordt, maar er in praktijk vaak niet diep genoeg ontgrond is om alle door de landbouw opgebrachte fosfaat te verwijderen. Op de donorlocaties voor maaisel en bodem -referentielocaties in natuurterreinen- leek de vegetatie juist vaak co-gelimiteerd door N en P samen, of was er sprake van P-limitatie. Een steekproef van vegetatiemonsters uit 2016 bevestigt dat deze sterke stikstoflimitatie enkele jaren later nog steeds aanwezig is. De N:P- verhouding lag in deze vegetaties in 2016 gemiddeld op 9 g/g, terwijl verwacht wordt dat P-limitatie pas optreedt boven een verhouding van 14 à 16 g/g (Güsewell *et al.*, 2003).

De gunstige vegetatie-ontwikkeling die ontstaat na het aanbrengen van maaisel geeft aan dat de productie van de vegetatie op dit moment nog niet sterk beïnvloed wordt door de te hoge fosforconcentraties die in de bodem zijn achtergebleven. De beschikbaarheid van stikstof is nog relatief laag, behalve in het Mantingerveld. In het Mantingerveld is er dan ook sprake van verzuuring. Opvallend is echter dat op alle locaties met een hoge fosfaatbeschikbaarheid zich al meer anorganisch N, vooral in de vorm van ammonium, in de bodem heeft weten op te hopen dan in het Banisveld, waar de fosfaatbeschikbaarheid laag is. Uit de resultaten van het experiment (paragraaf 3.5.1) lijkt het mogelijk om droog heischraal grasland te ontwikkelen bij een hoge fosfaatbeschikbaarheid, als de stikstofconcentratie maar laag genoeg blijft.

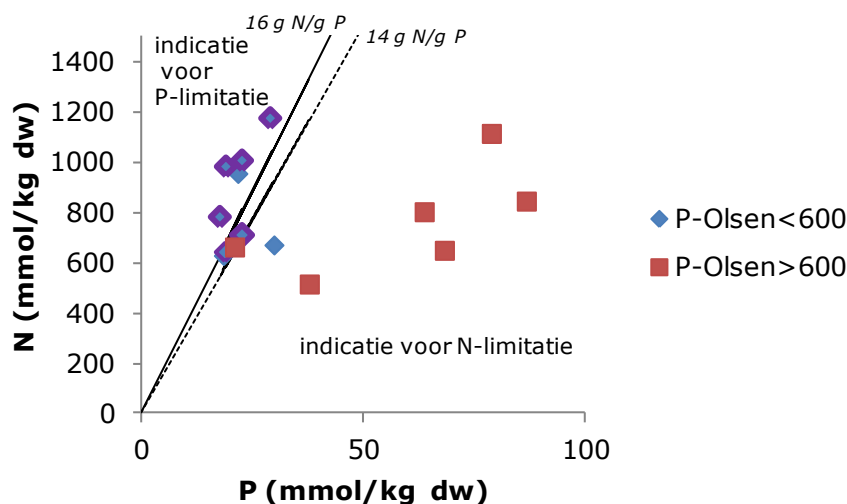


Figuur 3.15. Concentraties van de belangrijkste bodemchemische parameters op de locaties van het experiment met de reeds heringerichte locaties gemiddeld over de jaren. Significante verschillen worden aangeduid met een letters. Concentration of the most important soil-chemical parameters for the locations of the experiment with the redeveloped locations. Mean values over the years. Letters indicate significant differences.

De experimenten hebben echter maar vijf jaar geduurd en de controleproefvlakken zijn ongeveer twintig jaar geleden opnieuw ingericht. Op langere termijn is het goed mogelijk dat stikstof via (verhoogde) atmosferische depositie in het systeem accumuleert. Toevoer van extra stikstof zal leiden tot een verhoogde biomassa-productie, waarbij hoge, snel groeiende soorten de karakteristieke, laagblijvende soorten van heischraal grasland kunnen verdringen. Dit lijkt in het

Mantingerveld het geval te zijn. Stikstof kan worden afgevoerd door middel van maaien&afvoeren van de vegetatie. De vraag is dus hoe lang de nieuw ontwikkelde, heischrale vegetaties zich zullen kunnen blijven handhaven onder geschikt maaibeheer, waarbij (een deel van) het geaccumuleerde stikstof weer wordt afgevoerd. De vraag is daarbij dus of deze vegetaties zich duurzaam kunnen ontwikkelen onder fosfaatconcentraties die meestal te hoog zijn voor goed ontwikkelde heischrale graslanden. Hierbij speelt mogelijk niet alleen een hogere biomassa een rol, maar ook verschuivingen in abundantie van soorten die goed presteren onder andere N:P-verhoudingen. Bij een hoge N:P-ratio (i.e. P-limitatie) worden meer grassen en minder kruidachtigen aangetroffen (Güsewell, 2004) en meer stress-tolerante soorten en minder ruderaal soorten (Güsewell, 2004). Ook zou er bij een hoge fosforbeschikbaarheid en juist een lage N:P-verhouding verwacht kunnen worden dat planten die zelf stikstof uit de lucht vast kunnen leggen, zoals Vlinderbloemigen, toe zullen nemen (o.a. Güsewell, 2004). In de vijf onderzoeksgebieden is dit echter niet het geval: ondanks de lage stikstofbeschikbaarheid zijn grassen de meest abundante soorten en de bedekking met Vlinderbloemigen, zoals Gewone rolklaver en Klein vogelpootje zijn na 20 jaar nog steeds laag. Ook op twee van de drie onderzoekslocaties van het experiment met net ontgronde landbouwgronden (H2) is de fosfaatbeschikbaarheid nog hoog. Alleen in het Noordenveld is deze concentratie laag genoeg geworden in vergelijking met goed ontwikkelde droge heischrale graslanden. In zowel het Wolfsven als het proefgebied bij Wekerom is het dus ook de vraag of er op den duur verruiging van de vegetatie op zal treden door de hoge fosfaatconcentraties in de bodem bij accumulatie van stikstof door stikstofdepositie.

Nutrientenconcentraties vegetatie



Figuur 3.16. De N- en P-concentratie in de vegetatie van de reeds heringerichte voormalige landbouwgronden (geen kader) en de donorlocaties (paars kader). De lijn van 14 en 16 g N/g P geven de indicatieve grenzen voor stikstof- en fosforlimitatie weer. Blauwe ruiten: P-Olsen < 600 $\mu\text{mol/l}$ bodem, rode vierkanten: P-Olsen > 600 $\mu\text{mol/l}$ bodem. Uit: Loeb et al. (2013). The N and P concentration of the vegetation biomass of the already restored sites in former agricultural areas (no borders) and of the donor sites (purple borders). The 14 and 16 g N/g P lines indicate N, respectively P limitation. Blue diamonds: Olsen P concentration < 600 $\mu\text{mol/L}$ soil, red squares: Olsen P concentration > 600 $\mu\text{mol/L}$ soil. From: Loeb et al. (2013).

3.6 Conclusies

Het inbrengen van maaisel en zaden na openen van de vegetatie in een gestagneerde situatie, 10 -15 na omvorming, heeft het aantal heischrale soorten en hun bedekking tot het niveau van de referentiegebieden verhoogd. Dit betekent dat het mogelijk is om op plekken waar de vegetatie-ontwikkeling gestagneerd is door gebrek aan de juiste plantdiasporen en vestigingsmogelijkheden, deze ontwikkeling weer 'vlot te trekken' door lokaal ondiep af te plaggen of af te schafeven en daarna vers maaisel uit goed ontwikkeld donorgebied, en zaden, op te brengen.

Het toevoegen van verkruimeld bodemmateriaal in combinatie met maaisel en zaden had geen additioneel effect op de vegetatie. Ook op het bodemleven was er nauwelijks invloed zichtbaar van de toegediende bodemkruimels. Mogelijk hangt dit samen met dat er al een bodemgemeenschap aanwezig is 15 jaar na herinrichting en dat het niet eenvoudig is voor nieuwe groepen organismen om zich hier te tussen te vestigen.

De vegetatieontwikkeling van de proefvlakken met inbreng van maaisel en zaden verschilde na vijf jaar duidelijk van de van de onbehandelde controle, maar deze ontwikkeling zal mogelijk in de toekomst niet overal standhouden. Als er nog teveel nutriënten aanwezig zijn of niet het juiste vervolgbeheer gevoerd wordt, kan de vegetatie-ontwikkeling weer richting de controlesituatie omslaan. Ook is het de vraag hoe lang de vegetaties bij juist beheer stand kunnen houden als niet voldoende fosfaat verwijderd is. In een groot deel van de hier onderzochte gebieden bleek dat na ontgronden nog hoge concentraties plantbeschikbaar fosfaat aanwezig waren.

Vanuit de proefvlakken met maaisel zijn sommige kenmerkende soorten in korte tijd in staat zich ook buiten de proefvlakken te verspreiden. Het is de vraag of het creëren van 'hotspots' met goed ontwikkeld heischraal grasland binnen een terrein met een verder gestagneerde vegetatie-ontwikkeling ook op langere termijn een positieve invloed kan hebben buiten de behandelde proefvlakken. Waarschijnlijk zal het herstel het best zijn, als binnen een terrein meerdere vlakken met plaggen en uitstrooien van vers maaisel behandeld kunnen worden. Ook kunnen deze vlakken het best zo groot mogelijk gemaakt worden, met een zo klein mogelijke randlengte om randeffecten tegen te gaan.

4 Synthese en aanbevelingen

4.1 Herstel van recent ontgronde situaties

4.1.1 Toevoer van maaisel en diaspora's

Voor het prioritair habitatype heischrale graslanden (H6230) ligt een belangrijke opgave voor uitbreiding van het habitat, naast het verbeteren van de kwaliteit van bestaande heischrale graslanden. Vanwege de betere buffering van veel voormalige landbouwgronden in vergelijking met door verzuring aangetaste bodems van natuurgebieden, vormen voormalige landbouwgronden een belangrijk potentieel voor de uitbreiding van het areaal van het habitatype (Van der Zee *et al.*, 2017). Na het ontgronden van voormalige landbouwgronden vindt de ontwikkeling naar heischraal grasland meestal niet spontaan plaats. Uit de experimenten in de net ontgronde situaties blijkt dat algemene soorten als Gewoon struisgras, Smalle weegbree, Struikhei en Biggenkruid al snel gaan domineren en dat soorten die karakteristiek zijn voor heischrale graslanden zich maar in beperkte mate vanzelf vestigen. Ook als soorten in de nabije omgeving (in een straal van circa 50 meter) aanwezig waren, bleek een deel zich niet te vestigen op de recent ontgronde bodem. Vaak zijn typerende soorten voor droog heischraal grasland echter zeldzame Rode-lijstsoorten, zoals Valkruid, Rozenkransje, Liggende vleugeltjesbloem, Gelobde maanvaren (*Botrychium lunaria*) en Kleine tijm, die in de directe omgeving van voormalige landbouwgronden ontbreken waardoor de kans op spontane vestiging zo klein is.

Het aanbrengen van vers maaisel uit goedontwikkelde donorgebieden bleek een groot en positief effect te hebben op de ontwikkeling van droge heischrale vegetaties. Ongeveer 20 tot 65% van de soorten die aanwezig waren op de donorlocatie van het maaisel, wist zich in vijf jaar te vestigen in het recent ontgronde terrein. Deze percentages komen overeen met de percentages die in andere veldexperimenten droge graslanden in Noord-Westeuropa worden gevonden (Kiehl *et al.*, 2010). Onder de soorten die zich vanuit het maaisel vestigden, zijn karakteristieke heischrale soorten zoals Veldbiezen, Muizenoor, Schermhavikskruid en Blauwe knoop. Niet alleen door de aanwezigheid van meer typische heischrale soorten, maar ook door een hogere bedekking of frequentie op de donorlocatie van heischrale soorten die ook in lagere bedekking in het ontvangende terrein aanwezig zijn, zoals Schapengras en Tormentil, ontwikkelt het ontgronde landbouwgrond met vers maaisel zich veel meer richting heischraal grasland. Hierbij zorgt de hogere abundantie in het maaisel voor het frequenter voorkomen op bodem waar dit maaisel wordt aangebracht. De vegetatie-ontwikkeling met en zonder het aanbrengen van maaisel verschilt duidelijk van elkaar en de richting van de ontwikkeling is eveneens anders. Het is dus niet zo dat er zonder maaisel eenzelfde, maar vertraagde ontwikkeling naar heischraal grasland plaatsvindt; de ontwikkeling is substantieel anders en met het steeds verder dichtgroeien van de zode lijkt de kans op ontwikkeling naar heischraal grasland door spontane vestiging van soorten op plekken waar geen maaisel is aangebracht ook steeds kleiner te worden. Met maaisel lijkt de vegetatie meer op die van het donorgebied dan zonder maaisel, maar de gelijkheid is niet volledig en de ontwikkeling op de ontvangende locatie wordt medebepaald door de omstandigheden (vochthuishouding, nutriënten, buffering, aanvoer van diaspora's uit de omgeving) van het gebied zelf. De betere ontwikkeling met maaisel zorgt er ook voor dat de bovengrondse macrofaunagemeenschap, in elk geval wantsen- en mieren gemeenschappen, zich sneller herstellen. Deze gemeenschappen worden bij het ontgronden geheel weggevaagd. Na vijf jaar lijken deze gemeenschappen echter zeker nog niet op die van een goedontwikkeld heischraal grasland.

Niet alle gewenste heischrale plantensoorten kunnen goed met maaisel worden overgebracht. Laagblijvende soorten, waarvan er nogal wat in heischraal grasland voorkomen zoals Liggende vleugeltjesbloem, Liggend walstro, Kruiptrem, Kleine tijm en Heidekartelblad zijn vaak lager dan de maai balk en worden daardoor niet met maaisel aangevoerd. Daarnaast staan ook niet alle soorten in zaad op het moment van maaien en komen vroege of late bloeiers dus ook niet mee. Uiteraard zitten er in het maaisel ook geen soorten die niet in het donorgebied aanwezig zijn. Aangezien er onder soorten van droog heischraal grasland veel Rode-lijstsoorten (dus zeldzame soorten) zijn, komt de keuze van het donorgebied voor maaisel dus erg nauw. Veel van deze soorten zullen al snel aangewezen zijn op introductie via zaden in plaats van via maaisel. Dit is in dit onderzoek ook deels uitgetest. Door het aanbrengen van zaden, werden onder andere Valkruid, Stijve ogentroost, Blauwe knoop en Stijf havikskruid geïntroduceerd.

Sommige soorten waren lastig te introduceren via zaad of maaisel, waaronder Tandjesgras, Borstelgras en Echte guldenroede. Daarnaast waren er soorten die weliswaar kiemden, maar zich daarna niet of nauwelijks blijvend wisten te vestigen, zoals Valkruid en Geelhartje. Nadat er een flink aantal planten van Valkruid in het Noordenveld was gekiemd, vergeelden de planten en stierf het grootste gedeelte. Voor zeldzame soorten die in geïsoleerde droge heischrale graslanden in Nederland voorkomen, ligt genetische erosie op de loer. Dit is onder andere aangetoond voor Rozenkransje en Kleine schorseneer, maar geldt waarschijnlijk ook voor een aantal andere heischrale soorten met kleine populaties (Oostenmeijer *et al.*, 2016; Van der Zee *et al.*, 2017). Hierdoor is de kwaliteit van het zaad uit deze populaties slecht. Slechte kieming en vestiging kan mogelijk ook liggen aan het ontbreken van de juiste microflora en mesofauna na ontgronding, zoals de afwezigheid van de juiste mycorrhizae, of aan de abiotische omstandigheden in het gebied. Door het ontbreken van organisch materiaal na ontgronden is het vochtvasthoudend vermogen van de bodem laag en kan de kale zandgrond flink uitdrogen. Dit komt de overleving na kieming ook niet ten goede.

4.1.2 Bodementen

Het toedienen van bodem in de vorm van kruimels had een positief effect op de ontwikkeling van de vegetatie richting heischraal grasland. Net ontgronde bodems hadden vijf jaar na inbrengen van bodemkruimels een dichtere kruidlaag, waarin met name Struikhei en Fijn schapengras abundanter konden zijn. De dichte moslaag van met name Gewoon haarmos (*Polytrichum commune*) die na ontgonden zonder additionele maatregelen is ontstaan, bleek onder invloed van verkruid bodemmateriaal veelal minder dicht, waarschijnlijk door competitie met de dichtere kruidlaag. Zowel met verkruid bodemmateriaal als met ingebrachte bodemplagjes vestigden zich enkele kenmerkende soorten die zich zonder dit materiaal niet vestigden, zoals Borstelgras en Tandjesgras en soms Pilzegge.

Op de aanwezigheid van bodemmicroflora en bodemmeso- en macrofauna werd op sommige locaties een klein effect gevonden van het toedienen van bodemkruimels en -plagjes. Slechts op één locatie (Noordenveld) werd een positief effect van bodemkruimels en -plagjes gevonden op de hoeveelheid schimmels en de schimmel:bacterie-ratio. Daarnaast leken er onder invloed van deze methoden van bodeminoculatie zich op de andere twee locaties minder bacterie-etende, schimmel-etende en plantparasitaire nematoden in de bodem te bevinden. Het toedienen van bodem in de vorm van een slurry, primair uitgetest om de schimmel- en bacteriepopulaties te beïnvloeden, had geen enkel effect op het bodemleven of de bovengrondse vegetatie. De dichtheden bodemmeso- en macrofauna bleven ook na bodemtoediening nog laag ten opzichte van goed-ontwikkelde heischrale graslanden in natuurgebieden.

De gemeten additionele effecten van bodemtoediening op de vegetatie-ontwikkeling waren (erg) klein ten opzichte van de effecten van het toedienen van alleen maaisel. Hiermee verschillen de resultaten van dit onderzoek van die van andere onderzoeken die soms meer effecten van bodemadditie laten zien. Een relatief grootschalig

experiment met bodemadditie op voormalige landbouwgrond is het veldexperiment in Reijerskamp (o.a. Wubs *et al.*, 2016; Kardol & Wardle, 2010), waar zes jaar na ontgronden en opbrengen van verkruid bodemmateriaal de vegetatie zich richting de respectievelijke donorsites van de bodem (droge heide of grasland) ontwikkelde (Wubs *et al.*, 2016). Hoewel effecten van maaiseladditie niet in het Reijerskampexperiment werden onderzocht, werd in een kasexperiment wel aangetoond dat bodemadditie met materiaal van deze twee donorsites de ontwikkelingsrichting van een uitgezaaid zaadmengsel bepaalde (Wubs *et al.*, 2016). Overigens moet bij dit alles niet vergeten worden dat opgebracht bodemmateriaal ook een zaadvoorraad bevat, die van een heide natuurlijk heidesoorten bevat, en van grasland graslandsoorten. In een ander grootschalig veldexperiment (Weijters *et al.*, 2015) werd in het Noordenveld, vlakbij de onderzoekslocatie van het in dit rapport beschreven onderzoek, onderzocht met welke maatregelen het best droge of heide kan worden ontwikkeld op voormalige landbouwgrond: door te verzuren/bekalken, door maaisel toe te voegen of door plagsel toe te voegen. Uit deze proef bleek duidelijk dat de vegetatie zich verschillend ontwikkelde bij het toedienen van heideplagsel of bij heidemaaisel. Met heideplagsel werd de bedekking van dwergstruiken in eerste instantie veel hoger, al lijkt na 4-5 jaar het toedienen van maaisel ook een versnelde ontwikkeling naar heide te krijgen. Ook werd er in de bodem in het derde groeiseizoen na het toedienen van plagsel een hogere microbiële biomassa, een hogere schimmelconcentratie en een hogere schimmel:bacterie-ratio gevonden, waarmee de proefvlakken met vooral plagselgift meer op de donorlocatie leken. Dit effect was onafhankelijk van de pH. Ook andere veldexperimenten laten vaak een positief effect zien van bodemadditie met donormateriaal uit een doelvegetatie, waarbij met name pioniersoorten negatief beïnvloed worden en soorten van latere successiestadia, zoals graslandsoorten, positief door interacties tussen planten en bodemorganismen (Dedeyn *et al.*, 2003; Middleton & Bever, 2012). Daarnaast wordt het positieve effect van het overbrengen van zaden en planten met plagjes en kruiden genoemd bij het toedienen van bodemmateriaal (Kiehl *et al.*, 2010; Walker *et al.*, 2004).

