

Drukbegrazing en Chopperen als Alternatieven voor Plaggen van Natte Heide:

Effecten op korte termijn en evaluatie van praktijkervaringen

Michiel Wallis de Vries
Kim Huskens
Joost Vogels
Remco Versluijs
Roland Bobbink
Emiel Brouwer
Evi Verbaarschot



Ministerie van Economische Zaken

© 2014 Directie Kennis en Innovatie, Ministerie van Economische Zaken

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

Teksten mogen alleen worden overgenomen met bronvermelding.

Deze uitgave kan schriftelijk of per e-mail worden besteld bij het Bosschap onder vermelding van code 2014/OBN191-NZ en het aantal exemplaren.

Oplage 150 exemplaren

Samenstelling: Michiel Wallis de Vries, de Vlinderstichting
Kim Huskens, de Vlinderstichting
Joost Vogels, stichting Bargerveen
Remco Versluijs, stichting Bargerveen
Roland Bobbink, B-Ware
Emiel Brouwer, B-Ware
Evi Verbaarschot, B-Ware

Druk: KNNV Uitgeverij/KNNV Publishing

Productie Bosschap, bedrijfsschap voor bos en natuur
Bezoekadres : Princenhof Park 9, Driebergen
Postadres : Postbus 65, 3970 AB Driebergen
Telefoon : 030 693 01 30
Fax : 030 693 36 21
E-mail : info@vbne.nl

Wijze van citeren:

Wallis de Vries, M.F., Bobbink, R., Brouwer, E., Huskens, K., Verbaarschot, E., Versluijs, R. & Vogels, J.J. (2014). *Drukbegrazing en Chopperen als Alternatieven voor Plaggen van Natte Heide: effecten op korte termijn en evaluatie van praktijkervaringen*. Rapport OBN191-NZ, Ministerie van Economische Zaken, Den Haag.

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, leefgebiedenbenadering en ontwikkeling van nieuwe natuur.

In het kader van Natura 2000 worden in Europees perspectief zeldzame soorten en zeldzame vegetatietypen in Nederland beschermd. In dit rapport staan de soortenrijke natte heide centraal (H4010).

Het heidelandschap is één van de meest kenmerkende landschappen voor de Nederlandse natuur. De variatie en soortenrijkdom van de Nederlandse heidegebieden staat echter onder druk, tegelijkertijd is het traditionele landgebruik in heidegebieden vervangen door gericht natuurbeheer. Verzuring, vermesting en verdroging vormen belangrijke knelpunten voor herstel. In natte heide hebben deze invloeden dikwijls geleid tot dominantie van Pijpenstrootje (*Molinia caerulea*).

Op natte heide is het doorbreken van de dominantie van Pijpenstrootje een grote uitdaging om de soortenrijkdom te herstellen. Omdat plaggen een aantal negatieve neveneffecten heeft, wordt naar alternatieve maatregelen gezocht, maar hierover ontbrak tot op heden veel van de benodigde kennis nog. Via dit onderzoek, een combinatie van experimenteel onderzoek en evaluatie van ervaringen uit de beheerpraktijk, zijn belangrijke stappen gezet om de kennisleemte over de effecten van twee kansrijke alternatieven voor plaggen – drukbegrazing en chopperen – te vullen.

Een definitief oordeel over de effectiviteit van chopperen en drukbegrazing – in combinatie met bekalking – als alternatieven voor plaggen is op basis van het huidige onderzoek nog niet te geven: het beheerexperiment loopt daarvoor nog te kort en de praktijkvoorbeelden geven wel een globaal beeld maar lenen zich niet voor vergaande conclusies.

Op basis van de opgedane inzichten zijn voorlopige richtlijnen voor het herstelbeheer van vergraste natte heide opgesteld. Deze vindt u in hoofdstuk 14.

Ik wens u veel leesplezier.

Drs. E.H.T.M. Nijpels
Voorzitter Bosschap

English summary

Breaking the dominance of *Molinia caerulea* constitutes an important challenge in the restoration of species-rich wet heathlands. This dominance often results from a combination of abiotic changes of desiccation, acidification and eutrophication and the biotic changes of ongoing succession after management neglect. Sod-cutting is a widespread measure in heathland management, with proven effectiveness against grass encroachment. However, it also has a number of important drawbacks which render its large-scale application undesirable: soil degradation, removal of organic matter, lowering of buffering capacity, removal of the seed bank and detrimental effects on resident fauna. Intensive rotational grazing and choppering are two possible alternative to sod-cutting. This study has investigated the effects of both measures on soil chemistry, vegetation (including macrofungi) and fauna on a short term (Part I of this report) and has surveyed the experiences in conservation practice (Part II).

The research on short-term effects had an experimental set-up and was carried out in four study areas, Kampina and Strabrechtse heide in Noord-Brabant and Blauwe Bos and Oosthoek in Friesland. In each area, three vegetation treatments (sod-cutting, choppering and intensive rotational grazing with sheep) were compared with an untreated control. Moreover, each treatment was executed without or with liming at a light dose (dologran), in order to include a measure to restore buffer capacity. Each replicate consisted of a block of $4 \times 2 = 8$ plots of 20x20 m. Three blocks were laid out in each of the two areas in Brabant and a single block in each of the two Frieisan areas. The initial survey was carried out in 2011, prior to implementation of the measures, and the effect measurements were carried out in 2013.

The experimental study confirmed the experience with sod-cutting as a measure that, combined with liming, leads to a quick recovery of characteristic plants and pioneer animal species, but is detrimental on a short term to *Sphagnum* mosses, litter-dependent fungi, detritivorous and herbivorous fauna as well as characteristic fauna of older heathland stages. Choppering caused a similar effect with less negative effects on bryophytes, humus-dependent fungi and the fauna of older heaths. Liming neutralized the ammonium peak after choppering, just as after sod-cutting.

A single year of intensive rotational grazing did lead to a more open vegetation structure, but did not yet result in significant changes in soil chemistry, vegetation or fauna; species of older heath stages were not negatively affected and there were indications of positive effects for insect species, such as *Plebejus argus*, *Myrmica ruginodis* and *Chorthippus montanus*. Liming also resulted in restoration of buffering capacity on intensively grazed and control plots, without leading to encroachment of disturbance indicator plants.

Too few examples of choppering in grass-encroached wet heathlands are known from conservation practice. The practical experience on intensive rotational grazing indicated that it may be effective to break *Molinia*

dominance on a longer term. With sheep, this requires repeated application over a number of years. However, the dose-effect relation still needs to be established. The studied example of intensive rotational grazing with horses suggests that a single application (and a brief follow-up grazing event) may suffice for successful heathland restoration. This requires closer investigation.

In the context of the programmatic approach to mitigate the effects of nitrogen excess (PAS), the preliminary conclusion of this study is that choppering, like sod-cutting, causes a substantial reduction of the nitrogen load, but that liming is required to neutralize the ammonium peak. Intensive rotational grazing probably leads to a slight net removal of nitrogen, but mainly causes indirect effects on nutrient dynamics through herbivory, dung and trampling. In this case too, liming may have beneficial effects.

A definite conclusion on the effectiveness of choppering and intensive rotational grazing – in combination with liming – as alternatives to sod-cutting cannot be drawn as yet: the experimental management has been running too short and the examples from conservation practice do give a general picture but are not suited to allow far-reaching conclusions. Hence, we recommend pursuing the study of the management experiment, so that the effects on the medium term can be elucidated.

On the basis of the progressing insights, preliminary guidelines for restoration management of grass-encroached wet heathlands have been drawn up. The most important recommendation is that the most drastic measure (sod-cutting) remains useful for targeted application at a small scale and that the least drastic measure (intensive rotational grazing) can be applied at a larger scale, provided that it is spread out in both space and time. Choppering is intermediate in that respect. Supplemental liming can generally be recommended after sod-cutting and choppering, but it is too early to judge whether this also constitutes an effective measure against acidification in combination with intensive rotational grazing or without any further restoration management.



Samenvatting

Een belangrijk probleem bij het herstel van een soortenrijke natte heide is het doorbreken van de dominantie van Pijpenstrootje. Deze is veelal het gevolg van een combinatie van de abiotische veranderingen door verdroging, verzuring en vermesting en de biotische veranderingen van voortschrijdende successie door achterstallig beheer. Plaggen is een veel toegepaste – en tegen vergrassing ook effectieve – maatregel in het heidebeheer, maar plaggen heeft ook een aantal belangrijke nadelen die grootschalige toepassing onwenselijk maken: aantasting van de bodem, afvoer van de organische stof, verlaging van het bufferend vermogen, afvoer van de zaadvoorraad en schade aan de aanwezige fauna. Drukbegrazing en chopperen zijn twee mogelijke alternatieven voor plaggen. In deze studie zijn de effecten ervan op bodemchemie, vegetatie (inclusief paddenstoelen) en fauna onderzocht op de korte termijn (Deel I van dit rapport) en is een inventarisatie uitgevoerd van ervaringen in de beheerpraktijk (Deel II).

Het onderzoek naar effecten op de korte termijn had een experimentele opzet en werd uitgevoerd in vier terreinen, Kampina en Strabrechtse heide in Noord-Brabant en Blauwe Bos en Oosthoek in Friesland. In elk terrein werden drie vegetatiebehandelingen (plaggen, chopperen en druckbegrazing met schapen) vergeleken met een onbehandelde controle. Bovendien werd elke behandeling zowel zonder als met een lage dosis bekalking (dologran) onderzocht, teneinde ook een maatregel voor herstel van buffercapaciteit mee te nemen. Elke herhaling bestond zo uit een blok van $4 \times 2 = 8$ proefvlakken van 20×20 m. In elk van de twee Brabantse terreinen werden drie blokken uitgezet, in de twee Friese terreinen elk één blok. De nulmeting werd in 2011 uitgevoerd voorafgaand aan de behandelingen, de effectmeting in 2013.

Het experimentele onderzoek bevestigde de ervaringen met plaggen als een maatregel die, in combinatie met bekalking, leidt tot een snelle terugkeer van kenmerkende plantensoorten en pioniersoorten onder de fauna, maar op korte termijn ten koste gaat van veenmossen, strooiselafbrekende paddenstoelen, detritivore en herbivore fauna en de kenmerkende fauna van oudere heide. Chopperen veroorzaakte een vergelijkbaar effect, maar met minder negatieve gevolgen voor mossen, humusafhankelijke paddenstoelen en de fauna van oudere heide. Bekalking neutraliseerde hier, net als bij plaggen, de ammoniumpiek.

Eenmalige toepassing van druckbegrazing leidde wel tot een opener vegetatiestructuur, maar nog niet tot grote veranderingen in bodemchemie, vegetatie of fauna; soorten van oudere heidestadia werden niet negatief beïnvloed en er waren aanwijzingen voor positieve effecten bij soorten als Heideblauwtje, Bossteekmier en Zompsprinkhaan. Bekalking leidde ook bij druckbegrazing en in onbehandelde proefvlakken tot herstel van de buffercapaciteit, maar zonder dat daarbij sterke verruiging optrad.

Van chopperen op vergraste natte heide zijn nog te weinig goede voorbeelden uit de praktijk bekend. De praktijkervaring rond druckbegrazing leert dat deze op langere termijn effectief kan zijn om de vergrassing met Pijpenstrootje te doorbreken. Bij druckbegrazing met schapen vergt dat echter een herhaling

over een reeks van jaren. De dosis-effect relatie moet voor toepassing met schapen nog nader worden vastgesteld. Het onderzochte praktijkvoorbeeld met paarden suggereert dat eenmalige toepassing van drukkbegrazing met grootvee (met een korte periode van nabeweiding) wel voldoende kan zijn voor succesvol heideherstel. Dit verdient nader onderzoek.

In het kader van de Programmatische Aanpak Stikstof (PAS) luidt de voorlopige conclusie dat chopperen net als plaggen een flinke reductie van de stikstofvoorraad teweeg brengt, maar dat bekalking nodig is om de ammoniumpiek teniet te doen. Drukkbegrazing zorgt waarschijnlijk voor een lichte netto-afvoer van stikstof, maar vooral voor indirecte effecten op de nutriëntenhuishouding via vraat, mest en betreding. Ook hier kan lichte bekalking mogelijk positieve effecten teweeg brengen.

Een definitief oordeel over de effectiviteit van chopperen en drukkbegrazing – in combinatie met bekalking – als alternatieven voor plaggen is op basis van het huidige onderzoek nog niet te geven: het beheerexperiment loopt daarvoor nog te kort en de praktijkvoorbeelden geven wel een globaal beeld maar lenen zich niet voor vergaande conclusies. Daarom is een belangrijke aanbeveling om het beheerexperiment voort te zetten, zodat de effecten ook op middellange termijn goed inzichtelijk gemaakt kunnen worden.

Op basis van de opgedane inzichten zijn wel voorlopige richtlijnen voor het herstelbeheer van vergraste natte heide opgesteld. De belangrijkste aanbeveling luidt dat de meest ingrijpende maatregel (plaggen) zinvol blijft voor gerichte toepassing op kleine schaal en dat de minst ingrijpende maatregel (drukkbegrazing), mits gespreid in ruimte en tijd, ook op grotere schaal kan worden toegepast. Chopperen hangt daar tussenin. Aanvullend bekalken is na plaggen en na chopperen meestal aan te raden, maar het is nog te vroeg om te beoordelen of dit ook bij drukkbegrazing of zelfs zonder vegetatiebeheer een effectieve maatregel tegen verzuring vormt.



Inhoudsopgave

1	Inleiding	7
1.1	Achtergrond	7
1.2	Probleemstelling	8
1.3	Onderzoeksvragen	8
1.4	Samenwerking door cofinanciering	10
1.5	Onderzoeksofzet en leeswijzer	10
1.6	Dankwoord	11
2	Methode Onderzoeksexperiment	13
2.1	Inleiding	13
2.2	Onderzoekslocaties en behandelingen	14
2.3	Methoden Veldwerk	20
3	Methode Evaluerend Onderzoek	30
3.1	Inleiding	30
3.2	Methode	34
3.3	Enquête Praktijkervaringen	38
Deel I: Effecten op Korte Termijn		40
4	Bodemchemie	41
4.1	Buffering van de bodem	41
4.2	Fosfaat in de bodem	43
4.3	Anorganisch N in de bodem	45
4.4	Plantchemie	47
4.5	Kernpunten	48
5	Microreliëf en vegetatiestructuur	49
5.1	Microreliëf	49
5.2	Vegetatiestructuur	50
5.3	Kernpunten	51
6	Vegetatie	52
6.1	Hogere planten en mossen	52
6.2	Vruchtlichamen van macrofungi	58
6.3	Kernpunten	64

7	Kenmerkende heidefauna	66
7.1	Inleiding	66
7.2	Effecten op Soortenrijkdom	68
7.3	Effecten op afzonderlijke soorten	69
7.4	Kernpunten	72
8	Functionele analyse van faunagroepen	74
8.1	Bodemmesofauna	74
8.2	Tweevleugeligen	79
8.3	Pissebedden	81
8.4	Loopkevers	82
8.5	Spinnen	88
8.6	Kernpunten	88
	Deel II: Ervaringen uit de Beheerpraktijk	91
9	Praktijkervaringen	92
9.1	Chopperen	93
9.2	Drukbegrazing	95
9.3	Kernpunten	97
10	Microreliëf en Vegetatie	99
10.1	Microreliëf	99
10.2	Vegetatie	100
10.3	Plantkwaliteit	103
10.4	Kernpunten	104
11	Kenmerkende heidefauna	106
11.1	Inleiding	106
11.2	Drukbegrazing	107
11.3	Chopperen	111
11.4	Kernpunten	113
12	Functionele analyse van faunagroepen	115
12.1	Tweevleugeligen	115
12.2	Loopkevers	116
12.3	Spinnen	120
12.4	Kernpunten	122
13	Synthese	124
13.1	Plaggen	124
13.2	Chopperen	126
13.3	Drukbegrazing	128

13.4	Bekalking	130
13.5	Heidebeheer zonder plaggen?	131
13.6	Conclusie	132
14	Richtlijnen voor het beheer	136
14.1	Keuze van herstelmaatregelen	136
14.2	Chopperen	138
14.3	Drukbegrazing	138
15	Literatuur	140
	Bijlage 1: Onderzoekslocaties	146
	Bijlage 2: Chemische analyses	150
	Bijlage 3: Statistische analyse faunagroepen	159
	Bijlage 4: Soortenlijst loopkevers en spinnen	168

1 Inleiding

Op natte heide is het doorbreken van de dominantie van Pijpenstrootje een grote uitdaging om de soortenrijkdom te herstellen. Omdat plaggen een aantal negatieve neveneffecten heeft, wordt naar alternatieve maatregelen gezocht, maar hierover ontbrak tot op heden veel van de benodigde kennis nog. Via dit onderzoek, een combinatie van experimenteel onderzoek en evaluatie van ervaringen uit de beheerpraktijk, zijn belangrijke stappen gezet om de kennisleemte over de effecten van twee kansrijke alternatieven voor plaggen – drukbegrazing en chopperen – te vullen.

1.1 Achtergrond

Het heidelandschap is één van de meest kenmerkende landschappen voor de Nederlandse natuur. De variatie en soortenrijkdom van de Nederlandse heidegebieden staat echter onder druk, tegelijkertijd is het traditionele landgebruik in heidegebieden vervangen door gericht natuurbeheer. Verzuring, vermessing en verdroging vormen belangrijke knelpunten voor herstel. In natte heide hebben deze invloeden dikwijls geleid tot dominantie van Pijpenstrootje (*Molinia caerulea*) en afname van andere kenmerkende heidesoorten. Plaggen met aanvullende bekalking biedt hiervoor – in combinatie met hydrologisch herstel – een oplossing in de zin dat Pijpenstrootje wordt teruggedrongen ten gunste van andere kenmerkende heidesoorten en de verzuring teniet wordt gedaan. Kenmerkende heidesoorten keren echter vaak niet terug (De Graaf *et al.*, 2004; Jansen *et al.*, 2010). De belangrijkste negatieve effecten van plaggen voor herstel van biodiversiteit zijn (De Graaf *et al.*, 2004; Bijlsma *et al.*, 2009; Vogels *et al.*, 2011):

- Afvoer van een groot deel van de zaadvoorraad
- Afvoer van of schade aan aanwezige fauna
- Afvoer van organisch materiaal met effecten op bufferend vermogen, N/P-verhouding, en vochthuishouding
- Nivellering van microreliëf

Deze nadelen verminderen weliswaar bij een kleinschalige uitvoering, maar worden daarmee niet weggenomen. Bovendien was plaggen van oudsher maar één van de vele vormen van gebruik die op de heide werd toegepast. Met de afname van de stikstofdepositie nemen de mogelijkheden toe om ook met minder rigoureuze maatregelen de natte heide te herstellen. Branden en maaien kunnen als alternatieven voor plaggen worden beschouwd maar zijn in dit onderzoek niet meegenomen. Het alternatief branden is recent onderzocht via het DT Droog Zandlandschap (Bobbink *et al.*, 2009), maar vooral vanwege brandveiligheid is de praktische toepasbaarheid ervan beperkt. Maaien heeft een soortgelijke werking als chopperen, maar omdat het effect ervan geleidelijker is, moet het meer als regulier beheer dan als herstelmaatregel worden gezien.

Drukbegrazing en chopperen zijn steeds nadrukkelijker in de aandacht als alternatieven voor plaggen, en zijn mogelijk ook effectiever dan plaggen om

bosopslag te voorkomen: de bodem wordt minder verstoord en biedt dus minder gunstige kiemingsomstandigheden voor bomen en struiken. De effecten van beide alternatieven zijn echter nog niet voldoende onderzocht. Met chopperen bestaat lokaal ervaring bij verschillende heidebeheerders. Voor drukbegrazing is een verkennende evaluatie uitgevoerd met 'overwegend positieve' ervaringen ten aanzien van de vegetatieontwikkeling (Verbeek *et al.*, 2006). De zaadvoorraad en afgestorven organisch materiaal worden niet afgevoerd, het microreliëf wordt in (veel) mindere mate aangetast (meer door chopperen dan door drukbegrazing) en de bodemfauna blijft vermoedelijk intact. Wel mag er schade worden verwacht aan de aanwezige bovengrondse fauna (Van Turnhout *et al.*, 2007). De voor de fauna, maar ook voor mossen, belangrijke variatie in vegetatiestructuur zou zich na chopperen en zeker na drukbegrazing (zie Ketelaar & Wallis de Vries, 2005) wel eens gunstiger kunnen ontwikkelen dan na plaggen. Wel is het de vraag of de fauna en flora van ongestoorde, oudere heide ook baat heeft bij de maatregelen. Mogelijk is dat – net als bij plaggen – pas na jaren het geval, voor zover herkolonisatie uit de directe omgeving kan plaatsvinden, maar onbekend is nog of de effecten voor deze groep soorten ook positief zijn en of (her)kolonisatie wellicht sneller plaatsvindt dan na plaggen.

Effecten van vermessing en verzuring op abiotische omstandigheden lijken op het eerste gezicht noch door drukbegrazing noch door chopperen te worden verholpen. Toch is het mogelijk dat de nutriëntenhuishouding door afvoer van biomassa en resp. betreding en mineralisatie van de achtergebleven, verstoorde strooisel- en humuslaag daar enigszins voor compenseert. Toepassing van bekalking is bij drukbegrazing of chopperen niet gebruikelijk, maar zou hier net als bij plaggen mogelijk een positief effect kunnen sorteren. Aan de andere kant kan bekalken in combinatie met drukbegrazing of chopperen ook leiden tot een versterkte mineralisatie, juist omdat er organisch materiaal achterblijft.

1.2 Probleemstelling

In aanvulling op plaggen zijn alternatieve maatregelen voor herstel van een soortenrijke natte heide wenselijk. Drukbegrazing en chopperen zijn kansrijk, maar de effecten daarvan zijn nog onvoldoende onderzocht. Er is zowel een gebrek aan inzicht in de werking van drukbegrazing en chopperen, als een tekortschietend overzicht van de ervaringen in terreinen waar de maatregelen reeds zijn uitgevoerd.

1.3 Onderzoeksvragen

Op basis van de voorgaande analyse zijn de volgende hoofdvragen voor het onderzoek geformuleerd:

- Leiden alternatieve maatregelen voor plaggen, c.q. drukbegrazing of chopperen, tot een effectief herstel van de kenmerkende heidevegetatie en -fauna?
- Keren alle soorten na uitvoering van de maatregelen ook terug en hoe lang vergt het herstel van de kenmerkende heidevegetatie en -fauna na uitvoering?
- Welke consequenties moet dit hebben voor de uitvoering van de maatregelen?

Om verwarring te voorkomen zijn in dit onderzoek voor drukkbegrazing en chopperen de volgende definities gehanteerd:

- *Drukbegrazing* is een vorm van begrazing waarbij een verruigde of vergraste vegetatie gedurende een korte periode volledig kort wordt afgegraasd (zie Verbeek *et al.*, 2006). Dit kan binnen een tijdelijk raster met schapen, runderen of paarden, maar ook met een gescheperde schaapskudde; in een dichtheid van ca. 500 of meer graasdagen/ha/jaar bij schapen of ca. 120 graasdagen/ha/jaar voor runderen en paarden.
- *Chopperen* is een vorm van verdiept (klepel)maaien waarbij ook de strooisellaag tot maximaal de bovenste paar centimeter van de humuslaag wordt verwijderd. (<http://www.natuurkennis.nl>)

Chopperen wordt net als plaggen incidenteel of met tussenposen van vele jaren toegepast. Voor drukkbegrazing kan dit ook gelden, maar is toepassing over een reeks van jaren gebruikelijk totdat een aanvaardbaar niveau van vergrassing is bereikt.

Voor het oplossen van de kennisvragen is het van cruciaal belang om inzicht te krijgen in de relatie tussen vegetatieontwikkeling en veranderingen in abiotiek enerzijds en de relatie vegetatieontwikkeling en herstel van de fauna anderzijds. Vooral over het faunaherstel is nog weinig bekend. Ten eerste waren er vragen over de respons van kenmerkende heidesoorten, zoals Gentiaanblauwtje, Heideblauwtje, Levendbarende hagedis, Heidesabelsprinkhaan en Veenmier. Ten tweede was er meer kennis nodig over de doorwerking van de maatregelen op de ecologische functie van verschillende diergroepen (bodemfauna, herbivoren, carnivoren). In het licht van de geschetste kennisleemten stonden de volgende kennisvragen in de keten abiotische omstandigheden – vegetatie – fauna centraal als uitwerking van de centrale kennisvraag:

Abiotische omstandigheden:

- Wordt met drukkbegrazing of chopperen de beschikbaarheid van nutriënten (m.n. stikstof) voldoende verlaagd om natte heide te herstellen en gaat dit niet ten koste van de beschikbaarheid van fosfaat en mineralen?
- Blijft verzuring na drukkbegrazing of chopperen nog een knelpunt voor de vegetatieontwikkeling en voor de voedselkwaliteit van de herbivore fauna?
- Kan door middel van bekalking ook bij drukkbegrazing en chopperen de verzuring worden teruggedraaid, zonder dat daarbij versnelde mineralisatie van organisch materiaal gaat optreden?

Vegetatieontwikkeling:

- Keren kenmerkende plantensoorten van diverse heidetypen even succesvol terug na drukkbegrazing of chopperen? Daarbij gaat het bijvoorbeeld om soorten van natte zure heide als Trekrus (*Juncus squarrosus*), natte gebufferde heide (bijv. Klokjesgentiaan *Gentiana pneumonanthe*), natte veenmosrijke heide (bijv. Kussentjesveenmos *Sphagnum compactum*) en natte, open heidebodem (bijv. Witte snavelbies *Rhynchospora alba*).
- Zorgen drukkbegrazing en chopperen voor het terugdringen van bosopslag?
- Wordt er voldoende variatie in bodemstructuur en vegetatiestructuur gespaard (pollen) of gemaakt (trapgaten) om het herstel van veenmossen, blad- en levermossen en korstmossen te stimuleren?