In het voorliggende onderzoek naar de ontwikkeling van droog heischraal grasland op voormalige landbouwgrond is de additie van bodem niet apart onderzocht van de additie van het maaisel, waardoor de effecten van elkaar niet te onderscheiden zijn. Hier is voor gekozen omdat het in de Nederlandse praktijk niet te verwachten is dat bodemadditie zonder additie van maaisel wordt toegepast, omdat het veel lastiger is om aan bodemmateriaal van goed-ontwikkeld droog heischraal grasland te komen dan aan maaisel. Ondanks dat dit niet apart is uitgetest, lijkt het duidelijk dat de bodemadditie op zichzelf niet de effecten via plant-bodem-interacties heeft gehad die in eerdergenoemde experimenten, veelal in heide, zijn waargenomen, gelet op het geringe verschil met het toedienen van alleen vers maaisel.

Er kunnen verschillende oorzaken zijn voor het geringe effect van bodemtoediening. Vanwege de kwetsbaarheid van de donorterreinen is in het experiment 0,025 m³ (0,5 m² met een plagdikte van 5 cm; 1,6 l/m²) verkruid bodemmateriaal aangebracht op 16m² proefvlak. Dit is minder materiaal dan in sommige andere experimenten werd gebruikt: Weijters *et al.* (2014) gebruikten in het heide-experiment iets meer dan het dubbele en Middleton & Bever (2010) met 9 volume% nog meer. De verhouding tussen het donormateriaal en de ontvangende bodem, kan de ontwikkeling sterk beïnvloeden (Cabajo *et al.*, 2011). In het Reijerskampexperiment werd echter ongeveer evenveel gebruikt als in dit experiment (1,0 – 2,5 l/m²) (Wubs *et al.*, 2016). Verder speelt bij dit alles ook een rol dat toediening van vers maaisel op zich al een grote stimulering van de ontwikkeling van heischraalgrasland gaf.

Waar heiden een hoge schimmel:bacterie-ratio hebben, is deze ratio voor graslanden meestal minder hoog, samenhangend met pH en grassoort -o.a. minder schimmels bij Fijn Schapengras dan bij Gewoon struisgras- (o.a. Mulder *et al.*, 2005; Kennedy *et al.*, 2005; van der Wal *et al.*, 2006). Een grote verhoging van de schimmel:bacterie-ratio, zoals werd gevonden in het heide-experiment op het Noordenveld (Weijters *et al.*, 2015), is in deze gras-gedomineerde systemen met een wat hogere pH mogelijk dan ook niet te verwachten.

Een andere oorzaak voor het - ten dele - uitblijven van effecten van bodemtoediening op de bodemfauna en plant-bodeminteracties is mogelijk het tijdstip van toediening van het materiaal, dat erg bepalend zou kunnen zijn (Pywell *et al.*, 2007; Kardol & Wardle, 2010). De recent ontgronde bodems bevatten nagenoeg geen organisch materiaal en er is in de eerste jaren vrijwel geen vegetatie aanwezig dat voor aanvoer van strooisel zorgt. Het ontbreken van organisch materiaal levert een probleem op voor een deel van de bodemorganismen die dat gebruiken als voedselbron (schimmels, bacteriën, regenwormen etc.) en organismen die op deze soortgroepen fourageren, zoals schimmeletende nematoden. Het gebrek aan organische stof zorgt er ook voor de bodem extreem uit kan drogen in warme periodes zonder regen. Veel (meso)faunasoorten als nematoden, springstaarten en regenwormen zijn hier niet op aangepast en kunnen zich onder deze omstandigheden niet handhaven. Na verdere successie ontstaat wel een organische horizont, maar dat is in de eerste jaren na ontgronden nog niet het geval. Echter, als bodemfauna noodzakelijk is om de successie in de juiste richting te sturen (Dedeyn *et al.*, 2003) en de interacties tussen organismen essentieel zijn voor het functioneren van het ecosysteem (Kardol *et al.*, 2010), is het belangrijk dat bodemfauna juist wel snel na ontgronden wordt ingebracht. Het is daarom lastig om het optimale moment voor enten te bepalen (Kardol & Wardle, 2010).

4.2 Stagnatie van de ontwikkeling op voormalige landbouwgrond

4.2.1 Toevoer van maaisel en diasporen

Om de gestagneerde vegetatie-ontwikkeling in de richting van droog heischraal grasland weer op gang te krijgen, is op een vijftal locaties een kleinschalig experiment gestart om de waargenomen knelpunten weg te nemen. Hiervoor is ondiep geplagd (ca. 5 cm) om weer kieming en vestiging mogelijk te maken, aangezien in gesloten vegetatie door de lage rood/verrood verhouding en de te lage lichthoeveelheid vrijwel geen kieming of vestiging kan optreden (Harper, 1977; Bekker, 2008). Aan alle ondiep geplagde proefvelden (n=10) is vers maaisel met zaden toegediend in 2011, terwijl aan de helft ervan ook bodemmateriaal is gegeven om deze te enten met bodembiota. De meeste graslanden op deze voormalige landbouwgronden met gestagneerde ontwikkeling werden gedomineerd door algemene grassoorten als Gewoon struisgras of Gestreepte witbol. Het aanbrengen van vers maaisel van de doelvegetatie na het openen van de vegetatie had in circa 20 jaar geleden ingerichte systemen een groot en positief effect op de ontwikkeling richting droog heischraal grasland. Na toedienen van maaisel waren met name Fijn schapengras en Struikhei abundant aanwezig, waartussen typische heischrale soorten voorkwamen als Schapenzuring, Veldbiezen, Pilzegge en Blauwe knoop. Met behulp van zaden konden soorten die niet of minder in het maaisel aanwezig waren, worden overgebracht. Dit leidde zelfs tot de vestiging van Valkruid op de twee locaties waar de soort was uitgezaaid. Niet alle uitgezaaide soorten wisten zich te vestigen. Het percentage soorten dat met maaisel overgebracht werd, was iets lager dan bij de recent ontgronde proefvlakken. Ook sloeg, net als in deze proefvlakken, zaad van onder andere Tandjesgras, Liggend walstro en Liggende vleugeltjesbloem niet aan. Met maaisel uit donorgebied verschilde de vegetatie-ontwikkeling sterk van die van het oorspronkelijke gebied (controleproefvelden) dat zich spontaan ontwikkelde had. Iedere locatie had een eigen karakter, maar de vegetatie met toediening van maaisel en zaden leek veel meer op die van het donorgebied dan de locatie met de spontane ontwikkeling. Dit wijst erop dat voor locaties waar de abiotiek hersteld is, dispersie – en daarna vestiging – de belangrijkste oorzaak van de stagnatie in de ontwikkeling te zijn. Het openen van de bodem is daarbij ook essentieel omdat in een gesloten vegetatiedek nauwelijks vestiging mogelijk is, ook niet als er maaisel of zaden worden uitgespreid om de dispersielimitatie op te heffen (Smits *et al.*, 2006). Ook graslandonderzoek in Duitsland heeft dat aannemelijk gemaakt (Hölzel, 2005; Smiede *et al.*, 2012).

Op middellange termijn lijkt de vegetatie van de met maaisel opnieuw herstelde plekken een ontwikkeling te blijven laten zien die veel meer op die van de donorlocatie lijkt dan de vegetatie in de referentieproefvlakken. Bij aanwezigheid van te veel nutriënten (zowel P als N) in de bodem (bijvoorbeeld Mantingerveld) neemt de concurrentie met soorten van voedselrijker milieu echter toe en lijkt de ontwikkeling meer naar die van een productiever graslandvegetatie te gaan. In verband met deze ontwikkeling is het dan ook de vraag wat er op langere termijn gebeurt in gebieden die nu na ontgronden nog wel te rijk zijn aan fosfaat, maar nog een (zeer) lage stikstofbeschikbaarheid hebben. Dit is de situatie voor veel van de circa 20 jaar geleden ontgronde voormalige landbouwgronden. De vegetatie in deze terreinen heeft een zeer lage N/P-verhouding en is daardoor in productie door stikstof gelimiteerd. In de loop van de tijd komt er door stikstofdepositie echter geleidelijk meer stikstof in het systeem terecht, waardoor de biomassa-productie tenslotte wordt gestimuleerd. Er is dan namelijk geen tekort meer aan P, noch aan N. Dit zou kunnen betekenen dat op lange termijn de heischrale vegetatie het mogelijk ook hier, na het opheffen van de stagnatie, af zal leggen tegen snellergroeiende plantensoorten van voedselrijker milieu. Stikstof kan wel uit het systeem verwijderd worden door middel van maaien en afvoeren. Het is echter de vraag of en hoe lang de heischrale vegetaties onder deze P-rijke condities bij geschikt maaibeheer standhouden en of stikstofaccumulatie door het maaibeheer ook op lange termijn voorkomen kan worden.

4.2.2 Bodementen

Het toedienen van verkruimeld bodemmateriaal – naast maaisel en zaden - had vrijwel geen additioneel effect bij het opheffen van de stagnatie in deze, reeds circa 20 jaar geleden ingerichte gebieden. Het effect op het sneller dichtgroeien van de kruidlaag, zoals gezien in de recent ontgronde gebieden, was niet aanwezig in de langer geleden herstelde gebieden. Met toediening van alleen vers maaisel hadden Struikhei en Fijn Schapengras, soorten die in de net ontgronde situatie gestimuleerd werden door het gebruik van bodemkrumels, een evenhoge bedekking als in combinatie met bodemkrumels. De kruidlaag was na vijf jaar dan ook bijna even dicht als in de controlesituatie, iets wat op recent ontgronde bodem (H-2) niet het geval was. Het bodemleven werd niet significant beïnvloed door de inoculatie met de bodemkrumels, waarschijnlijk omdat er al grote populaties van de verschillende groepen in de bodem aanwezig waren.

4.3 Aanbevelingen voor maatregelen

4.3.1 Voormalige landbouwgrond

Om landbouwgrond om te vormen naar droog heischraal grasland is het essentieel om de nutriëntenconcentraties in de bodem zodanig omlaag te brengen dat deze geschikt zijn voor de ontwikkeling van droog heischraal grasland (o.a. Eichberg *et al.*, 2010; Walker *et al.*, 2004; Pywell *et al.*, 2007; van Mullekom *et al.*, 2013). Met name fosfaat vormt een probleem op voormalige landbouwgronden, omdat fosfaat steviger dan stikstof aan de bodem gebonden zit en niet op den duur uitspoelt. De meest geschikte methode voor het verwijderen van fosfaat is in veel situaties door te ontgronden (Mullekom *et al.*, 2016; Aggenbach *et al.*, in druk). Naast de fosfaatconcentratie is de buffering van de bodem van belang. Meestal is deze op orde door het landbouwkundig bekalen in het verleden, maar als de bodem toch te zuur is kan eventueel bijbekalkt worden. Voor het vaststellen van zowel het fosfaatprofiel als de buffering is het essentieel om bodemchemisch onderzoek uit te laten voeren voorafgaand aan de inrichting.

4.3.2 Na ontgronden

Dit onderzoek heeft laten zien dat dispersie van soorten die typisch zijn voor de ontwikkeling van droog heischraal grasland een bottleneck vormt voor de ontwikkeling. Dit dispersieprobleem kan voor het grootste deel opgelost worden door het aanbrengen van vers maaisel (verhouding circa 1:1) van goed-ontwikkeld heischraal

grasland. Hiermee kan een 'matrix' van de belangrijkste, vaak voorkomende soorten van droog heischraal grasland aangelegd worden. Voor laagblijvende soorten, die niet meegemaaid worden, of zeldzame soorten die niet of weinig in het donorgebied voorkomen kan - of moet - gewerkt worden met vitale zaden. Een groot deel van de als Typische soort aangemerkte vaatplanten voor het Habitatype Heischrale graslanden die in droog heischraal grasland voorkomen, is laagblijvend (Liggend walstro, Liggende vleugeltjesbloem, Heidekartelblad). Andere Typische soorten vaatplanten van het Habitatype die specifiek in droog heischraal grasland voorkomen (Heidezegge, Valkruid en ook Liggende vleugeltjesbloem) zijn zeer zeldzaam en zullen daarom vaak ontbreken in het donormateriaal. In het Nederlandse natuurbeheer is het werken met zaden (nog) niet gebruikelijk, maar in veel Europese landen wordt vaak wel gewerkt met zaden of zaadmengsels (o.a. Prach *et al.*, 2013, 2014; Kiehl *et al.*, 2010; Walker *et al.*, 2004; Pywell *et al.*, 2007; Hölzel & Klaus, 2017). Het werken met regionale zaadmengsels kan erg effectief zijn; in een grootschalig veldexperiment met herstel van soortenrijke graslanden in de Karpaten (Tsjechië) had zich na na 10 jaar 98% van de doelsoorten die met zaden waren ingebracht, gevestigd (Prach *et al.*, 2013). Omdat in de directe omgeving ook doelvegetaties voorkwamen, was ook de vestiging van doelsoorten uit de omgeving (50% van de niet-ingezaaide doelsoorten na 10 jaar) erg hoog (Prach *et al.*, 2013). In de Nederlandse situatie is het de vraag waar zaden vandaan moeten komen. Ook in het Nederlandse natuurbeheer heeft het de voorkeur om zoveel mogelijk regionaal materiaal te gebruiken, zodat de specifieke genetica van een soort in de regio behouden blijft. Voor (zeer) zeldzame soorten van droog heischraal grasland, zoals Rozenkransje, Kleine Schorseneer en Valkruid, moet er echter op gelet worden dat uit vitale populaties gewonnen wordt, omdat het anders ook op de nieuwe locatie geen levensvatbare populatie zal kunnen vormen. Het heeft dan eerder de voorkeur de zaden uit een grote populatie buiten de regio te betrekken en eventueel te kruisen met regionale populaties voor herintroductie (Van der Zee *et al.*, 2017). Voormalige landbouwgronden zijn van essentieel belang om de uitbreidingsdoelstelling voor het habitatype Heischraal grasland te halen (Van der Zee *et al.*, 2017). Veel soorten van droog heischraal grasland zijn de laatste decennia sterk achteruitgegaan en nu (zeer) zeldzaam geworden (Van der Zee *et al.*, 2017). Om deze achteruitgang te stoppen zal het voor veel van deze soorten noodzakelijk zijn om vitaal zaad te gebruiken, omdat ze niet of met niet voldoende kwaliteit op donorlocaties van het maaisel aanwezig zijn. Als dit niet gebeurt, bestaat het risico dat deze soorten, waaronder Typische soorten voor het habitatype, in de toekomst, ook wanneer er een aanzienlijke uitbreiding aan areaal van botanisch redelijk ontwikkelde droge heischrale graslanden gerealiseerd zou worden op voormalige landbouwgronden, nog verder achteruit zullen gaan of geheel uit Nederlandse droge heischrale graslanden zullen verdwijnen.

De resultaten van dit onderzoek wijzen er niet op dat het toedienen van bodemmateriaal aan net ontgronde landbouwgronden noodzakelijk is voor de ontwikkeling van droog heischraal grasland. De meeste plantensoorten lijken zich vanuit maaisel of zaad goed te kunnen vestigen, ondanks het gebrek aan bodemleven dat hier in eerste instantie heerst. Vanwege de schaarse beschikbaarheid van bodem van goed-ontwikkelde droge heischrale graslanden lijkt het afplaggen van deze gronden ten behoeve van het grootschalig ontwikkelen van droog heischraal grasland op voormalige landbouwgrond niet verantwoord. Ook het gebruik van andere type bodem uit natuurterreinen, zoals heidegrond, om de ontwikkeling van bodemleven te stimuleren, is niet aan te raden, omdat dit de ontwikkeling te veel in de richting van andere gemeenschappen kan stimuleren.

4.3.3 In stagnerende situaties

In voorheen ingerichte terreinen met stagerende vegetatie-ontwikkeling is het aanbrengen van maaisel en zaden na het lokaal openen van de vegetatie de ontwikkeling een praktijkrijpe maatregel om een flinke 'boost' richting droog heischraal grasland te geven. Hierbij is het wel van belang dat de nutriëntenconcentraties (P) op orde zijn en de vegetatie goed beheerd wordt. Soorten zouden vanuit de proefvlakken met maaisel ook het gebied erbuiten kunnen koloniseren, maar niet veel soorten deden dit al gedurende dit vijfjarige onderzoek. Omdat de omringende vegetatie hier

twee decennia na herinrichting dichtgegroeid is, is vestiging vanuit dit soort opnieuw herstelde hotspots dan ook moeizamer dan bij een terrein dat nog open is. Hoe groter het opnieuw herstelde oppervlak, hoe meer zaden van doelsoorten geproduceerd worden en hoe groter de kans op vestiging in het oorspronkelijke terrein en daarmee de kans dat de nieuw ingebrachte soorten zich over langere termijn ook zullen kunnen handhaven. Een aanvullende strategie zou kunnen zijn om rond dit soort "haarden van heischrale soorten" kleinschalig openingen in de vegetatie te maken, zodat soorten zich ook kunnen verbreiden (zie o.a. Smiede *et al.*, 2012) Het toedienen van bodemmateriaal van donorlocaties lijkt niet noodzakelijk voor herstel na stagnatie in de vegetatie-ontwikkeling.

4.3.4 Verder onderzoek

Het hier beschreven onderzoek op voormalige landbouwgrond heeft vijf jaar gelopen. Dit is relatief kort ten opzichte van de termijn waarop de hier beschreven inrichtingsmaatregelen effectief zouden moeten zijn, aangezien ecologische processen zoals de opbouw van organisch materiaal in de bodem in dit soort droge en voedselarme milieus traag verlopen. Het zou daarom nuttig zijn om de experimenten direct na ontgronden, waarin de kruidlaag zicht momenteel nog niet geheel gesloten heeft, over 2-3 jaar opnieuw te monitoren om de effectiviteit van de maatregelen op vegetatie, fauna en bodem opnieuw vast te stellen. Met name voor het experiment in het Noordenveld, waar vier replica's liggen en de abiotische omstandigheden erg geschikt zijn voor de ontwikkeling van droog heischraal grasland, en het experiment in het Wolfsven – met drie herhalingen -, waar de vegetatie- en bodemontwikkeling veel trager verliep, zou het erg nuttig zijn om deze vervolgmonitoring uit te voeren. Om deze experimenten te behouden voor vervolgmonitoring, dient er echter wel beheer te worden uitgevoerd (jaarlijks maaien of begrazing en eventueel opslag verwijderen) en de markering in stand worden gehouden.

Een aanzienlijk deel van de plantensoorten van droog heischraal grasland blijkt goed overgebracht te kunnen worden door middel van vers maaisel en/of zaad. Bij een deel van de kenmerkende soorten, veel in de laatste 4-5 decennia zeldzaam tot zeer zeldzaam geworden, lukt dit echter niet of nauwelijks. Dit zijn echter wel plantensoorten die van belang zijn voor de kenmerkende diversiteit van droge heischrale graslanden, zoals Tandjesgras, Echte guldenroede, Borstelgras (typische soort voor het Habitatype), Rozenkransje, en Valkruid (typische soort voor het Habitatype). Voor deze soorten zou onderzocht moeten worden waarom dit niet lukt, zodat aanvullende maatregelen zoals bijvoorbeeld het opzetten van een kweekprogramma voor het verkrijgen van vitale zaden, genomen zouden kunnen worden om deze soorten toch succesvol te kunnen introduceren op voormalige landbouwgronden (zie ook van der Zee *et al.*, 2017).

Verder is het van belang aandacht te besteden aan wat de gevolgen zijn van de zeer scheve N/P-verhoudingen die aangetroffen worden in het plantenmateriaal van (hei)schrale graslanden die zich ontwikkeld hebben op voormalige landbouwgrond na ontgronden. In veel van deze situaties is fosfaat onvoldoende verwijderd uit de bodem, waardoor de N/P-verhouding zeer laag is. Dit betekent dat de biomassa-productie van de vegetatie daar beperkt wordt door de stikstofbeschikbaarheid, die daar gelukkig nog laag is door het ontgronden. Echter, de stikstofdepositie is op veel locaties in het droog zandlandschap niet laag genoeg om in de toekomst accumulatie van stikstof in het systeem te voorkomen. Het is dan ook de vraag of het mogelijk is om onder dergelijke nutriëntenverhoudingen droge heischrale graslanden duurzaam te behouden met het reguliere vervolgbeheer bij vrijwel gelijkblijvende stikstofdepositie.

5 Literatuur

- Aggenbach, C.J.S., Berg, M.P., Frouz, J., Hiemstra, T., Norda, L., Roymans, J. & van Diggelen, R. (in druk). Evaluatie strategieën omgang met overmatige voedingsstoffen. Rapport OBN2017/214-NZ, 170 pp., 5 Bijl.;
- Arnold, A. J. 1994. Insect suction sampling without nets, bags or filters. *Crop Protection* 13:73-76;
- Aukema, B. & D. J. Hermes 2006. Verspreidingsatlas Nederlandse wantsen (Hemiptera: Heteroptera) Deel II: Cimicomorpha I. EIS - Nederland, Leiden;
- Aukema, B. & D. J. Hermes 2014. Verspreidingsatlas Nederlandse wantsen (Hemiptera: Heteroptera). Deel III: Cimicomorpha II. EIS - Nederland, Leiden;
- Aukema, B. & D. J. Hermes 2016. Verspreidingsatlas Nederlandse wantsen (Hemiptera: Heteroptera). Deel IV: Pentatomorpha I. EIS - Nederland, Leiden;
- Bekker, R., 2008. 20 jaar ontgronden voor natuur op zandgronden. Evaluatie van ontgroningen als maatregel ten behoeve van natuurontwikkeling. Rijksuniversiteit Groningen, Haren;
- Bobbink, R., H.L.T. Bergsma, J. den Ouden & M.J. Weijters, 2017. Na het zuur geen zoet? Bodemverzuring in droog zandlandschap blijvend probleem. *Landschap* 2017/2: 61-69;
- Bongers, T. (1990): The maturity index: an ecological measure of environmental disturbance based on nematode species composition. *Oecologia*, 83: 14 – 19;
- Braun, T. 2016. Artenreiches Grünland durch Mahdgutübertragung. *Natur in NRW* 4: 18-21;
- Carbajo, V., B. den Braber, W. H. van der Putten & G. B. De Deyn, 2011. Enhancement of late successional plants on ex-arable land by soil inoculations. *PLoS ONE* 6(7): e21943. doi:10.1371/journal.pone.0021943;
- De Deyn G.B., Raaijmakers C.E., Zoomer H.R., 2003: Soil invertebrate fauna enhance grassland succession and diversity, *Nature* 422: 711–713;
- De Graaf, M.C.C., Verbeek, P.J.M., Bobbink, R., Roelofs, J.G.M., 1998. Restoration of species-rich dry heaths: the importance of appropriate soil conditions. *Acta Botanica Neerlandica* 47: 89-111;
- Decler, K. (red), 2007. Europees beschermde natuur in Vlaanderen en het Belgisch deel van de Noordzee. Habitattypen. Dier- en plantensoorten. Mededelingen van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek INBO.M.2007.01, Brussel, 584 p.;
- Frouz, J., K. Prach, V. Pizl, L. Háněla, J. Starý, K. Tajovský, J. Maternad, V. Balík, J. Kalčíka & K. Řehounková, 2008. Interactions between soil development, vegetation and soil fauna during spontaneous succession in post mining sites *European journal of soil biology* 44(1): 109-121;
- Frouz, J., 1997. Changes in communities of soil dwelling dipteran larvae during secondary succession in abandoned fields. *Eur. J. Soil Biol.*, 33:(2) 57-65;
- Frouz, J., 1997. The effect of vegetation patterns on oviposition habitat preference: a driving mechanisms in terrestrial Chironomid (Diptera: Chironomidae) succession. *Res. Popul. Ecol.* 39(2): 207-213;
- Frouz, J., K. Prach, V. Pižl, L. Háněla, J. Starý, J., K. Tajovský, J. Maternad, V. Balík, J. Kalčíka & K. Řehounková, 2008. Interactions between soil development, vegetation and soil fauna during spontaneous succession in post mining sites. *European journal of soil biology*, 44(1): 109-121;

- Frouz, J., R.van Diggelen, V. Pizl, J. Stary, L. Hanel, K. Tajovsky & J. Kalcik, 2009. The effect of top soil removal in restored heathland on soil fauna, topsoil microstructure, and cellulose decomposition: implications for ecosystem restoration. *Biodiversity and Conservation* 18: 3963-3978;
- Frouz, J., A. Toyota, O. Mudrak, V. Jilkova, A. Filipova, & T. Cajthaml, 2016. Effects of soil substrate quality, microbial diversity and community composition on the plant community during primary succession. *Soil Biology and Biochemistry*, 99: 75-84;
- Genz, A., F. Bretz, T. Miwa, X. Mi, F. Leisch, F. Scheipl & T. Hothorn, 2017. mvtnorm: Multivariate Normal and t Distributions. R package version 1.0-6. URL <http://CRAN.R-project.org/package=mvtnorm>;
- Gilbert, J., D. Gowing, & H. Wallace, 2009. Available soil phosphorus in semi-natural grasslands: Assessment methods and community tolerances. *Biological Conservation* 142: 1074-1083;
- Güsewell, S., 2004. N:P ratios in terrestrial plants: variation and functional significance. *New Phytologist* 164: 243-266;
- Güsewell, S., Koerselman, W. & Verhoeven, J.T.A., 2003. Biomass N:P ratios as indicators of nutrient limitation for plant populations in wetlands. *Ecological Applications* 13: 372-382;
- Hanel, L., 1995. Secondary successional stages of soil nematodes in cambisols of South Bohemia, *Nematologica* 41, 197-218;
- Hennekens, S.M., N.A.C. Smits & J.H.J. Schaminée, 2010. SynBioSys Nederland versie 2. Alterra, Wageningen UR;
- 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;
- Hölzel, N., E. Buisson & Th. Dutoit, 2012. Species introduction – a major topic in vegetation restoration. *Applied Vegetation Science* 15 (2012) 161-165.
- Hölzel, N. & H. Klaus, 2017. Zur Artenvielfalt im Grünland. Was sie beeinflusst, wozu wir sie brauchen und wie wir sie unterstützen können. *Natur in NRW* 2 (2017): 35-39.
- Hothorn, T., F. Bretz, & P. Westfall, 2008. Simultaneous Inference in General Parametric Models. *Biometrical Journal* 50(3), 346-363;
- Ingrisch, S. & G. Köhler 1998. Die Heuschrecken Mitteleuropas. Westarp Wissenschaften, Magdeburg.
- Janssen, J.A.M., & J.H.J. Schaminée, 2003. Europese Natuur in Nederland. Habitat typen. KNNV Uitgeverij, Utrecht;
- Jenkinson, D.S., 1988. The determination of microbial biomass carbon and nitrogen in soil. In: Silson, J.R. (Ed.), *Advances in Nitrogen Cycling in Agricultural Ecosystems*. CAB International, Wallingford, pp. 368- 386;
- Kardol, P., T.M. Bezemer, A. van der Wal, & W.H. van der Putten, 2005. Successional trajectories of soil nematode and plant communities in a chronosequence of ex-arable lands. *Biological Conservation*, 126(3): 317-327;
- Kardol, P. 2007. Plant and soil community assembly in secondary succession on ex-arable land. PhD thesis, Wageningen University.
- Kardol, P., A. van der Wal, T.M. Bezemer, W. De Boer, & W.H. van der Putten, 2009a. Ontgronden en bodembeestjes: geen gelukkige combinatie. *De levende natuur*, 110: 57-61;
- Kardol, P., T.H. Bezemer & W.H. van Der Putten, 2009b. Soil organism and plant introductions in restoration of species-rich grassland communities. *Restoration Ecology*, 17(2): 258-269;
- Kardol, P. & D.A. Wardle, 2010. How understanding aboveground-belowground linkages can assist restoration ecology. *Trends in Ecology and Evolution* 25 (11): 670-679;
- Kennedy, N. J. Connolly & N. Clipson, 2005. Impact of lime, nitrogen and plant species on fungal community structure in grassland microcosms. *Environmental microbiology* 7: 780-788;
- 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;

- Kiehl, K., Thormann, A., Pfadenhauer, J., 2006. Evaluation of Initial Restoration Measures during the Restoration of Calcareous Grasslands on Former Arable Fields. *Restoration Ecology* 14:148-156;
- Kiehl, K. & C. Wagner. 2006. Effect of Hay Transfer on Long-Term Establishment of Vegetation and Grasshoppers on Former Arable Fields. *Restoration Ecology* 14:157-166.
- Klaus, V.H., D. Schäfer, T. Kleinebecker, M. Fischer, D. Prati & N. Hölzel, 2016. Enriching plant diversity in grasslands by large-scale experimental sward disturbance and seed addition along gradients of land-use intensity. *Journal of Plant Ecology* 10 (4): 581-591.
- Klooker, J., Van Diggelen, R. & Bakker, J.P., 1999. Natuurontwikkeling op minerale gronden. Ontgronden: nieuwe kansen voor bedreigde plantensoorten. Laboratorium voor Plantenecologie, Rijksuniversiteit Groningen, 155 pp., 6 Bijl.;
- Kleukers, R. M. J. C., E. J. van Nieuwerkerken, B. Od., L. P. M. Willemse, W. K. R. E. van Wingerden, E. J. van Nieuwerkerken & A. Littel 1997. De sprinkhanen en krekels van Nederland (Orthoptera). KNNV, EIS, Utrecht, Leiden.
- Krüger, C., P. Kohout, M. Janoušková, D. Püschel, J. Frouz, & J. Rydlová, 2017. Plant communities rather than soil properties structure arbuscular mycorrhizal fungal communities along primary succession on a mine spoil. *Frontiers in microbiology* 8: 1-16;
- 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. Rapport nr. 2013/OBN176-DZ. Directie Agro kennis, Ministerie van Economische Zaken, Den Haag;
- Middleton E.L. & J.D. Bever, 2012. Inoculation with a native soil community advances succession in a grassland restoration. *Restoration Ecology* 20: 218-226;
- Mudrák O, K. Uteseny & J. Frouz, 2012. Earthworms drive succession of both plant and Collembola communities in post-mining sites *Applied Soil Ecology* 62: 170-177;
- Mulder, C., H.J. van Wijnen & A.P. van Wezel, 2005. Numerical abundance and biodiversity of below-ground taxocenes along a pH gradient across the Netherlands. *Journal of Biogeography* 32: 1775-1790;
- Oksanen, J., F. G. Blanchet, M. Friendly, R. Kindt, P. Legendre, D. McGlenn, P.R. Minchin, R.B. O'Hara, G.L. Simpson, P.M. Solymos, H.H. Stevens, E. Szoecs & H. Wagner. 2017. *vegan: Community Ecology Package*. R package version 2.4-2.;
- Olsen S.R., C.W. Cole, R. Watanabe, & L.A. Dean, 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. US Dpt. of Agriculture circular 939;
- Oostemeijer G., S. Luijten, M. Weijters & R. Bobbink, 2016. Rozenkransje en heischraal grasland in Drenthe. *De Levende Natuur* 117 (1): 22-27;
- Ozinga, W.A., 2008. Assembly of plant communities in fragmented landscapes. The role of dispersal. PhD Thesis, Wageningen University;
- Pinheiro, J., D. Bates, S. DebRoy, D. Sarkar & R Core Team, 2015. *nlme: Linear and Nonlinear Mixed Effects Models*. R package version 3.1-122, URL: <http://CRAN.R-project.org/package=nlme>;
- Prach, K., I. Jongepierová & K. Řehounková, 2013. Large-scale restoration of dry grasslands on ex-arable land using a regional seed mixture: establishment of target species. *Restoration Ecology* 21: 33-39;
- Prach, K., I. Jongepierová, K. Řehounková & K. Fajmon, 2014. Restoration of grasslands on ex-arable land using regional and commercial seed mixtures and spontaneous succession: Successional trajectories and changes in species richness. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 182: 131-136;
- 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;
- R Core Team, 2016. *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria (2016) <http://www.R-project.org>;

- R Core Team. 2017. R: A language and environment for statistical computing versie 3.3.2;
- Roubickova, A., O. Mudrak & J. Frouz, 2009. Effect of earthworm on growth of late succession plant species in postmining sites under laboratory and field conditions *biology and fertility of soils* 45(7): 769-774;
- Schaminée, J.H.J., A.H.F. Stortelder & E.J. Weeda, 1996. De vegetatie van Nederland Deel 3. Plantengemeenschappen van graslanden, zomen en heiden. Opulus Press, Uppsala/Leiden;
- Siepel, H., 1994. Structure and function of microarthropod communities. Proefschrift Landbouwniversiteit Wageningen.
- Sieriebriennikov, B., H. Ferris & R.G.M De Goede, 2014. Ninja: An automated calculation system for nematode-based biological monitoring. *European Journal of Soil Biology* 61: 90 – 93;
- Schmiede, R., A. Otte & T.W. Donath, 2012. Enhancing plant biodiversity in species-poor grassland through plant material transfer – the impact of sward disturbance. *Applied Vegetation Science* 15: 290-298.
- Soons, M.B. & W.A. Ozinga, 2005. How important is long-distance seed dispersal by wind for regional survival of plant species? *Diversity and Distributions* 11: 165-172;
- Sparrius, L.B., B. Odé & R. Beringen, 2014. Basisrapport voor de Rode Lijst Vaatplanten 2012. FLORON-rapport 57. FLORON, Nijmegen;
- Strickland M.S & J. Rousk, 2010. Considering fungal:bacterial dominance in soils Methods, controls, and ecosystem implications. *Soil Biology & Biochemistry* 42: 1385-1395;
- Van der Bij, A., U. Pawlett, J. A. Harris, K. Ritz & R. van Diggelen, 2017. Soil microbial community assembly precedes vegetation development after drastic techniques to mitigate effects of nitrogen deposition. *Biological Conservation* 212: 476-483 Doi: 10.1016/j.biocon.2016.09.008;
- Van der Wal, A., J.A. van Veen, W. Smant, H.T. Boschker, J. Bloem, P. Kardol, W.H. van der Putten & W. de Boer, 2006. Fungal biomass development in a chronosequence of land abandonment. *Soil Biology and Biochemistry*, 38(1): 51-60;
- Van der Zee, F., R. Bobbink, R. Loeb, M. Wallis de Vries, G. Oostermeijer, S. Luijten & M. de Graaf, 2017. Naar een Actieplan Heischrale graslanden - Hoe behouden en herstellen we heischrale graslanden in Nederland? Rapportnr. 2812. Wageningen Environmental Research, Wageningen;
- Van Mullekom, M., E.C.H.E.T. Lucassen, M. Weijters, H.B.M. Tomassen, R. Bobbink & A.J.P. Smolders, 2013. Van landbouw naar natuur: gericht op zoek naar kansen! *De Levende Natuur* 114: 120-126;
- Van Noordwijk, C. G. E., 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, Nijmegen.
- Van Noordwijk, C. G. E., P. Boer, A. A. Mabelis, W. C. E. P. Verberk & H. Siepel, 2012a. Life-history strategies as a tool to identify conservation constraints: A case-study on ants in chalk grasslands. *Ecological Indicators* 13: 303-313;
- Van Noordwijk, C. G. E., J. T. Kuper, W. Floor-Zwart, K. Alders, H. Turin, T. Heijerman, B. Aukema & H. Siepel. 2012b. Knelpunten voor loopkevers, wantsen en sprinkhanen in hellingschraallanden. DKI-EL&I, Den Haag.
- Van Noordwijk, C. G. E., M. J. Weijters, N. A. C. Smits, R. Bobbink, A. T. Kuiters, E. Verbaarschot, R. Versluijs, J. Kuper, W. Floor-Zwart, H. P. J. Huiskes, E. Remke & H. Siepel, 2013. Uitbreiding en herstel van Zuid-Limburgse hellingschraallanden. Eindrapportage 2e fase O+BN onderzoek., Directie Agro-kennis, Ministerie van Economische Zaken, Den Haag.
- Van Wingerden, W. K. R. E., J. C. M. Musters & F. I. M. Maaskamp 1991. The influence of temperature on the duration of egg development in West European grasshoppers (Orthoptera: Acrididae). *Oecologia* 87:417-423.
- Vance, E.D., P.C. Brookes & D.S. Jenkinson, 1987. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. *Soil Biol. Biochem.* 19, 703– 707.