Faunaherstel:

- Wordt het microreliëf door chopperen of drukkbegrazing gespaard ten opzichte van plaggen?

- Ontwikkelt zich na chopperen of drukbegrazing een grotere variatie in vegetatiestructuur dan na plaggen?
- Hoe wordt de samenstelling van de bodemfauna door chopperen of drukbegrazing beïnvloed?
- Verschillen de effecten van chopperen of drukbegrazing tussen groepen met verschillende ecologische functies (detritivoren, herbivoren, carnivoren)?
- Hebben kenmerkende diersoorten van de heide baat bij chopperen of drukbegrazing?

1.4 Samenwerking door cofinanciering

Het project Alternatieven voor Plaggen is als ondersteunende cofinanciering ingezet bij twee projecten:

- Onderzoek 'Effecten van de inzet van gescheperde schaapskuddes in het heidebeheer in Zuidoost-Friesland' (2011-2013) in opdracht van Provincie Friesland met Landschapsbeheer Friesland als hoofdaannemer en De Vlinderstichting, Stichting Bargerveen, Onderzoekscentrum B-Ware, Staatsbosbeheer en It Fryske Gea als projectpartners (Wallis de Vries *et al.*, 2014).
- Project 'Begrazing in Noord-Brabant: evaluatie van uitvoeringsmaatregelen' (2011-2012) in opdracht van Provincie Noord-Brabant met De Vlinderstichting als hoofdaannemer en SOVON Vogelonderzoek, Stichting RAVON, EIS-NL en Stichting Bargerveen als projectpartners (Wallis de Vries *et al.*, 2013).

Effecten van de inzet van gescheperde schaapskuddes in het heidebeheer in Zuidoost-Friesland

De cofinanciering vanuit het project Alternatieven voor Plaggen aan het project is geleverd in de vorm van de inventarisatie van praktijkervaringen en de resultaten van het evaluerende onderzoek. In ruil daarvoor is in Friesland een aanvulling verkregen voor het experimentele onderzoek. Op twee locaties van Staatsbosbeheer (Blauwe Bos en Oosthoek) is parallel aan het experimentele onderzoek uit dit project een identiek experiment uitgevoerd met 1 blok van 8 behandelingen in beide locaties. Dit bood de mogelijkheid voor een uitgebreidere analyse van de effecten van de uitgevoerde beheermaatregelen met mogelijke verschillen tussen regio's met een hoge dan wel lagere stikstofdepositie, resp. Noord-Brabant en Friesland.

Begrazing in Noord-Brabant: evaluatie van uitvoeringsmaatregelen

Vanuit het project Alternatieven voor Plaggen is bijgedragen aan het kennisoverzicht rond de effecten van begrazing op de fauna (zie Wallis de Vries *et al.*, 2013). Omgekeerd bood de evaluatie van begrazingsbeheer in Noord-Brabant aanvullende kennis over effecten van verschillende vormen van begrazing op de populatieontwikkeling van kenmerkende heidefauna: broedvogels, reptielen, dagvlinders, sprinkhanen en krekels, bijen, mieren, zweefvliegen en zandloopkevers.

1.5 Onderzoeksopzet en leeswijzer

Voor het beantwoorden van bovengenoemde vragen zijn in het onderzoek naar Alternatieven voor Plaggen drie lijnen gevolgd:

- Het verzamelen van een overzicht van praktijkervaringen met alternatieven voor plaggen in het terreinbeheer (2011).

- Het verrichten van retrospectief, evaluerend onderzoek op locaties waar drukkbegrazing en chopperen zijn uitgevoerd, zodat een beeld van de effecten op landschapsschaal en op langere termijn kon worden verkregen, ook in combinatie met andere maatregelen (2012).
- Het uitvoeren van experimenteel onderzoek naar de werking van drukkbegrazing en chopperen (nulmeting in 2011, effectmeting in 2013); binnen de looptijd van het huidige project kan dit experiment weliswaar alleen inzicht bieden in de effecten op korte termijn kunnen, maar als uitgangspunt voor herstel is dit inzicht wel van groot belang.

In Hoofdstukken 2 en 3 worden de opzet en methoden van onderzoek uiteengezet voor, respectievelijk, het experimentele onderzoek en het evaluerende onderzoek. De resultaten worden gepresenteerd in twee delen. De hoofdstukken 4 t/m 8 van Deel I behandelen de uitkomsten van het beheerexperiment, waarin achtereenvolgens aandacht wordt besteed aan de effecten van de maatregelen op bodemchemie, microreliëf en vegetatiestructuur, soortensamenstelling van de vegetatie, de soortensamenstelling van de fauna en de functionele respons van verschillende faunagroepen.

Deel II omvat Hoofdstukken 9 t/m 12 en presenteert de resultaten van de evaluatie van ervaringen uit de beheerpraktijk. In Hoofdstuk 9 zijn dat de ervaringen van de terreinbeheerders zelf. In Hoofdstukken 10 t/m 12 komen de resultaten van het veldwerk aan bod, in een vergelijkbare volgorde als in Deel I.

Het rapport wordt afgesloten met een synthese van de bevindingen in Hoofdstuk 13 en de belangrijkste aanbevelingen voor het terreinbeheer in Hoofdstuk 14. Daarna volgen de literatuurlijst (Hoofdstuk 15) en drie Bijlagen met de ligging van de onderzoekslocaties, basisgegevens over de chemische analyses en een samenvatting van de statistische analyses voor de functionele analyse van de fauna.

1.6 Dankwoord

Dit onderzoek was niet mogelijk geweest zonder de inzet van vele betrokkenen. Allereerst danken wij de terreinbeheerders Erwin de Hoop, zijn voorganger Leo de Bruijn, en Luc Roosen van Natuurmonumenten (Kampina), Jap Smits en Jan Vogels (Strabrechtse heide) van Staatsbosbeheer en Emiel Beijk (Blauwe Bos en Oosthoek), eveneens van Staatsbosbeheer, voor de toestemming om het beheerexperiment in hun terreinen uit te voeren en voor alle hulp en inzet om alle behandelingen ook volgens plan te kunnen uitvoeren!

Bij het veldwerk voor het evaluerende onderzoek kregen wij alle medewerking van de volgende terreinbeheerders: Theo Bakker (SBB, Strijbeekse heide en Kogelvanger), André Westendorp (NM Groote Veld), Rob Meulenbroek (NM Buurserzand) en Bernard Rouffaer (landgoed Lankheet) en wederom bovengenoemde beheerders van Kampina en Strabrechtse heide. Voor de enquête gaat onze dank voorts uit naar alle beheerders die genoemd zijn in Tabel 9.1.

Ook bij het veldwerk konden we rekenen op de hulp van velen! Maaïke Weijters droeg bij aan de bodemchemische analyses. Sicco Ens, René Manger, José Kok en de studenten Matthijs Courbois, Edzard Borneman en Manon Vosseveld-Krüse leverden een belangrijke bijdrage aan het veldwerk rond vegetatie en microreliëf en de waarnemingen van de kenmerkende heidefauna. Bert en Riet van Rijsewijk telden onvermoeibaar alle Klokjesgentianen en eitjes van het Gentiaanblauwtje op Kampina. Jasja Dekker leverde fraaie luchtfoto's vanuit de vlieger. En Peter Boer stond ons bij met raad en daad voor het oplossen van puzzels bij de mierendeterminaties.

Ook danken wij de leden van het OBN-Deskundigenteam van het Natte zandlandschap voor de begeleiding van het onderzoek en de leden van het OBN-Deskundigenteam voor het Droge zandlandschap en de Expertisegroep Fauna voor hun commentaar.



2 Methode Onderzoeksexperiment

2.1 Inleiding

Voor een goed inzicht in de werking van drubbegrazing en chopperen is experimenteel onderzoek noodzakelijk met metingen vóór en na uitvoering, herhalingen over terreinen en proefvlakken en een vergelijking met andere beheermaatregelen, c.q. plaggen als veel gebruikte maatregel, en niets doen als controle. Om een beter begrip te krijgen van de effecten van beheer in relatie tot herstelmaatregelen tegen verzuring en vermessing is bekalking als aparte behandeling meegenomen. In dit onderzoek zijn alleen de effecten op korte termijn onderzocht.

Het experiment omvatte een vergelijking van 8 'behandelingen', namelijk 4 maatregelen – chopperen, drubbegrazing, plaggen, niets doen – met en zonder bekalking. Bekalking is toegepast in een dosering van 2 ton dologran (calciumcarbonaat met magnesiumcarbonaat en sporenelementen) in korrelvorm per hectare (Tabel 2.1).

Tabel 2.1: Totaal elementenconcentraties van de toegediende dologran voor de bekalking: monsteranalyse voor de Strabrechtse heide (in mmol/kg droge stof). *Total element concentrations of the applied dologran in the liming treatment as analysed for a sample from Strabrechtse heide (in mmol/kg dry weight).*

Al	Ca	Fe	K	Mg	Mn	P	S	Si	Zn
12,2	4501,2	22,0	16,5	4276,0	3,8	35,4	511,2	17,3	1,0

Voor de uitvoering per behandeling is een schaal gekozen van ca. 20x20 m: klein genoeg om te kunnen herhalen binnen een terrein en groot genoeg om een respons voor de fauna te kunnen meten. Voor mobielere soorten als vlinders, is bij de interpretatie van de gegevens met name ook gelet op de noodzakelijke randvoorwaarden voor geschikt leefgebied, zoals waardplanten en vegetatiestructuur (zie Wallis de Vries & Ens, 2010).

Het onderzoek vond plaats in twee Brabantse terreinen en twee Friese terreinen: Kampina (Natuurmonumenten) en Strabrechtse heide (Staatsbosbeheer) in Noord-Brabant, Blauwe Bos en Oosthoek (beide Staatsbosbeheer) in Zuidoost-Friesland. Alle locaties betroffen zwaar vergraste heide met Pijpenstrootje en Dophei was steeds aanwezig, maar de vochtcondities verschilden tussen locaties. Per terrein zijn de 8 'behandelingen' uitgevoerd met herhalingen in 3 blokken voor de Brabantse terreinen en uitvoering in enkelvoud in de Friese terreinen. In totaal betrof het dus 8 blokken met 8 behandelingen = 64 proefvlakken.

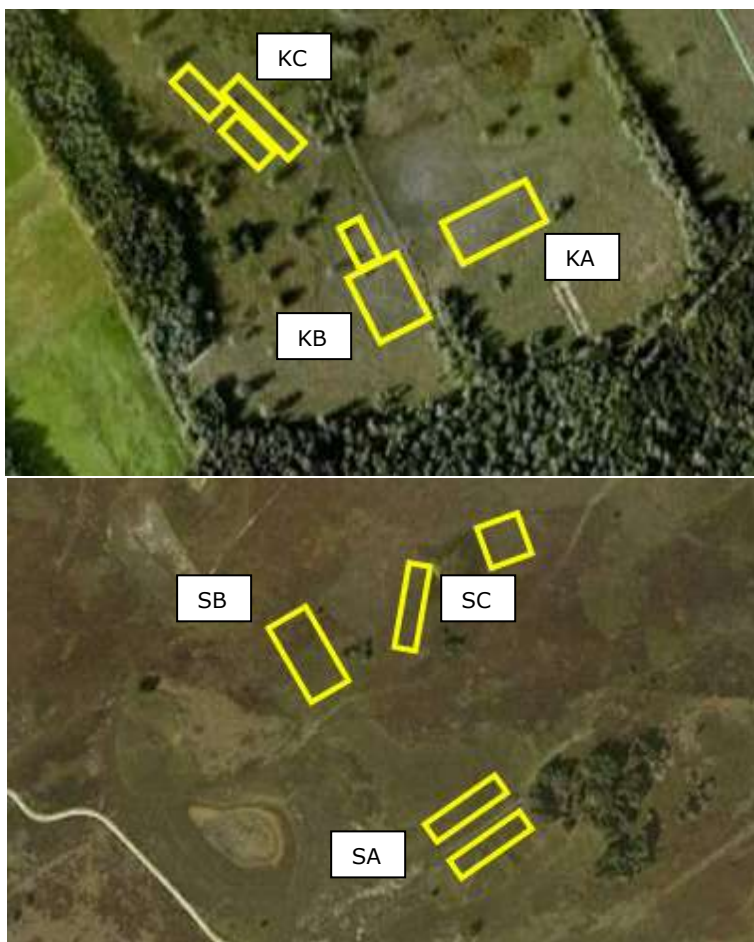
De keuze voor twee terreinen in Noord-Brabant werd mede ingegeven door de relatief hoge stikstofdepositie in deze regio, waardoor het aspect van verzuring en vermessing hier het duidelijkst meetelt: "als het hier werkt, werkt het in de rest van Nederland zeker", was de redenering. Het parallelle onderzoek in Friesland, bij een regionaal lagere depositie, kon hier mogelijk vergelijkingsmateriaal voor bieden. Echter, modelberekeningen van de lokale

stikstofdepositie door het RIVM geven aan dat de stikstofdepositie op de twee Friese locaties vanwege hun ligging in agrarisch gebied niet lager zijn dan op de Brabantse locaties (de Oosthoek grenst bovendien aan een grote kippenboerderij), zodat de resultaten voor deze vergelijking géén mogelijkheid bieden. Wél versterken ze de gegevensbasis om de effecten van de onderzochte maatregelen te kunnen vaststellen.

2.2 Onderzoekslocaties en behandelingen

De experimenten zijn voorbereid in 2011: locatieselectie, uitzetten van proefvlakken en nulmeting. Tussen november 2011 en februari 2012 is het plaggen en chopperen uitgevoerd, plus de bekalking. In de zomer van 2012 is de drukbegrazing uitgevoerd en in 2013 werd de effectmeting uitgevoerd. De locatie Kampina (Figuur 2.1) betreft natte heide langs de rand van het beekdalsysteem van de Dommel. Het oostelijke blok (KA) is het natst, het middelste blok (KB) ligt op een overgang van nat naar vochtig en het noordwestelijke blok (KC) is relatief droog.

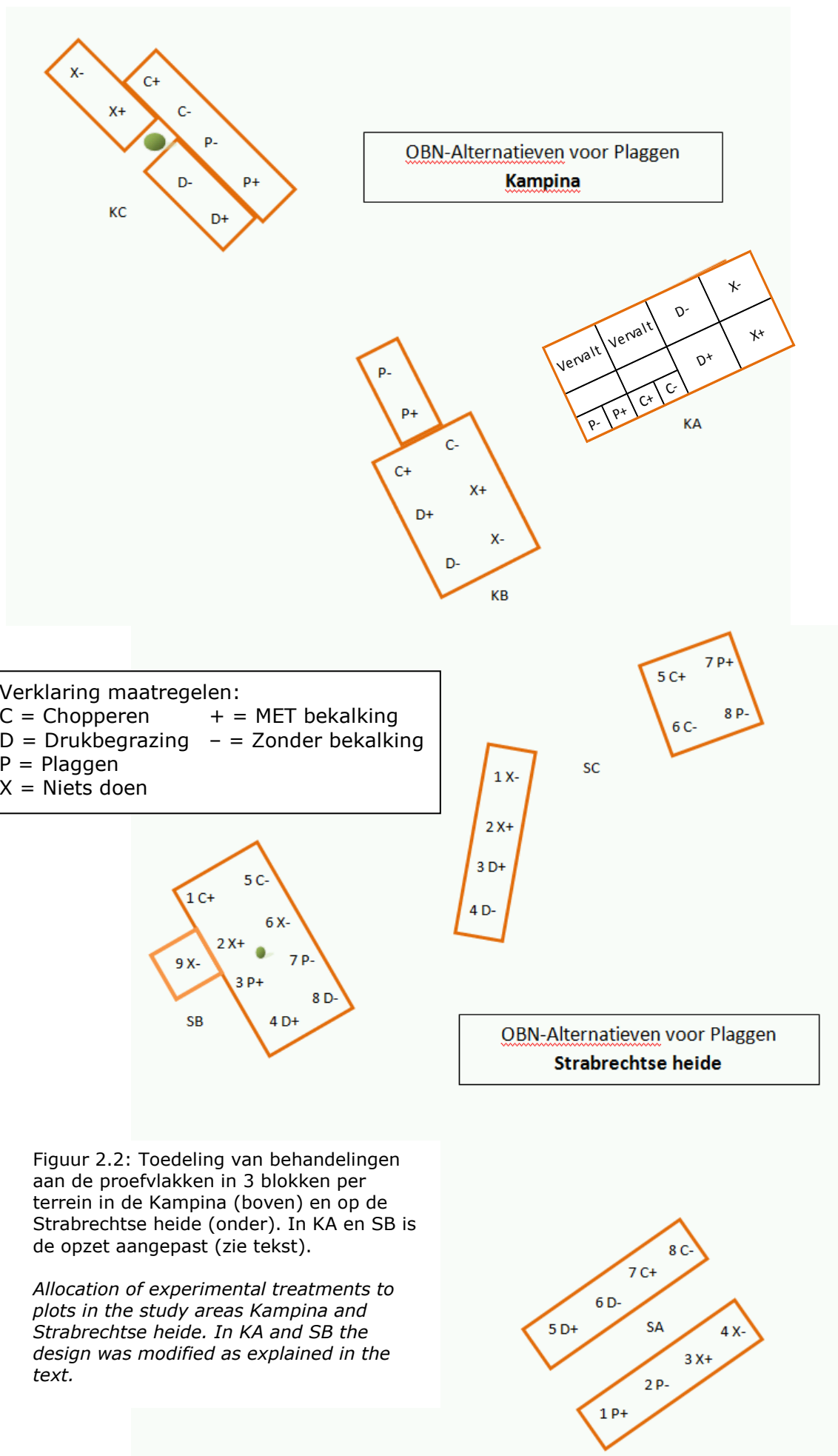
Ook op de locatie op de Strabrechtse heide (Figuur 2.1) zijn de blokken langs een vochtgradiënt gelegen: het zuidelijke blok (SA) is droog, het westelijke (SB) is vochtig en het noordoostelijke blok (SC) ligt in een slenk en is in tweeën gesplitst aan weerszijden van een ven.

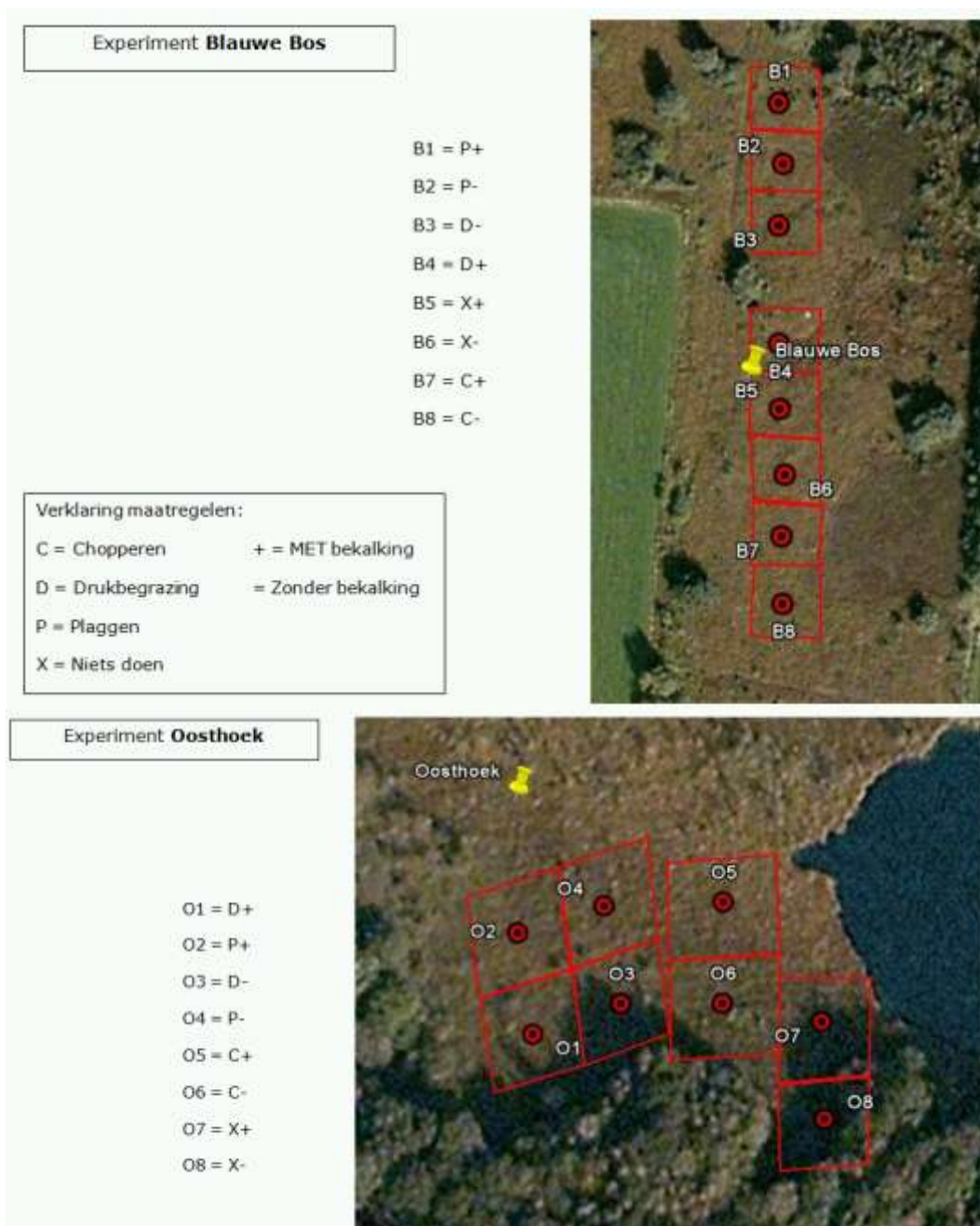


Figuur 2.1: Ligging van de proefvlakken in 3 blokken per terrein in de Kampina (boven; km-hok 145/6-396) bij de Belvertse Baan en op de Strabrechtse heide (onder; km-hok 170-379)

Lay-out of the experimental blocks in the study areas Kampina and Strabrechtse heide.

De Friese locaties bevonden zich in twee terreinen van Staatsbosbeheer: het Blauwe Bos (X 217, Y 562) en de Oosthoek (X 209, Y 558) in Zuidoost-Friesland (zie Bijlage 1 voor de ligging). De locatie Blauwe Bos bij Haulerwijk betreft een vergraste vochtige heide aan de rand van agrarisch gebied. De





Figuur 2.3: Toedeling van behandelingen aan de proefvlakken in de Friese locaties Blauwe Bos (boven) en Oosthoek (onder).
Allocation of experimental treatments to plots in the Friesian study areas Blauwe Bos and Oosthoek.

keileembodem zit erg ondiep, wat zorgt voor enige buffering, maar de grondwaterstand zakt 's zomers vrij diep weg, mogelijk onder invloed van de aangrenzende landbouw. De locatie Oosthoek is natter van aard en ligt aan de rand van een ven. Het heidegebied is klein en grenst aan de Noordzijde aan een kippenboerderij. Verder wordt het omringd door een klein bosperceel.



Figuur 2.4: Impressie van de uitvoering van plaggen en chopperen op Kampina (blok KB chopperen voorgrond, plaggen achter; foto boven) en Strabrecht (blok SA plaggen links, chopperen rechts; foto beneden) in augustus 2012, na uitvoering in de winter 2011-2012.

Impression of sod-cutting and choppering in the experimental plots.



Figuur 2.5: Impressie van de uitvoering van de drukbegrazing op Kampina (blok KB; boven) en Strabrecht (blok SA; beneden) in juni (links) en augustus 2012 (rechts).
Impression of intensive rotational grazing by sheep in the experimental plots.

De behandelingen zijn toegekend volgens een 'randomized blocks' opzet van de behandelingen chopperen, drukkbegrazing, plaggen en niets doen in twee aaneengesloten proefvlakken, met daarboven een toepassing van bekalking in één van de twee aaneengesloten proefvlakken (Figuren 2.2 en 2.3).

De uitvoering van de maatregelen (zie Figuur 2.4 en 2.5) is in blok KA van Kampina beperkt tot een schaal van 10x10 m om een kwetsbare populatie gentiaanblauwtjes te sparen. De bruikbaarheid van de proefvlakken bleef behouden, met twee aantekeningen. Ten eerste zijn de gegevens van de nulmeting van twee proefvlakken voor vier proefvlakken gebruikt. Ten tweede zijn de tellingen van vlinders, sprinkhanen en hagedissen naar een grotere oppervlakte geëxtrapoleerd. Voor de overige effecten (abiotiek, vegetatie, mieren en de soortgroepen uit pot- en emergentievallen die zijn onderzocht op functionele eigenschappen) had de verkleining van deze proefvlakken, voor zover kon worden beoordeeld, geen noemenswaardige gevolgen. Plaggen en chopperen zijn met gebruikelijke technieken uitgevoerd (zie § 9.1). De uitvoering van plaggen en chopperen in de Oosthoek liep enige vertraging op vanwege de extreem natte omstandigheden in het terrein. De maatregelen zijn uiteindelijk volgens plan uitgevoerd, maar het chopperen is er wel met pleksgewijs wisselende intensiteit uitgevoerd. Bij de effectmeting is daarom selectief op de goed gechopperde delen bemonsterd.