- Vergeer, P., 2005. Introduction of threatened species in a fragmented and deteriorated landscape. Proefschrift Radbouduniversiteit Nijmegen;
- Vergeer, P. & N.J. Ouborg, 2011. Milieu en genetica, twee zijden van dezelfde natuurbeheermedaille. *De Levende Natuur* 112: 84-87;
- Verhagen, 2007. Changing land use. PhD thesis RU Groningen;
- Verhagen, R., R. van Diggelen & J.P. Bakker, 2003. Natuurontwikkeling op minerale gronden. Verandering in de vegetatie en abiotische omstandigheden gedurende de eerste tien jaar na ontgronden. Rapport Rijksuniversiteit Groningen, Laboratorium voor Plantenoecologie/It Fryske Gea;
- Versluijs, R., J. Vogels & T. Van Noordwijk 2013. Mierengemeenschappen in het heidelandschap. *De Levende Natuur* 114:220-225;
- Vogels, J., A. Van den Burg, E. Remke & H. Siepel. 2011. Effectgerichte maatregelen voor het herstel en beheer van faunagemeenschappen van heideterreinen - Evaluatie en ontwerp van bestaande en nieuwe herstelmaatregelen (2006-2010). DKI-EL&I, Den Haag.
- Vogels, J., H. Jansman, R. Bobbink, M. Weijters, E. Verbaarschot, P. ten Den, R. Versluijs & S. Waasdorp, 2013. Herstellen van akkers als onderdeel van een intact heidelandschap. De koppeling tussen arme heidegebieden en rijkere gronden. Rapport nr. 2013/OBN179-DZ. Directie Agrokennis, Ministerie van Economische Zaken, Den Haag;
- Walker, K.J., P. A. Stevens, D.P. Stevens, J.O. Mountford, S.J. Manchester & R.F. Pywell, 2004. *Biological Conservation* 119: 1-18;
- Weijters, M., A. van der Bij, R. Bobbink, R. van Diggelen, J. Harris, M. Pawlett, J. Frouz, A. Vliegthart & R. Vermeulen, 2015. Praktijkproef heideontwikkeling op voormalige landbouwgrond in het Noordenveld – Resultaten 2011-2014. Provincie Drenthe/ VBNE, Assen/Driebbergen;
- Wu, J., R.G Joergensen, B. Pommerening, R. Chaussod & P.C. Brookes, 1990. Measurement of soil microbial biomass C by fumigation–extraction—an automated procedure. *Soil Biol. Biochem.* 22, 1167– 1169;
- Wubs, E.R.J., W. H. van der Putten, M. Bosch & T.M. Bezemer, 2016. Soil inoculation steers restoration of terrestrial systems. *Nature Plants* 2016 (2): 16017;
- Wubs, E.R.J. 2017. The steering role of plant-soil interactions in natural community dynamics and nature restoration. PhD Thesis, Wageningen University;
- Yeates, C.W. 1998. Feeding in free-living soil nematodes a functional approach, in: R.N. Perry, D.J. Wricht (Eds.), *The Physiology and Biochemistry of Free-living and Parasitic Nematodes*, CABI publishing, Wallingford, pp. 245–269.

Bijlage 1 Indeling van plantensoorten in categorieën

Wetenschappelijk	Nederlands	Code	Categorie
<i>Abies species</i>	Zilverpar (G)	4	Struiken/bomen
<i>Acer pseudoplatanus</i>	Gewone esdoorn	4	Struiken/bomen
<i>Achillea millefolium</i>	Gewoon duizendblad	3	Algemene kruiden
<i>Achillea ptarmica</i>	Wilde bertram	3	Algemene kruiden
<i>Agrostis canina</i>	Moerasstruisgras	1	Heischraal
<i>Agrostis capillaris</i>	Gewoon struisgras	2	Algemene grassen
<i>Agrostis stolonifera</i>	Fioringras	2	Algemene grassen
<i>Aira caryophylla</i>	Zilverhaver	1	Heischraal
<i>Aira praecox</i>	Vroege haver	1	Heischraal
<i>Ajuga pyramidalis</i>	Piramidezenegroen	3	Algemene kruiden
<i>Alchemilla xanthochlora</i>	Geelgroene vrouwenmantel	1	Heischraal
<i>Alnus cordata</i>	Hartbladige els	4	Struiken/bomen
<i>Alnus glutinosa</i>	Zwarte els	4	Struiken/bomen
<i>Alopecurus geniculatus</i>	Geknikte vossenstaart	2	Algemene grassen
<i>Alopecurus pratensis</i>	Grote vossenstaart	2	Algemene grassen
<i>Amelanchier lamarckii</i>	Amerikaans krentenboompje	4	Struiken/bomen
<i>Anagallis tenella</i>	Teer guichelheil	1	Heischraal
<i>Angelica sylvestris</i>	Gewone engelwortel	3	Algemene kruiden
<i>Anthoxanthum odoratum</i>	Gewoon reukgras	2	Algemene grassen
<i>Anthriscus sylvestris</i>	Fluitenkruid	7	Overige
<i>Aphanes inexpectata</i>	Kleine leeuwenklauw	3	Algemene kruiden
<i>Arenaria serpyllifolia</i>	Gewone zandmuur	3	Algemene kruiden
<i>Arnica montana</i>	Valkruid	1	Heischraal
<i>Arrhenatherum elatius</i>	Glanshaver	2	Algemene grassen
<i>Artemisia vulgaris</i>	Bijvoet	3	Algemene kruiden
<i>Asparagus officinalis</i>	Asperge	3	Algemene kruiden
<i>Bellis perennis</i>	Madeliefje	3	Algemene kruiden
<i>Betula pendula</i>	Ruwe berk	4	Struiken/bomen
<i>Betula pubescens</i>	Zachte berk	4	Struiken/bomen
<i>Bidens frondosa</i>	Zwart tandzaad	6	Ruderaal
<i>Bidens species</i>	Tandzaad (G)	6	Ruderaal
<i>Blechnum spicant</i>	Dubbelloof	7	Overige
<i>Briza media</i>	Bevertjes	1	Heischraal
<i>Bromus hordeaceus</i>	Zachte dravik s.l.	2	Algemene grassen
<i>Calamagrostis canescens</i>	Hennegras	2	Algemene grassen
<i>Calamagrostis epigejos</i>	Duinriet	2	Algemene grassen
<i>Calluna vulgaris</i>	Struikhei	1	Heischraal
<i>Campanula rapunculus</i>	Rapunzelklokje	1	Heischraal
<i>Campanula rotundifolia</i>	Grasklokje	1	Heischraal
<i>Capsella bursa-pastoris</i>	Gewoon herderstasje	6	Ruderaal
<i>Cardamine hirsuta</i>	Kleine veldkers	6	Ruderaal

Wetenschappelijk	Nederlands	Code	Categorie
<i>Cardamine pratensis</i>	Pinksterbloem	3	Algemene kruiden
<i>Cardamine species</i>	Veldkers (G)	6	Ruderaal
<i>Carduus nutans</i>	Knikkende distel	3	Algemene kruiden
<i>Carduus species</i>	Distel (G)	3	Algemene kruiden
<i>Carex arenaria</i>	Zandzegge	1	Heischraal
<i>Carex caryophyllea</i>	Voorjaarszegge	1	Heischraal
<i>Carex divulsa s. leersii</i>	Bleke bermzegge	7	Overige
<i>Carex hirta</i>	Ruige zegge	1	Heischraal
<i>Carex nigra</i>	Zwarte zegge	1	Heischraal
<i>Carex oederi</i>	Geelgroene zegge en Dwergzegge	1	Heischraal
<i>Carex ovalis</i>	Hazenzegge	1	Heischraal
<i>Carex panicea</i>	Blauwe zegge	1	Heischraal
<i>Carex pilulifera</i>	Pilzegge	1	Heischraal
<i>Carex pseudocyperus</i>	Hoge cyperzegge	7	Overige
<i>Centaurea jacea</i>	Knoopkruid	1	Heischraal
<i>Centaureum erythraea</i>	Echt duizendguldenkruid	1	Heischraal
<i>Cerastium fontanum</i>	Gewone en Glanzende hoornbloem	3	Algemene kruiden
<i>Cerastium glomeratum</i>	Kluwenhoornbloem	3	Algemene kruiden
<i>Cerastium species</i>	Hoornbloem (G)	3	Algemene kruiden
<i>Ceratocarpus claviculata</i>	Rankende helmblom	3	Algemene kruiden
<i>Chamerion angustifolium</i>	Wilgenroosje	3	Algemene kruiden
<i>Chenopodium album</i>	Melganzenvoet	6	Ruderaal
<i>Chenopodium bonus-henricus</i>	Brave hendrik	6	Ruderaal
<i>Cirsium arvense</i>	Akkerdistel	3	Algemene kruiden
<i>Cirsium oleraceum</i>	Moesdistel	3	Algemene kruiden
<i>Cirsium palustre</i>	Kale jonker	3	Algemene kruiden
<i>Cirsium vulgare</i>	Speerdistel	3	Algemene kruiden
<i>Convolvulus arvensis</i>	Akkerwinde	3	Algemene kruiden
<i>Conyza canadensis</i>	Canadese fijnstraal	6	Ruderaal
<i>Corylus avellana</i>	Hazelaar	4	Struiken/bomen
<i>Corynephorus canescens</i>	Buntgras	1	Heischraal
<i>Crataegus monogyna</i>	Eenstijlige meidoorn	4	Struiken/bomen
<i>Crataegus species</i>	Meidoorn (G)	4	Struiken/bomen
<i>Crepis biennis</i>	Groot streepzaad	1	Heischraal
<i>Crepis capillaris</i>	Klein streepzaad	1	Heischraal
<i>Cynodon dactylon</i>	Handjesgras	6	Ruderaal
<i>Cynosurus cristatus</i>	Kamgras	1	Heischraal
<i>Cytisus scoparius</i>	Brem	1	Heischraal
<i>Dactylis glomerata</i>	Kropaar	2	Algemene grassen
<i>Dactylorhiza maculata</i>	Gevlekte orchis	1	Heischraal
<i>Dactylorhiza majalis</i>	Brede orchis en Rietorchis	1	Heischraal
<i>Dactylorhiza species</i>	Handekenskruid (G)	1	Heischraal
<i>Danthonia decumbens</i>	Tandjesgras	1	Heischraal
<i>Daucus carota</i>	Peen	3	Algemene kruiden
<i>Deschampsia flexuosa</i>	Bochtige smele	1	Heischraal
<i>Digitalis purpurea</i>	Gewoon vingerhoedskruid	6	Ruderaal
<i>Digitaria ischaemum</i>	Glad vingergras	6	Ruderaal
<i>Drosera intermedia</i>	Kleine zonnedaauw	1	Heischraal
<i>Drosera rotundifolia</i>	Ronde zonnedaauw	1	Heischraal

Wetenschappelijk	Nederlands	Code	Categorie
<i>Dryopteris carthusiana</i>	Smalle stekelvaren	7	Overige
<i>Dryopteris dilatata</i>	Brede stekelvaren	7	Overige
<i>Dryopteris filix-mas</i>	Mannetjesvaren	7	Overige
<i>Dryopteris species</i>	Niervaren (G)	7	Overige
<i>Echinochloa crus-galli</i>	Hanenpoot	6	Ruderaal
<i>Eleocharis multicaulis</i>	Veelstengelige waterbies	7	Overige
<i>Eleocharis palustris</i>	Gewone waterbies	7	Overige
<i>Elytrigia repens</i>	Kweek	2	Algemene grassen
<i>Empetrum nigrum</i>	Kraaihei	1	Heischraal
<i>Epilobium ciliatum</i>	Beklierde basterdwederik	6	Ruderaal
<i>Epilobium montanum</i>	Bergbasterdwederik	6	Ruderaal
<i>Epilobium parviflorum</i>	Viltige basterdwederik	6	Ruderaal
<i>Epilobium species</i>	Basterdwederik (G)	6	Ruderaal
<i>Epilobium tetragonum</i>	Kantige basterdwederik s.l.	6	Ruderaal
<i>Epipactis helleborine</i>	Brede wespenorchis	3	Algemene kruiden
<i>Equisetum arvense</i>	Heermoes	7	Overige
<i>Equisetum species</i>	Paardenstaart (G)	7	Overige
<i>Erica tetralix</i>	Gewone dophei	1	Heischraal
<i>Erigeron annuus</i>	Zomerfijnstraal	6	Ruderaal
<i>Erodium cicutarium</i>	Gewone en Duinreigersbek	6	Ruderaal
<i>Eriophorum angustifolium</i>	Veenpluis	1	Heischraal
<i>Eupatorium cannabinum</i>	Koninginnenkruid	3	Algemene kruiden
<i>Euphorbia stricta</i>	Stijve wolfsmelk	7	Overige
<i>Euphrasia stricta</i>	Stijve ogentroost	1	Heischraal
<i>Fagus sylvatica</i>	Beuk	4	Struiken/bomen
<i>Fallopia convolvulus</i>	Zwaluw tong	6	Ruderaal
<i>Festuca filiformis</i>	Fijn schapengras	1	Heischraal
<i>Festuca ovina</i>	Genaald schapengras	1	Heischraal
<i>Festuca pratensis</i>	Beemdlangbloem	2	Algemene grassen
<i>Festuca rubra</i>	Rood zwenkgras s.s.	2	Algemene grassen
<i>Filago arvensis</i>	Akkerviltkruid	3	Algemene kruiden
<i>Filago minima</i>	Dwergviltkruid	1	Heischraal
<i>Filago vulgaris</i>	Duits viltkruid	1	Heischraal
<i>Galeopsis species</i>	Hennepnetel (G)	6	Ruderaal
<i>Galeopsis speciosa</i>	Dauwnetel	6	Ruderaal
<i>Galeopsis tetrahit</i>	Gewone hennepnetel	6	Ruderaal
<i>Galinsoga parviflora</i>	Kaal knopkruid	6	Ruderaal
<i>Galium aparine</i>	Kleefkruid	6	Ruderaal
<i>Galium mollugo</i>	Glad walstro	3	Algemene kruiden
<i>Galium palustre</i>	Moeraswalstro	3	Algemene kruiden
<i>Galium saxatile</i>	Liggend walstro	1	Heischraal
<i>Galium uliginosum</i>	Ruw walstro	1	Heischraal
<i>Galium verum</i>	Geel walstro	3	Algemene kruiden
<i>Genista anglica</i>	Stekelbrem	1	Heischraal
<i>Genista pilosa</i>	Kruipbrem	1	Heischraal
<i>Genista species</i>	Heidebrem (G)	1	Heischraal
<i>Genista tinctoria</i>	Verfbrem	1	Heischraal
<i>Gentiana pneumonanthe</i>	Klokjesgentiaan	1	Heischraal
<i>Geranium molle</i>	Zachte ooievaarsbek	6	Ruderaal

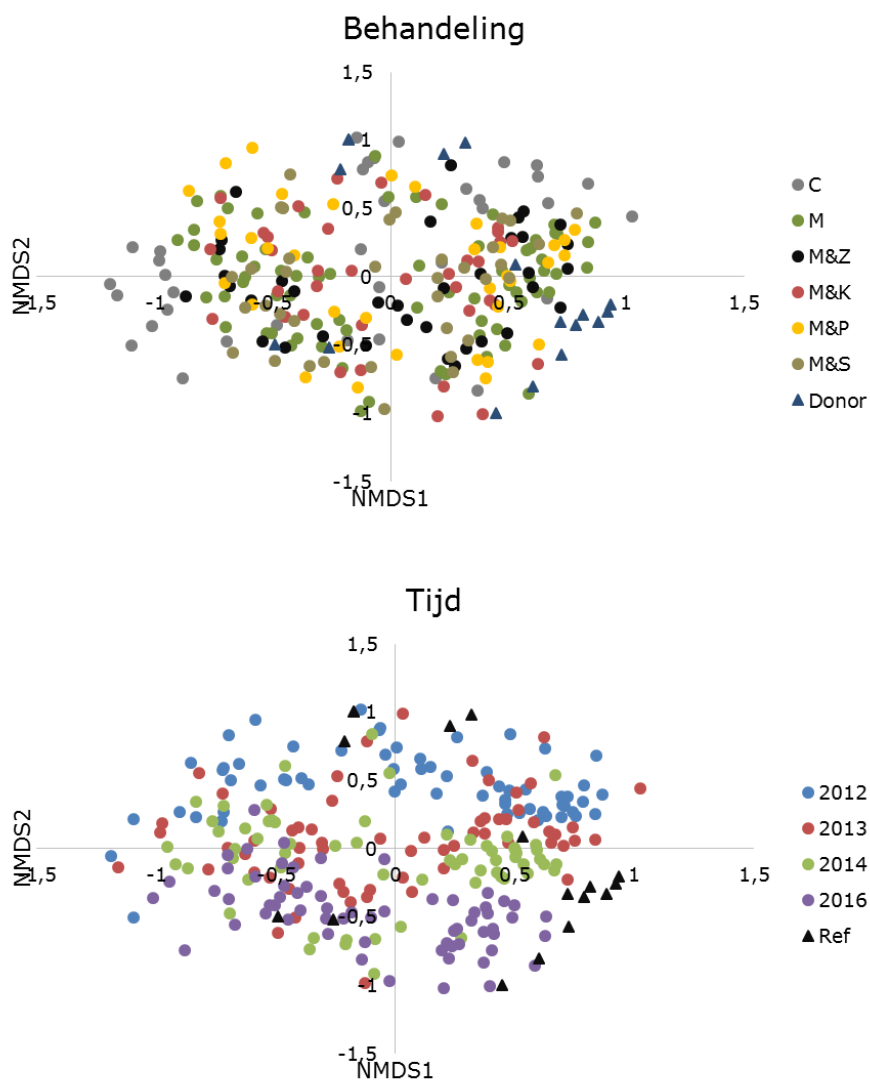
Wetenschappelijk	Nederlands	Code	Categorie
<i>Geranium species</i>	Ooievaarsbek (G)	6	Ruderaal
<i>Geranium robertianum</i>	Robertskruid	6	Ruderaal
<i>Geum urbanum</i>	Geel nagelkruid	6	Ruderaal
<i>Glechoma hederacea</i>	Hondsdrif	3	Algemene kruiden
<i>Gnaphalium luteo-album</i>	Bleekgele droogbloem	1	Heischraal
<i>Gnaphalium sylvaticum</i>	Bosdroogbloem	1	Heischraal
<i>Gnaphalium uliginosum</i>	Moerasdroogbloem	6	Ruderaal
<i>Heracleum sphondylium</i>	Gewone berenklaauw	7	Overige
<i>Hieracium aurantiacum</i>	Oranje havikskruid	1	Heischraal
<i>Hieracium lachenalii</i>	<i>Hieracium lachenalii</i> C.C. Gmel.	1	Heischraal
<i>Hieracium laevigatum</i>	Stijf havikskruid	1	Heischraal
<i>Hieracium pilosella</i>	Muizenoor	1	Heischraal
<i>Hieracium umbellatum</i>	Schermhavikskruid	1	Heischraal
<i>Hieracium vulgatum</i>	<i>Hieracium vulgatum</i> Fries	1	Heischraal
<i>Holcus lanatus</i>	Gestreepte witbol	5	Agrarisch
<i>Holcus mollis</i>	Gladde witbol	2	Algemene grassen
<i>Hydrocotyle vulgaris</i>	Gewone waternavel	7	Overige
<i>Hypericum dubium</i>	Kantig hertshooi	3	Algemene kruiden
<i>Hypericum elodes</i>	Moerashertshooi	1	Heischraal
<i>Hypericum humifusum</i>	Liggend hertshooi	1	Heischraal
<i>Hypericum perforatum</i>	Sint-Janskruid	1	Heischraal
<i>Hypericum pulchrum</i>	Fraai hertshooi	1	Heischraal
<i>Hypericum species</i>	Hertshooi (G)	1	Heischraal
<i>Hypochaeris radicata</i>	Gewoon biggenkruid	1	Heischraal
<i>Illecebrum verticillatum</i>	Grondster	1	Heischraal
<i>Inula conyzae</i>	Donderkruid	1	Heischraal
<i>Iris pseudacorus</i>	Gele lis	7	Overige
<i>Jasione montana</i>	Zandblauwtje	1	Heischraal
<i>Juncus acutiflorus</i>	Veldrus	1	Heischraal
<i>Juncus ambiguus</i>	Zilte greppelrus	7	Overige
<i>Juncus articulatus</i>	Zomprus	7	Overige
<i>Juncus bufonius</i>	Greppelrus	6	Ruderaal
<i>Juncus bulbosus</i>	Knolrus	7	Overige
<i>Juncus conglomeratus</i>	Biezenknoppen	1	Heischraal
<i>Juncus effusus</i>	Pitrus	7	Overige
<i>Juncus species</i>	Rus (G)	7	Overige
<i>Juncus squarrosus</i>	Trekruis	1	Heischraal
<i>Juncus tenuis</i>	Tengere rus	7	Overige
<i>Knautia arvensis</i>	Beemdkroon	3	Algemene kruiden
<i>Lamium album</i>	Witte dovenetel	3	Algemene kruiden
<i>Lapsana communis</i>	Akkerkool	6	Ruderaal
<i>Larix kaempferi</i>	Goudlork	4	Struiken/bomen
<i>Leontodon autumnalis</i>	Vertakte leeuwentand	1	Heischraal
<i>Leontodon hispidus</i>	Ruige leeuwentand	3	Algemene kruiden
<i>Leontodon saxatilis</i>	Kleine leeuwentand	1	Heischraal
<i>Leucanthemum vulgare</i>	Gewone margriet	1	Heischraal
<i>Linaria vulgaris</i>	Vlasbekje	3	Algemene kruiden
<i>Linum catharticum</i>	Geelhartje	1	Heischraal
<i>Lolium perenne</i>	Engels raaigras	5	Agrarisch