De drukkbegrazing is in beide Brabantse terreinen uitgevoerd door Kempische heideschappen met het doel om 1000 graasdagen/ha te realiseren (Figuur 2.5). Dit is gebeurd door tweemaal een volle dag binnen een flexnet-raster te begrazen met 20 schapen per proefvlak, de eerste keer rond half juni (Kampina 12 juni 2012; Strabrecht 28-30 juni 2012), de tweede keer eind juli-begin augustus (Kampina 25 juli 2012; Strabrecht 3-5 augustus 2012). Bekalkte en niet-bekalkte proefvlakken werden gescheiden begraasd. In Kampina hebben de schapen niet in de proefvlakken overnacht, op Strabrecht wel. De schapen hadden ervoor ook op de heide gegraasd en hadden de voorgaande nacht gevestigd, zodat ze goed zouden grazen. Ze waren van tevoren niet ontwormd.

Bij de uitvoering op Strabrecht is begin augustus per ongeluk de onbegraasde controle van blok SB meegenomen in de drukkbegrazing. Bij de evaluatie van effecten op korte termijn in 2013 is daarom buiten dit blok ter vergelijking nog een extra onbegraasde controle opgenomen.

In de Friese terreinen is de drukkbegrazing uitgevoerd door Drentse heideschappen. Dit is gebeurd door tweemaal een volle dag binnen een flexnet-raster te begrazen, de eerste keer rond half juni, de tweede keer eind juli-begin augustus. Doel was om, net als in de Brabantse terreinen 1000 graasdagen/ha te realiseren door 20 schapen gedurende twee dagen per proefvlak van 400 m² in te zetten. In het Brabantse onderzoek is echter gewerkt met zwaardere Kempische heideschappen (ca. 55 kg ten opzichte van 35-40 kg). Daarom zijn voor de vergelijkbaarheid bij de tweede graasbeurt in Friesland 30 schapen gebruikt. In de Oosthoek hebben de schapen niet in de proefvlakken overnacht, in het Blauwe Bos de tweede keer wel. De schapen hadden ervoor ook op de heide gegraasd en hadden de voorgaande nacht gevestigd, zodat ze goed zouden grazen. Ze zijn van tevoren niet ontwormd. In de Oosthoek zijn de dieren begin augustus na één dag weggehaald vanwege de natte omstandigheden, alhoewel ze weinig gegraasd hadden. In het Blauwe Bos hebben de schapen 2,5 dag gestaan. Bij de effectmeting moet dus rekening gehouden worden met een lichtere begrazingsdruk voor de Oosthoek (350 graasdagen/ha omgerekend naar Kempische heideschappen, gerekend dat er de tweede beurt niet is gegraasd) dan voor het Blauwe Bos (omgerekend 1600 graasdagen/ha). Ten opzichte van het OBN-onderzoek betekent dit dus een licht en een zwaar drukkbegraasde variant. Maar omdat

het hier om slechts twee van de acht behandelingsblokken gaat, werken deze afwijkingen niet al te zwaar door in de analyses.

2.3 Methoden Veldwerk

Op elk proefvlak werd zowel in 2011 als in 2013 (tenzij anders vermeld) het volgende onderzocht:

- Bodemchemie – 1 mengmonster per vlak (zie §2.3.1)
 - Zoutextract in 2011 en 2013. Bepaling zuurgraad, buffercapaciteit, beschikbaarheid ammonium, orthofosfaat, betrouwbare schatting basenverzadiging
 - Waterextract in 2013; bepalen directe beschikbaarheid ammonium, nitraat en orthofosfaat
 - Destructie bodem in 2011 en 2013; bepaling van organische stof, N, P, Ca, Mg en K
 - Bepaling P-beschikbaarheid in 2011 en 2013 middels een Olsen-P bepaling
- Plantchemie (zie §2.3.2):
 - Destructie plantenmateriaal in 2013 (heide of Pijpenstrootje) en bepaling N/P verhouding
- Vegetatie, structuur en microreliëf (zie §2.3.3):
 - vegetatieopname van hogere planten, mossen, korstmossen (in de zomer) en drie bezoeken voor de paddenstoelen
 - kwantitatieve bepaling van variatie in vegetatiestructuur, open plekken en microreliëf langs transecten (juli-augustus)
- Fauna – kenmerkende heidesoorten die reageren op kleinschalige veranderingen (zie §2.3.4):
 - Dagvlinders: 3-4 tellingen in de periode juni-augustus
 - Sprinkhanen en krekels: 2 bezoeken in juli-augustus
 - Mieren: 1 bemonstering op een niet al te zonnige zaterdag
 - Reptielen: c.q. Levendbarende hagedis en in Friesland ook Adder en Ringslang
- Fauna – functionele analyse (zie §2.3.5):
 - Herbivoren, carnivoren en macro-detritivoren (miljoenpoten, pissebedden, loopkevers, spinnen) in potvallen en emergentievallen (vliegen, muggen en vlinders)
 - Meso-detritivoren: springstaarten in bodemmonsters

2.3.1 Analysemethode Bodemchemie

Voor uitvoering van de behandelingen (aug-dec 2011) en na de uitvoering (eind mei 2013) werden in alle proefvlakken van 20x20 meter op de Kampina, Strabrechtse heide, Blauwe Bos en Oosthoek monsters verzameld van de bodem. Met een Edelman-boor werden op 4 plekken in ieder proefveld bodemmonsters genomen (0-10 cm), waarna deze werden gemengd tot één monster per proefveld. In november 2012 werden ter aanvulling in de gehopperde en geplagde proefvlakken op de Kampina en Strabrecht met een guts bodemmonsters verzameld van de toplaag van de bodem (0-3 cm). De monsters werden luchtdicht en gekoeld bewaard (ca. 4°C).

Vervolgens werd op de bodemmonsters de volgende bewerkingen uitgevoerd:

- Bepaling drooggewicht en gloeiverlies (organisch stofgehalte)
- Olsen-extractie: Olsen-P bepaling (hoeveelheid plant-beschikbaar fosfaat)
- Destructie: totaal-P, totaal-Ca, totaal-Mg, totaal-Fe, totaal-Mn, totaal-S, totaal-Si, totaal-Zn, totaal-Al (na ontsluiting met salpeterzuur)
- Zoutextractie met 0,2M NaCl voor de bepaling van de pH-NaCl en de hoeveelheid Ca, Al en NH₄.

- Waterextractie met demiwater voor de bepaling van de pH en de hoeveelheid NO_3 en PO_4 .

Drooggewicht en organisch stofgehalte

Om het vochtgehalte van het verse bodemmateriaal te bepalen werd het vochtverlies berekend door bodemmateriaal per monster af te wegen in aluminium bakjes en gedurende 24 uur te drogen in een stoof bij 70 °C. Vervolgens werd het bakje met bodemmateriaal teruggewogen en werd het vochtverlies bepaald. De fractie organisch stof in de bodem werd berekend door het gloeiverlies te bepalen. Hiertoe werd het bodemmateriaal per monster, na het drogen, gedurende 4 uur verast in een oven bij 550°C. Na het uitgloeien van de monsters werd de fractie organisch materiaal berekend. Het gloeiverlies komt goed overeen met het gehalte aan organisch materiaal in de bodem.

Destructie

Door bodem of plantmateriaal te destrueren (ontsluiten) werd het mogelijk de totale concentratie van veel elementen in het materiaal te bepalen. Van het gemalen en gedroogde materiaal werd per monster nauwkeurig 200 mg afgewogen en in teflon destructievaatjes overgebracht. Aan het materiaal werd 4 ml geconcentreerd salpeterzuur (HNO_3 , 65%) en 1 ml waterstofperoxide (H_2O_2 30%) toegevoegd en de vaatjes werden geplaatst in een destructie-magnetron (Milestone microwave type mls 1200 mega). De monsters werden vervolgens gedestruerd in gesloten teflonvaatjes. Na destructie werden de monsters overgegoten in 100 ml maatcilinders en aangevuld tot 100 ml door toevoeging van demiwater. Vervolgens werd het geheel overgeheveld in polyethyleenpotjes van 100 ml. De polyethyleenpotjes werden bewaard voor verdere analyse.

Olsenextractie

Het Olsen-extract werd uitgevoerd ter bepaling van de hoeveelheid plant-beschikbaar fosfaat. Hiertoe werd 3 gram droog bodemmateriaal met 60 ml Olsen-extract (0,5M NaHCO_3 bij pH 8,4) gedurende 30 minuten uitgeschud op een schudmachine bij 100 rpm. Het extract werd vervolgens geanalyseerd op de ICP.

Zout- en waterextractie

In de water- en zoutextracten werd eerst de pH van de bodem bepaald. Hiervoor werd 17,5 gram verse bodem met 50 ml zoutextract (0,2M NaCl) of 50 ml demiwater gedurende 2 uur geschud op een schudmachine bij 100 rpm. De pH werd gemeten met een standaard Ag/AgCl_2 elektrode verbonden met een radiometer Titralab TIM 840. De extracten werden gefilterd met behulp van poreuze cups en het filtraat dat gemeten werd op de ICP werd aangezuurd en opgeslagen voor analyse. Vervolgens werd de hoeveelheid NO_3 , PO_4 in het waterextract bepaald en werd de hoeveelheid NH_4 , NO_3 in het zoutextract bepaald. In beide extracten werd ook de hoeveelheid P en kationen gemeten op de ICP en Autoanalyser.

C/N analyse

Om de totale hoeveelheid koolstof en stikstof in het plantmateriaal te bepalen werd een klein deel (3 mg) van het gemalen materiaal in een tinnen container geplaatst, waarna het in een CNS element analyser (EA NA 1500 en EA100 van Carlo Erba-Thermo Fisher Scientific) werd verbrand en gemeten.

Analysemethoden

De chemische analyse van de bodemextracten en de plantendestruaten vond plaats op het Gemeenschappelijk Instrumentarium van de Radboud Universiteit Nijmegen. De analyse van totaal calcium, magnesium, ijzer,

aluminium, zink, mangaan, fosfor en zwavel werd uitgevoerd met behulp van Inductief Gekoppeld Plasma - Optische Emissie Spectrometrie (ICP-OES; Techno Electron Cooperation). De hoeveelheid NH_4^+ , NO_3^- en PO_4 werd gemeten met Technicon autoanalysers volgens Grasshoff & Johansen (1977) en Kamphake *et al.* (1967).

2.3.2 Plantbemonstering

In juni 2012 werden in de evaluatieproefvlakken plantmateriaal van Struikhei, Gewone dophei en Pijpenstrootje verzameld. In augustus 2013 werd in elk proefvlak van de 4 onderzoeksterreinen plantmateriaal van Gewone dophei verzameld. Wanneer er geen Gewone dophei aanwezig was, werd materiaal van Struikhei verzameld. Dit was het geval in 8% van de situaties. Het plantmateriaal werd gedroogd in een stoof op 70 °C, waarna het plantmateriaal werd fijngemalen in een kogelmaler. Door middel van een destructie werden totale elementenconcentraties in het plantmateriaal bepaald en verder werd een C/N analyse uitgevoerd om de totale hoeveelheid koolstof en stikstof in het materiaal te bepalen.

2.3.3 Vegetatie, structuur en microreliëf

In alle proefvlakken zijn in 2011 en 2013 vegetatieopnamen gemaakt, waarbij voor de schatting van voorkomen en bedekking van soorten gebruik is gemaakt van de Londo-schaal. De opnamen zijn gemaakt op een schaal van 18x18 m, zodat er een buffer was tussen de proefvlakken met een verschillende behandeling. In Friesland zijn alleen de hogere planten volledig opgenomen, zodat de resultaten daarvan alleen kwalitatief zijn meegenomen. Voorts zijn ook de paddenstoelen (macrofungi) onderzocht, waarbij een frequentie van drie ronden per jaar werd aangehouden.

Voor de opnamen van microreliëf en vegetatiestructuur is in het centrum van elk proefvlak diagonaal tussen de hoekpunten een transect gelegd van 5 m lengte waarlangs op elke dm het hoogteverschil is bepaald tussen bodemoppervlak of pol en een op 1,20 m gespannen horizontale lijn. De mate van aanwezig microreliëf is gekwantificeerd als het totale hoogteverschil van het bodem- of poloppervlak tussen de 50 opeenvolgende meetpunten van het transect.

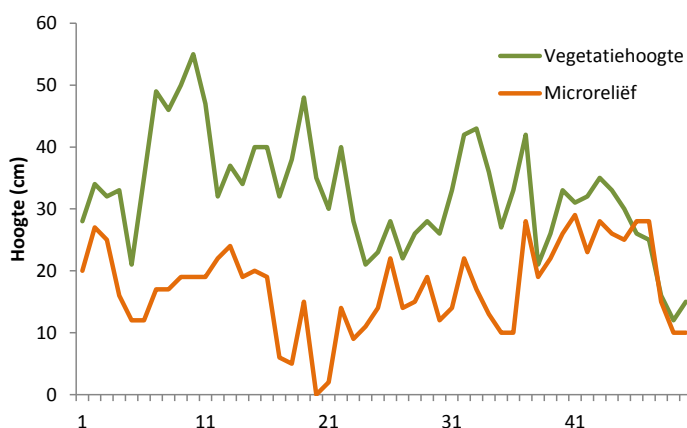
Voor elk dm-punt is ook de dominante bedekkingsvorm genoteerd: plantensoort, strooisel of kale grond. De bedekking is als relatief aandeel per transect geanalyseerd.

Vegetatiehoogten zijn alleen bij de effectmeting in 2013 gemeten volgens de methode van Barkman. Op elk dm-punt is de hoogte genoteerd waarop een geperforeerde tempex-schijf met een doorsnede van 10 cm bleef rusten, wanneer deze langs een bamboestok op de vegetatie werd neergelaten.

Vegetatiehoogte en microreliëf volgen elkaar soms, maar zijn over het geheel niet met elkaar gecorreleerd (Figuur 2.6).

Figuur 2.6: Voorbeeld van het verloop van vegetatiehoogte en microreliëf langs de 50 dm-punten van een transect in de controle van blok KA.

Example of changes in vegetation height and microtopography along 50 dm-points of a transect in a control plot of block KA.



2.3.4 Bemonstering kenmerkende heidefauna

Onder kenmerkende heidefauna worden in dit rapport die soorten verstaan die zich succesvol kunnen voortplanten in heidevegetatie, waarbij opslag van braam en struiken is inbegrepen. Het betreft dus niet alleen de 'kensoorten' van de heide (in vegetatiekundige zin), maar ook de constante en begeleidende soorten met een bredere ecologische amplitudo. Met deze interpretatie wordt voorkomen dat een soort zoals de Bossteekmier (*Myrmica ruginodis*) buiten beschouwing blijft omdat hij ook in bossen voorkomt, terwijl deze soort wel een belangrijk onderdeel van de heidefauna vormt. Soorten als de dagvlinder *Atalanta* (*Vanessa atalanta*) zijn wel buiten de analyse gelaten omdat deze zich met Grote brandnetel (*Urtica dioica*) als waardplant normaal gesproken niet op de heide kan voortplanten.

De selectie heeft zich beperkt tot soortgroepen die voor een belangrijk deel van hun levenscyclus een betrekkelijk kleine ruimtelijke schaal benutten, zodat verwacht mag worden dat ze sterk reageren op de kleinschalige veranderingen als gevolg van de beheermaatregelen die hier zijn onderzocht. Daarnaast betreft het groepen die in het natuurbeheer een belangrijke rol als kwaliteitsindicatoren fungeren. De onderzochte soortgroepen zijn: dagvlinders, sprinkhanen en krekels, mieren en reptielen. Mieren zijn in dat verband een minder goed onderzochte groep, maar hun ecologie en indicatorfunctie voor habitatkwaliteit raken steeds beter onderbouwd (Maes *et al.*, 2003; Seifert, 2007; Van Noordwijk *et al.* 2012).

Het veldwerk vond alleen bij goede weersomstandigheden plaats (temperatuur >17 graden, windkracht <5 Beaufort). Dagvlinders zijn geteld in de maanden mei-augustus, met 3 bezoeken in 2011 en 4 bezoeken in 2013. Er werd een vaste zoektijd van 4 minuten per proefvlak gehanteerd, waarbij alle individuen werden geteld. Daarnaast werden in augustus ook eitellingen van Gentiaanblauwtjes (*Phengaris alcon*) verricht en werden de aantallen bloeistengels van de waardplant, Klokjesgentiaan (*Gentiana pneumonanthe*) geteld. Sprinkhanen en krekels werden tijdens de telronden in juli-augustus geteld. Dat betrof zingende mannetjes, aangevuld met sleepnetvangsten voor m.n. doortjes waarbij alleen de volwassen individuen zijn genoteerd. Reptielen werden verder tegelijk met de vlindertellingen geteld. De mieren werden in augustus bemonsterd. Voor de nulmeting in 2011 werd dit gedaan door op een niet al te zonnige dag petrischaaltjes uit te leggen met vloeibare honing als lokstof: in elk proefvlak werden 10 schaaletjes op onderlinge afstanden van 2 m uitgelegd, minstens 2 m uit de rand van het proefvlak. Na minimaal 1 uur werden deze op mieren gecontroleerd. Voor de effectmeting in 2013 zijn de mieren bemonsterd door buisjes met vruchtenwijn in te graven en deze 24 uur later op te halen. Deze methode blijkt een vollediger bemonstering van de mierenfauna op te leveren (Noordijk & Boer, 2007). De mieren zijn voor nadere determinatie verzameld in buisjes met alcohol. De resultaten zijn voor elke soort geanalyseerd als aantallen buisjes/schaaletjes per proefvlak waarin de soort werd aangetroffen. Het verschil in methode tussen nul- en effectmeting levert voor de analyse een systematische fout op, maar omdat deze voor alle proefvlakken dezelfde is, is dit niet storend voor de effectbepaling. De resultaten zijn voor de mierensoorten geanalyseerd als aantallen schaaletjes of buisjes waarin een soort werd aangetroffen.

Recent is vastgesteld dat in het natte zandlandschap pioniersoorten vaker profiteren van herstelmaatregelen dan soorten die afhankelijk zijn van latere successiestadia (Van Duinen *et al.*, 2013). Alle soorten zijn daarom ingedeeld naar hun afhankelijkheid van jonge dan wel oudere stadia van de heidesuccessie (Tabel 7.1), zodat bij de analyse verschillen in respons van de soortenrijkdom op de maatregelen tussen deze twee groepen konden worden

getoetst. Voor de toedeling is gebruik gemaakt van diverse literatuurbronnen (Bos *et al.*, 2006; Kleukers *et al.*, 1997; Seifert, 2007; Van Noordwijk *et al.* 2012; Wallis de Vries *et al.*, 2013).

2.3.5 Bemonstering fauna voor functionele analyse

In 2011 en 2013 hebben in alle onderzoekslocaties in Noord-Brabant en in Friesland uitgebreide faunabemonsteringen plaatsgevonden voor een functionele analyse van veranderingen in soortensamenstelling onder invloed van de behandelingen.

In het onderzoek zijn verschillende groepen bemonsterd:

- Bodem-mesofauna (mijten, springstaarten)
- Diptera (Tweevleugeligen: vliegen en muggen)
- Carabidae (loopkevers)
- Araneae (spinnen)

De eerste groep bestaat uit strikt in de bodem levende organismen die naar verwachting het sterkst reageren op ingrijpende behandelingen zoals chopperen en plaggen. Diptera zijn toegedeeld naar trofische niveaus: informatie over de dichtheden van verschillende trofische niveaus geeft informatie over de aard en status van het systeem met betrekking tot de opbouw van het voedselweb. Van loopkevers zijn veel eigenschappen bekend, bovendien kent deze monofyletische groep een rijke verscheidenheid aan soorteigenschappen (meerdere trofische niveaus, verschillen in fenologie, dispersiecapaciteit, grootte en habitatspecificiteit). De spinnen zijn een strikt carnivore groep en zullen naar verwachting alleen reageren op grote veranderingen in omgevingseigenschappen of voedselaanbod.

In alle experimentele blokken zijn 3 potvallen per plot uitgezet. Een potval opstelling bestaat uit een ingegraven pot gevuld met 4% formaldehyde oplossing en zeep, met daarboven een dak geplaatst om vollopen met regenwater te voorkomen en het aantal bijvangsten van gewervelden (muizen, kikkers, hagedissen) beperkt te houden. Potvallen zijn in beide jaren gedurende de periode april tot september iedere drie weken geleegd en ververst.

Bemonstering met behulp van potvallen is semi-kwantitatief. De hoeveelheid gevangen individuen is zowel afhankelijk van de dichtheid aan individuen als de activiteit van deze individuen tijdens de bemonsteringsperiode op de vangstlocatie. Voor loopkevers is bekend dat er een goede relatie bestaat tussen dichtheid en gemeten activiteit, wanneer andere factoren gelijk blijven (Baars, 1979). Wanneer er tussen vangstlocaties verschillen bestaan in vegetatiestructuur, of wanneer de individuen een hoge activiteit vertonen, neemt de vangkans per individu toe en zullen er meer individuen in een potval terecht komen. Een hoge vegetatieweerstand leidt tot een verlaging van de vangkans doordat deze de mobiliteit van soorten afremt (Melbourne, 1999). Hierdoor zijn absolute aantallen bemonsterde individuen niet altijd één op één bruikbaar om uitspraken te kunnen doen over dichtheden van soorten. De reden voor een hoge of lage activiteit kan bovendien verschillen. Tijdens de voortplantingsperiode is de activiteit vaak hoger. Relatieve voedselschaarste kan paradoxaal genoeg ook leiden tot een hogere activiteit, een individu moet langer zoeken naar voedselbronnen en zal daardoor gemiddeld een grotere afstand afleggen (Ford, 1978, Persons & Uetz, 1996, Fournier & Loreau, 2002). Potvallen zijn daarom vooral geschikt voor het vaststellen van de hoeveelheid soorten die op een locatie aanwezig zijn. Van de potvalmonsters zijn de loopkevers en pissebedden volledig uitgesorteerd en op naam gebracht. Spinnen zijn alleen in de vangseries uit het voorjaar en najaar uitgesorteerd en gedetermineerd. Pissebedden bleken

in de meeste onderzoekslocaties slechts (zeer) incidenteel in de vangpotten aanwezig te zijn. Alleen in de experimentele locatie Oosthoek (Friesland project) waren pissebedden een vast onderdeel van de potvalvangsten. Loopkevervangsten zijn onderverdeeld op basis van de soortspecifieke eigenschappen.

In twee van de drie blokken op Strabrechtse Heide en Kampina en in beide onderzoekslocaties in Friesland (Blauwe Bos en Oosthoek) zijn in ieder proefvlak emergentievallen geplaatst (Zie Figuur 2.7). Deze vallen bestaan uit een kegelvormig metalen frame en zijn bekleed met donker materiaal. Boven in de val is een opening met daarop een vangbeker geplaatst. De vangbeker is van transparant materiaal, waardoor de enige lichtbron binnenin de kegel vanuit deze richting komt. Alle fauna die zich in het vangoppervlak van de kegelval bevindt of gedurende de vangperiode uitsluit wordt door deze lichtbron naar de vangbeker aangetrokken en valt vervolgens in de vangbeker. De vangbeker is gevuld met een 4% formaldehyde oplossing om de monsters te conserveren. Emergentievallen zijn in beide onderzoeksjaren op dezelfde tijdstippen als de potvallen ververs. Bij iedere verversingsronde zijn de kegelvallen verplaatst, mede om effecten van uitdroging op de vangsten beperkt te houden. Aangezien deze vangmethode zeer hoge aantallen individuen bemonstert (>40.000 individuen) is een volledige uitwerking van alle vangsten niet nodig. Om een goed beeld te krijgen van de dichtheden van Tweevleugeligen zijn alleen de oneven monsterrondes uitgewerkt. Uit deze monsters zijn met behulp van een stereomicroscop alle Tweevleugeligen (Diptera) uitgesorteerd en tot op familieniveau gedetermineerd.

In het najaar van 2011 en 2013 zijn op de Strabrechtse heide en in het Blauwe Bos bodemmesofauna bemonsteringen uitgevoerd. Bemonstering is uitgevoerd door een standaard PF-ring in de bodem te drukken en de inhoud te verzamelen. In het experiment op de Strabrechtse heide zijn verdeeld over alle plots monsters verzameld, 1 monster per plot. In totaal zijn per behandeling 3 monsters verzameld. Deze 3 monsters zijn vervolgens als 1 mengmonster geëxtraheerd en geanalyseerd. In het Blauwe Bos was slechts 1 blok aan behandelingen aanwezig, hier zijn per blok 3 monsters verzameld en eveneens als mengmonster geëxtraheerd en geanalyseerd.

De monsters zijn in het najaar van 2011 en 2013 in Tullgren extractie funnels geplaatst. Deze extractiemethode maakt gebruik van warmtestraling, die bodemmesofauna er toe moet bewegen om het bodemmonster te verlaten. De eerste drie dagen wordt onder 28 °C geëxtraheerd, vervolgens 4 dagen op 45°C. Alle geëxtraheerde fauna is opgevangen in een vlakbodembuis met 70% ethanoloplossing en opgeslagen voor determinatie. De verkregen monsters zijn in het najaar van 2011 en 2013 gedetermineerd. Van elk verkregen monster is een steekproef van 100 individuen uit het monster genomen en in 20% melkzuuroplossing gebracht. Na incubatie van 2 weken bij kamertemperatuur zijn de individuen onder een microscoop tot op soort gebracht. De aangetroffen soorten zijn vervolgens onderverdeeld in levensstrategieën en voedselgilde (volgens Siepel, 1994), waarbij de onderlinge verhoudingen in aantallen en verschillen in soortenrijkdom tussen verschillende levensstrategieën en voedselgilden informatie leveren over de belangrijkste sturende processen die zich in de bodem afspelen.



Figuur 2.7: Emergentieval in het veld. Uitgesloten fauna, met name Tweevleugeligen, wordt opgevangen in de vangpot, gevuld met 4% formaldehyde oplossing die bovenop de val geplaatst is.

Emergence traps for local arthropod fauna, especially Dipterans.

De mate van statistische onderbouwing van de verschillende faunagroepen is afhankelijk van zowel de intensiteit van bemonstering van de verschillende groepen als de vangkans van de verschillende groepen. Loopkevers uit de potvallen zijn intensief bemonsterd en komen in vrijwel alle afzonderlijke monsters en monsterpunten voor. Voor deze groep is het daarom mogelijk om de effecten statistisch te kunnen toetsen. Hetzelfde geldt voor de uit de emergentievallen bemonsterde Tweevleugeligen.

Pissebedden bleken in veel van de experimentele onderzoekslocaties te schaars aanwezig om een dergelijke analyse te kunnen uitvoeren. Op slechts 1 locatie waren deze in voldoende mate aanwezig om effecten te kunnen evalueren. Doordat het aantal replica's in dat geval terug is gebracht tot 1, zijn hier alleen kwalitatieve uitspraken over te maken. Bodemmesofauna is op een kwalitatieve wijze bemonsterd, waardoor ook hier alleen een kwalitatieve beschrijving van de gegevens mogelijk was. Deze groep is onderverdeeld volgens de *feeding guild* en *life history tactic* (hierna genoemd: LHT's) indeling volgens Siepel (1994); zie Tabel 2.2 voor een uitleg van termen en Tabel 2.3 voor een overzicht van de eigenschappen behorende bij de verschillende LHT's.

De in dit onderzoek aangetroffen LHT's gevonden zijn onder te verdelen in drie groepen: op dispersie gespecialiseerde LHT's (2, 3, 4), op synchronisatie gespecialiseerde tactieken (tactiek 5 en 7) en op reproductie gespecialiseerde tactics (9, 10, 11, 12).

Op dispersie gespecialiseerde LHT's zijn soorten aangepast aan ruimtelijk versnipperd voorkomende, relatief stabiele habitats (LHT 2) of voor microhabitats met een sterk tijdelijk karakter (LHT's 3 en 4). De facultatief foretische (=meeliftende) LHT 2 soorten gebruiken deze eigenschap om nieuwe biotopen te koloniseren en/of genen uitwisseling tussen populaties. De obligaat foretische soorten van LHT 2 en 3 zijn gespecialiseerd in het snel koloniseren en bezetten van zeer tijdelijke microhabitats, zoals mest, dode dieren en rottend plantaardig materiaal. De synchronisatie LHT's zijn goed aangepast aan habitats met voorspelbare ongunstige condities. Dit zijn in de regel seizoensgebonden ongunstige perioden van bijvoorbeeld voedselschaarste of droogte. De reproductie LHT's zijn allereerst onder te

verdelen in seksuele (11 en 12) en asexuele strategieën (9 en 10), waarbij de asexuele strategieën in de regel dominant zijn in constante, voorspelbare habitats. Deze habitats hoeven niet noodzakelijk sterk gebufferd te zijn, ook voorspelbare constante extreme habitats vallen hier onder. Seksueel reproducerende LHT's zijn aangepast aan meer onvoorspelbare omgevingen, waarbij het hebben van een diverse genenpool (seksuele reproductie) en risicospreiding in generatiewisselingen (iteroparie) de belangrijkste aanpassingen zijn. Soorten met seizoensgebonden iteroparie zijn het beste aangepast aan onvoorspelbare habitats, aangezien bij deze strategie ook een heel reproductieseizoen kan mislukken zonder vergaande consequenties voor de populatie.

In het r-K model zijn LHT's met strategieën 3, 4 en 7 het sterkst r-geselecteerd en soorten met strategieën 9 en 10 het sterkst K-geselecteerd. Soorten van LHT 12, 7, 8 en 10 zijn relatief sterk geselecteerd op het omgaan met stress en dus aangepast aan een onvoorspelbare omgeving; veel van deze LHT's liggen relatief centraal op de r-K as.

Tabel 2.2. Uitleg van termen voor de indeling van Life History tactics door Siepel (1994).

Explanation of terms used in the Life History Tactic nomenclature of Siepel (1994).

Trait / Eigenschap	Uitleg
Seksuele reproductie	Seksueel reproducerende soorten
Thelytoky	Een vorm van asexuele reproductie (parthenogenese) waarbij vrouwtjes ontwikkelen uit onbevuchte eieren
Facultatieve diapauze	Rustperiode (gericht op het overleven van periodes van ongunstige leefomstandigheden) die alleen wordt ingezet bij optreden van stress
Obligate diapauze	Altijd ingezette rust periode (voorspelbare periode van ongunstige leefomstandigheden)
Semelpaar	Organisme dat in een enkele reproductieve periode alle nakomelingen produceert
Iteropaar	Organisme dat gedurende haar levenscyclus haar nakomelingen in meerdere reproductieve fasen produceert.
Foresie	Verspreiding door meeliften op andere organismen
Anemochorie	Verspreiding door de wind

Van de Tweevleugeligen zijn alle individuen tot op familieniveau gedetermineerd. Deze families zijn onderverdeeld in trofische groepen (naar Beuk, 2002); deze groepen zijn later gebruikt in de statistische analyses. Loopkevervangsten zijn tot op soort gedetermineerd. Van deze soorten is relatief veel autecologische informatie beschikbaar. De loopkevervangsten zijn daarom tevens onderverdeeld over soorteigenschappen uit de database van Hans Turin (voor het eerst gepubliceerd in Turin, 2000, maar verder later aangevuld en verbeterd). Eigenschappen die in de analyse zijn opgenomen zijn: trofische groep, dispersievermogen, fenologie en droogte-vochtpreferentie. Daarnaast zijn de vangsten geanalyseerd naar soortenrijkdom op basis van habitatbinding (sterk stenotoop tot eurytoop) en -voorkeur.

De vangsten van spinnen zijn ingedeeld in vijf fenologische groepen volgens Schaefer (1976, 1977) en op basis van de in Maelfait *et al.* (1998) voorgestelde habitatkarakteristieken. Alleen soorten die zij in deze publicatie op de Rode Lijst van Vlaanderen hebben geplaatst, zijn door de auteurs ingedeeld naar hun habitat optimum. De soorten die niet op de rode lijst zijn geplaatst bestaan zeker niet allen uit eurytope soorten, dus dit overzicht is niet geheel volledig.

Tabel 2.3. Overzicht van de eigenschappen voor de door Siepel (1994) gedefinieerde Life History Tactics van de bodem-mesofauna (mijten en springstaarten) in dit onderzoek.

Overview of trait assignment for the Life History Tactics (after Siepel, 1994) encountered in this study.

Naam	Facultative phoresy	Obligate phoresy as juveniles	Obligate phoresy as adults	Obligate diapause	Facultative diapause and anemochory	Thelytoky and longevity	Thelytoky	Sexual reproduction	Sexual reproduction, seasonal Iteroparity
Life history tactic	2	3	4	5	7	9	10	11	12
Foresie	Facultatief	obligaat, in juveniele stadium	Obligaat, in adulte stadium	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee
Anemochorie	Nee	Nee	Nee	Nee	Ja	Nee	Nee	Nee	Nee
Diapauze	Kan voorkomen	Rust	Rust	Obligaat	Facultatief of Rust	Nee	Nee	Nee	Nee
Seksuele reproductie	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Nee	Nee	Ja	Ja
Thelytokie	Komt voor	Nee	Nee	Kan voorkomen	Nee	Ja	Ja	Nee	Nee
Semelpaar	Kan voorkomen	Kan voorkomen	Kan voorkomen	Kan voorkomen	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee
Iteropaar	Continu	Continu	Continu	Continu	Continu	Continu/ Seizoenaal	Continu	Continu	Seizoenaal
Ei productie	Laag	Hoog	Laag	Gemiddeld	Hoog	Laag tot gemiddeld	Gemiddeld	Gemiddeld tot hoog	Gemiddeld
Vivipaar	Komt voor	Komt voor	Kan voorkomen	Kan voorkomen	Kan voorkomen	Kan voorkomen	Nee	Nee	Nee
Ontwikkeling	Traag	Snel	Snel	Traag tot snel	Snel	Traag	Vrij snel	Vrij snel	Traag tot vrij snel

2.3.6 Statistische analyse

Alle gegevens zijn op proefvlaksschaal geanalyseerd. Voor de statistische analyse werden generalized linear mixed models (GLMM) toegepast. De afzonderlijke blokken met alle 8 behandelingen werden daarbij beschouwd als random factor, genesteld binnen elk onderzoeksterrein; voor de twee Brabantse gebieden waren er dus drie blokken per terrein, voor de twee Friese gebieden slechts één. Voorts werden de volgende effecten opgenomen: Jaar (2011 en 2013), Vegetatiebehandeling (Chopperen [C], Drukbe grazing [D], Plaggen [P] en Controle [X]), Bekalking (wel [+] of niet [-] bekalkt) en de twee- en drieweginteracties tussen deze factoren. Voor gegevens die alleen in de effectmeting zijn verzameld verviel uiteraard de Jaar-factor in het model. In het geval van ongelijke varianties en niet-normale verdeling van de residuen werd een aangepast model gebruikt voor Poissonverdelingen (variantie=gemiddelde). Wanneer sprake was van een sterke mate van overdispersie van dit model, is gebruik gemaakt van een negatief binomiale respons-verdeling (variantie>gemiddelde, bepaald door de dispersieparameter, met verlies van 1 vrijheidsgraad). Deze verdeling is bruikbaar voor incidenteel sterk positief uitschieterende waarden (onder andere bij de aantallen Tweevleugeligen in kegelvallen, welke varieerde tussen 10 en >600). Ook is in gevallen waarbij soorten in lage aantallen voorkwamen en op veel plekken afwezig waren op aan- of afwezigheid geanalyseerd in plaats van op de aantallen.

In het kader van de vraagstelling van het onderzoek zijn vooral de interactie-effecten Vegetatiebehandeling x Jaar en Bekalking x Jaar interessant, omdat daarin de invloed van Vegetatiebehandeling en Bekalking bij de effectmeting tot uiting komen. In de drieweg-interactie Vegetatiebehandeling x Bekalking x Jaar komen verschillen in effecten van bekalking tussen vegetatiebehandelingen naar voren.

Bij de analyses is gekeken of er belangrijke afwijkingen ontstonden door de Friese terreinen wel of niet mee te nemen, maar dit was nauwelijks het geval. Eerder versterkten de Friese resultaten die van de Brabantse terreinen, zodat de resultaten uit alle terreinen in principe als één geheel zijn geanalyseerd.

3 Methode Evaluerend Onderzoek

3.1 Inleiding

Om de effecten van drukbegrazing en chopperen als alternatieven voor plaggen op langere termijn te onderzoeken is een retrospectief evaluerend onderzoek uitgevoerd in zeven verschillende terreinen (Tabel 3.1; toelichting op de methode in § 3.2). In de aanloop daarop is een enquête uitgevoerd om de praktijkervaringen van beheerders met drukbegrazing en chopperen op een rij te zetten (§ 3.3).

Tabel 3.1: Onderzoekslocaties voor het evaluerende onderzoek in 2012 (zie Bijlage voor ligging in Nederland). * = bemonsterd voor functionele analyse faunagroepen
*Study locations for long-term effect assessments in 2012 (see Appendix for situation in the Netherlands) * = sampled for functional analysis of invertebrate fauna*

Proef-vlak	Gebied	Maatregel	Tijdreeks	Jaar Uitvoering
1	Lankheet (particulier - OV)	Drukbegrazing paarden	recent	2011
2		Drukbegrazing paarden	5-10jr	2006
3		Drukbegrazing paarden	5-10jr	2005
4		Drukbegrazing paarden	5-10jr	2004
5		Drukbegrazing paarden	>10jr	1997
6		Drukbegrazing paarden	>10jr	1998
*7	Strabrechtse heide (SBB - NB)	Drukbegrazing schapen na branden	recent	vanaf 2010
*8		Drukbegrazing schapen	recent	vanaf 2010
9		Drukbegrazing schapen na branden	recent	vanaf 1970
10		Drukbegrazing schapen na branden	recent	vanaf 2010
11		Drukbegrazing schapen na branden	recent	vanaf 2010
*12		Controle + schaapskudde	Controle	
13	Strijkbeekse heide / Kogelvanger	Drukbegrazing schapen	Controle	
*14	(SBB - NB)	Drukbegrazing schapen	recent	vanaf 2005
*15		Drukbegrazing schapen	recent	vanaf 2005
16	Groote Veld (Lochem NM - GLD)	Drukbegrazing schapen	recent	vanaf 2005
17		Drukbegrazing schapen	recent	vanaf 2005
18		Controle + schaapskudde	Controle	
19		Chopperen plaggen + schaapskudde	5-10jr	2003
20		Chopperen plaggen + schaapskudde	5-10jr	2006
21		Chopperen plaggen + schaapskudde	recent	2007
22	Kampina (NM - NB)	Plaggen + grazen rund/paard	5-10jr	2006
*24		Chopperen + grazen rund/paard	5-10jr	2006
25		Chopperen + grazen rund/paard	5-10jr	2006
*26		Controle + grazen rund/paard	Controle	
27	Buurserzand (NM - OV)	Chopperen maaien - onbegraasd	recent	2009
28		Chopperen maaien + grazen rund	recent	2009
29		Chopperen maaien - onbegraasd	5-10jr	2004
30		Chopperen maaien + grazen rund	5-10jr	2003
31		Chopperen maaien - onbegraasd	>10jr	1990
32		Controle + grazen rund	Controle	



Figuur 3.1: Uitvoering van drukbegrazing:

- a) met Pyrenese bergpaarden op Lankheet (bovenste vier foto's: tijdens uitvoering in 2006 [lb], andere foto's genomen in 2012: na uitvoering 2011 [rb], na uitvoering 2006 = rechts op foto [lm], na uitvoering 1998 [rm])
- b) Met schapen Kogelvanger (bij Strijbeek) sinds 2005 [lo]
- c) Met schapen Groote Veld (bij Lochem) sinds 2005 [ro]

Effects of intensive rotational grazing with horses and sheep in different years in the period 1998-2011 on heathland locations



Figuur 3.2: Uitvoering van chopperen:

- a) Groote Veld (bij Lochem): uitvoering 2007 (naast controle) [lb] en 2006 [rb]
- b) Kampina: plaggen 2006 [lm] en chopperen 2006 [rm]
- c) Buurserzand: uitvoering 2009 [lo] en 1990 [ro]

Effects of choppering in different years over the period 1990-2007 on heathland locations

Het veldonderzoek heeft zich geconcentreerd op de kenmerkende heidefauna en de vegetatie. Daarnaast is op drie locaties ook aandacht besteed aan de kwantitatieve verschillen in de aanwezigheid van herbivore, carnivore en detritivore insecten.

In geen van de terreinen was een vergelijking met de situatie voor uitvoering beschikbaar. In plaats daarvan is voor zover mogelijk steeds een onbehandelde controle beschreven. Op Kampina is ook een plagplek ter vergelijking meegenomen en op het Groote Veld benaderde de uitvoering van het chopperen die van ondiep plaggen. Voor het overige is ervoor gekozen zoveel mogelijk informatie over de ontwikkelingen na drukbegrazing en chopperen te verzamelen in vergelijking met een controle zonder aanvullend beheer. De meerwaarde van meer vergelijkingen met plaggen werd te gering geacht, omdat er al veel inzicht bestaat in de ontwikkelingen na plaggen.

Drukbegrazing Lankheet

Op landgoed Lankheet bij Haaksbergen (Ov.) vindt sinds 1990 drukbegrazing plaats met Pyrenese bergpaarden (in de eerste jaren ook met Herefords). Dit gebeurt tegenwoordig met vier paarden op stroken van ca. 50 m breed en 2 ha groot, tussen april en half november; aan het einde van het seizoen worden de paarden ook wel bijgevoerd met hooi van onbemest grasland. Met een schapen-equivalent van ca. 2000 graasdagen/ha/jaar is de graasdruk zeer hoog, maar de begrazing wordt dan ook in principe pas na langere tijd (8-15 jaar) weer herhaald.

Na uitvoering wordt het volgende jaar vaak nog de hergroei met Pijpenstrootje afgegraasd, waarna jarenlang geen beheer meer plaats vindt, behalve het verwijderen van opslag. De proefvlakken die zijn drukbegrast in 1997 en 1998 zijn slechts eenmalig begrast, de overige zijn voor de 3^e keer begrast met tussenpozen van ca. 8 jaar.

Drukbegrazing Strabrechtse heide

Op de Strabrechtse heide wordt sinds 1967 begrast met een schaapskudde met gemiddeld ca. 350 Kempische heideschappen. Sinds 1970 wordt een weekendraster gebruikt van 25 ha tot 1986 en 36 ha daarna (ca. 1400 graasdagen/ha/jaar). Één van de onderzochte proefvlakken (nr. 9 in Tabel 3.1), een natte slenk, is binnen dit weekendraster gelegen; in de maanden juli-augustus is dit deel uitgerasterd en onbegrast ten behoeve van het Gentiaanblauwtje. De overige proefvlakken worden begrast met de gescheperde kudde. Vier van de vijf proefvlakken (7-9 en 11) zijn eerst gebrand in de winter van 2010 en worden sindsdien jaarlijks drukbegrast door de gescheperde kudde. Het controlevlak is incidenteel wel begrast, maar nooit drukbegrast. De schapen worden in principe niet ontwormd.

Drukbegrazing Strijbeekse heide / Kogelvanger

De Strijbeekse heide en nabijgelegen Kogelvanger worden sinds 2005 jaarlijks drukbegrast (300 tot 1000 graasdagen/ha/jaar afhankelijk van de mate van vergrassing) met een gescheperde kudde Kempische heideschappen van De Wassum; soms wordt de drukbegrazing in een tijdelijk weekendraster uitgevoerd. De schapen worden in principe niet ontwormd. De lopende drukbegrazing is op de Kogelvanger onderzocht, de controle op de Strijbeekse heide werd met runderen begrast.

Drukbegrazing Groote Veld (Lochem)

Op het Groote Veld wordt sinds 2005 drukbegrast met een kudde van 200 Schoonebeker schapen. Deze worden (1-)2 keer per jaar 6 dagen achtereen binnen een tijdelijk raster van 1,5 ha gehouden (ca. 1200 graasdagen/ha/jaar). De schapen worden van tevoren wel ontwormd. De controle werd buiten de drukbegrazing om wel meebegrast door de gescheperde kudde, maar dat betrof alleen een lichte graasdruk.

Chopperen Groote Veld (Lochem)

Andere vergraste delen van het Groote Veld zijn naast de gescheperde begrazing ook gechopperd. Dat wil zeggen dat ze in verschillende jaren (2003 / 2006 / 2007) eerst zijn geklepeld, waarna het geklepelde materiaal is afgevoerd door een kraan. Daarbij is ook een deel van de toplaag van de bodem afgevoerd. Hier is dus sprake van een uitvoering die in grote overeenkomsten met regulier plaggen heeft, maar dan ondiep is uitgevoerd.

Chopperen Kampina

Op Kampina is er in 2006/2007 op vergraste droge tot vochtige heide gechopperd door een klepelmaaier met vangbak. Dit betrof kleine oppervlakten van 600-1800 m². Hiervan zijn twee locaties onderzocht met een aangrenzende controle. Daarnaast is ter vergelijking een tegelijkertijd geplagde plek meegenomen in het onderzoek. Alle locaties lagen binnen de jaarrondbegrazing met paarden en koeien.

Chopperen Buurserzand

Het chopperen op het Buurserzand vindt al plaats sinds 1990. Het is minder ingrijpend uitgevoerd dan op het Groote Veld en Kampina: het klepelen is niet tot op de strooisellaag uitgevoerd. De mate van vergrassing van de gechopperde heide vóór uitvoering was volgens de beheerder op het Buurserzand minder groot dan op Kampina of het Groote Veld. Het chopperen vindt zowel plaats in onbegraasde als in de met runderen begraasde delen. De onderzochte plekken zijn zowel binnen als buiten het raster gekozen en bestreken een lange periode van uitvoering: 1990, 2003-2004 en 2009.

3.2 Methode

Het veldwerk volgde in grote lijn de werkwijze van het experimentele onderzoek (Hoofdstuk 2), met twee belangrijke verschillen: de schaal van de uitvoering van de maatregelen was groter, zodat m.n. de faunabemonstering op een grotere schaal plaatsvond (ca. 50x50 m) en er is vanwege praktische beperkingen geen bodemchemisch onderzoek verricht. Als indicatie van voedselkwaliteit voor de herbivore fauna is wel de plantkwaliteit chemisch onderzocht.

3.2.1 Vegetatie: soortensamenstelling en structuur

Op elke locatie is in de nazomer een vegetatieopname gemaakt voor de soortensamenstelling van hogere planten, waarbij op een proefvlak van 20x20 m volgens de Tansley-schaal werd opgenomen:

- | | | |
|---|-------|--|
| 1 | r | "rare": 1 of enkele exemplaren |
| 2 | l | lokaal meerdere exemplaren |
| 3 | o | "occasional": verspreid aanwezig, bedekking gering |
| 4 | lf | lokaal vrij veel aanwezig |
| 5 | f | "frequent": vrij veel, maar geen grote bedekking |
| 6 | la | lokaal abundant |
| 7 | a | "abundant": veel aanwezig of veel bedekkend (>20%) |
| 8 | ld/cd | lokaal dominant of co-dominant |
| 9 | d | "dominant": hoge (en hoogste) bedekking. |

Voorts werd de bedekking van verschillende vegetatielagen geschat: kaal zand, strooisel, moslaag, kruidlaag <25 cm, 25-50 cm en >50 cm hoog en vegetatie totaal.

Voor de ecologische interpretatie van de vegetatieopnamen is het gemiddelde Ellenberg-Vochtgetal berekend (gewogen naar de hierboven aangegeven abundantiewaarde) en is gekeken naar de aanwezigheid van freatofyten, nl. soorten met indicatie 12 of 13 in het botanisch basisregister van het CBS. Voor een kwantitatieve bepaling van de variatie in vegetatiestructuur, open plekken en microreliëf is, net als in het experimentele onderzoek, in elk proefvlak een transect gelegd van 5 m lengte waarlangs elke dm het hoogteverschil is bepaald tussen bodemoppervlak of pol en een op 1,20 m gespannen horizontale lijn. Voor elk punt is ook de dominante plantensoort genoteerd.

In het terrein Lankheet is aanvullend studentenonderzoek uitgevoerd naar de habitatcondities voor het Gentiaanblauwtje (*Phengaris alcon*) (Borneman & Vosseveld-Kruse, 2013). Daarbij is een vergelijking gemaakt tussen twee plagplekken (geplagd in 1998 en 2001), een plek met recente drukbegrazing (begrasd in 2011 en voorjaar 2012), vier plekken met enige jaren ontwikkeling na drukbegrazing (begrasd in 2003-2006) en twee plekken met oude drukbegrazing (drukbegrazing in 1997-1998) en twee in onbegraasde vegetatie. Op deze locaties is de bedekking van dominante plantensoorten in de natte heide onderzocht via kleine opnamen van 1x1 m (plagplekken N=12, drukbegrazing 2011-2012 N=13, drukbegrazing 2003-2006 N=75, drukbegrazing 1997-1998 en onbegraasd N=41) en vlakdekkende tellingen van Klokjesgentianen (*Gentiana pneumonanthe*).

3.2.2 Kenmerkende heidefauna

Net als in het experimentele onderzoek zijn dagvlinders, sprinkhanen en krekels, mieren en reptielen onderzocht.

De dagvlinders zijn in 3 bezoeken geteld in de periode juni-augustus. Daarbij werd op een schaal van ca. 50x50 m een zoektijd van 15 minuten gehanteerd. Daarnaast werden ook eitellingen van het Gentiaanblauwtje verricht. Sprinkhanen en krekels werden gedurende 2 bezoeken in juli-augustus geteld door telling van zingende mannetjes, aangevuld met sleepnetvangsten voor m.n. doortjes. Reptielen (m.n. levendbarende hagedis) werden tegelijk met de dagvlinders geteld.

De mieren werden in augustus bemonsterd op een niet al te zonnige dag door het uitleggen van 10 petrischaaltjes per proefvlak op onderlinge afstanden van 2 m uitgelegd. Deze waren in de terreinen Groote Veld, Kampina, Strabrecht, Strijbeek voorzien van vloeibare honing als lokstof en werden na minimaal 1 uur op mieren gecontroleerd. In de terreinen Buurserzand en Lankheet zijn de mieren verzameld in buisjes met vruchtenwijn (zie 2.3.4). De mieren zijn voor nadere determinatie verzameld in buisjes met alcohol. De resultaten zijn in de vorm van aanwezigheid per soort per schaal of buisje geanalyseerd.

In het aanvullende studentenonderzoek op Lankheet zijn de habitatcondities op de in 3.2.1 genoemde plekken voor het Gentiaanblauwtje nader onderzocht door op proefvlakken van 1x1 m de bloeistengels van de waardplant Klokjesgentiaan te tellen en de aanwezigheid van waardmieren (steek- of knoepmieren, *Myrmica* spp.) vast te stellen door buisjes met vruchtenwijn 24 uur na ingraven te bemonsteren (plagplekken N=18, drukbegrazing 2011-2012 N=12, drukbegrazing 2003-2006 N=106, drukbegrazing 1997-1998 en onbegraasd N=26).