Wetenschappelijk	Nederlands	Code	Categorie
<i>Lotus corniculatus</i>	Gewone en Rechte rolklaver	1	Heischraal
<i>Lotus pedunculatus</i>	Moerasrolklaver	1	Heischraal
<i>Lotus species</i>	Rolklaver (G)	1	Heischraal
<i>Luzula campestris</i>	Gewone veldbies	1	Heischraal
<i>Luzula multiflora</i>	Veelbloemige veldbies s.l.	1	Heischraal
<i>Luzula species</i>	Veldbies (G)	1	Heischraal
<i>Lychnis flos-cuculi</i>	Echte koekoeksbloem	3	Algemene kruiden
<i>Lycopodiella inundata</i>	Moeraswolfsklauw	1	Heischraal
<i>Lycopus europaeus</i>	Wolfspoot	7	Overige
<i>Lysimachia vulgaris</i>	Grote wederik	3	Algemene kruiden
<i>Lythrum salicaria</i>	Grote kattenstaart	3	Algemene kruiden
<i>Matricaria discoidea</i>	Echte kamille	6	Ruderaal
<i>Matricaria recutita</i>	Echte kamille	6	Ruderaal
<i>Medicago lupulina</i>	Hopklaver	3	Algemene kruiden
<i>Mentha aquatica</i>	Watermunt	3	Algemene kruiden
<i>Mentha arvensis</i>	Akkermunt	3	Algemene kruiden
<i>Molinia caerulea</i>	Pijpenstrootje	2	Algemene grassen
<i>Myosotis arvensis</i>	Akkervergeet-mij-nietje	3	Algemene kruiden
<i>Nardus stricta</i>	Borstelgras	1	Heischraal
<i>Oenothera erythrosepala</i>	Grote teunisbloem	3	Algemene kruiden
<i>Origanum vulgare</i>	Wilde marjolein	3	Algemene kruiden
<i>Ornithopus perpusillus</i>	Klein vogelpootje	1	Heischraal
<i>Orobancha rapum-genistae</i>	Grote bremraap	1	Heischraal
<i>Osmunda regalis</i>	Koningsvaren	7	Overige
<i>Oxalis corniculata</i>	Gehoornde klaverzuring	3	Algemene kruiden
<i>Pedicularis palustris</i>	Moeraskartelblad	1	Heischraal
<i>Pedicularis sylvatica</i>	Heidekartelblad	1	Heischraal
<i>Persicaria hydropiper</i>	Waterpeper	6	Ruderaal
<i>Persicaria maculosa</i>	Perzikkruid	6	Ruderaal
<i>Peucedanum palustre</i>	Melkeppe	3	Algemene kruiden
<i>Phalaris arundinacea</i>	Rietgras	2	Algemene grassen
<i>Phleum pratense</i>	Timoteegras en Klein timoteegras	5	Agrarisch
<i>Phragmites australis</i>	Riet	7	Overige
<i>Picea species</i>	Spar (G)	4	Struiken/bomen
<i>Pimpinella saxifraga</i>	Kleine bevernel	3	Algemene kruiden
<i>Pinguicula vulgaris</i>	Vetblad	1	Heischraal
<i>Pinus sylvestris</i>	Grove den	4	Struiken/bomen
<i>Plantago arenaria</i>	Zandweegbree	3	Algemene kruiden
<i>Plantago coronopus</i>	Hertshoornweegbree	3	Algemene kruiden
<i>Plantago lanceolata</i>	Smalle weegbree	3	Algemene kruiden
<i>Plantago major</i>	Grote en Getande weegbree	6	Ruderaal
<i>Platanthera bifolia</i>	Welriekende nachtorchis	1	Heischraal
<i>Platanthera chlorantha</i>	Bergnachtorchis	1	Heischraal
<i>Poa angustifolia</i>	Smal beemdgras	2	Algemene grassen
<i>Poa annua</i>	Straatgras	6	Ruderaal
<i>Poa pratensis</i>	Veldbeemdgras	2	Algemene grassen
<i>Poa trivialis</i>	Ruw beemdgras	2	Algemene grassen
<i>Polygala serpyllifolia</i>	Liggende vleugeltjesbloem	1	Heischraal
<i>Polygonum aviculare</i>	Gewoon varkensgras	6	Ruderaal

Wetenschappelijk	Nederlands	Code	Categorie
<i>Polypodium interjectum</i>	Brede eikvaren	7	Overige
<i>Polypodium vulgare</i>	Gewone eikvaren	7	Overige
<i>Populus species</i>	Populier (G)	4	Struiken/bomen
<i>Populus tremula</i>	Ratelpopulier	4	Struiken/bomen
<i>Potentilla anglica</i>	Kruipganzerik	1	Heischraal
<i>Potentilla anserina</i>	Zilverschoon	3	Algemene kruiden
<i>Potentilla erecta</i>	Tormentil	1	Heischraal
<i>Potentilla intermedia</i>	Middelste ganzerik	3	Algemene kruiden
<i>Potentilla species</i>	Ganzerik (G)	3	Algemene kruiden
<i>Potentilla recta</i>	Rechte ganzerik	3	Algemene kruiden
<i>Potentilla reptans</i>	Vijfvingerkruid	3	Algemene kruiden
<i>Prunella vulgaris</i>	Gewone brunel	3	Algemene kruiden
<i>Prunus serotina</i>	Amerikaanse vogelkers	4	Struiken/bomen
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	Douglasspar	4	Struiken/bomen
<i>Pulicaria dysenterica</i>	Heelblaadjes	3	Algemene kruiden
<i>Quercus robur</i>	Zomereik	4	Struiken/bomen
<i>Quercus rubra</i>	Amerikaanse eik	4	Struiken/bomen
<i>Quercus species</i>	Eik (G)	4	Struiken/bomen
<i>Ranunculus acris</i>	Scherpe boterbloem	3	Algemene kruiden
<i>Ranunculus bulbosus</i>	Knolboterbloem	3	Algemene kruiden
<i>Ranunculus flammula</i>	Egelboterbloem	3	Algemene kruiden
<i>Ranunculus repens</i>	Kruipende boterbloem	3	Algemene kruiden
<i>Rhamnus frangula</i>	Sporkehout	4	Struiken/bomen
<i>Rhinanthus angustifolius</i>	Grote ratelaar	3	Algemene kruiden
<i>Rhinanthus minor</i>	Kleine ratelaar	1	Heischraal
<i>Rhynchospora alba</i>	Witte snavelbies	1	Heischraal
<i>Rhynchospora fusca</i>	Bruine snavelbies	1	Heischraal
<i>Rosa species</i>	Roos (G)	4	Struiken/bomen
<i>Rubus fruticosus ag.</i>	Gewone braam	7	Overige
<i>Rumex acetosa</i>	Veldzuring	3	Algemene kruiden
<i>Rumex acetosella</i>	Schapenzuring	1	Heischraal
<i>Rumex crispus</i>	Krulzuring	3	Algemene kruiden
<i>Rumex obtusifolius</i>	Ridderzuring	3	Algemene kruiden
<i>Sagina procumbens</i>	Liggende vetmuur	6	Ruderaal
<i>Salix species</i>	Wilg (G)	4	Struiken/bomen
<i>Sanguisorba minor</i>	Kleine pimpernel	3	Algemene kruiden
<i>Sanguisorba officinalis</i>	Grote pimpernel	3	Algemene kruiden
<i>Sambucus nigra</i>	Gewone vlier	4	Struiken/bomen
<i>Scrophularia nodosa</i>	Knopig helmkruid	3	Algemene kruiden
<i>Sedum acre</i>	Muurpeper	7	Overige
<i>Sedum album</i>	Wit vetkruid	7	Overige
<i>Senecio inaequidens</i>	Bezemkruiskruid	6	Ruderaal
<i>Senecio jacobaea</i>	Jakobskruiskruid s.l.	3	Algemene kruiden
<i>Senecio vulgaris</i>	Klein kruiskruid	6	Ruderaal
<i>Silene noctiflora</i>	Nachtkoekoeksbloem	3	Algemene kruiden
<i>Sisymbrium officinale</i>	Gewone raket	6	Ruderaal
<i>Solanum nigrum</i>	Zwarte en Beklierde nachtschade	6	Ruderaal
<i>Solidago virgaurea</i>	Echte guldenroede	1	Heischraal
<i>Sonchus asper</i>	Gekroesde melkdistel	6	Ruderaal

Wetenschappelijk	Nederlands	Code	Categorie
<i>Sonchus oleraceus</i>	Gewone melkdistel	6	Ruderaal
<i>Sorbus aucuparia</i>	Wilde lijsterbes	4	Struiken/bomen
<i>Spergula arvensis</i>	Gewone spurrie	3	Algemene kruiden
<i>Spergularia rubra</i>	Rode schijnspurrie	3	Algemene kruiden
<i>Stachys officinalis</i>	Betonie	1	Heischraal
<i>Stellaria graminea</i>	Grasmuur	3	Algemene kruiden
<i>Stellaria media</i>	Vogelmuur	6	Ruderaal
<i>Succisa pratensis</i>	Blauwe knoop	1	Heischraal
<i>Tanacetum vulgare</i>	Boerenwormkruid	3	Algemene kruiden
<i>Taraxacum officinale</i>	Paardenbloem (G)	3	Algemene kruiden
<i>Teucrium scorodonia</i>	Valse salie	3	Algemene kruiden
<i>Thymus serpyllum</i>	Kleine tijm	1	Heischraal
<i>Trifolium arvense</i>	Hazenpootje	1	Heischraal
<i>Trifolium campestre</i>	Liggende klaver	3	Algemene kruiden
<i>Trifolium dubium</i>	Kleine klaver	3	Algemene kruiden
<i>Trifolium hybridum</i>	Basterdklaver	3	Algemene kruiden
<i>Trifolium pratense</i>	Rode klaver	3	Algemene kruiden
<i>Trifolium repens</i>	Witte klaver	3	Algemene kruiden
<i>Tripleurospermum maritimum</i>	Reukeloze kamille	6	Ruderaal
<i>Trisetum flavescens</i>	Goudhaver	2	Algemene grassen
<i>Urtica dioica</i>	Grote brandnetel	3	Algemene kruiden
<i>Vaccinium corymbosum</i>	Trosbosbes	4	Struiken/bomen
<i>Vaccinium myrtillus</i>	Blauwe bosbes	4	Struiken/bomen
<i>Verbascum densiflorum</i>	Zwarte toorts	3	Algemene kruiden
<i>Verbascum nigrum</i>	Zwarte toorts	3	Algemene kruiden
<i>Verbascum species</i>	Toorts (G)	3	Algemene kruiden
<i>Verbascum thapsus</i>	Koningskaars	3	Algemene kruiden
<i>Verbena officinalis</i>	IJzerhard	3	Algemene kruiden
<i>Veronica arvensis</i>	Veldereprijs	3	Algemene kruiden
<i>Veronica officinalis</i>	Mannetjesereprijs	1	Heischraal
<i>Veronica serpyllifolia</i>	Tijmeprijs	3	Algemene kruiden
<i>Veronica species</i>	Ereprijs (G)	3	Algemene kruiden
<i>Vicia cracca</i>	Vogelwikke	3	Algemene kruiden
<i>Vicia hirsuta</i>	Ringelwikke	3	Algemene kruiden
<i>Vicia sativa</i>	Smalle en Voederwikke	3	Algemene kruiden
<i>Vicia species</i>	Wikke (G)	3	Algemene kruiden
<i>Vicia tetrasperma</i>	Vierzadige en Slanke wikke	3	Algemene kruiden
<i>Viola arvensis</i>	Akkerviooltje	3	Algemene kruiden
<i>Viola canina</i>	Hondsviooltje	1	Heischraal
<i>Viola species</i>	Viooltje (G)	3	Algemene kruiden
<i>Viola tricolor</i>	Driekleurig viooltje	3	Algemene kruiden
<i>Vulpia bromoides</i>	Eekhoorngras	1	Heischraal
<i>Vulpia myuros</i>	Gewoon langbaardgras	2	Algemene grassen

Bijlage 2 Ordinatie behandeling en tijd



Ordinatie (NMDS) van de vegetatiesamenstelling in alle permanente kwadraten van het experiment en donorgebieden, verklaard door behandeling (boven) en tijd dat het experiment loopt (onder). An ordination of the vegetation composition in all permanent quadrats of the experiment and the donor locations, plotted against treatment (top) and time since the start of the experiment (bottom).

Bijlage 3 Aanwezigheid Rode-lijstsoorten

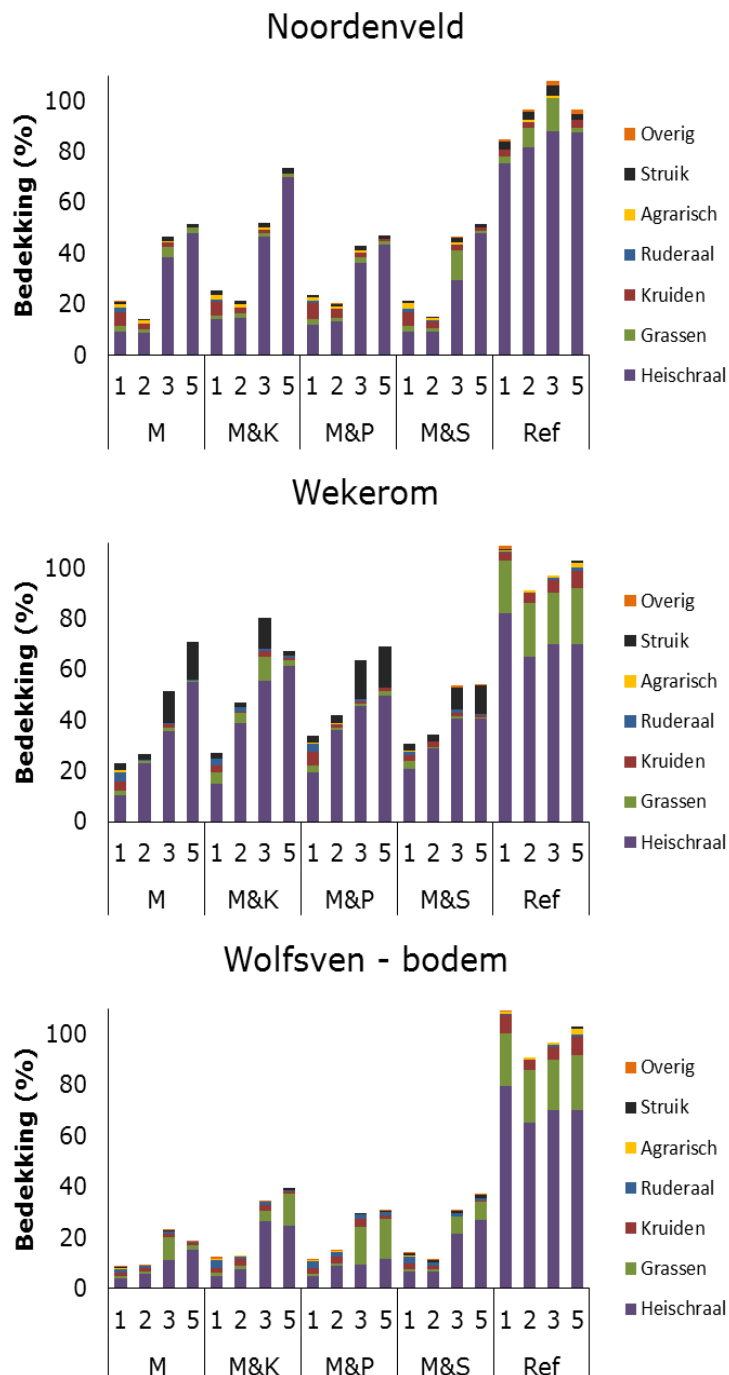
Rode-lijstsoorten waargenomen in de omgeving van de proefvlakken, de controleproefvlakken en na het inbrengen van maaisel of maaisel en zaden. De getallen geven het aantal jaren weer sinds de start van het experiment. Observed red list species in the surroundings of the experimental plots (Gebied), control plots and after the addition of hay or hay and seeds. The numbers depict the years since the start of the experiment.

Noordenveld	Gebied				C				M				M&Z			
	1	2	3	5	1	2	3	5	1	2	3	5	1	2	3	5
Blauwe knoop						x	x			x	x	x		x	x	x
Borstelgras	x	x	x	x												
Grondster	x															
Hondsviooltje								x	x	x	x	x		x	x	
Klokjesgentiaan																
Liggende vleugeltjesbloem																
Stekelbrem	x		x	x			x	x	x	x	x	x				
Stijve ogentroost	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Valkruid														x	x	x

Wekerom	Gebied				C				M				M&Z			
	1	2	3	5	1	2	3	5	1	2	3	5	1	2	3	5
Blauwe knoop														x	x	x
Borstelgras																
Kruipbrem	x														x	
Stekelbrem	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x
Stijve ogentroost				x			x				x		x	x	x	x
Verfbrem				x												

Wolfsven	Gebied				C				M				M&Z			
	1	2	3	5	1	2	3	5	1	2	3	5	1	2	3	5
Geelhartje														x		
Hondsviooltje												x				
Rapunzelklokje																

Bijlage 4 Effect enttechniek op categorie



De bedekkingen van de verschillende categorieën soorten in de proefvlakken na het inbrengen van maaisel in combinatie met de drie enttechnieken voor bodem en in het donorgebied. De getallen 1 tot 5 geven de jaren sinds de start van het experiment weer. The cover of the different species categories in the experimental plots after the addition of hay in combination with the different soil inoculation techniques and in the donor locations. De number 1 tot 5 depict the years since the start of the experiment.