3.2.3 Faunabemonstering voor functionele analyse

In een deel van de locaties uit het retrospectieve onderzoek zijn door middel van het plaatsen van potvallen en kegelvallen faunagroepen bemonsterd voor een functionele analyse van de effecten van het beheer.

De bemonsterde locaties zijn:

- Twee recent in drukkbegrazing genomen locaties op de Strabrechtse Heide (SB 1 en SB 2; resp. 7 en 8 in Tabel 3.1) en een met *Molinia* vergraste controle (SBC; 12 in Tabel 3.1).
- Twee in het verleden (2005) en recent in drukkbegrazing genomen vergraste natte heide in het deelgebied "Kogelvanger", gelegen in het Mastbosch te Breda (KV1 en KV2; resp. 15 en 14 in Tabel 3.1). Beide locaties waren ten tijde van bemonstering sterk begraasd.
- In 2006 gehopperde natte heide op de Kampina (KA1; 24 in Tabel 3.1) en een controle in vergraste natte heide op de Kampina (KAC; 26 in Tabel 3.1).

Van deze locaties zijn de Tweevleugeligen, loopkevers en spinnen bemonsterd. De Tweevleugeligen zijn door middel van kegelvallen bemonsterd en tot op familieniveau gebracht, de loopkevers en spinnen zijn door middel van potvallen bemonsterd en tot op soortniveau gedetermineerd. De methoden met betrekking tot de potval- en kegelval bemonstering is als beschreven in Hoofdstuk 2. Pot- en Kegelvallen zijn tussen 07-05-2012 en 21-09-2012 ingezet.

Gegevensuitwerking

De bemonsterde soorten en families zijn op basis van verschillende bronnen onderverdeeld in functionele groepen en/of soorteigenschappen. In deze paragraaf wordt een overzicht en uitleg van de verschillende groepen gegeven.

Tweevleugeligen zijn onderverdeeld in trofische groepen (naar Beuk, 2002), en deze groepen zijn later gebruikt in de statistische analyses.

De loopkevervangsten zijn onderverdeeld over soorteigenschappen uit de database van Hans Turin (voor het eerst gepubliceerd in Turin, 2000, maar verder later aangevuld en verbeterd). Uit de combinatie van eigenschappen uit deze database is door Vogels *et al.* (2011) tevens een verdeling van reproductiestrategieën opgesteld. voor een overzicht van de daarbij behorende eigenschappen, zie Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Overzicht van de verschillende reproductiestrategieën van de in dit onderzoek bemonsterde soorten loopkevers (naar Vogels *et al.*, 2011).
Overview of different reproduction strategies of carabid beetles (after Vogels et al., 2011).

Strategie	Aantal soorten	Overwintering	Voortplanting	Larve	Adult	Opmerkingen
A1	46	adult	voorjaar	zomer	voor en najaar	
A3	1	adult	herfst	voorjaar en zomer	jaarrond	langlevende adulten, ei overwintering?
A4	1	adult	herfst	herfst en winter	jaarrond	verpoppen in winter
B1	16	larve	herfst	herfst tot lente	zomer-herfst	
B2	3	larve	voorjaar en herfst	winter en zomer	voorjaar tot najaar	langlevende larven?
C1	2	adult en larve	herfst	winter en voorjaar	jaarrond	langlevende adulten
C3	7	adult en larve	voorjaar en herfst	winter en zomer	voor en najaar	langlevende adulten?
C4	1	adult en larve	voorjaar	zomer-herfst en zomer tot winter	voor en najaar	gedeeltelijke overwintering larven of lange larvale periode

De meeste soorten loopkevers in Nederland behoren tot reproductieklasse A1. Deze soorten zijn univoltien (één generatie per jaar), overwinteren als adult en planten zich in het voorjaar voort. Larven ontwikkelen in de zomer en verpoppen in het najaar tot adult.

Soorten behorende tot groep B1 kennen een omgekeerde levensloop: hier overwinteren de larven, verpoppen in het voorjaar, adulten overzomer en planten zich in het najaar voort.

Soorten behorende tot groep B2 hebben waarschijnlijk langlevende larven, waarbij de larve van 1 generatie langer dan een jaar over haar ontwikkeling doet voordat deze adult wordt.

De enige soort die tot groep C4 gerekend is, kent een facultatieve overwintering van de larve. Een deel van de larven verpopt in het najaar tot adult en reproduceert in het vroege voorjaar. Wanneer een larve in het najaar nog niet voldoende heeft kunnen groeien om tot het adulte stadium te komen, overwintert deze en ontwikkelt verder in het voorjaar. Deze larven verpoppen in de zomer, de adulten overwinteren en planten zich voort in het daaropvolgende voorjaar. Soorten die deze strategie hanteren zijn waarschijnlijk in staat om ook onder een relatief laag voedselaanbod populaties te handhaven. Hetzelfde geldt voor soorten met strategie B2. De soorten met (facultatief) langlevende adulten (A3, A4, C1, C3) zijn allen soorten die eveneens lange tijd kunnen benutten voor het vergaren van voldoende resources om tot reproductie te komen. Doordat zij lang in het adulte stadium verkeren is de actieradius van deze soorten ook hoger dan de eenjarige soorten. Een nadeel van langer durende generatietijden is dat deze soorten kwetsbaarder zijn voor verstoring. Dit zal met name een rol spelen bij soorten met langlevende larven, maar ten dele ook voor soorten met langlevende adulten.

De vangsten van spinnen zijn ingedeeld in vijf fenologische groepen volgens Schaefer (1976, 1977). Deze zijn ingedeeld op basis van de periode in het jaar waarop soorten adult/reproductief zijn. De groepen zijn:

- *Eurychrone soorten en/of bi-multivoltiene soorten*

Deze soorten kennen geen synchronisatie in voortplanting; adulten en juvenielen komen jaarrond voor. Sommige soorten kennen meerdere generaties per jaar, anderen hebben een continue, graduele generatiewisseling, waarvan de individuen een langere ontwikkelingsduur kennen.

- *Diplochrone soorten*

Deze soorten overwinteren als adult en/of voorlaatste nymfenstadium. Eieren worden in het voorjaar geproduceerd, maar paring kan al in het najaar plaatsvinden. Nymfen ontwikkelen zich in de zomerperiode, maar overwinteren vaak als halfwas nymfe. Deze nymfen worden adult in het daaropvolgende seizoen (meestal in de zomer/najaar) en paren pas in het najaar. Deze individuen overwinteren een tweede jaar als adult en planten zich voort in het voorjaar. Waarschijnlijk zijn de grote soorten van dit type meerjarig diplochroon (en kennen dus nymfe overwintering) en kleinere soorten eenjarig diplochroon (de gehele nymfenontwikkeling wordt in de zomerperiode doorlopen).

- *Stenochrone soorten met voorjaarsreproductie*

Deze soorten overwinteren als halfwasnymfe, en wisselen van generatie in het voorjaar en/of zomer. De meeste soorten behoren tot deze groep.

- *Stenochrone soorten met najaarsreproductie*

Deze soorten reproduceren in het najaar. Soorten behorende bij deze groep kunnen een meerjarige ontwikkelingscyclus of langlevende adulten hebben.

- *Stenochrone soorten met winterreproductie*

Deze soorten zijn adult in de winterperiode (najaar tot voorjaar). Paring vindt plaats in de winter, en eieren worden geproduceerd en afgezet in de winter en het vroege voorjaar. Nymfen ontwikkelen zich in de zomerperiode.

Daarnaast zijn de spinnen onderverdeeld op basis van de in Maelfait *et al.* (1998) voorgestelde habitatkarakteristieken. Alleen soorten die zij in deze publicatie op de Rode Lijst van Vlaanderen hebben geplaatst, zijn door de auteurs ingedeeld naar hun optimale habitat. De soorten die niet op de Rode Lijst zijn geplaatst omvat zeker niet alleen eurytope soorten, dus dit overzicht is niet volledig.

3.2.4 Plantkwaliteit

In juni 2012 is net als in het experiment (2.3.2) in elk proefvlak plantmateriaal van heide en Pijpenstrootje verzameld. Dit plantmateriaal is gedroogd in een stoof op 70 °C, waarna het plantmateriaal is fijngemalen in een kogelmaler. Door middel van een destructie is de totale concentratie P in het plantmateriaal bepaald en verder is een C/N analyse uitgevoerd om de totale hoeveelheid koolstof en stikstof in het materiaal te bepalen.

Destructie

Door het plantmateriaal te destrueren (ontsluiten) is het mogelijk de totale concentratie van bijna alle elementen in het plantmateriaal te bepalen. Van het plantmateriaal is per monster nauwkeurig 200 mg afgewogen en in teflon destructievaatjes overgebracht. Aan het bodemmateriaal is 5 ml geconcentreerd salpeterzuur (HNO₃, 65%) en 2 ml waterstofperoxide (H₂O₂ 30%) toegevoegd en de vaatjes zijn geplaatst in een destructie-magnetron (Milestone microwave type mls 1200 mega). De monsters zijn vervolgens gedestruëerd in gesloten teflon vaatjes. Na destructie zijn de monsters overgegoten in 100 ml maatcilinders en aangevuld tot 100 ml door toevoeging van milli-Q water. Vervolgens is het geheel overgeheveld in polyethyleenpotjes van 100 ml. De polyethyleenpotjes zijn bewaard voor verdere analyse. De chemische analyse van de monsters heeft plaatsgevonden op het Gemeenschappelijk Instrumentarium van de Radboud Universiteit Nijmegen. De analyse van calcium, magnesium, ijzer, aluminium, zink, mangaan, totaal fosfor en totaal zwavel is uitgevoerd met behulp van Inductief Gekoppeld Plasma - Optische Emissie Spectrometrie (ICP-OES; Techno Electron Cooperation).

C/N analyse

Om de totale hoeveelheid koolstof en stikstof in het plantmateriaal te bepalen is een klein deel (3 mg) van het gemalen materiaal in een tinnen container geplaatst, waarna het in een CNS element analyser (EA NA 1500 en EA100 van Carlo Erba-Thermo Fisher Scientific) is verbrand.

3.2.5 Gegevensanalyse

Omdat de verschillen tussen terreinen niet alleen qua terreincondities maar ook qua uitvoering groot waren, en de replicatie binnen terreinen bovendien zeer beperkt was, leenden de gegevens zich niet goed voor een factoriële statistische analyse. De resultatenbespreking beperkt zich dus hoofdzakelijk tot een kwalitatieve vergelijking van de ontwikkelingen na uitvoering van de verschillende maatregelen.

3.3 Enquête Praktijkervaringen

Via het netwerk van het Deskundigenteam Nat Zandlandschap en van het onderzoeksteam zelf zijn terreinbeheerders in 2011 benaderd om hun praktijkervaringen met drukkbe grazing of chopperen als alternatieven voor plaggen toe te lichten. Dit vond plaats via een schriftelijke enquête in combinatie met een interview. Bij de afweging tussen volledigheid en diepgang is de nadruk op de diepgang gelegd door intensieve bevraging van een beperkt aantal beheerders. Naast inhoudelijke vragen die aansluiten bij de onderzoeksvragen, is ook aandacht besteed aan de praktische uitvoerbaarheid.

Combinaties van maatregelen kunnen effectief zijn voor herstel, dus is bij het evalueren van praktijkervaringen ook aandacht besteed aan de toepassing van combinaties van drukkbe grazing en/of chopperen met reguliere be grazing en/of (lokaal) plaggen.

De volgende vragen zijn aan de beheerders voorgelegd:

Beheerorganisatie:

Naam beheerder:

- Maatregel
- Is er in uw terrein drukkbegrazing of chopperen toegepast?
- Zo ja, drukkbegrazing of chopperen?

Uitvoering

- Wat was de reden van toepassing? (vergrassing / opslag / beide / overig [graag specificeren])
- Toelichting
- Naam terrein
- X-coördinaat (ha-hok)
- Y-coördinaat (ha-hok)
- Oppervlakte (ha)
- Type terrein: droge heide / natte heide / overig [graag specificeren]
- Hoeveel bedekking met Pijpenstrootje?
- Jaar van toepassing
- Maand(en) van toepassing

Bij chopperen - welk type machine?

Bij drukkbegrazing:

- welk veeras?
- welke dichtheid?
- binnen raster of gescheperd?
- aantal keren begraasd binnen 1 jaar?
- hoeveel dagen per keer?
- hoeveel graasdagen / ha / jaar?
- hoeveel jaren achtereen?
- overnachting binnen terrein / erbuiten?
- dieren van tevoren ontwormd?

Is de maatregel gecombineerd met andere maatregelen?

- Zo ja, welke?

Welk vervolgbeheer is toegepast?

Effecten

- Wat is de globale indruk van de effecten?
- op de vergrassing?
- op vegetatiestructuur?
- op microreliëf?
- op de vegetatie?
- op de flora?
- op reptielen?
- op insecten?
- Toelichting
- Indien een combinatie van maatregelen is toegepast: welke meerwaarde?
- Hoe zijn de effecten vastgelegd? (niet / indruk / inventarisatie / monitoring)
- Bij inventarisatie / monitoring: is de situatie vooraf ook vastgelegd?
- Is er een rapportage over de effecten beschikbaar?
- Welke verschillen tussen effecten in de eerste jaren en langere termijn?
- Welke invloed van vervolgbeheer?

Beoordeling toepassing

- Hoofddoelstelling bereikt? (ja / nee / deels)
- Belangrijke problemen bij uitvoering:
- Belangrijke voordelen bij uitvoering:
- Waardering t.o.v. andere maatregelen:

Tips en aanbevelingen:

Deel I: Effecten op Korte Termijn

Deel I van dit rapport behandelt de resultaten van een beheerexperiment waarin drukkbegrazing met schapen en chopperen zijn onderzocht als alternatieven voor plagen. Daarbij is ook de invloed van aanvullende bekalking als anti-verzuringmaatregel meegenomen. De onderzoeksmethode is eerder in Hoofdstuk 2 uiteengezet.

In de hoofdstukken komen achtereenvolgens aan de orde: bodemchemie (Hoofdstuk 4), Microreliëf en vegetatiestructuur (Hoofdstuk 5), Vegetatie (Hoofdstuk 6), Kenmerkende heidefauna (Hoofdstuk 7) en een Functionele analyse van faunagroepen (Hoofdstuk 8).



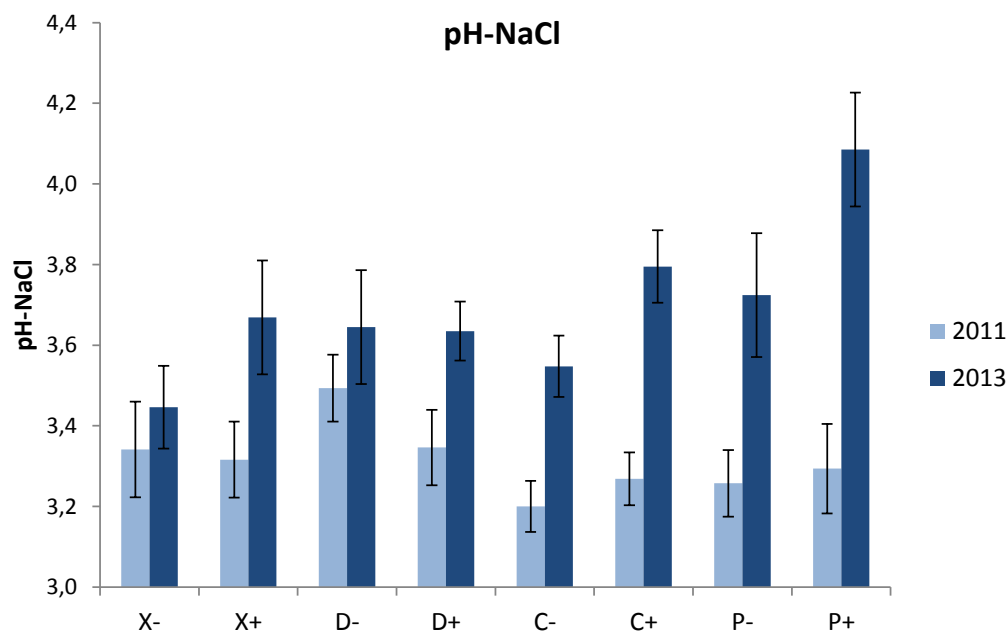
4 Bodemchemie

In dit deel van het onderzoek wordt een overzicht van de effecten van drukbegrazing, chopperen en plaggen, al of niet bekalkt, op de bodemchemie gegeven. Ook wordt aandacht besteed aan de effecten van de verschillende behandelingen op de plantchemie van de meest voorkomende plantensoort (Gewone dophei). De samengevatte gegevens zijn opgenomen in Bijlage 2.

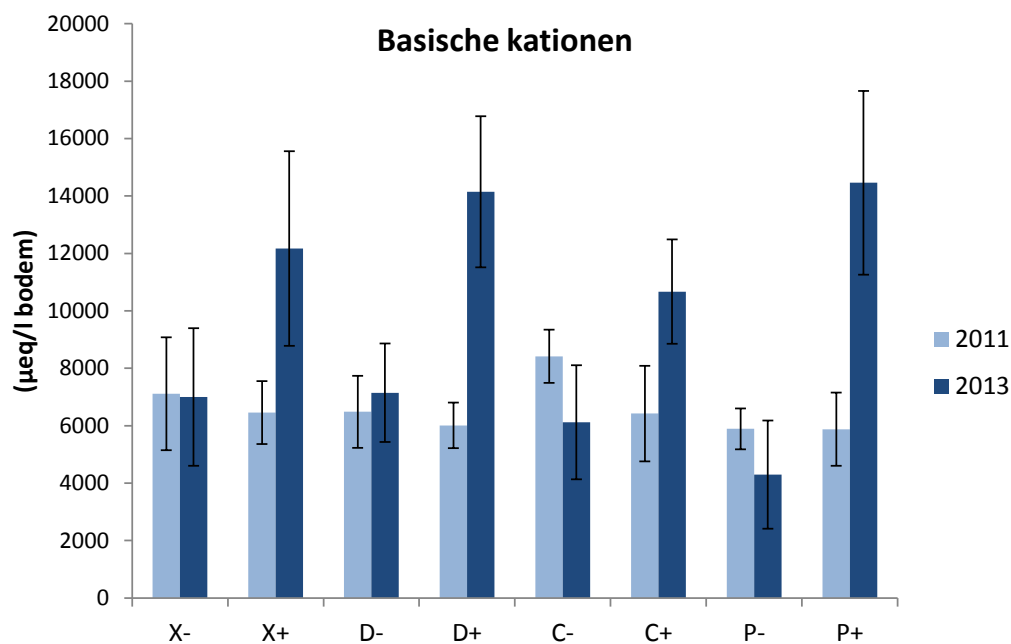
4.1 Buffering van de bodem

De pH-NaCl van de bovenste 10 cm van de bodem in de onderzoeksgebieden was relatief laag voor goed ontwikkelde natte heide en varieerde in 2011, voor de start van de behandelingen, van 3,2 tot 3,4 (Figuur 4.1). De pH-NaCl was na chopperen en plaggen significant hoger ten opzichte van $t=0$ ($F=7,751$, $P<0,01$), dit effect was het sterkst na bekalken ($F=7,552$, $P<0,01$). Bekalken leidde over het geheel niet tot significante verschillen op de pH-NaCl in de bovenste 10 cm van de bodem, echter de pH leek in de controle, gechopperde en geplagde behandeling licht verhoogd (0,2-0,3 eenheden) te zijn vergeleken met de onbekalkte behandeling. Het effect van bekalken was duidelijk terug te vinden in de concentratie basische kationen in de bodem (Figuur 4.2). Bekalken leidde tot een significant hogere concentratie basische kationen (Ca + Mg + K) in de bodem in alle behandelingen, variërend van 10.669 tot 14.449 $\mu\text{eq/l}$ bodem ($F=10,906$, $P<0,01$) vergeleken met 4299 tot 8416 $\mu\text{eq/l}$ bodem (op $t=0$ en de onbekalkte behandelingen in 2013). De kationen Ca en Mg namen het meest toe na bekalken (Bijlage 2.1). Bekalken heeft ook effect op de Al/Ca ratio (Kleijn *et al.*, 2008), deze was na bekalken in alle behandelingen lager dan 1 (Bijlage 2.3). Bekalken had dus wel degelijk effect op de buffering van de bodem, ook al was dat nog niet over het geheel significant terug te zien in de pH-NaCl.

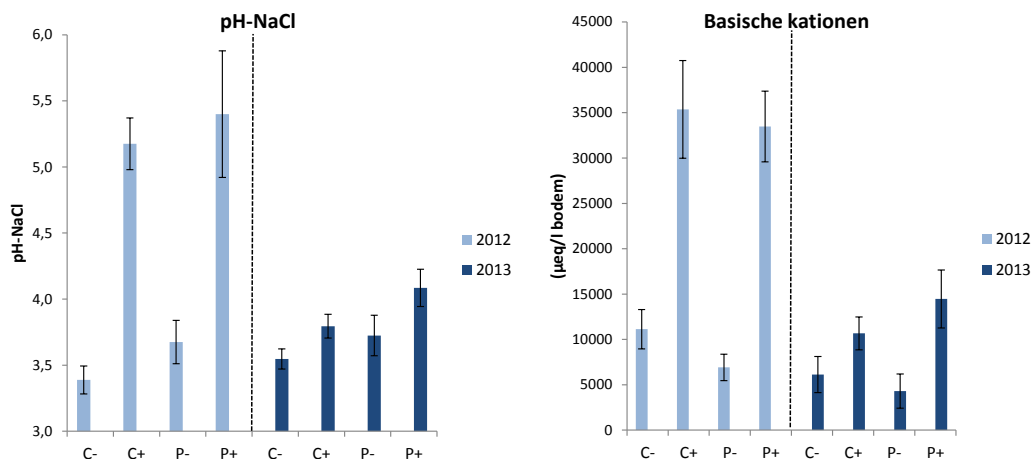
In bovenste 3 cm van de bodem was het effect van bekalken na chopperen en plaggen sterker terug te zien dan in de bodemlaag 0-10 cm (Figuur 4.3). De pH-NaCl in de toplaag van de bodem na bekalken was significant verschillend en verliep van 5,2 tot 5,4 ten opzichte van 3,4 en 3,7 in de onbekalkte plots in 2012 ($F=52,347$, $P<0,01$). De concentratie basische kationen in de bovenste 3 cm van de bodem van de bekalkte proefvelden was eveneens significant verschillend van de niet bekalkte proefvelden in 2012 ($F=77,631$, $P<0,01$). De pH-NaCl en concentratie basische kationen in 2012 waren ongeveer vergelijkbaar met die gemeten in 2013. Verder was de concentratie basische kationen in de bodem bijna een factor 3 hoger in de bovenste 3 cm dan in de 0-10 cm bodemlaag. Deze gegevens maken duidelijk dat na 1,5 jaar de effecten van bekalking nog niet diep in de bodem zijn doorgedrongen. Ook uit onderzoek van Lucassen *et al.* (2010) is gebleken dat het toegediende kalk na 4 jaar niet verder dan 5 cm in de bodem doordringt.



Figuur 4.1: pH-NaCl in de bodem (0-10 cm) per behandeling ($\bar{x} \pm$ standaardfout).
pH-NaCl in the soil (0-10 cm) per treatment ($\bar{x} \pm$ s.e).
 (X=control, D=intensive rotational grazing, C=choppering, P=sod-cutting; without [-] or with [+] liming)



Figuur 4.2: Basische kationen (Ca + Mg + K) in de bodem (0-10 cm) in µeq/l bodem per behandeling ($\bar{x} \pm$ standaardfout).
Base cations in the soil (0-10 cm) in µeq/l soil per treatment $\bar{x} \pm$ s.e).

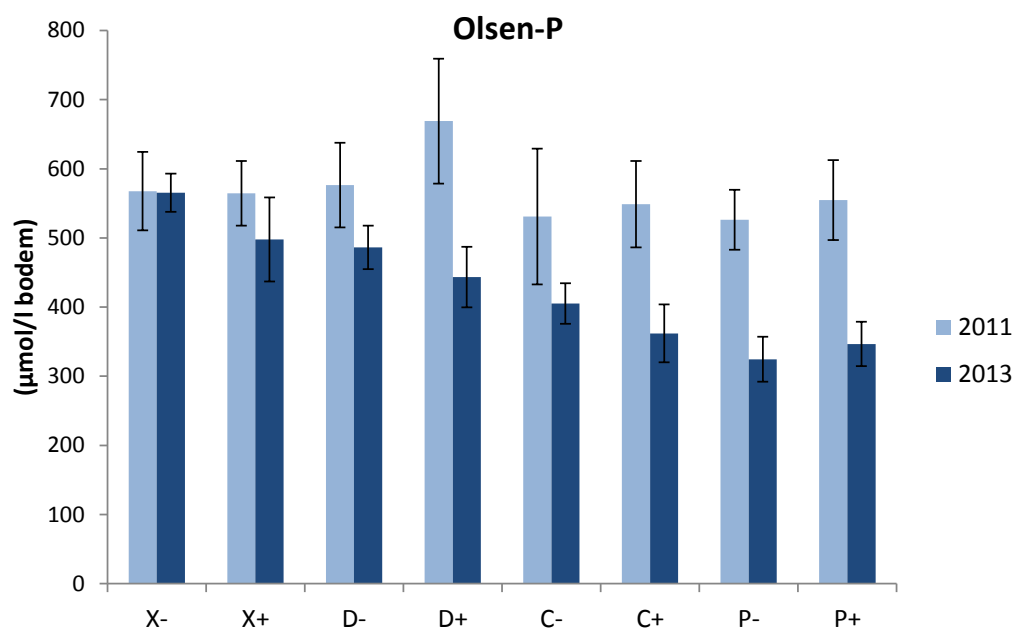


Figuur 4.3: pH-NaCl (links) en basische kationen in de bodem (rechts) in $\mu\text{eq/l}$ in de bovenste 3 cm van de bodem op Strabrecht en Kampina in 2012 en in de bodem (0-10 cm) in 2013 in de gehopperde en geplagde behandeling ($\bar{x} \pm \text{standaardfout}$). *pH-NaCl (left) and base cations in the soil (right) in $\mu\text{eq/l}$ in the top 3 cm of the soil on Strabrecht and Kampina in 2012 and in the soil (0-10 cm) in 2013 in treatments choppering and sod-cutting ($\bar{x} \pm \text{s.e.}$).*

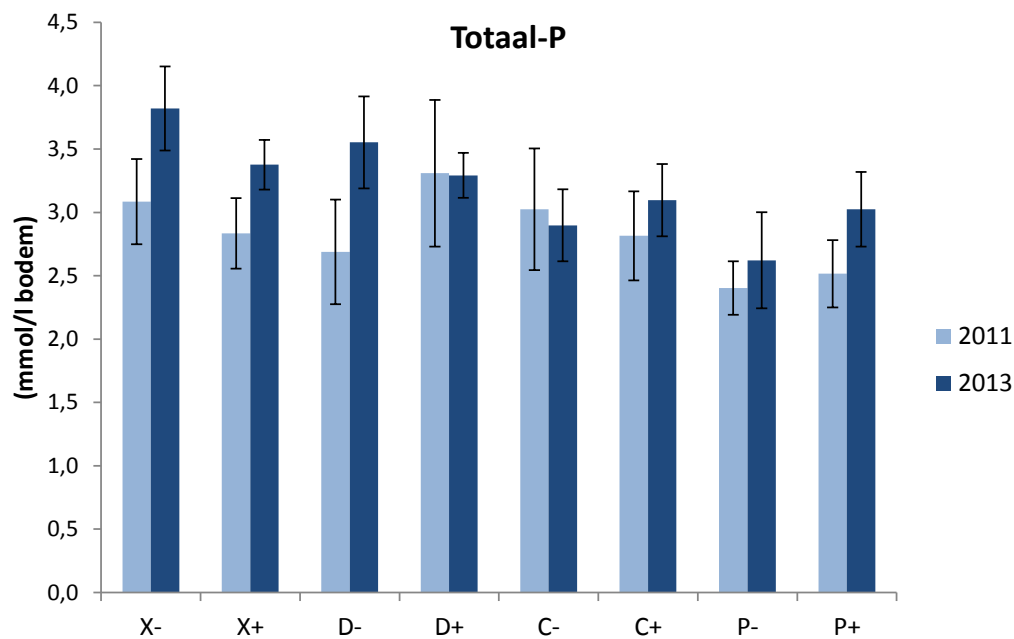
4.2 Fosfaat in de bodem

Chopperen en plaggen leidden tot significant lagere Olsen-P concentraties in de bodem ten opzichte van de controle en drukkbegraasde behandeling (Figuur 4.4, Bijlage 2.4), met waarden van 325 tot 405 $\mu\text{mol/l}$ bodem ten opzichte van 566 $\mu\text{mol/l}$ bodem in de controle behandeling. In de controlebehandeling waren de Olsen-P concentraties in de bodem met 500-600 $\mu\text{mol/l}$ bodem niet zeer laag; dit wijst erop dat er in de natte heide geen echt P-tekort is zoals in de droge heide. Bekalken had geen effect op de Olsen-P concentraties in de bodem. Plaggen leidde tot een significant lagere totaal-P concentratie in de bodem ten opzichte van de controle (Figuur 4.5, $F=3,280$, $P<0,05$). Er was geen significant effect van chopperen of drukkbegrazing op de totaal-P concentratie in de bodem gemeten. Verder had bekalken ook geen effect op de totaal-P concentratie in de bodem. Bekalken leidde in dit experiment niet tot een snellere afbraak van organisch materiaal (wat hogere fosfaatconcentraties in de bodem van de bekalkte proefvelden zou hebben veroorzaakt). Uit andere bekalkingsexperimenten komen ook geen meetbare effecten op de fosfaat-beschikbaarheid naar voren (Dorland *et al.*, 2004; van Mullekom *et al.*, 2009).

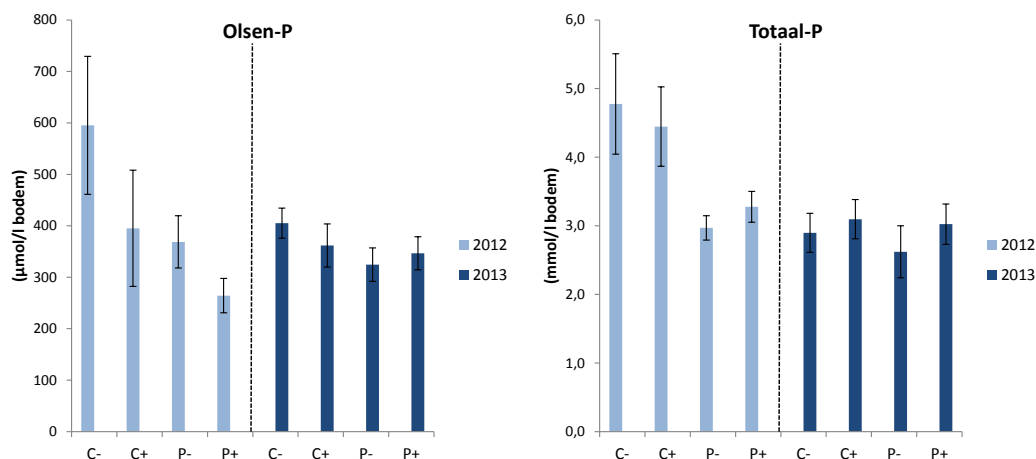
Kijkend naar de Olsen-P concentratie in de bovenste 3 cm van de bodem werden er geen significante verschillen gevonden tussen chopperen of plaggen. Bekalking leek in beide behandelingen tot een lagere Olsen-P concentratie te leiden maar dit was niet duidelijk aantoonbaar ($F=3,878$, $P=0,063$). Verder was de Olsen-P concentratie in de bodem in de gehopperde behandeling wat hoger in de bovenste 3 cm van de bodem dan in de 0-10 cm bodemlaag. Dit is waarschijnlijk gerelateerd aan het percentage organisch stof in de bodem: in deze bodemlaag was het percentage organische stof een factor 4 hoger dan in de 0-10 cm bodemlaag (Bijlage 2.5). Dit gold ook voor de concentratie totaal-P in de bodem: deze was in de bovenste 3 cm van de bodem hoger dan in de 0-10 cm bodemlaag. Daarnaast was de totaal-P concentratie in de bovenste 3 cm van de bodem significant hoger na chopperen dan na plaggen ($F=9,236$, $P<0,01$).



Figuur 4.4: Olsen-P concentratie in de bodem (0-10 cm) in µmol/l bodem per behandeling ($\bar{x} \pm \text{standaardfout}$).
Olsen-P concentration in the soil (0-10 cm) in µmol/l soil per treatment ($\bar{x} \pm \text{s.e.}$).



Figuur 4.5: Totaal-P concentratie in de bodem (0-10 cm) in mmol/l bodem per behandeling ($\bar{x} \pm \text{standaardfout}$).
Total-P concentration in the soil (0-10 cm) in mmol/l soil per treatment ($\bar{x} \pm \text{s.e.}$).



Figuur 4.6: Olsen-P concentratie in $\mu\text{mol/l}$ (links) en totaal-P concentratie (rechts) in mmol/l in de bovenste 3 cm van de bodem op Strabrecht en Kampina in 2012 en in de bodem (0-10 cm) in 2013 in de gehopperde en geplagde behandeling ($\bar{x} \pm \text{standaardfout}$).

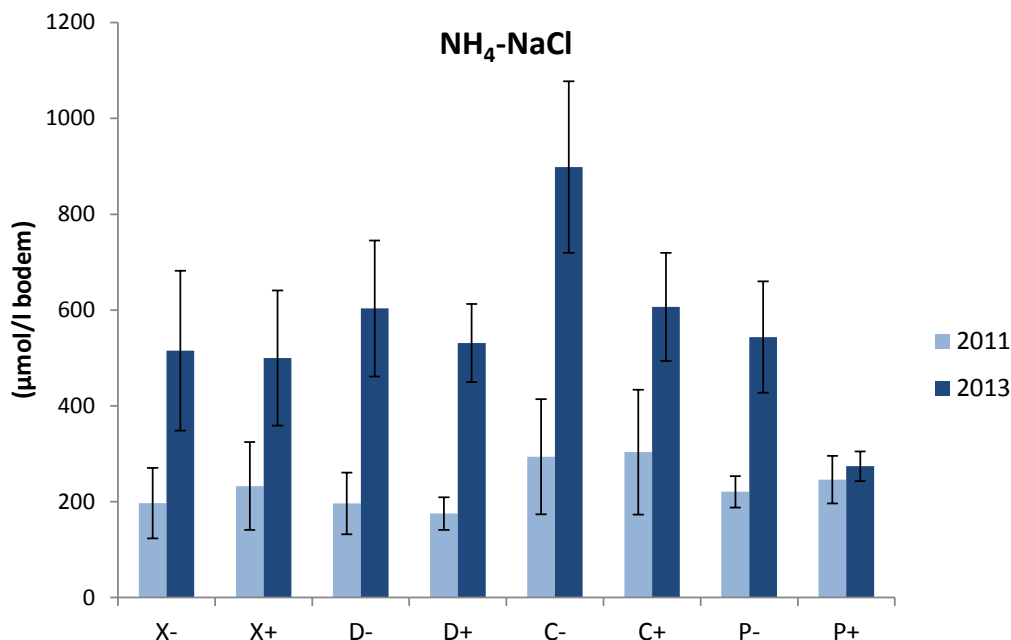
Concentration Olsen-P in $\mu\text{mol/l}$ (left) and total-P concentration in mmol/l (right) in the top 3 cm of the soil on Strabrecht and Kampina in 2012 and in the soil (0-10 cm) in 2013 in treatments chopping and sod-cutting ($\bar{x} \pm \text{s.e.}$).

4.3 Anorganisch N in de bodem

Uit de resultaten bleek dat ammonium de dominante stikstofvorm is in de onderzoeksgebieden (figuur 4.7 en 4.8). Verder is de bodem op Strabrecht veel rijker aan stikstof dan die van de Kampina (Bijlage 2.6). De ammoniumconcentraties in de bodem waren in 2013 significant hoger in alle behandelingen dan in 2011 ($F=87,012$, $P<0,01$). In goed ontwikkelde natte heide met meerdere doelsoorten worden ammoniumconcentraties van 100-200 $\mu\text{mol/l}$ bodem gemeten, in vergraste, gedegradeerde natte heide worden ammoniumconcentraties rond 400-450 $\mu\text{mol/l}$ bodem gemeten (de Graaf *et al.*, 2009). In de gehopperde behandeling waren de gemeten concentraties zeer veel hoger (898 $\mu\text{mol/l}$ bodem). De nitraatconcentraties in de bodem waren in 2011 zeer laag in alle behandelingen, lopend van 9 tot 43 $\mu\text{mol/l}$ bodem. In 2013 was ook de nitraatconcentratie in de bodem significant hoger in alle behandelingen, variërend van 39 tot 148 $\mu\text{mol/l}$ bodem ($F=47,982$, $P<0,01$). De gevonden verschillen tussen de jaren zijn mogelijk het gevolg van het tijdstip van bemonstering. Stikstofconcentraties fluctueren door het jaar heen, meestal hogere concentraties in het voorjaar (meer mineralisatie, minder opname), de laagste concentraties in de zomer (juli-aug) en weer hogere concentraties in het najaar. De concentraties zijn echter ook afhankelijk van andere factoren, zoals droogte, welke ook per jaar verschillen. In dit experiment heeft in 2011 de bemonstering eind augustus plaatsgevonden terwijl in 2013 de bemonstering eind mei uitgevoerd is. Zowel voor de ammonium- als voor de nitraatconcentratie zijn verder geen significante behandelingseffecten gevonden. In de gehopperde en geplagde proefvelden leek bekalking de nitrificatie te stimuleren waardoor ammoniumconcentraties in de bodem lager worden. Dit verschil was echter niet significant. De combinatie van plaggen en bekalken leek ook tot lagere $\text{NH}_4/\text{NO}_3\text{-NaCl}$ ratio's in de bodem te leiden (Bijlage 2.6).

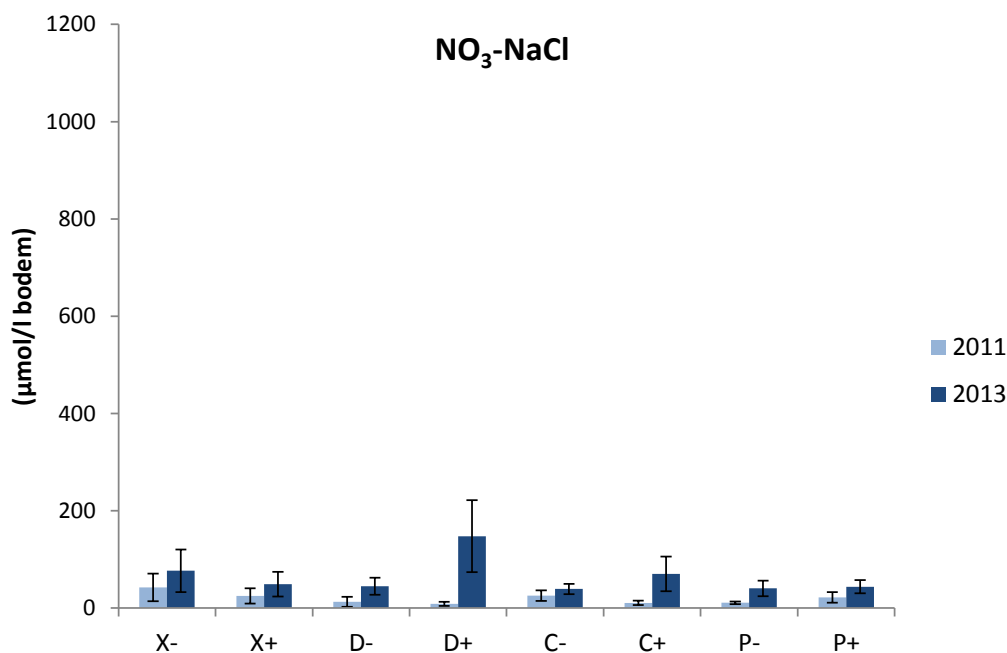
De stikstofconcentraties in de bovenste 3 cm van de bodem waren ongeveer gelijk aan de concentraties gemeten in de 0-10 cm bodemlaag, behalve voor de gecombineerde behandeling van chopperen en bekalken (Figuur 4.9). In de gehopperd-bekalkte behandeling was de concentratie ammonium

significant lager dan in de niet bekalkte behandeling ($F=4,674$, $P<0,05$). In deze dunne toplaag stimuleert bekalken de nitrificatie wat resulteert in een afname van de ammoniumconcentratie in de bodem. De gestimuleerde nitrificatie leidde niet tot een hogere nitraatconcentratie in de bodem, waarschijnlijk door snelle opname van nitraat door de vegetatie.



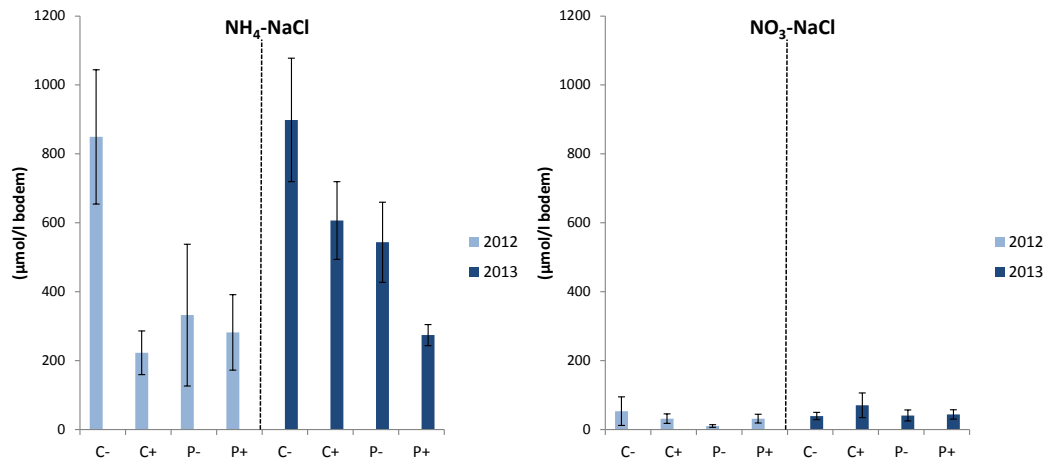
Figuur 4.7: NH₄-NaCl concentratie in de bodem (0-10 cm) in µmol/l bodem per behandeling ($\bar{x} \pm$ standaardfout).

NH₄-NaCl concentration in the soil (0-10 cm) in µmol/l soil per treatment ($\bar{x} \pm$ s.e).



Figuur 4.8: NO₃-NaCl concentratie in de bodem (0-10 cm) in µmol/l bodem per behandeling ($\bar{x} \pm$ standaardfout).

NO₃-NaCl concentration in the soil (0-10 cm) in µmol/l soil per treatment ($\bar{x} \pm$ s.e).

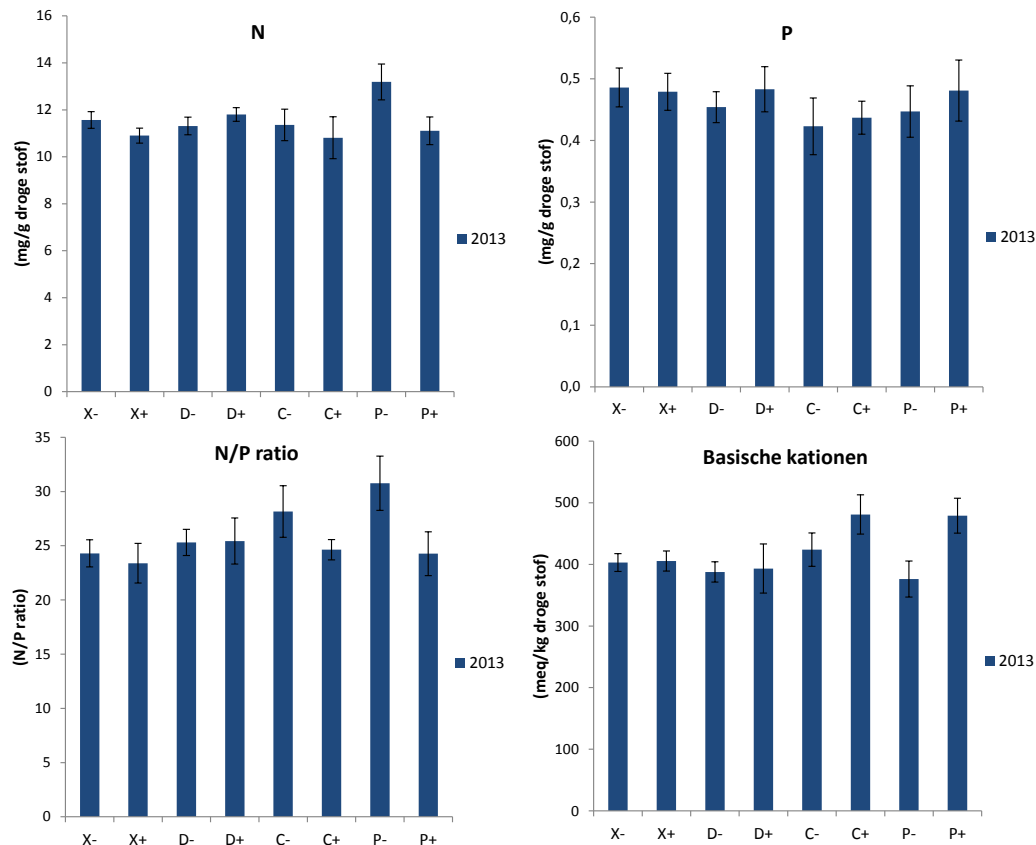


Figuur 4.9: NH₄-NaCl (links) en NO₃-NaCl (rechts) in μmol/l bodem in de bovenste 3 cm van de bodem op Strabrecht en Kampina in 2012 en in de bodem (0-10 cm) in 2013 in de gechopperde en geplagde behandeling ($\bar{x} \pm$ standaardfout).
NH₄-NaCl (left) and NO₃-NaCl (right) in μmol/l soil in the top 3 cm of the soil on Strabrecht and Kampina in 2012 and in the soil (0-10 cm) in 2013 in treatments chopping and sod-cutting ($\bar{x} \pm$ s.e).

4.4 Plantchemie

De N-concentraties in de vegetatie lagen rond 11,5-12 mg/g en er werden geen effecten van de behandelingen gevonden (Figuur 4.10 en Bijlagen 2.2 en 2.7). Ook de P-concentraties in de vegetatie waren laag, tussen 0,4 en 0,5 mg/g, en ook hier werden geen behandelingseffecten gevonden. Alleen chopperen en plaggen van de bodem leek tot hogere N/P ratio's in de planten te leiden. Bekalken na chopperen en plaggen had significant effect op de N/P ratio ($F=4,729$, $P<0,05$): door bekalken na chopperen en plaggen werd de N/P ratio verlaagd tot het niveau van de controle behandeling (namelijk 24,3). In Kampina leidde bekalking zowel na drukkbe grazing als na plaggen tot een lagere N/P ratio van 18-20 dan de waarden van ca. 24 in de controle en andere behandelingen (maximaal ca. 27 na chopperen zonder bekalking), maar in de andere terreinen werd dit verschil niet gevonden.

Bekalken van controle en drukkbe graasde proefvelden leidde niet tot hogere concentraties basische kationen (Ca + Mg + K) in heideplanten (Bijlage 2.2). De concentratie basische kationen in de vegetatie leek lager na plaggen, maar dit was niet significant. De concentratie basische kationen in Gewone dophei van de bekalkte proefvelden na plaggen en chopperen was significant verschillend van de Gewone dophei in niet-bekalkte proefvelden ($F=6,817$, $P<0,05$). Het effect van bekalken was hier dus niet alleen terug te zien in de bodem (Figuur 4.2) maar ook in de vegetatie.



Figuur 4.10 N en P concentratie (links- en rechtsboven) in mg/g droge stof, N/P ratio en concentratie basische kationen in meq/kg droge stof (links- en rechtsonder) in Gewone dophei per behandeling ($\bar{x} \pm$ standaardfout).
N and P concentration (top left and right) in mg/g dry material, N/P ratio and concentration basic cations in meq/kg dry matter (bottom left and right) in Erica tetralix per treatment ($\bar{x} \pm$ s.e).

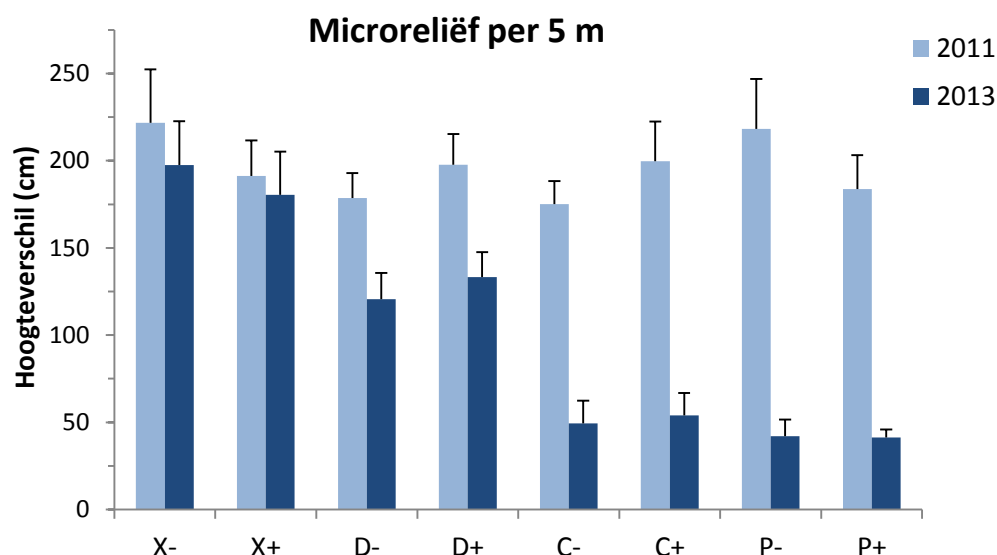
4.5 Kernpunten

- Bekalken leidde duidelijk tot hogere concentraties basische kationen in de bodem in alle behandelingen.
- Bekalken had geen effect op fosfaat- en stikstofconcentraties in de bodem.
- Bekalken na plaggen en chopperen leidde tot hogere concentraties basische kationen en tot lagere N/P ratio's in de Dophei-planten.
- Drukbegrazing leidde niet tot meetbare effecten op de bodem- of plantchemie.
- Chopperen en plaggen van de bodem leidden tot een significant hogere pH-NaCl in de bodem.
- Chopperen en plaggen van de bodem leidde tot significant lagere fosfaatconcentraties in de bodem en tot hogere N/P ratio's in de Dophei-planten
- Effecten van bekalken en/of behandelingen waren na chopperen en plaggen vooral sterk terug te vinden in de bovenste 3 cm van de bodem en in de concentratie basische kationen in Dophei.