Bijlage 5 overige data micro-organismen

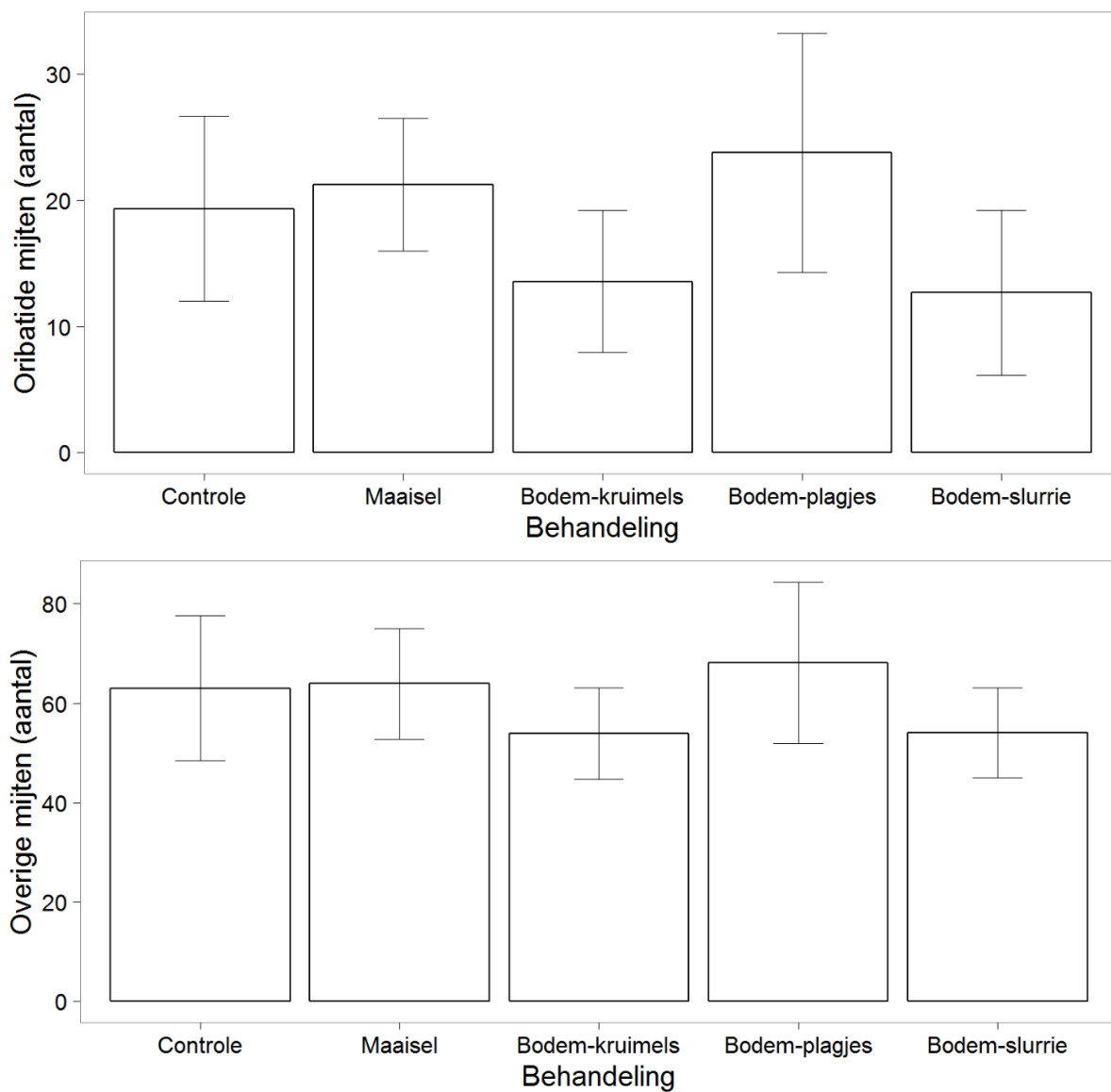
Microbiële biomassa, respiratie en specifieke respiratie in de behandelingen op de verschillende locatie: gemiddelde (standaarddeviatie) in 2014. Microbial biomass, respiration and specific respiration in 2014: mean (standard deviation).

Locatie	Behandeling	Microbiële biomassa ($\mu\text{g C/g}$ droge bodem)	Respiratie ($\mu\text{g CO}_2\text{-C/g}$ droge bodem/uur)	Specifieke respiratie ($\mu\text{g CO}_2\text{-C/mg C}_{mic}$ /uur)
NV	Controle	0,26 (0,23)	232 (0,15)	0,0011 (0,00096)
NV	Maaisel	0,91 (1,4)	608 (861)	0,00136 (0,00063)
NV	Maaisel+kruimels	0,21 (0,35)	243 (0,58)	0,0011 (0,0016)
NV	Maaisel+slurrie	0,28 (0,21)	272 (132)	0,0013 (0,00099)
NV	Maaisel+plagjes	0,22 (37)	323 (192)	0,00084 (0,0014)
WE	Controle	0,36 (0,56)	477 (574)	0,00022 (0,00091)
WE	Maaisel	0,80 (0,01)	166 (103)	0,0060 (0,0037)
WE	Maaisel+kruimels	0,62 (0,03)	187 (158)	0,0050 (0,0041)
WE	Maaisel+slurrie	0,20 (0,15)	331 (231)	0,00061 (2,55E-05)
WE	Maaisel+plagjes	0,66 (45)	-78 (162)	0,0021 (0,010)
WF	Controle	0,87 (32)	511 (600)	0,028 (0,045)
WF	Maaisel	0,20 (0,82)	-163 (405)	-0,0031 (0,0078)
WF	Maaisel+kruimels	0,45 (0,23)	61 (114)	-0,0017 (0,0074)
WF	Maaisel+slurrie	0,50 (0,23)	51 (133)	-0,00037 (0,0060)
WF	Maaisel+plagjes	0,29 (0,12)	173 (126)	0,0025 (0,0017)

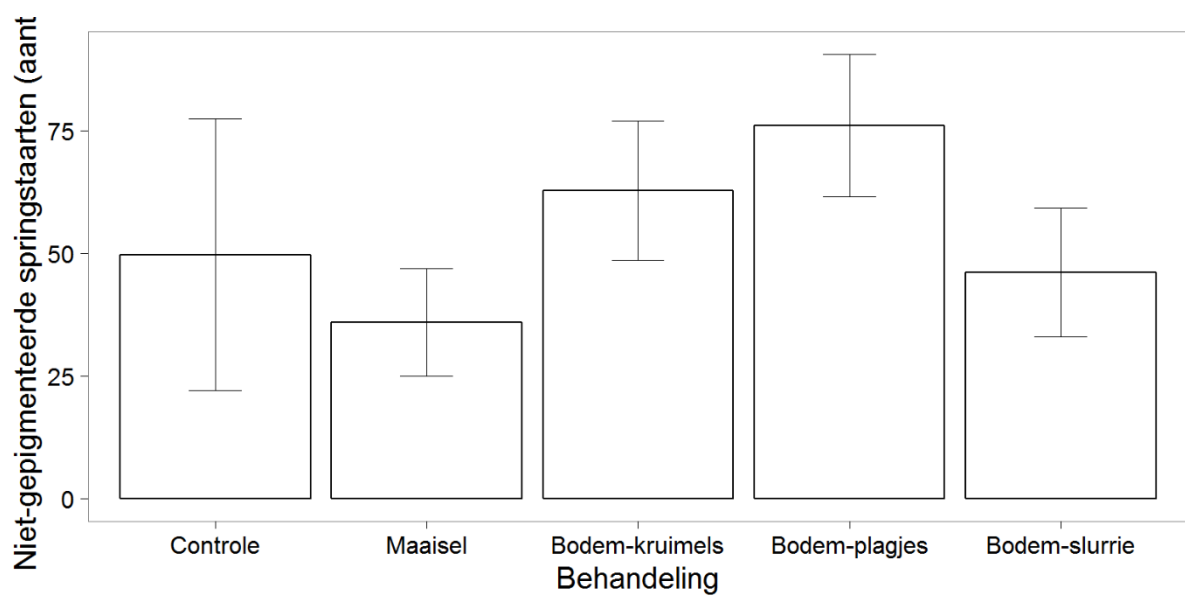
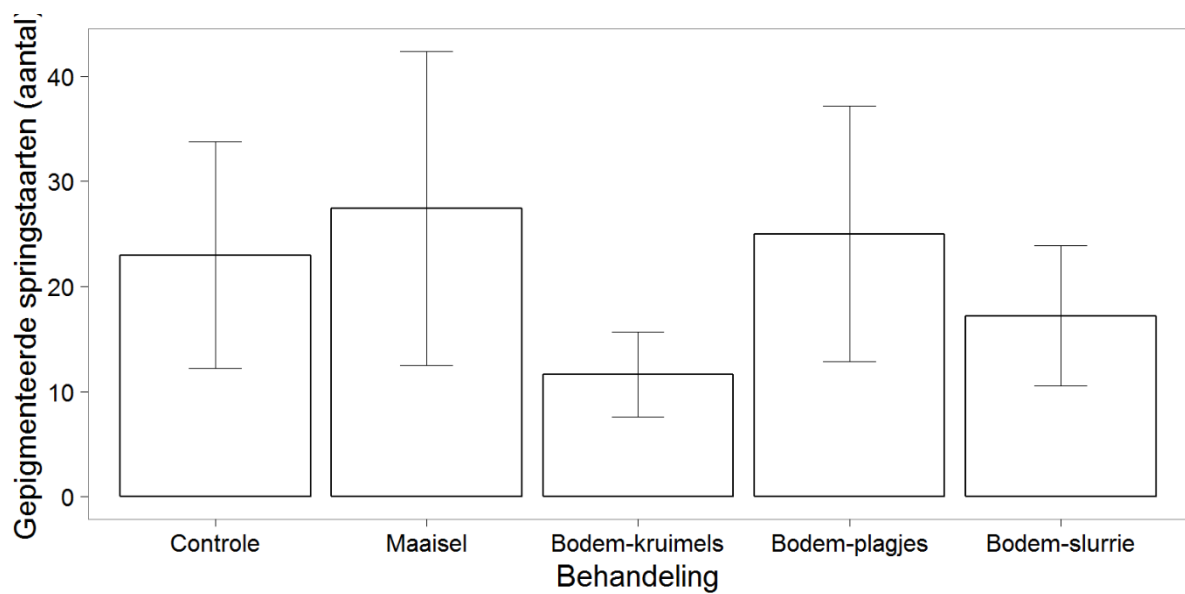
Overige resultaten PLFA 2016.

	<i>actino-bacteria</i>	G+	G-	<i>anaeroben</i>
NV-controle	0,216 (0,024)	1,334(0,224)	2,408 (0,576)	1,483 (0,411)
NV-maaisel	0,326 (0,102)	1,794 (0,505)	3,509 (1,077)	2,477 (0,822)
NV-maaisel + kruimels	0,328 (0,146)	1,621 (0,472)	3,100 (0,746)	2,388 (0,791)
NV-maaisel + slurrie	0,296 (0,058)	1,511 (0,246)	2,912 (0,521)	2,048 (0,304)
NV-maaisel + plagjes	0,204 (0,064)	1,189 (0,217)	2,404 (0,448)	1,627 (0,334)
WE-controle	0,795 (0,218)	2,327 (0,773)	4,003 (1,474)	2,507 (0,916)
WE-maaisel	0,224 (0,094)	1,466 (0,328)	2,302 (0,377)	1,363 (0,263)
WE-maaisel + kruimels	0,380 (0,023)	1,790 (0,179)	2,974 (0,536)	1,788 (0,500)
WE-maaisel + slurrie	0,274 (0,062)	1,512 (0,299)	2,795 (0,966)	1,662 (0,670)
WE-maaisel + plagjes	0,283 (0,031)	1,606 (0,087)	2,570 (0,419)	1,598 (0,503)
WF-controle	0,342 (0,070)	2,014 (0,125)	2,938 (0,318)	2,036 (0,275)
WF-maaisel	0,329 (0,083)	1,842 (0,327)	2,572 (0,695)	1,882 (0,530)
WF-maaisel + kruimels	0,143 (0,067)	1,218 (0,510)	1,693 (0,766)	1,002 (0,404)
WF-maaisel + slurrie	0,248 (0,016)	1,873 (0,082)	2,613 (0,107)	1,702 (0,015)
WF-maaisel + plagjes	0,251 (0,095)	1,781 (0,541)	2,528 (0,620)	1,512 (0,361)

Bijlage 6 mesofauna 2014



De dichtheden van oribatide mijten (boven) en overige mijten (onder) in de verschillende behandelingen. Gemiddelde \pm standaardfout. Densities of Oribatidae (above) and other Acari (below) in the different treatments. Mean \pm standard error.



De dichtheden van gepigmenteerde springstaarten (boven) en niet gepigmenteerde springstaarten (onder) in de verschillende behandelingen. Gemiddelde ± standaardfout. Densities of pigmented Collembola (above) and non-pigmented Collembola (below). Mean ± standard error.

Bijlage 7 wantsen

Overzicht van de bemonsterde wantsen in de verschillende onderzoekslocaties. Ctr: niet ontgronde situatie omgeving, Ref: referentiegebied Kleine Startbaan. Ont: experiment controle. O+M: experiment met maaiseladditie.

	Sitecode	NV-C	KLS	NV04	NV07	NV11	NV14	NV15	NV19	NV25	NV28		
	Treat	Ctrl	Ref	O+M	Ont	O+M	Ont	Ont	O+M	O+M	Ont	Eindtotaal	
<i>Acalypta parvula</i>	Acal_parv	3	0	0	9	29	24	19	17	36	27	45	209
<i>Adelphocoris lineolatus</i>	Adel_line	0	3	0	0	0	1	0	0	2	4	0	10
<i>Aelia klugii</i>	Aeli_klug	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Agramma laetum</i>	Agra_laet	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
<i>Berytinus signoreti</i>	Bery_sign	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
<i>Chlamydatus pullus</i>	Chla_pull	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	3
<i>Chorosoma schillingii</i>	Chor_schi	0	0	1	2	1	0	0	0	0	0	0	4
<i>Conostethus roseus</i>	Cono_rose	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>Cymus melanocephalus</i>	Cymu_mela	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	3
<i>Legnotus picipes</i>	Legn_pici	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Leptopterna ferrugata</i>	Lept_ferr	0	10	1	0	3	0	0	0	0	0	0	14
<i>Lopus decolor</i>	Lopu_deco	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
<i>Lygus pratensis</i>	Lygu_prat	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Macrodema microptera</i>	Macr_micr	0	1	11	0	0	0	0	0	0	0	0	12
<i>Megalonotus chiragra</i>	Mega_chir	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>Myrmica miriformis</i>	Myrm_miri	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
<i>Notostira elongata</i>	Noto_elon	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Nysius thymi</i>	Nysi_thym	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	9
<i>Orthocephalus saltator</i>	Orth_salt	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Pachytomella parallela</i>	Pach_para	109	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	111
<i>Peritrechus geniculatus</i>	Peri_geni	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
<i>Pithanus maerkelli</i>	Pith_maer	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
<i>Plagiognathus chrysanthemi</i>	Plag_chry	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>Plinthis brevipennis</i>	Plin_brev	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	4
<i>Rhyparochromus pini</i>	Rhyp_pini	0	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14
<i>Saldula saltatoria</i>	Sald_salt	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
<i>Sciocoris cursitans</i>	Scio_curs	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>Stenodema calcarata</i>	Sten_calc	4	3	0	0	0	0	0	0	3	0	0	7
<i>Stenotus binotatus</i>	Sten_bino	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>Stygnocoris sabulosus</i>	Styg_sabu	0	3	1	0	0	0	0	0	2	0	0	6
<i>Trapezonotus deserus</i>	Trap_dese	0	16	1	0	0	0	0	0	0	0	0	17
Eindtotaal		141	66	26	45	31	20	17	44	32	46	468	

Bijlage 8 soorteigenschappen van wantsen

Familie	Species	Speeshort	Minsize	Maxsize	Vleugel	Yoltinism	Overwintering	Trofie	Specificiteit	Plantdeel	Prooi	Plantspec
Tingidae	<i>Acalypta parvula</i> (Fallén, 1807)	Acal_parv	1.6	2.5	"dimorf"	univoltien	Adult-ei	Fytofaag	Oligofaag	Plant	NA	Mossen
Minidae	<i>Adelphocoris lineolatus</i> (Goeze, 1778)	Adel_line	7.6	9.5	"macropteer"	univoltien	ei	Fytofaag	Polyfaag	Plant	NA	Kruidachtigen
Pentatomidae	<i>Aelia klugii</i> Hahn, 1833	Aeli_klug	6.5	8.2	"macropteer"	univoltien	Adult	Fytofaag	Oligofaag	Plant	NA	Grassen
Tingidae	<i>Agramma laetum</i> (Fallén, 1807)	Agra_laet	1.8	3.1	"polymorf"	univoltien	Adult	Fytofaag	Oligofaag	Plant	NA	Russen-Cypergrassen
Berytidae	<i>Berytus signoretii</i> (Fieber, 1859)	Beru_sign	4.2	5.5	"brachypteer"	univoltien	Adult	Fytofaag	Oligofaag	Plant	NA	Vlinderbloemigen
Minidae	<i>Chlamydatus pullus</i> (Reuter, 1870)	Chla_pull	2	2.7	"dimorf"	bivoltien	ei	Zoofytofaag	Polyfaag	Plant	NA	Kruidachtigen
Rhopalidae	<i>Chorocoma schillingii</i> (Schilling, 1829)	Chor_schi	13	16	"macropteer"	univoltien	ei	Fytofaag	Oligofaag	Plant	NA	Grassen
Minidae	<i>Conostethus roseus</i> (Fallén, 1807)	Cono_rose	6	6.8	"macropteer"	univoltien	ei	Fytofaag	Oligofaag	Plant	NA	Grassen
Lygaeidae	<i>Cymus melanocephalus</i> Fieber, 1861	Cymu_mela	3.1	3.9	"macropteer"	univoltien	Adult	Fytofaag	Oligofaag	Zaden	NA	Russen-Cypergrassen
Cydnidae	<i>Legnotus pisipes</i> (Fallén, 1807)	Legn_pipi	3.2	4.3	"brachypteer"	univoltien	Adult	Fytofaag	Oligofaag	Plant	NA	Sterbladigen
Minidae	<i>Leptopterna ferrugata</i> (Fallén, 1807)	Lept_ferr	4.7	7.8	"Sexual dimorf"	univoltien	ei	Fytofaag	Oligofaag	Plant	NA	Grassen
Minidae	<i>Lopus decolor decolor</i> (Fallén, 1807)	Lopu_deco	4.4	4.8	"macropteer"	univoltien	ei	Fytofaag	Oligofaag	Plant	NA	Grassen
Minidae	<i>Lygus pratensis</i> (Linnaeus, 1758)	Lygu_prat	5.8	7.3	"macropteer"	uni-bivoltien	Adult	Fytofaag	Polyfaag	Plant	NA	Kruidachtigen
Lygaeidae	<i>Macrodema micropetala</i> (Curtis, 1836)	Maer_micr	3	3.8	"dimorf"	univoltien	Adult	Zoofytofaag	Oligofaag	Plant	Collembola	Heideachtigen
Lygaeidae	<i>Megalocentrus chirsaga</i> (Fabricius, 1794)	Mega_chir	5.3	6.8	"dimorf"	univoltien	Adult	Fytofaag	Polyfaag	Zaden	NA	Kruidachtigen
Rhopalidae	<i>Mymus milicornis milicornis</i> (Fallén, 1807)	Mymr_miri	6.5	9	"dimorf"	univoltien	ei	Fytofaag	Oligofaag	Plant	NA	Grassen
Minidae	<i>Notoxista elongata</i> (Geoffroy, 1785)	Noto_elon	6	8.7	"macropteer"	bivoltien	Adult	Fytofaag	Oligofaag	Plant	NA	Grassen
Lygaeidae	<i>Nysius thymi thymi</i> (Vollf, 1804)	Nysi_thym	3.5	4.5	"macropteer"	bivoltien	ei	Fytofaag	Polyfaag	Zaden	NA	Kruidachtigen
Minidae	<i>Orthocentrus saltator</i> (Hahn, 1835)	Orth_salt	3.5	6	"Sexual dimorf"	univoltien	ei	Fytofaag	Oligofaag	Plant	NA	Compositen
Minidae	<i>Pachycomella parallela</i> (Meyer-Dür, 1843)	Pach_para	2.1	3.8	"Sexual dimorf"	bivoltien	ei	Fytofaag	Oligofaag	Plant	NA	Grassen
Lygaeidae	<i>Peritrichus geniculatus</i> (Hahn, 1832)	Peri_geni	5.1	6	"macropteer"	univoltien	Adult	Fytofaag	Polyfaag	Zaden	NA	Kruidachtigen
Minidae	<i>Pithanus maerhelli</i> (Herrich-Schaeffer, 1838)	Pith_maer	3.7	5.3	"Sexual dimorf"	univoltien	ei	Fytofaag	Polyfaag	Zaden	NA	Grassen-Russen-Cypergrassen
Minidae	<i>Plagiognathus chrysanthemi</i> (Vollf, 1804)	Plag_chry	3.2	4.1	"macropteer"	univoltien	ei	Fytofaag	Polyfaag	Plant	NA	Kruidachtigen
Lygaeidae	<i>Plinthisus brevipennis</i> (Latreille, 1807)	Plin_brev	5.9	7.2	"dimorf"	univoltien	Adult	Fytofaag	Polyfaag	Zaden	NA	Onbekend
Lygaeidae	<i>Rhoparochromus pini</i> (Linnaeus, 1758)	Rhnp_pini	6.8	8.1	"macropteer"	univoltien	Adult	Fytofaag	Polyfaag	Zaden	NA	Kruidachtigen
Saldidae	<i>Saldula saltatoria</i> (Linnaeus, 1758)	Sald_salt	4	4.8	"dimorf"	uni-bivoltien	Adult	Zoofaag	NA	NA	Diptera-larvae	Geen
Pentatomidae	<i>Sciocoris cursitans cursitans</i> (Fabricius, 1794)	Scio_curs	4.5	6	"macropteer"	univoltien	Adult	Fytofaag	Polyfaag	Plant	NA	Onbekend
Minidae	<i>Stenocoris calcarata</i> (Fallén, 1807)	Sten_calc	6.8	7.3	"macropteer"	bivoltien	Adult	Fytofaag	Polyfaag	Plant	NA	Grassen-Russen-Cypergrassen
Minidae	<i>Stenocoris binotatus</i> (Fabricius, 1794)	Sten_bino	5.7	7.2	"macropteer"	univoltien	ei	Fytofaag	Oligofaag	Plant	NA	Grassen
Lygaeidae	<i>Steganocoris sabulosus</i> (Schilling, 1829)	Steg_sabu	6.9	7.2	"macropteer"	univoltien	ei	Fytofaag	Polyfaag	Zaden	NA	Onbekend
Lygaeidae	<i>Trapezonotus desertus</i> Seidenstücker, 1951	Trap_dese	3.6	4.7	"dimorf"	univoltien	Adult	Fytofaag	Polyfaag	Zaden	NA	Onbekend