5 Microreliëf en vegetatiestructuur

5.1 Microreliëf

Het microreliëf in de proefvlakken veranderde sterk onder invloed van de verschillende vegetatiebehandelingen (Figuur 5.1; $P < 0,0001$). Daarbij was geen noemenswaardig verschil tussen de terreinen. In de controle was er geen verschil tussen de metingen in 2011 en 2013. Plaggen en chopperen zorgden voor een vergelijkbare afname van microreliëf. Dit werd vooral veroorzaakt door het verlies aan polstructuren van Pijpenstrootje. Ook drukbegrazing zorgde voor een significante afname van het microreliëf, maar veel minder sterk dan na chopperen of plaggen. Zoals mocht worden verwacht had bekalking geen invloed op de verandering in microreliëf.



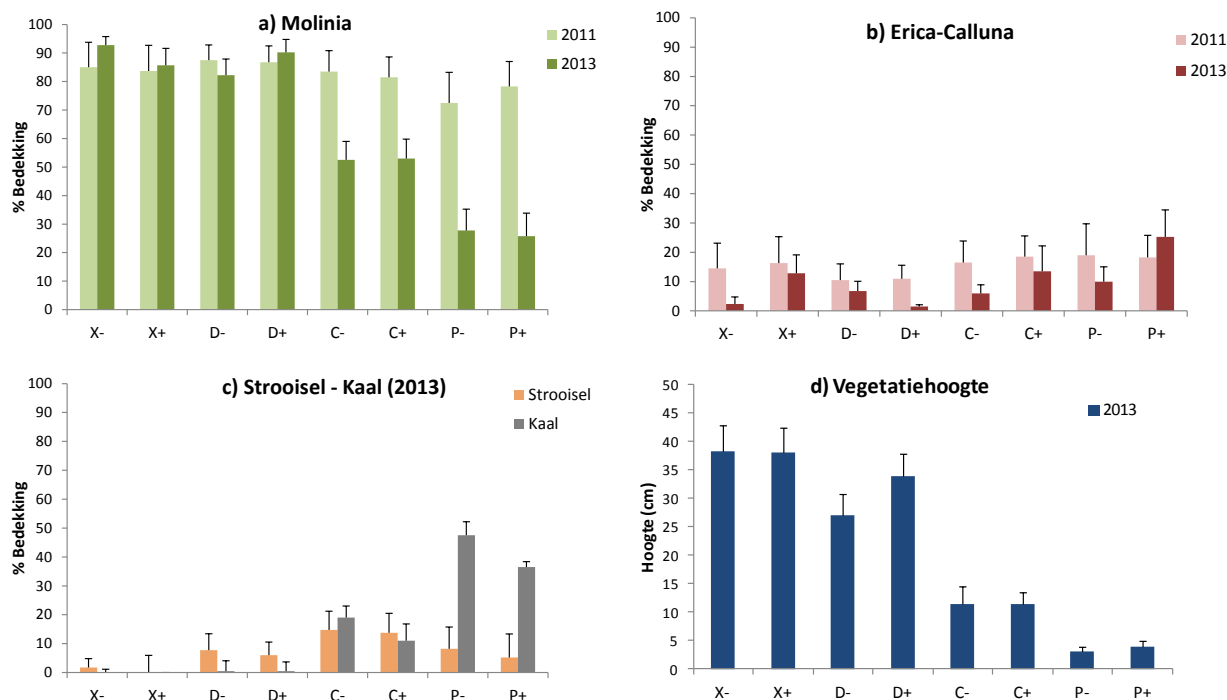
Figuur 5.1: Microreliëf langs transecten voor en na uitvoering van het beheer-experiment (weergegeven als totaal hoogteverschil per 5 meter met standaardfout). *Microtopography along transects before and after the implementation of experimental treatments (X=control, D=intensive rotational grazing, C=chopping, P=sod-cutting; without [-] or with [+] liming) (shown is the cumulative height variation per 5 m +s.e.).*

Hoogteverschillen van 10 cm of meer tussen opeenvolgende dm-punten kwamen bij de nulmeting voor met een mediane frequentie van 3 keer (maximaal 14) op een 5 meter-transect. De effecten van de behandelingen op het aantal van deze grotere hoogteverschillen vertoonde eenzelfde, hoewel meer variabel, patroon als het cumulatieve hoogteverschil. Door chopperen en plaggen verdwenen vrijwel alle hoogteverschillen van 10 cm of meer. Bij drukbegrazing bleven deze wel bestaan door het behoud van de polstructuur.

5.2 Vegetatiestructuur

Pijpenstrootje bleef de dominante bedekking in de controles en na uitvoering van drubbegrazing (>80%), maar de bedekking nam significant af na chopperen (tot ca. 50%) en nog sterker na plaggen (ca. 27%; verschillen significant $P < 0,0001$). Er waren geen effecten van bekalking op de bedekking van Pijpenstrootje. De bedekking aan dwergstruiken van Gewone dophei en Struikhei bleef ook na uitvoering nog laag, maar bij chopperen en plaggen betrof dit uitsluitend jonge planten; in beide Friese terreinen was lokaal ook sprake van een enige tientallen procenten bedekking met Kraaihei *Empetrum nigrum*; na plaggen keerde Kraaihei niet terug, terwijl de soort na chopperen en drubbegrazing weliswaar in bedekking afnam, maar wel aanwezig bleef. Met bekalking was de bedekking van dwergstruiken 8-15% hoger dan zonder bekalking ($P = 0,02$). Bij drubbegrazing was de schijnbaar sterkere afname van dwergstruiken in de bekalkte proefvlakken niet significant.

De dominante bedekking van strooisel en kale bodem is in Figuur 5.2 alleen voor de effectmeting getoond, omdat het aandeel hiervan voor uitvoering verwaarloosbaar was. Niet verrassend was het aandeel kale bodem het hoogst na plaggen. Na chopperen was de bedekking met strooisel (ook de bases van oude pollen) ongeveer even groot als die van kale bodem. Na bekalking was het aandeel kale bodem in de geplagde en gechopperde proefvlakken vaak geringer door een grotere bedekking van de koloniserende vegetatie, naast dwergstruiken ook Bruine snavelbies en andere grassen (zie Hoofdstuk 6). De vegetatiehoogte vertoonde na uitvoering van de behandelingen eenzelfde patroon als de bedekking van het dominante Pijpenstrootje (verschillen tussen behandelingen $P < 0,0001$), met een geringe vegetatiehoogte in de gechopperde proefvlakken en nog lagere vegetatie op de plagplekken. Maar in



Figuur 5.2: Dominante bedekking langs transecten in het beheerexperiment voor a) Pijpenstrootje, b) Dophei en Struikhei, c) strooisel en kale bodem en d) vegetatiehoogte ($\pm$ s.e.; voor c. en d. worden alleen de resultaten na uitvoering getoond).

Dominant cover along transects under different experimental treatments for a) Molinia caerulea, b) Erica / Calluna, c) litter and bare soil and d) vegetation height ($\pm$ s.e.; for c. and d. only data after treatment implementation are shown) (X=control, D=intensive rotational grazing, C=chopping, P=sod-cutting; without [-] or with [+] liming)

tegenstelling tot de bedekking was de vegetatiehoogte tussen alle behandelingen significant verschillend en dus bij drukkbegrazing ook significant lager dan in de controles.

5.3 Kernpunten

De belangrijkste resultaten van de experimentele behandelingen op microreliëf en vegetatiestructuur zijn de volgende:

- Plaggen en chopperen zorgen voor een vergelijkbare, sterke afname van het microreliëf, dat in met Pijpenstrootje vergraste heide in belangrijke mate wordt bepaald door de polstructuur van deze dominante soort.
- Drukbegrazing zorgt voor een significante maar matige afname van zowel het microreliëf als de vegetatiehoogte. De dominantie van Pijpenstrootje wordt na de eenmalige drukkbegrazing met schapen nog niet doorbroken, maar de vegetatiestructuur is wel minder gesloten geworden.
- De bedekking met dwergstruiken is twee groeiseizoenen na plaggen en chopperen nog laag. Wel is de bedekking hoger na bekalking.
- Bij chopperen verloopt het herstel van de vegetatie sneller dan bij plaggen en is de vegetatie, zij het gemiddeld nog laag, ook hoger.



Geplagde en gechopperde proefvlakken in Blok KA: van links naar rechts: P- P+ C+ C- (aug. 2013). De vegetatiebedekking was duidelijk hoger bij bekalking.
Sod-cut and choppered plots in Block KA: from left to right: P- P+ C+ C- (aug. 2013). Vegetation cover was clearly higher with liming.

6 Vegetatie

De vegetatie is in twee delen beschouwd. Het eerste deel bestaat uit vaatplanten, varens, mossen en korstmossen. Het tweede deel betreft de macrofungi. De analyse heeft zich vooral op de Brabantse terreinen gericht omdat hier zowel de vegetatie als de mycoflora is onderzocht. De twee Friese terreinen worden alleen kwalitatief behandeld.

Eerst is de typische soortensamenstelling in een natte heide in beeld gebracht. Vervolgens is aangegeven hoe de soortensamenstelling verschoven is als gevolg van vermesting, verzuring en verdroging. Daarna zijn de resultaten van de maatregelen besproken. Aan het eind worden de resultaten van zowel de groene planten als de macrofungi samengevat in een synthese.

6.1 Hogere planten en mossen

Natte heide is heide waarin het grondwater jaarlijks tot in de wortelzone reikt. Dominante soort is meestal Dophei (*Erica tetralix*). Andere soorten die vrijwel altijd aanwezig zijn, zijn Pijpenstrootje (*Molinia caerulea*), Trekrus (*Juncus squarrosus*) en Struikhei (*Calluna vulgaris*). De meeste andere soorten zijn kieskeuriger en hun voorkomen is vooral afhankelijk van de hydrologie en de mate van buffering (Tabel 6.1).

Tabel 6.1: De voornaamste standplaatsen in de natte heide, gebaseerd op de hydrologie en de mate van buffering. Ook zijn enkele kenmerkende plantensoorten weergegeven; de soorten die genoemd staan voor zure bodems komen ook op zeer zwak gebufferde bodems voor, maar niet andersom.

The most important ecotopes in wet heathland, based on hydrology and buffering capacity, with characteristic plant species.

Hydrologie	Zuur	Zeer zwak gebufferd
Wisselende waterstand, hogere delen	Heideklauwtjesmos Korstmossen	Blauwe zegge Tormentil Klokjesgentiaan
Wisselende waterstand, lagere delen	Snavelbiezen Kleine zonnedauw Broedkelkje	Veeltstengelige waterbies Dwergzegge Goudkorreelmossen
Langdurig nat, hogere delen	Kussentjesveenmos Kussentjesmos	Klokjesgentiaan Veenbies
Langdurig nat, lagere delen	Kleine veenbes Wrattig veenmos Ronde zonnedauw Veenpluis	Beenbreek Glanzend veenmos

In alle typen natte heide leidt een overmaat aan stikstof tot een dominantie van Pijpenstrootje. De meer typische soorten gaan hierdoor achteruit; in zwaar vergraste situaties zijn vaak alleen nog Dophei en Veenpluis (*Eriophorum angustifolium*) in grotere hoeveelheden aanwezig.

De plots op de Kampina zijn gelegen langs de kop van een heideslenk. De waterstand is hier relatief stabiel. Ook komen hier nog vrij veel soorten voor die op enige buffering wijzen; met name Klokjesgentiaan (*Gentiana*

pneumonanthe), Blauwe zegge (*Carex panicea*) en Kruipwilg (*Salix repens*). Er liggen zowel plots in wat hogere delen als in wat lagere delen. Sommige plots zijn geheel vergrast, in andere plots zijn nog delen aanwezig die door heide gedomineerd worden. De heide wordt extensief begraasd met koeien. Kenmerkende soorten handhaven zich op droogvallende delen, langs koeienpaadjes en in de niet vergraste delen.

De plots op de Strabrechtse heide liggen in een terreindeel met tamelijk sterk wisselende waterstanden. Reeks SA ligt op een rug en houdt het midden tussen een droge en een natte heide. In deze reeks bevinden zich wel planten van zeer zwak gebufferde omstandigheden; met name Stekelbrem (*Genista anglica*) en Borstelgras (*Nardus stricta*). Reeks SC bevindt zich juist in een laaggelegen deel rondom een ven. Hier wijst Veelstengelige waterbies (*Eleocharis multicaulis*) op een zeer geringe buffering. Reeks SB houdt qua vochttoestand het midden; hier zijn vrijwel geen planten van gebufferde omstandigheden gevonden. De plots zijn gelegen in sterk vergraste delen, alleen in reeks SC worden delen nog gedomineerd door Dop- of Struikhei, of Pilzegge (*Carex pilulifera*).

6.1.1 Effecten van de maatregelen

De geteste maatregelen zijn hieronder afzonderlijk van elkaar besproken. Eerst zijn de overall waargenomen effecten besproken, vervolgens effecten die alleen in bepaalde typen natte heide zijn waargenomen. Aan het eind zijn de resultaten samengevat in een synthese.

Bekalking van vergraste heide

Bekalking van de referentieplots had ogenschijnlijk weinig effect op de vegetatie in de eerste twee jaar. De bedekking van de dominante soorten en de typische heidesoorten bleef ongeveer gelijk (Tabel 6.2). Alleen op de schaarse lichte plekken tussen de pollen van Pijpenstrootje vond wat vestiging van zuurmijdende soorten plaats (Tabel 6.3). Dit waren in de eerste plaats mossen, zoals Gewoon dikkopmos (*Brachythecium rutabulum*), Krulmos (*Funaria hygrometrica*) en Purpersteeltje (*Ceratodon purpureus*). Ook werden op enkele plekken kleine exemplaren gevonden van Paardenbloem (*Taraxacum officinale*) en Kantige basterdwederik (*Epilobium tetragonum*). Het ging hier om algemene mossen en hogere planten die zich goed kunnen verspreiden, met respectievelijk sporen en zaadpluis.

Drukbegrazing zonder bekalking

Drukbegrazing had vrij weinig effect op de aanwezige vegetatie. Het Pijpenstrootje werd wel flink aangevreten, maar liep na de druibegrazing ook snel weer uit. De bedekking bleef wel iets achter bij de oorspronkelijke, maar was nog altijd te hoog om vestiging van andere plantensoorten mogelijk te maken, al ontstonden er wel meer lichte plekken (zie ook 5.2) en waren er op deze plekken vaak ook rijkelijk schapenkeutels aanwezig.

Drukbegrazing met bekalking

De combinatie van bekalking met de na druibegrazing wat grotere openheid en aanwezigheid van schapenkeutels begunstigde het optreden van soorten van voedselrijker en minder zure bodem, zodat er op de begraasde plots meer exemplaren en meer soorten voorkwamen (Tabel 6.3). Onder andere Krulmos (*Funaria hygrometrica*) en Viltige basterdwederik (*Epilobium parviflorum*) zijn waargenomen. Het ging echter nog steeds maar om kleine aantallen en in een klein deel van de plots.

Tabel 6.2: Bedekkingspercentage van de belangrijkste heidesoorten in 2011 en 2013, gemiddeld per behandeling. X = referentieplots. D = drukkbegrazing, C = chopperen, P = Plaggen. Min is onbekalkt, plus is bekalkt met 2 ton dologran/ha.

Cover (%) of the most important heathland species in 2011 and 2013, averaged per treatment (X=control, D=intensive rotational grazing, C=chopping, P=sod-cutting; without [-] or with [+] liming)

Behandeling		x-	x-	x+	x+	d-	d-	d+	d+	c-	c-	c+	c+	p-	p-	p+	p+
Jaar		'11	'13	'11	'13	'11	'13	'11	'13	'11	'13	'11	'13	'11	'13	'11	'13
Totale bedekking (%)		95	97	96	97	97	96	96	96	97	62	97	68	96	37	96	56
Bedekking kruidlaag (%)		92	95	92	94	90	94	90	93	92	56	91	61	93	37	92	48
Bedekking moslaag (%)		4,3	5,2	3,7	5,2	3,0	5,0	2,0	4,2	3,0	7,7	4,5	13,8	1,8	2,5	2,5	12,0
Dominante soorten																	
Calluna vulgaris	Struikhei	0,3	0,3	0,3	0,4	0,2	0,1	0,5	0,2	0,2	3,7	0,4	3,4	0,3	4,1	0,3	3,7
Erica tetralix	Gewone dophei	13	5,8	11	3,4	7,5	3,9	6,5	1,5	7,4	9,4	11	8,5	4,5	6,7	11	14
Molinia caerulea	Pijpenstrootje	77	84	78	82	78	85	82	82	82	35	80	40	80	14	82	16
Natte heide soorten																	
Carex panicea	Blauwe zegge	0,3		0,3	0,4	0,3	0,3			0,3	0,3	0,3	0,2	0,5			0,7
Cephalozia connivens	Glanzend maanmos	1,0	0,1	0,5	0,1	0,3	0,1	0,5		0,5	0,1				0,1	0,1	
Drosera intermedia	Kleine zonnedaauw		0,1	0,1			0,3			0,1	0,2		0,3	0,1	4,3		0,8
Eriophorum angustifolium	Veenpluis	0,4	0,3	0,3	0,5	0,1	0,3	0,1		0,3		0,3	0,1	0,4	0,1	0,3	
Gentiana pneumonanthe	Klokjesgentiaan	0,3	0,1	0,3	0,1	0,3	0,3		0,1	0,5	0,0	0,2	0,1	0,3			0,3
Gymnocolea inflata	Broedkelkje	0,1						0,3			0,1						
Juncus squarrosus	Trekrus	0,3	0,1	0,3	0,3		0,1				0,1		0,1	0,3	0,1	0,1	0,3
Narthecium ossifragum	Beenbreek			0,1	0,0												
Rhynchospora spp.	Snavelbiezen	0,1	0,1		0,1		0,3			0,3	7,2		3,8	0,3	15,5		8,4
Scirpus cespitosus	Veenbies	0,3	2,0	0,5	0,3	0,3	0,1	0,1	0,2	0,3	0,3					0,3	
Sphagnum compactum	Kussentjesveenmos	0,3	0,5	0,4	0,3	0,1		0,3	0,1	0,1				0,1		0,1	
Sphagnum cuspidatum	Waterveenmos	8,0	4,0	4,0	2,0	2,0	0,1	2,0		0,1	2,0	0,3					
Sphagnum denticulatum	Geoord veenmos	0,3	0,3	2,1	4,0	0,3	4,0	0,1		2,0	0,2	4,0	0,1	0,1		0,3	
Sphagnum tenellum	Zacht veenmos	1,5	2,3	2,3	1,1	0,4	4,0	0,3		4,0		4,0		0,5		0,4	
Overige soorten																	
Agrostis capillaris	Gewoon struisgras				2,0	0,1	0,3	0,1	4,0		2,0	0,3	2,1	0,3	2,0	0,2	2,0
Aulacomnium palustre	Rood viltmos	0,1				0,1		0,1			0,1		0,1	0,1			
Betula (k,j)	Berk, kiemplant/juveniel	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,1	0,2	0,2
Brachythecium rutabulum	Gewoon dikkopmos	0,1	0,1	0,1	0,3			0,1	0,3				0,1	0,2		0,1	0,1
Calypogeia fissa	Moerasbuidelmos	0,4	2,0	1,0	2,0	1,0	2,0	1,0	0,1	1,0	0,1		0,1	0,6		0,2	
Campylopus introflexus	Grijs kronkelsteeltje	0,7	0,7	0,7	0,2	1,1	0,4	0,6	0,4	0,6		0,9	0,3	0,9		2,1	
Campylopus pyriformis	Gewoon kronkelsteeltje	0,4	1,1	0,3	0,3	0,4	0,7	0,5	0,9	0,3	8,4	0,5	0,6	0,5	1,8	0,7	1,4
Carex pilulifera	Pilzegge	1,1	0,3	0,4	0,3	1,3	1,1	0,3	5,1	0,4	1,3	1,3	0,3	1,3	0,3	1,3	0,3
Ceratodon purpureus	Purpersteeltje	0,1		0,1	1,3	0,1	0,1		0,3				4,0				8,0
Cladina portentosa	Open rendiermos											0,1	0,1			0,1	
Cladonia grayi	Bruin bekermos	0,3	0,3	0,2	0,1	0,4	0,1	0,2		0,3		0,3	0,1	0,4		0,3	
Dicranum scoparium	Gewoon gaffeltandmos		0,1	0,1	0,1	0,3			0,1	0,1	0,1	0,3				0,3	
Dryopteris carthusiana	Smalle stekelvaren	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3		0,1	0,5	0,1	0,2		0,3		0,1	0,1
Eleocharis multicaulis	Veelstengelige waterbies					0,3			0,1		0,3		0,2		0,2		0,3
Festuca ovina	Schapegras	4,1	0,4	1,1	2,3	4,1	4,0	2,1	2,3	8,0	0,5	3,0	2,0	4,0	0,3	4,0	0,5
Genista anglica	Stekelbrem				0,1	0,1	0,3		0,1	0,1		0,1					
Hypnum jutlandicum	Heide-klauwtjesmos	1,3	1,6	0,9	0,6	1,8	4,1	0,9	1,7	1,1	0,1	2,4	0,3	0,7	0,1	0,4	
Hypochaeris radicata	Gewoon biggenkruid	0,1		0,1	0,1	0,1				0,1			0,1				0,2
Lepraria spp.	Poederkorst	0,1	0,1	0,1		0,2	0,1		0,1					0,1			
Nardus stricta	Borstelgras	2,0	0,3	4,0		2,0	0,3	4,0	0,3	2,0	0,1		0,5	0,3	0,1	2,0	0,3
Pinus (k)	Den - kiemplant	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1		0,1	0,1		0,2	0,1	0,2	0,1	0,2
Pinus sylvestris	Grove den	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2		0,2		0,1		0,2	
Pohlia nutans	Gewoon peermos	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1		0,3	0,1	0,1		0,3	1,0		0,1	0,3	
Polytrichum commune	Gewoon haarmos	1,0	0,2		0,1	0,1	0,1		0,5	0,1	0,1	0,3	0,3	0,1			
Rhamnus frangula (j)	Sporkenhout	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1		0,1	0,1			0,1		0,2	0,1	0,2
Rumex acetosella	Schapezuring	0,1	0,2		0,3	0,1	0,2		0,3		0,2		0,3	0,1		0,1	0,1
Salix repens	Kruipwilg		0,1	0,1	0,2				0,1	0,3		0,1		0,3		0,3	

Tabel 6.3: Mate van voorkomen van de overige soorten, voor zover deze in 3 of meer plots zijn waargenomen. Weergegeven zijn alleen de referentieplots (X) en de plots waar drukbegrazing is toegepast (D) (– is onbekalkt, + is bekalkt met 2 ton dologran/ha). * = soort alleen waargenomen op koeienmest.

Occurrence of other species that were recorded in at least 3 plots for controls (X) and after intensive rotational grazing (D); without [–] or with [+] liming

** = species only observed on cattle dung.*

	kb2	kc8	ka8	Sc1	sb6	sb9	sa4	kb4	kc7	ka6	Sc2	sb2	sa3	kb1	kc6	ka7	Sc4	sb8	sa6	kb3	kc5	ka5	Sc3	sb4	sa5
	x-	x-	x-	x-	x-	x-	x-	x+	x+	x+	x+	x+	x+	d-	d-	d-	d-	d-	d-	d+	d+	d+	d+	d+	d+
Brachythecium rutabulum				r1				r1		a1	p1													p1	
Bryum argenteum																								p1	
Bryum spp.																								r1	
Ceratodon purpureus											m2	a1						r1							p1
Cirsium arvense																							r1		
Cladonia spec.														r1			r1							r1	
Deschampsia flexuosa							r1					r1						r1						r1	r1
Epilobium parviflorum																				r1			r1		
Epilobium tetragonum								r1				r1								r1			r1		
Funaria hygrometrica												r1											r1		
Hypochaeris radicata												r1													
Juncus effusus															r1								r1		
Juncus squarrosus							r1												r1						
Juncus tenuis																p1									
Lycopus europaeus	r1*																								
Marchantia polymorpha																								r1	
Nardus stricta							p1												p1						p1
Pohlia nutans							r1																r1		
Quercus robur (k)		r1						r1							r1					r1					
Ranunculus repens															r1										
Rumex obtusifolius															r1	r1							r1	r1	
Salix cinerea (k)																								r1	
Salix repens	r1							p1				r1													
Sonchus asper																				r1					
Taraxacum officinale								r1															r1		
Veronica serpyllifolia																									r1

Chopperen zonder bekalking

Direct na het chopperen was er geen vegetatie meer aanwezig. De plots werden gekoloniseerd door vaatplanten die uitliepen uit achtergebleven wortels, door planten die zich vestigden vanuit de aanwezige zaadbank en door plantensoorten die zich vestigden door aanvoer van zaden of sporen. Uit de achtergebleven humuslaag worden door mineralisatie voedingsstoffen gemobiliseerd, die door het ontbreken van vegetatie kunnen accumuleren. Met name de hoeveelheid mineraal stikstof was in de humeuze toplaag meetbaar hoger in het eerste jaar na chopperen (zie 4.3).