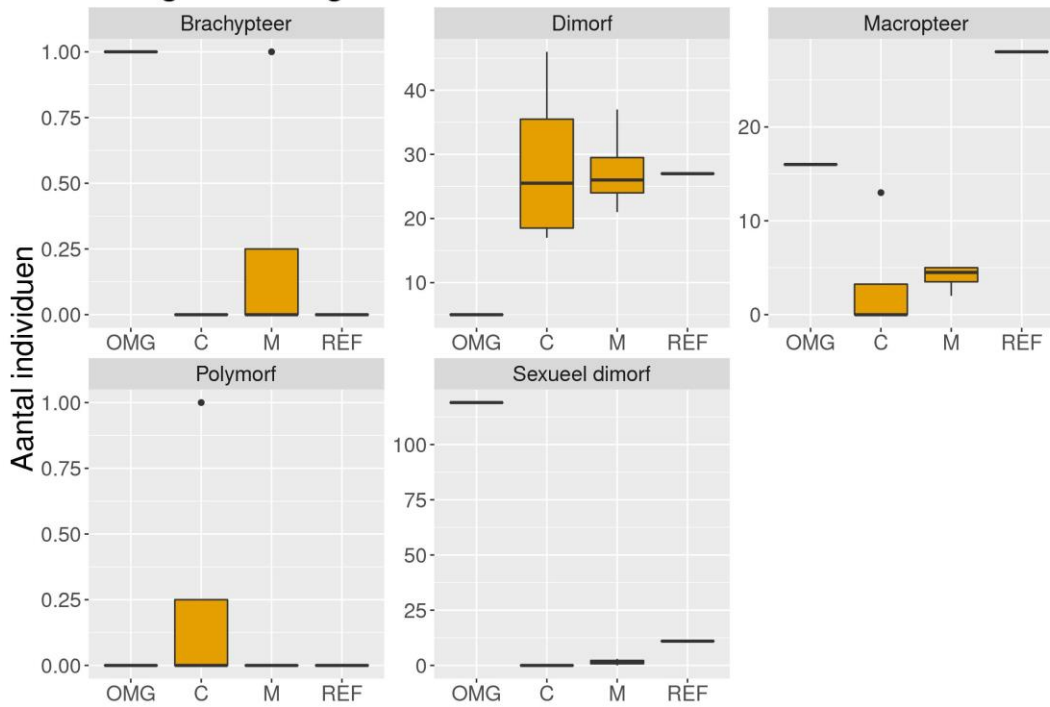
Familie	Species	Speeshort	Vaardplant1	Vaardplant2	Vaardplant3	Habitat	status
Tingidae	<i>Acalypta parvula</i> (Fallén, 1807)	Acal_parv	Mossen			droge biotopen	ZA
Minidae	<i>Adelphocoris lineolatus</i> (Goeze, 1778)	Adel_line	Fabaceae	Asteraceae		Yochtige en droge biotopen	ZA
Pentatomidae	<i>Aelia klugii</i> Hahn, 1833	Aeli_klug	Poaceae			Duinen en heide	VA
Tingidae	<i>Agramma laetum</i> (Fallén, 1807)	Agra_laet	Juncaceae	Cyperaceae		vochtige tot droge biotopen	A
Berytidae	<i>Berytus signoretii</i> (Fieber, 1859)	Beru_sign	Fabaceae	Lotus corniculatus	Ornithopus sp.	Droog schraalgrasland	Z
Minidae	<i>Chlamydatus pullus</i> (Reuter, 1870)	Chla_pull	Fabaceae	Asteraceae		Zonnige droge plaatsen	A
Rhopalidae	<i>Chorocoma schillingii</i> (Schilling, 1829)	Chor_schi	Poaceae			duingraslanden en heide	ZA
Minidae	<i>Conostethus roseus</i> (Fallén, 1807)	Cono_rose	Poaceae	Corynephorus canescens	Atrix praecox	Xerotherme zandige plaatsen	VA
Lygaeidae	<i>Cymus melanocephalus</i> Fieber, 1861	Cymu_mela	Cyperaceae	Juncus effusus	Juncus sp.	Yochtig grasland	ZA
Cydnidae	<i>Legnotus pisipes</i> (Fallén, 1807)	Legn_pipi	Rubiaceae	Galium saratile	Galium sp.	Open droge vegetaties in heidegebied	A
Minidae	<i>Leptopterna ferrugata</i> (Fallén, 1807)	Lept_ferr	Poaceae	Deschampsia flexuosa	Agrostis capillaris	droge oligotrofe biotopen	ZA
Minidae	<i>Lopus decolor decolor</i> (Fallén, 1807)	Lopu_deco	Poaceae	Deschampsia flexuosa	Agrostis sp.	droge en natte graslanden	ZA
Minidae	<i>Lygus pratensis</i> (Linnaeus, 1758)	Lygu_prat				runderale biotopen	ZA
Lygaeidae	<i>Macrodema micropetala</i> (Curtis, 1836)	Maer_micr	Ericaceae	Calluna vulgaris	Erica tetralix	Heide en duinheide	ZA
Lygaeidae	<i>Megalocentrus chirsaga</i> (Fabricius, 1794)	Mega_chir				Lage grazige vegetaties	ZA
Rhopalidae	<i>Mymus milicornis milicornis</i> (Fallén, 1807)	Mymr_miri	Poaceae			duingraslanden en heide	ZA
Minidae	<i>Notoxista elongata</i> (Geoffroy, 1785)	Noto_elon	Poaceae	Poa sp.	Holcus lanatus	Voedselrijke graslanden	ZA
Lygaeidae	<i>Nysius thymi thymi</i> (Vollf, 1804)	Nysi_thym				Zandige biotopen	ZA
Minidae	<i>Orthocentrus saltator</i> (Hahn, 1835)	Orth_salt	Asteraceae	Hieracium pilosella		Zonnige en droge kruidenrijke graslanden	A
Minidae	<i>Pachycomella parallela</i> (Meyer-Dür, 1843)	Pach_para	Poaceae			Graslanden	ZA
Lygaeidae	<i>Peritrichus geniculatus</i> (Hahn, 1832)	Peri_geni				Droge graslanden	ZA
Minidae	<i>Pithanus maerhelli</i> (Herrich-Schaeffer, 1838)	Pith_maer	Cyperaceae	Juncaceae	Poaceae	Yochtige graslanden	ZA
Minidae	<i>Plagiognathus chrysanthemi</i> (Vollf, 1804)	Plag_chry	Kruidachtigen			kruidenrijke ruigtes	ZA
Lygaeidae	<i>Plinthisus brevipennis</i> (Latreille, 1807)	Plin_brev				Open zandige biotopen	A
Lygaeidae	<i>Rhoparochromus pini</i> (Linnaeus, 1758)	Rhnp_pini	Kruidachtigen			V'arme zandige biotopen	A
Saldidae	<i>Saldula saltatoria</i> (Linnaeus, 1758)	Sald_salt				Devers en natte habitats	ZA
Pentatomidae	<i>Sciocoris cursitans cursitans</i> (Fabricius, 1794)	Scio_curs				Stuifzanden en stuifzandheide	VA
Minidae	<i>Stenocoris calcarata</i> (Fallén, 1807)	Sten_calc	Cyperaceae	Juncaceae	Poaceae	Yochtige graslanden	ZA
Minidae	<i>Stenocoris binotatus</i> (Fabricius, 1794)	Sten_bino	Poaceae			Graslanden	ZA
Lygaeidae	<i>Steganocoris sabulosus</i> (Schilling, 1829)	Steg_sabu	Calluna vulgaris			Droge zandige biotopen	ZA
Lygaeidae	<i>Trapezonotus desertus</i> Seidenstücker, 1951	Trap_dese				heideterreinen	A

Voor de soorteigenschappenanalyse van wantsen is gekozen om enkel in te gaan op twee eigenschappen, te weten vleugelmorfologie en voedselspecialisatie. Vleugelmorfologie kan informatie verschaffen over de mate waarop kolonisatie van de habitats gehinderd wordt door dispersiebarrières. Als isolatie van de proefvlakken een barriere oplevert voor succesvolle kolonisatie van soorten, is te verwachten dat met name brachyptere (kortvleugelige) soorten hier last van ondervinden, en macroptere (langvleugelige) soorten hier het minst last van ondervinden. Dimorfe (een deel van de populatie bestaat uit langvleugelige individuen) soorten en polymorfe soorten (variatie in de mate van vleugelaanleg, van volledig kortvleugelig tot volledig ontwikkelde vleugels) zullen evenmin problemen ondervinden of een tussenpositie innemen. Sexueel dimorfe soorten (mannetjes zijn langvleugelig, maar vrouwtjes zijn altijd kortvleugelig) zullen nagenoeg hetzelfde reageren als brachyptere soorten, aangezien de dispersie van vrouwelijke individuen bepalend is voor de kolonisationsnelheid.

Vleugelmorfologie

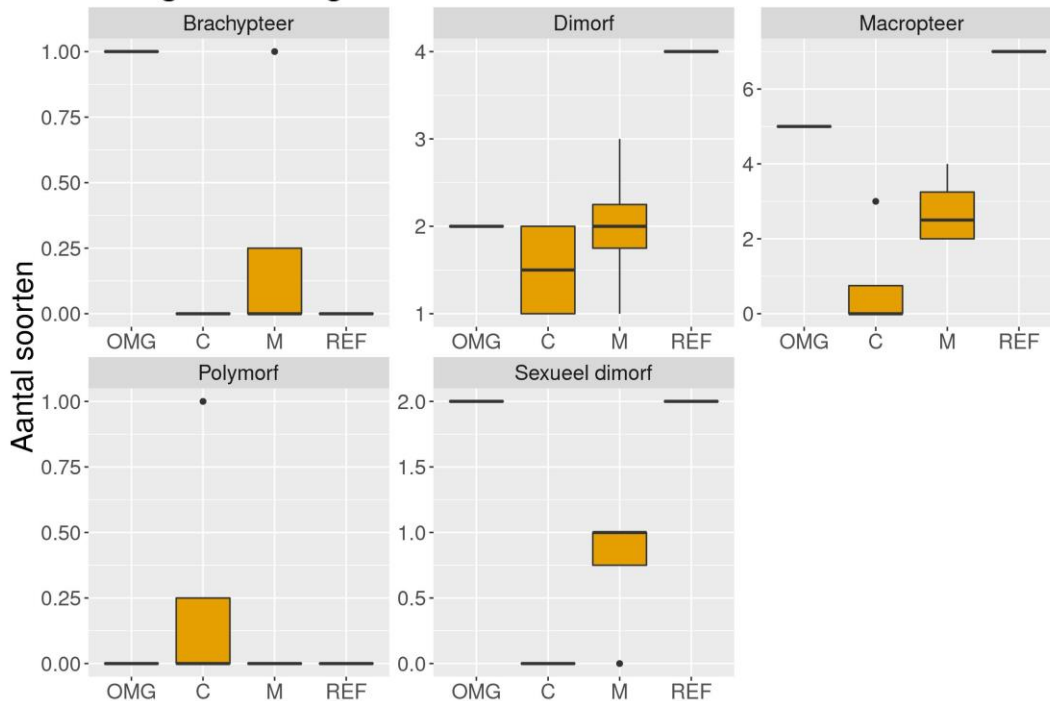
In figuur 2.39 en 2.40 is een overzicht gegeven van dichtheden respectievelijk soortenrijkdom van groepen wantsen verdeeld over vleugelmorfologie. Tussen controle- en maaisel-behandelingen is in zowel dichtheden als soortenrijkdom geen significant verschil over de verschillende groepen gevonden. Wanneer een vergelijking gemaakt wordt met het nabij gelegen omgevingsmonsterpunt en het veraf gelegen referentiegebied is er geen aanleiding om aan te nemen dat er voor de wantsen sterke dispersiebarrières bestaan. Macroptere soorten zijn juist in lagere dichtheden en soortenaantallen aangetroffen in de ontgronde situaties dan in de nabijgelegen controle of in de referentie gebieden, en zijn dus zeker niet in verhouding tot de andere groepen oververtegenwoordigd in de ontgronde locaties. Dimorfe soorten zijn zowel in hoge dichtheden aangetroffen in de omgeving als in de referentielocatie Kleine Startbaan, in contrast tot de nabijgelegen controle. Er is wel een sterk verschil tussen de abundantie van sexueel dimorfe soorten in de nabijgelegen niet ontgronde controle en de proefvlakken, en een klein verschil tussen de proefvlakken en de referentie op de Havelterberg. Wanneer naar het overzicht van de soortenrijkdom gekeken wordt (figuur 2.40) is te zien dat deze groep uit maximaal 2 soorten bestaat, waaronder de meest abundante soort in de controle, *Pachytomella parallela*.

Vleugelmorfologie: dichtheden



Figuur 2.39. Box-en-whisker plots van de dichtheid van wantsen, uitgesplitst over soortgroepen verschillend in vleugelaanleg. Behandelingen: C = controle, M = maaisel, OMG = nabijgelegen niet ontgronde situatie, REF= heischraal grasland referentie Havelterberg. Box-and-whisker plots of the density of bugs, differing in wing morphology. Treatments: C = control, M = hay, OMG = non topsoil removed situation, REF = reference situation at Kleine Startbaan.

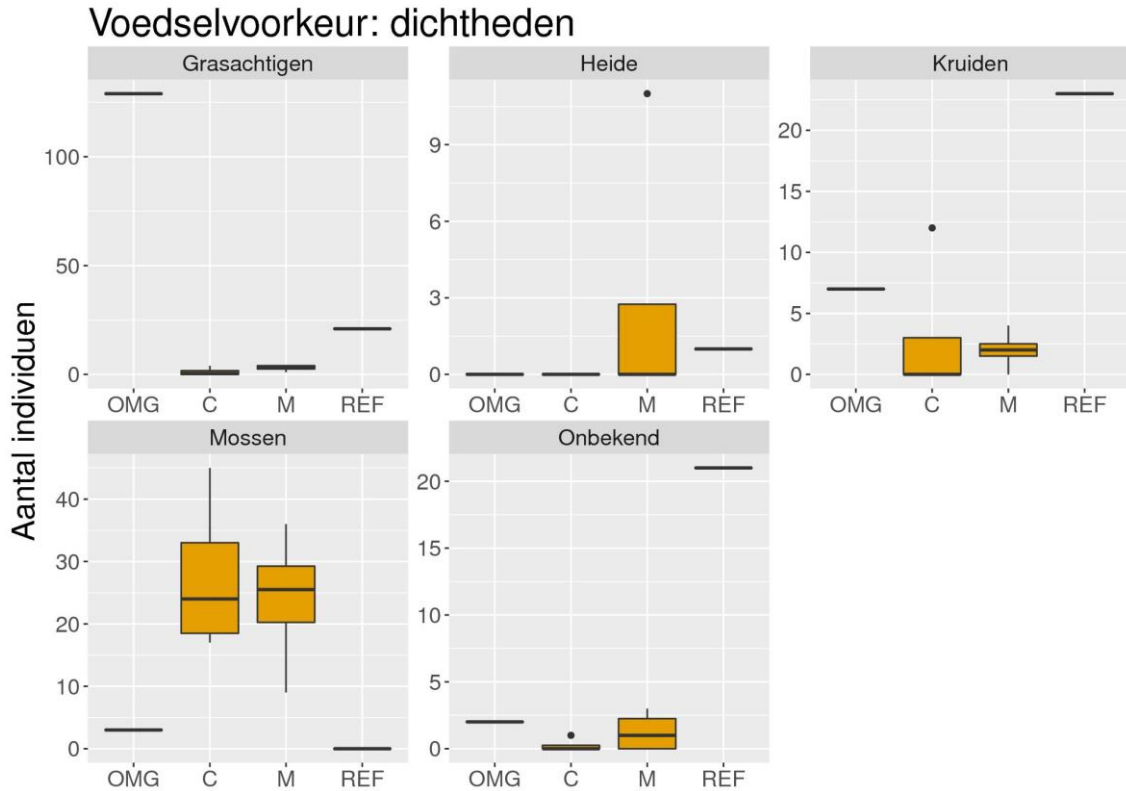
Vleugelmorfologie: soorten



Figuur 2.40. Box-en-whisker plots van de soortenrijkdom van wantsen, uitgesplitst over soortgroepen verschillend in vleugelaanleg. Behandelingen: C = controle, M = maaisel, OMG = nabijgelegen niet ontgronde situatie, REF= heischraal grasland referentie Havelterberg. Box-and-whisker plots of the species richness of bugs, differing in wing morphology. Treatments: C = control, M = hay, OMG = non topsoil removed situation, REF = reference situation at Kleine Startbaan.

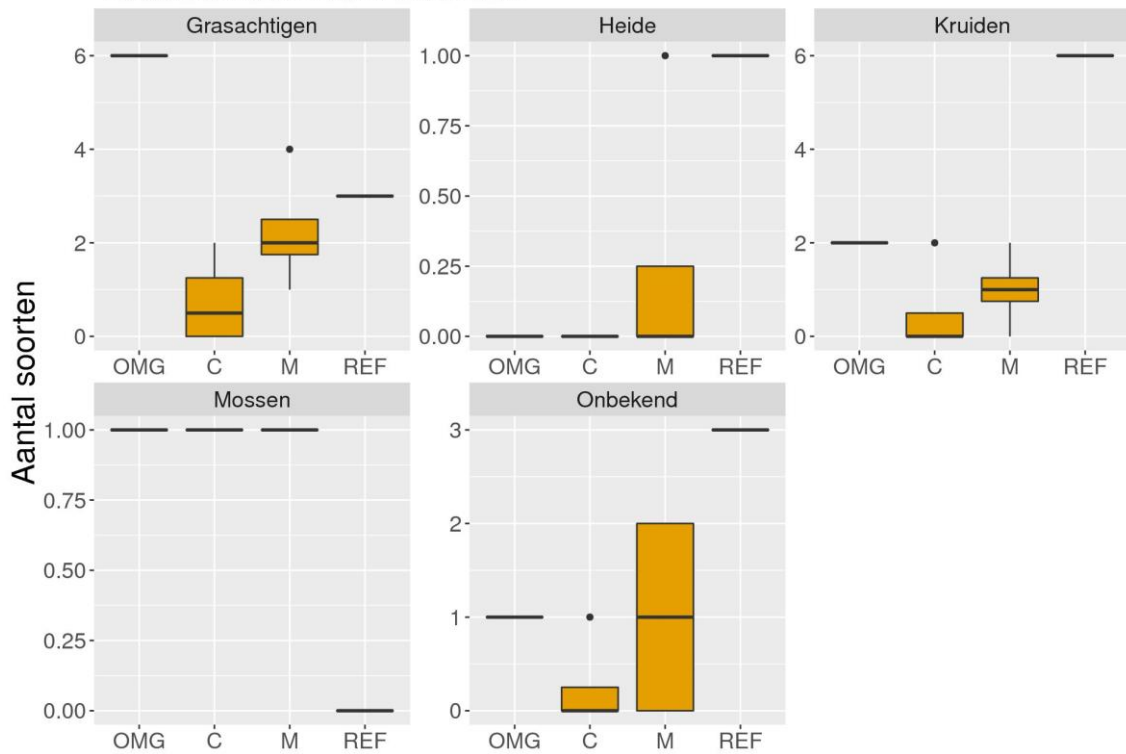
Voedselspecialisatie

Wantsen met mossen als voedselbron behaalden de hoogste dichtheden in de experimenten (zowel in controle- als maaisel-behandelingen), en dit was duidelijk hoger in vergelijking met zowel de omgeving als de referentie (figuur 2.41). Dit betreft echter slechts 1 soort, *Acalypta parvula*, die de wantsengemeenschap in de proeflocaties domineerde (figuur 2.42). In de referentielocatie zijn zowel meer soorten als individuen van kruideneters aangetroffen, in de omgeving zijn juist specialisten op grassen in zowel hogere dichtheden als soortenaantallen aangetroffen.



Figuur 2.41: Box-en-whisker plots van de dichtheid van wantsen, uitgesplitst over soortgroepen verschillend in voedselvoorkeur. Behandelingen: C = controle, M = maaisel, OMG = nabijgelegen niet ontgronde situatie, REF= heischraal grasland referentie Havelterberg. Box-and-whisker plots of the density of bugs, differing in food preference. Treatments: C = control, M = hay, OMG = non topsoil removed situation, REF = reference situation at Kleine Startbaan.

Voedselvoorkeur: soorten



Figuur 2.42: Box-en-whisker plots van de soortenrijkdom van wantsen, uitgesplitst over soortgroepen verschillend in voedselvoorkeur. Behandelingen: C = controle, M = maaisel, OMG = nabijgelegen niet ontgronde situatie, REF= heischraal grasland referentie Havelterberg. Box-and-whisker plots of the species richness of bugs, differing in food preference. Treatments: C = control, M = hay, OMG = non topsoil removed situation, REF = reference situation at Kleine Startbaan.

Bijlage 9 aangetroffen mieren

Aangetroffen soorten mieren in de verschillende onderzoeksplots. Life history strategy volgens van Noordwijk *et al.*, (2012a): G= Generalists, F= high Food availability; T= High temperature. Nesttype naar Versluijs *et al.*, (2013): SB= simple bodemnesten, CB= complexe bodemnesten; SN=Strooiselnesten. Ref: referentiegebied Kleine Startbaan, Con: experiment, controle. M: experiment, met maaiseladditie, OMG: omgeving. *Ant species found in the experimenteal plots. Life history strategy according to van Noordwijk et al., (2012a): G= Generalists, F= high Food availability; T= High temperature. Nest type according to Versluijs et al., (2013): SB= simple soil nests, CB= complex soil nests; SN=litter nests. Con: control, M: hay, non topsoil removed situation (OMG) and the reference situation at Kleine Startbaan (Ref).*

	Life history strategy ↓	Treat → Nest-type ↓	Ref	OMG	Con	Con	Con	Con	M	M	M	M
Soort	(van Noordwijk et al., 2012)	(Versluijs et al., 2013)	KLS	NV_ C	NV0 7	NV1 4	NV1 5	NV2 8	NV0 4	NV1 1	NV1 9	NV2 5
<i>Formica fusca</i>	G	SB	11	12	1							
<i>Lasius niger</i>	G	SB	43		441	244	151	294	160	77	17	79
<i>Myrmica lobiocornis</i>	F	SB		2								
<i>Myrmica lonae</i>	F	SB							17			1
<i>Myrmica rubra</i>	F	SB					12					6
<i>Myrmica sabuleti</i>	F	SB							2	4	15	8
<i>Myrmica scabrinodis</i>	F	SB	4	73		9			60	3	8	13
<i>Tetramorium caespitum</i>	T	SB	4			3			1		2	
<i>Lasius flavus</i>	G	CB	8									
<i>Lasius platythorax</i>	G	SN								19		

Bijlage 10 Codering opnameschaal Londo

Code	Omschrijving	Percentage
r1	Sporadisch	<1%
p1	weinig talrijk	<1%
a1	Talrijk	<1%
m1	zeer talrijk	<1%
r2	Sporadisch	1-3%
p2	weinig talrijk	1-3%
a2	Talrijk	1-3%
m2	zeer talrijk	1-3%
r4	Sporadisch	3-5%
p4	weinig talrijk	3-5%
a4	Talrijk	3-5%
m4	zeer talrijk	3-5%
1	Willekeurig	5-15%
2	Willekeurig	15-25%
3	Willekeurig	25-35%
4	Willekeurig	35-45%
5-	Willekeurig	45-50%
5+	Willekeurig	50-55%
6	Willekeurig	55-65%
7	Willekeurig	65-75%
8	Willekeurig	75-85%
9	Willekeurig	85-95%
10	Willekeurig	95-100%
1-	Willekeurig	5-10%
1+	Willekeurig	10-15%
2-	Willekeurig	15-20%
2+	Willekeurig	20-25%
3-	Willekeurig	25-30%
3+	Willekeurig	30-35%
4-	Willekeurig	35-40%
4+	Willekeurig	40-45%
5	Willekeurig	45-55%
6-	Willekeurig	55-60%
6+	Willekeurig	60-65%
7-	Willekeurig	65-70%
7+	Willekeurig	70-75%
8-	Willekeurig	75-80%
8+	Willekeurig	80-85%
9-	Willekeurig	85-90%
9+	Willekeurig	90-95%

Bijlage 11 Enquête kosteneffectiviteit en herstelmaatregelen en workshop voor beheerders

Begin 2015 is een enquête naar de kosteneffectiviteit van inrichtings- en beheermaatregelen opgesteld en een workshop voor de betrokken beheerders georganiseerd. Zie ook tussenrapport over 2015.

Enquete

Voor het habitatype Heischrale graslanden geldt landelijk een uitbreidingsopgave en een opgave voor verbetering van de kwaliteit (de soortenrijkdom van nog aanwezige graslanden). Dit onderzoek richt zich allereerst op de vraag waar en hoe (toevoer maaisel, enten etc.) de uitbreiding op voormalige landbouwgrond kan worden gerealiseerd. Dit door nieuwe herstelexperimenten (A) en door bij eerder uitgevoerde experimenten additionele maatregelen uit te voeren (B). Voor de nieuwvorming van droge heischrale graslanden is een keuze mogelijk tussen uitbreiding op bos- en heideterreinen (leemarm, kalkarm en fosfaatarm) en voormalige landbouwgronden (soms meer leemrijk, rijker aan basische kationen maar ook fosfaatrijk). Voor een vergelijking van aanpak is inzicht nodig in de uiteindelijk bereikbare natuurdoelen (op een termijn van 10-15 jaar) versus de daarmee gemoeide kosten. Bij deze kosten gaat het om de inrichtingsmaatregelen inclusief het vervolgbeheer de eerste tien jaar (bijv. introductie soorten en opslag verwijderen).

Om inzicht te krijgen in de kosten en de effecten van maatregelen die genomen zijn op voormalige landbouwgrond is een enquête rondgestuurd naar de 16 beheerders van de terreinen die ook in de eerste en/of tweede fase van het project onderzocht zijn.

Omdat de effecten van de maatregelen op het deel met de ontwikkeling naar droog heischraal grasland uit dit project bekend zijn, hoopten we dat het mogelijk zou zijn de effectiviteit van de maatregelen in detail te bezien. Aan de betreffende beheerders is ook gevraagd om de enquête voor een of meer andere terreinen in te vullen waar op voormalige landbouwgrond droog heischraal grasland ontwikkeld is en waar wij deze detailinformatie niet voor hebben.

In de enquête wordt gevraagd naar de geschiedenis van het terrein, de inrichtingsmaatregelen die genomen zijn en de kosten daarvan, de reguliere beheermaatregelen die in het terrein genomen worden en bijbehorende kosten, de effectiviteit van de maatregelen en resterende knelpunten en de tevredenheid over de kosteneffectiviteit.

In totaal namen vijf beheerders de moeite de enquête in te vullen over zeven terreinen. Eén van deze terreinen was het referentierrein waarvandaan maaisel is betrokken voor de experimenten in het noorden van het land (Kleine Startbaan). In dit terrein zijn natuurlijk geen herinrichtingsmaatregelen genomen en ook de kosten voor het reguliere beheer zijn hier niet representatief, omdat hier op kleine schaal zeer precies beheerd wordt. Dit is het best ontwikkelde droge heischrale grasland van Nederland, waar soorten in staan die in de rest van het land bijna uitgestorven zijn, zoals Rozenkransje en Valkruid. De kosten van dit beheer zijn daarom niet vergelijkbaar met kosten van normaal regulier beheer.

De meeste enquêtes waren slechts gedeeltelijk ingevuld. Omdat de terreinen waarvoor de enquêtes ingevuld waren 11 tot 22 jaar geleden waren heringericht, waren veel van de huidige beheerders niet bij de herinrichting betrokken. Vooral kleinschalige projecten zijn toentertijd niet goed gedocumenteerd, zodat bij de huidige beheerders niet bekend is welke maatregelen er precies genomen zijn en wat de kosten daarvan waren. Ook van het reguliere beheer was bij de beheerders niet altijd bekend wat de kosten waren, waarschijnlijk omdat de financiële afhandeling elders in de organisatie plaatsvindt. De antwoorden in de enquêtes hadden verder vaak (gedeeltelijk) ook betrekking op de ontwikkeling van vochtige heischraal grasland (tot zeer natte systemen met veenmossen), omdat droog heischraal grasland alleen op de droge gedeelten in de percelen van de herinrichtingsprojecten tot ontwikkeling komt en de kosten en maatregelen voor het gehele project bekend zijn. Onderstaande resultaten

hebben alleen betrekking op de enquêtes waarvoor de betreffende vragen waren ingevuld.

De terreinen met herinrichting op voormalige landbouwgrond waarvoor de enquête (gedeeltelijk) was ingevuld, waren het Wisselse Veen, Staverden (Geldersch Landschap en Geldersche Kastelen), Banisveld, Poortbulten (Natuurmonumenten), Kromhurken en Gastelsche Ontginning (nat terrein) (Staatsbosbeheer). Deze terreinen zijn tussen 1 en 80 hectare groot. De terreinen waren oorspronkelijk grasland of bouwland, of afwisselend gras- en bouwland. Voorafgaand aan de herinrichting werd verwacht dat er tussen 0 (verwachting was heide) tot 10 hectare droog heischraal grasland ontwikkeld zou worden. Als belangrijkste knelpunt voorafgaand aan de herinrichting werd de te hoge voedselrijkdom genoemd. Ook was er vaak geen mogelijkheid voor soorten om zich te vestigen. Op vijf van de zes terreinen was voorafgaand aan de herinrichting geen doelvegetatie aanwezig. Op één terrein was er in een gedeelte van het terrein sprake van redelijk tot zeer goed ontwikkelde heide, schraalgrasland en blauwgrasland. Bij 3 terreinen was er in de omgeving geen doelvegetatie aanwezig van waaruit dispersie naar de terreinen plaats kon vinden, bij 1 terrein was er binnen 150 meter matig tot redelijk vochtig heischraal grasland aanwezig en bij twee terreinen redelijk ontwikkeld droog heischraal grasland op 700 – 1000 m afstand. Het is overigens echter bekend dat dit voor zaaddispersie een erg grote afstand is (Ozinga, 2008).

Alle terreinen werden afgeplagd (ondieper dan 15 cm, 3 terreinen) en/of ontgrond (meer dan 15 cm, 5 terreinen). Op sommige terreinen werd het terrein gratis afgegraven en de grond afgevoerd door een zandwinbedrijf; er waren soms dan wel kosten voor onderzoek en vergunning (€ 200,- per hectare). Als er wel betaald moest worden voor ontgronden en verwerken door een aannemer, lagen de kosten veel hoger: circa € 1360,- ex BTW per hectare voor het ontgronden (gemiddeld 30 cm diep) en € 1900,- ex BTW per hectare voor het transport en verwerking van de vrijgekomen grond binnen het gebied + 100% overige aannemerskosten. Voor het afvoeren van de overige grond buiten het gebied (als er geen aannemende partijen zouden worden gevonden) werd € 3,40 per kubieke meter gevraagd (prijsspeil 1999/2000; bekend van één terrein).

Daarnaast werd in een deel van de terreinen hydrologische maatregelen genomen, zoals het dempen van sloten, het aanleggen van poelen en het aanleggen van een wal voor waterberging. Deze maatregelen werden vooral genomen voor de nattere terreindelen.

Slechts in twee terreinen werd maaisel aangebracht, waarvan in één terrein alleen in het vochtige deel van het terrein. In twee terreinen vond herintroductie plaats, maar alleen van soorten van vochtig milieu: Grote ratelaar en Moeraskartelblad (halfparasieten met als doel te verschralen), Vetblad en mogelijk ook Beenbreek en Veenbes. In geen van de terreinen werd bodem geënt, bekalkt of diersoorten geïntroduceerd.

Alle terreinen worden gemaaid, meestal jaarlijks en soms gefaseerd vanwege de fauna. Dit wordt soms in eigen beheer gedaan, of er wordt een aannemer ingehuurd voor €300,- tot €825,- (nat terrein) per hectare. Een deel van de terreinen wordt aanvullend begraaasd met Drents Heideschaap, Veluws Heideschaap (momenteel niet meer), schapen (algemeen) en/of drukkbe grazing met rundvee binnen een raster. De kosten hiervan variëren tussen ongeveer €25,- en €100,- per hectare per jaar (hoogste bedrag niet geheel zeker vanwege grootte van terrein). Daarnaast vindt op de Veluwe ook begrazing plaats door Edelherten en zorgen Wilde zwijnen voor het open houden van de bodem. Opslag van bomen (met name Berk) is in veel van de herinrichtingsterreinen een groot probleem. De opslag wordt deels onder controle gehouden door drukkbe grazing; daarnaast wordt de opslag in een deel van de terreinen gemaaid (gedeeltelijk jaarlijks). De kosten hiervoor bedragen €2500,- tot €3500,- per hectare per jaar.

De huidige ontwikkeling van de terreinen werd door de beheerders getypeerd als zeer goed (1 x), goed (1x), redelijk tot goed (1x), redelijk (2x) en matig (1x). In de (zeer) goed ontwikkelde terreinen werden redelijk veel nieuwe soorten, waaronder Rode-lijstsoorten aangetroffen. In de matig en redelijk ontwikkelde terreinen ontbreken vaak soorten die typisch zijn voor heischrale graslanden, hoewel er vaak wel een positieve ontwikkeling van de flora in het algemeen en soms ook van Rode-lijstsoorten is waargenomen.

Minder tevreden zijn de beheerders over de bosopslag, schade door motorcrossers en quads en stagnatie van het aantal soorten door de geïsoleerde ligging van het gebied. Over het effect van Wilde zwijnen verschillen de meningen; door de ene beheerder worden zij gezien als nuttig voor het open houden van de bodem, terwijl een andere beheerder vindt dat zij schade toebrengen aan bijvoorbeeld plekken met orchideeën.

De helft van de beheerders zou, met de kennis van nu, de herinrichting van het terrein op dezelfde manier uitvoeren. Andere beheerders geven aan, als ze het terrein weer mochten herinrichten vanuit landbouwgrond, meer aandacht te geven aan het (gelijk) aanbrengen van maaisel, zaadbronnen uit de omgeving halen, enten, gefaseerd maaibeheer en het anders omgaan met de (vrijgekomen) bodem. Opvallend was dat geen van de beheerders de abiotiek na herinrichting nog als knelpunt zag, terwijl uit de eerste fase van het onderzoek (Loeb *et al.*, 2013) blijkt dat er in een flink deel van de terreinen die 10 – 15 jaar geleden zijn heringericht de toplaag van de bodem nog te voedselrijk is voor de ontwikkeling van droog heischraal grasland. Dit betreft overigens maar een klein deel van de terreinen waarvoor de enquête is ingevuld.

Drie van de beheerders staan positief tot zeer positief ten opzichte van de effectiviteit van de kosten voor de genomen inrichtingsmaatregelen. Drie andere beheerders staan hier neutraal tegenover, grotendeels omdat zij niet op de hoogte zijn van de kosten die gemoeid waren met de herinrichtingsmaatregelen.

ontwikkeling+beheer natuurkwaliteit

o+bn

Het Kennisnetwerk Ontwikkeling Beheer Natuurkwaliteit:

- is een onafhankelijk en innovatief platform waarin beheer, beleid en wetenschap op het gebied van natuurherstel en -beheer samenwerken;
- ontwikkelt en verspreidt kennis met als doel het structureel herstel en beheer van natuurkwaliteit.



Kennisnetwerk OBN wordt gecoördineerd door de VBNE en gefinancierd door het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit en BIJ12

Vereniging van bos- en natuurterreineigenaren (VBNE)

Princenhof Park 9
3972 NG Driebergen
0343-745250

drs. W.A. (Wim) Wiersinga
Adviseur Plein van de kennis/
Programmaleider Kennisnetwerk OBN
0343-745255 / 06-38825303
w.wiersinga@vbne.nl

M. (Mark) Brunsveld MSc
Programma-medewerker Kennisnetwerk OBN
0343-745256 / 06-31978590
m.brunsveld@vbne.nl