Vooral Pijpenstrootje liep weer uit vanuit de wortels en bereikte na twee jaar alweer een bedekking van 35-40% (Tabel 6.2). In enkele plots was ook veel Schapengras (*Festuca ovina*) aanwezig, maar deze overleefde slechts in geringe mate. De opgevallende ruimte werd vooral bezet door Dop- en Struikhei, en door snavelbiezen. Op de jonge heideplantjes werd op enkele plekken Klein warkruid (*Cuscuta epithymum*) gevonden, tussen de snavelbiezen soms Ronde zonnedaauw (*Drosera rotundifolia*) (tabel 6.4). Daarnaast was in 2013 een ijle moslaag aanwezig met vooral Gewoon kronkelsteeltje (*Campylopus pyriformis*). Op natte delen konden veenmossen zich al snel weer uitbreiden, op drogere delen Gewoon struisgras (*Agrostis capillaris*). Ook enkele soorten van gebufferde, vochtige heide waren na twee jaar weer aanwezig: Blauwe zegge en Klokjesgentiaan.

Tabel 6.4: Mate van voorkomen van de overige soorten, voor zover deze in 3 of meer plots zijn waargenomen. Weergegeven zijn alleen de gehopperde (C) en de geplagde (P) plots (– is onbekalkt, + is bekalkt met 2 ton dologran/ha). * = soort alleen waargenomen op koeienmest.

*Occurrence of other species that were recorded in at least 3 plots for controls (X) and after choppering (C) and sod-cutting (P); without [–] or with [+] liming; * = species only observed on cattle dung.*

	kb6	kc3	ka4	Sc6	sb5	sa8	kb5	kc4	ka3	Sc5	sb1	sa7	kb8	kc2	ka1	Sc8	sb7	sa2	kb7	kc1	ka2	Sc7	sb3	sa1	
	c-	c-	c-	c-	c-	c-	c+	c+	c+	c+	c+	c+	p-	p-	p-	p-	p-	p-	p+	p+	p+	p+	p+	p+	
Barbula spp										r1		r1										r1	r1	r1	
Brachythecium rutabulum												r1									r1				
Bryum argenteum										m1	m2	m4											m2	m4	
Bryum spp.							m2			m4	1	1+	p1	p1	r1					a1	m4		m4	1-	
Carex nigra		r1					p1													p1					
Carex ovalis/oederi							r1	r1													r1				
Cerastium fontanum								p1	p1				r1				r1			r1	r1	p1	r1		
Ceratodon purpureus										m4	m4	m4												1-	
Cirsium arvense										r1	r1		r1							p1	r1				
Cladonia spec.					p1					r1															
Conyza canadensis										r1	r1	p1								p1	r1	r1		p1	
Cuscuta epithymum	p1				p1													r1							
Deschampsia flexuosa																		r1						r1	
Drosera rotundifolia	p1		p1				r1								r1						p1				
Epilobium parviflorum																				r1		r1*			
Epilobium tetragonum													p1							r1	p1	r1			
Eupatorium cannabinum										r1			r1				r1			r1					
Fossombronina spec.													p1	r1	r1					p1	a1	a1			
Funaria hygrometrica		r1					m4			m4	m2	m4	r1							m2	1	m2	m2	a1	m2
Holcus lanatus			r1*							r1*	r1														
Hypochaeris radicata							r1			r1	r1	r1	p1							r1	r1			p1	
Juncus effusus										r1		p1		r1	r	r1				p1	r	p1		r1	
Juncus squarrosus						r1												r1						p1	
Juncus tenuis	m2		p1				m2			p1			r1	a2	p1					p1	m4	p1			
Luzula campestris												r1		r1							r1				
Lycopus europaeus										r1			r1		r1*					r1					
Marchantia polymorpha													r1	r1						p1	m1				
Nardus stricta						r1						a1						r1						p1	
Plantago major			r1*							r1*	r1*	p1		r1							r1	r1			
Poa annua		r1*												r1						p1					
Pohlia nutans												m1						r1							
Potentilla erecta													r1		r1					r1	p1	p1			
Ranunculus repens										r1*			r1							r1					
Riccardia incurvata							a1														p1	r1			
Sagina procumbens		r1*								r1		r1									r1	r1		r1	
Salix cinerea (k)							r1	p1	r1	a1	p1			r1	r1					r1	a1	p1	r1	a1	
Senecio sylvaticus											r1	r1	r1												
Sonchus asper													r1							r1					
Taraxacum officinale							r1			r1	p1	r1	r1							p1	p1	r1	r1		
Trifolium repens		r1*								r1*	r1*									r1		r1*			
Veronica serpyllifolia										r1			r1	r1						r1	r1	r1			

Chopperen met bekalking

De reactie van de dominante kruiden was ongeveer dezelfde als bij chopperen zonder bekalking (Tabel 6.2). In de moslaag waren echter duidelijke verschillen aanwezig. Veenmossen vestigden zich in veel mindere mate, net als Gewoon kronkelsteeltje. Daarentegen waren er wel soorten van meer basische bodem aanwezig, met name Purpersteeltje, Krulmos en Knikmossen. Deze bereikten een aanzienlijke bedekking. Verder viel een twintigtal soorten op die doorgaans op voedselrijke, niet zure bodem voorkomen (tabel 6.4). Bijvoorbeeld Gewoon biggenkruid (*Hypochaeris radicata*), Gewone hoornbloem (*Cerastium fontanum*) en Grauwe wilg (*Salix cinerea*). Waarom deze soorten na chopperen vooral op de bekalkte bodem voorkomen is niet met zekerheid te zeggen. De bekalking kan de mineralisatie hebben versneld, waardoor de bodem voedselrijker is geworden. Het is echter ook goed

mogelijk dat genoemde soorten positief reageerden op de bekalking zelf. Kruipbrem (*Genista pilosa*) is hier wel gevonden, maar niet in de gehopperde onbekalkte plots.

Plaggen zonder bekalking

Met het plaggen wordt ook de humuslaag verwijderd, en daarmee ook aanzienlijk meer wortelmateriaal van Pijpenstrootje. De bedekking van Pijpenstrootje bedroeg twee jaar na plaggen nog slechts 14% (Tabel 6.2). Net als in de gehopperde plots profiteerden heidesoorten, snavelbiezen en zonnedaauw van de open ruimte. De mossen van zure bodem vestigden zich echter maar in geringe mate; veenmosses waren na twee jaar nog afwezig en de bedekking van Gewoon kronkelsteeltje was zeer gering (Tabel 6.4). Er vestigde zich wel een aanzienlijk aantal soorten van voedselrijke bodems, maar deze waren doorgaans maar in enkele miezerige exemplaren aanwezig. Verder werd op geplagde plekken regelmatig een goudkorrelmos aangetroffen, waarschijnlijk Grof goudkorrelmos (*Fossombronina foveolata*).

Plaggen met bekalking

Evenals na chopperen reageerden de dominante hogere planten op plaggen met bekalking niet veel anders dan zonder bekalking. De bedekking van Dophei was hoger, de bedekking van snavelbiezen daarentegen lager. Soorten van meer gebufferde, natte heide reageerden positief op de bekalking: Klokjesgentiaan (*Gentiana pneumonanthe*), Blauwe zegge (*Carex panicea*) en Trekrus (*Juncus squarrosus*). Op de geplagde en bekalkte plots vestigde zich echter een groot aantal nieuwe soorten (Tabel 6.4). Meest opvallend was de forse bedekking van mossen van basische bodem, met name Krulmos, Purpersteeltje, Zilvermos (*Bryum argenteum*) en andere Knikmossen. Ook waren tientallen soorten planten van voedselrijke, natte bodem aanwezig, doorgaans weinig talrijk en met kleine exemplaren. Daarnaast waren ook bijzondere soorten aanwezig van gebufferde bodems. Zo werd op een natte plek op de Kampina Waterlepeltje (*Ludwigia palustris*) gevonden, en op een droge rug op de Strabrechtse heide Kruipbrem (*Genista pilosa*). Ook Tormentil (*Potentilla erecta*), Koningsvaren (*Osmunda regalis*), Liggend hertschooi (*Hypericum humifusum*), Vetmos (*Aneura pinguis*) en Hol moerasvorkje (*Riccardia incurvata*) zijn hier aangetroffen. Gezien de soortensamenstelling lijken de soorten vooral te zijn aangevoerd met zaadpluis, sporen of via de uitwerpselen van grote grazers.

6.1.2 Vegetatie van de Friese onderzoekslocaties

Het voorgaande overzicht is gebaseerd op de twee Brabantse onderzoekslocaties, omwille van de vergelijkbaarheid met de bespreking van de macrofungi. De effecten van de experimentele behandelingen op de vegetatie waren voor de twee Friese locaties, Blauwe Bos en Oosthoek, sterk vergelijkbaar. Daarom worden hier alleen aanvullende opmerkingen gemaakt.

Kraaihei (*Empetrum nigrum*) was een extra soort dwergstruik in beide Friese locaties. De bedekking ervan bedroeg op de schaal van de proefvlakken maximaal enkele procenten. Na plaggen verdween Kraaihei geheel, en na chopperen verminderde de bedekking sterk. Maar na drukkbe grazing was de afname gering.

Van de soorten van natte heide was Blauwe zegge slechts weinig aanwezig op de Friese locaties. Sommige soorten waren beperkt tot het Blauwe Bos (Kleine zonnedaauw, Klokjesgentiaan, Tormentil (*Potentilla erecta*), Trekrus, Bruine snavelbies [buiten de proefvlakken] en Veenbies). De Oosthoek had een veel natter, plaatselijk weinig karakter, met soorten als Veenpluis, Waterveenmos en zelfs Eenarig wollegras (*Eriophorum vaginatum*).

Net als in de Brabantse locaties verdwenen Veenbies en Waterveenmos na plaggen, maar deze bleven in minder mate nog wel aanwezig na chopperen. Na plaggen kwam vooral Tormentil en Kleine zonnedaauw, maar op de bekalkte plot ook Grijs kronkelsteeltje (*Campylopus introflexus*), sterk terug in het Blauwe Bos. De Klokjesgentiaan bleef zowel na plaggen als chopperen aanwezig. In de Oosthoek kiemde, net als in Kampina, de Koningsvaren veelvuldig op de bekalkte plagplek. Ook voor deze soorten was het effect van drukbegrazing gering.

Bekalking leidde net als in de Brabantse locaties tot een frequenter optreden van storingsindicatoren van voedselrijkere milieus, behalve in de controleplots. In het Blauwe Bos was dat ook het geval na drukbegrazing zonder bekalking. Het grootste aantal storingsplanten werd met 10 soorten gevonden na drukbegrazing en bekalking in de nattere omgeving van de Oosthoek. Ook daar ging het echter nog steeds om geringe bedekkingen en mogelijk dus slechts een tijdelijk effect.

6.2 Vruchtlichamen van macrofungi

De kenmerkende vegetatie voor natte heide is goed bekend, en vormt zelfs een onderdeel van de definitie van natte heide. Van de kenmerkende macrofungi van natte heiden bestaat echter een veel minder goed beeld. Als referentie is hier gekozen voor het onderzoek van Eef Arnolds aan graslandfungi (Arnolds, 1981). In de jaren zeventig van de vorige eeuw heeft hij niet alleen enkele jaren plots in verschillende graslandtypen onderzocht, maar ook in natte heiden. In ons onderzoek is een groot deel van deze soorten ook gevonden (Tabel 6.5). Enkele soorten die nu veel gevonden zijn, maar destijds niet door Arnolds, zijn: Vuurzwammetje (*Hygrocybe miniata*), Donkere kegelsatijnzwam (*Entoloma inutile*), Oranje trechttertje (*Rickenella fibula*) en Roestvlekkenzwam (*Collybia maculata*). Verder ook een aantal soorten die mycorrhiza vormen met de verspreid voorkomende bomen.

Natte heidevelden zijn niet bijzonder rijk aan paddenstoelen. Kenmerkend zijn een aantal soorten *Mycena*'s, Satijnzwammen, Mosklokjes en Zwavelkoppen. Veel van deze soorten komen ook in bossen op voedselarme, zure zandgronden voor. Van de wat meer voorkomende soorten zijn Veenvlamhoed (*Gymnopilus fulgens*), Adonismycaena (*Mycena adonis*), Veenmycena (*Mycena megaspora*), Bleke moeraszwavelkop (*Psilocybe elongata*) en Modderzwavelkop (*Psilocybe uda*) het meest kenmerkend voor natte heiden. Daarnaast zijn er nog enkele tientallen zeldzame soorten die vooral of uitsluitend in natte heiden zijn gevonden.

Tabel 6.5: Overzicht van paddenstoelen die in minstens 2 van de 6 plots gevonden zijn in een onderzoek in natte heidevelden in Drenthe in de jaren zeventig van de vorige eeuw (Arnolds, 1981). Er waren 3 vergraste en 3 intacte plots. In de rechterkolom staan de soorten aangekruist die ook in ons recente onderzoek op Kampina en Strabrechtse heide zijn gevonden.

Overview of macrofungi recorded in at least 2 of the 6 plots in wet heathlands on Drenthe in the 1970s by Arnolds (1981), which consisted of 3 grass-dominated and 3 intact heathlands. The rightmost column shows the species found in the present study in Kampina and Strabrechtse heide.

Soort (Nederlands - Wetenschappelijk)	Natte heide	Vergraste natte heide	2011-2013
Clitocybe vibecina - Gestreepte trechterzwam	2	1	x
Clitopilus hobsonii - Gewone schelpjesmolenaar		2	x
Collybia dryophila - Eikebladzwammetje	3	1	x
Cystoderma jasonis - Oranjebruine korrelhoed	2	2	x
Entoloma conferendum - Sterspoorsatijnzwam		2	x
Entoloma elodes - Veenmossatijnzwam		2	
Entoloma turbidum - Zilversteelsatijnzwam	3		x
Entoloma xanthocaulon - Geelsteelsatijnzwam		2	
Galerina allospora - Geelplaatmosklokje	3	2	
Galerina calyptrata - Oranje mosklokje	2	2	(x)
Galerina hypnorum - Geelbruin mosklokje	3	3	x
Galerina vittaeformis - Barnsteenmosklokje	2	2	x
Gymnopilus fulgens - Veenvlamhoed	2	2	x
Marasmius androsaceus - Paardehaartaailing	3	2	x
Mycena adonis - Adonismycena		2	
Mycena cinerella - Grijs mycena	1	1	x
Mycena epipterigia - Kleefsteelmycena	1	1	x
Mycena filopes - Draadsteelmycena	1	1	
Mycena galopus - Melksteelmycena	3	3	x
Mycena megaspora - Veenmycena	3	3	x
Mycena sanguinolenta - Kleine bloedsteelmycena	2	1	x
Mycena sepia - Donkerbruine mycena		2	x
Psilocybe elongata - Bleke moeraszwavelkop	3	2	x
Psilocybe uda - Modderzwavelkop	2	1	x
Sphaerobolus stellatus - Kogelwerpertje	1	1	x
Tephrocybe tylicolor - Kleine grauwwkop	2	3	x

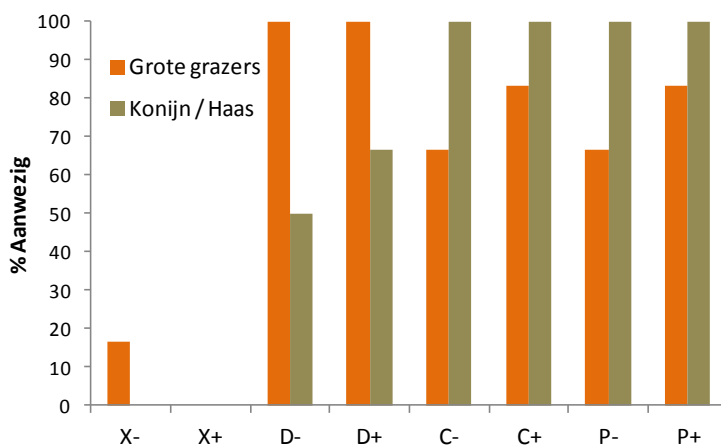
Opvallend is dat de soortensamenstelling in vergraste heide niet veel verschilt van die in intacte heide. Van alle soorten die door Arnolds zijn waargenomen in natte heide, is alleen de Zilversteelsatijnzwam (*Entoloma turbidum*) niet gevonden in vergraste natte heide (Tabel 6.5). Deze is in 2013 wel waargenomen in een sterk vergraste plot op de Kampina. Dus, terwijl vergrassing dramatische effecten heeft op de samenstelling van de vegetatie, lijken macrofungi hier nauwelijks op te reageren. De vraag rijst dan of macrofungi van natte heiden te lijden hebben van factoren als verzuring, vermessing en verdroging. Dat is zeer waarschijnlijk wel het geval. Veel satijnzwammen zijn gevoelig voor verzuring. En de soorten die in voorgaande alinea genoemd zijn, zijn gevoelig voor verdroging. Zeker tien soorten uit Tabel 6.5 staan op de Rode Lijst van 1996 of 2008 (Arnolds & van Ommering, 1996; Arnolds & Veerkamp, 2008). Voorlopig kunnen we hier alleen constateren dat in vergraste situaties nog een tamelijk complete mycoflora aanwezig is. Het is dan eerder de vraag in hoeverre plaggen en andere ingrepen een bedreiging vormen.

In totaal zijn ruim 100 soorten macrofungi waargenomen op de plots in Strabrecht en de Kampina (Tabel 6.6 en 6.7). Daarvan staan er maar liefst 25 op de Rode Lijsten met bedreigde paddenstoelen uit 1996 (Arnolds & van Ommering, 1996) en/of 2008 (Arnolds & Veerkamp, 2008). Vergraste heidevelden kunnen dus een belangrijke biotoop vormen voor paddenstoelen. Het is daarom des te meer van belang om te kunnen inschatten hoe ingrepen als plaggen en chopperen uitwerken op de mycoflora.

In Tabel 6.7 zijn twee categorieën apart onderscheiden. Bovenaan staan de mycorrhiza-paddenstoelen. De verspreid op de heide voorkomend bomen kunnen begeleid worden door talrijke mycorrhiza-paddenstoelen. De plots op de Kampina en Strabrecht zijn zo gekozen dat er geen grotere bomen in voorkwamen. Mycorrhiza-paddenstoelen kwamen hier voor omdat er grote bomen in het aangrenzende terrein aanwezig zijn, of omdat ook bij de jonge boompjes variërend van 5-100 cm al mycorrhiza-paddenstoelen kunnen worden waargenomen. Het aantal waargenomen soorten was laag omdat de plots bewust boomvrij zijn gekozen. Dit heeft er waarschijnlijk ook aan bijgedragen dat er geen Rode Lijst-soorten gevonden zijn; in principe kan zich onder solitaire bomen op de heide een rijke mycoflora ontwikkelen omdat onder de bomen relatief weinig blad blijft liggen.

De tweede categorie betreft de mestbewonende paddenstoelen. In de plots waar drukbegrazing heeft plaatsgevonden waren vaak grote aantallen schapenkeutels aanwezig. Hier werden alleen enkele algemene mestminnende paddenstoelen aangetroffen, met name Spitse vlekplaat (*Paneolus acuminatus*) en Franjevlekplaat (*P. sphinctrinus*). Op de Kampina vindt extensieve begrazing met koeien en paarden plaats. Vooral de geplagde en gechopperde plekken zijn kennelijk aantrekkelijk voor koeien en hier was relatief veel koeienmest aanwezig (evenals keutels van konijn en haas; Figuur 6.1). Op deze mest zijn maar liefst 5 rode lijst soorten aangetroffen, en een soort die niet in het Nederlandse waarnemingenbestand zit, maar wel vermeld wordt op de nieuwe standaardlijst: de Bepoederde franjehoed (*Psathyrella sphaerocystis*) (Arnolds & van den Berg, 2013). De vezelige structuur van de mest, als gevolg van het eten van moeilijk verteerbaar, stikstofarm materiaal, levert een zeldzaam substraat op. Ook het feit dat de mest op vochtige bodem terecht komt draagt waarschijnlijk bij aan de ontwikkeling van deze zeldzame paddenstoelen. Het is vermeldenswaardig dat de eerste waarneming van de kennelijk wereldwijd zeldzame Bepoederde franjehoed uit Schotland komt uit de jaren zestig van de vorige eeuw, van paardenmest in een grasland (Orton, 1964). Vermoedelijk was ook hier dus sprake van de combinatie van vezelige, stikstofarme mest in een vochtige omgeving.

Figuur 6.1: Percentage aanwezigheid van mest van grote grazers (schaap, rund, paard) en van konijnen of hazen in de proefvlakken op Kampina en Strabrecht in 2013 in de verschillende behandelingen (N=6 herhalingen per behandeling). *Percentage occurrence of dung from livestock (sheep, cattle, horses) and from rabbits or hares in the plots with different treatments on Kampina and Strabrecht in 2013 (N=6 replicates per treatment).*



Tabel 6.6: Overzicht van de macrofungi met kenmerkende natte heide soorten en soorten die waargenomen zijn op de bekalkte proefvlakken. Weergegeven is het aantal malen dat de soort in een type proefvlak in een jaar is waargenomen. Er zijn 6 replica's en meest 3 waarnemingsronden per jaar, waardoor het maximum 18 is, indien een soort elke keer overall is waargenomen. X = referentieplots. D = drukbegrazing, C = chopperen, P = Plaggen. Min is onbekalkt, plus is bekalkt met 2 ton dologran/ha.

Overview of macrofungi with characteristic species of wet heathlands and species observed in limed plots. Shown is the observation frequency of a species in a plot during a year with a maximum of 18 (3 observation periods x 6 replicates).

			x-	x-	x-	x+	x+	x+	d-	d-	d-	d+	d+	d+	c-	c-	c-	c+	c+	c+	p-	p-	p-	p+	p+	p+
	196	RL2008	2011	2012	2013	2011	2012	2013	2011	2012	2013	2011	2012	2013	2011	2012	2013	2011	2012	2013	2011	2012	2013	2011	2012	2013
Natte heide soorten																										
Clitocybe vibecina				1	2	3		2	3	1	2	2	1													
Clitopilus hobsonii								1	1	1			1	1												
Collybia dryophila				1	1		1	1							1						1					
Collybia maculata				1	2	1		1	1				1	2				1							1	
Cystoderma jasonis				1	1				2	1	3	2														
Entoloma conferendum	Kw	Ge	3	3	2	2	3	1	1	1	2	2		3	1	2	2	2	2	1	1		2	2		2
Entoloma inutile	Ge	Be	1	2	2	2	1	2				1	2		4		1	3	1	2	6	3	1	1	2	2
Entoloma turbidum	Kw	Kw			1																					
Galerina hypnorum/calyptrata			1		3	1			1		2	1		2			1	1			2					
Galerina vittaeformis			1	1	2	1		2			1			3							1					
Gymnopilus fulgens	Kw	Kw	1								2						2	5		1	3		5	1		3
Hygrocybe miniata			2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	6	2		1			1	3			2	1	2
Marasmius androsaceus			1	2	1	1	1	1			1	1		1	1					1				1		
Mycena cinerella			1	2	2	2	2	4		2	3	2	1	3				1							1	
Mycena epipterygia			1	1	2	1	2	2	1	1	1	2	2	1	2	2	2	2			1	1		3		
Mycena galopus				2	5		1	4		2	5				6	2	2	5		2	3	2	2	2	2	3
Mycena megaspora	Kw	Kw	1	2	3	2	3	2	1	4	4		3	3	1	6	4	1	6	4	3	3	4	2	1	1
Mycena metata			1		1			2	1		1	1	1	2	1		1	1			1			1		1
Mycena sanguinolenta		Ge			1									2												
Psilocybe elongata				1	1				1			1														
Psilocybe uda		Kw	1		1						1				1		2			1	1			2		
Rickenella fibula				1	1		1	4	1	1	2	1	2	3	1	1		1	1		1	1		3		
Tephrocycbe tylicolor		Ge		1	1						1	1	3	1		1	1		1							
Bekalking-kalk																										
Clavaria falcata								3						3						5						3
Entoloma serrulatum	Kw	Kw						1						3						2						1
Galerina clavata								1																		
Hygrocybe conica														1						3						3
Ramariopsis tenuiramosa	Be	Be												1												
Bekalking N																										
Clitocybe clavipes								1																		
Clitocybe marginella								2						2												
Clitocybe metachroa														2												
Crepidotus variabilis s.s.								1						1												
Lepista nuda														2												
Lepista sordida														1												
Bekalking + plaggen																										
Discinella boudieri	Vn	Kw																								1
Lamprospora carbonicola	Eb	Kw																							1	2
Mycena pelliculosa	Kw	Kw																								1
Neotiella hetieri	Ge	Ge																								1
Octospora bryi-argentei																										2
Octospora coccinea																									1	1
Omphalina marchantiae/postii	Ge/?																									2
Omphalina pyxidata														1						1					1	3

Tabel 6.7: Overzicht van de overige soorten die meer dan 1x waargenomen zijn, voornamelijk soorten die mycorrhiza vormen met bomen of op mest groeien. Uitleg zie Tabel 6.6.

Overview of other species recorded more than once, predominantly macrofungi forming mycorrhiza with trees or growing on dung. Explanation see Table 6.6.

Forming mycorrhiza with trees or growing on dung. Explanation see Table 6.6.																										
			x-	x-	x-	x+	x+	x+	x+	d-	d-	d+	d+	d+	c-	c-	c-	c+	c+	c+	p-	p-	p-	p+	p+	p+
	196	RL2008	2011	2012	2013	2011	2012	2013	2011	2012	2013	2011	2012	2013	2011	2012	2013	2011	2012	2013	2011	2012	2013	2011	2012	2013
Mycorrhiza																										
Collybia amanitae					1	2				1	3	3	1	4				1					1	1		
Cortinarius anomalus														1												
Cortinarius delibutus														1												
Hebeloma helodes											1			2						1						1
Hebeloma pusillum														2												
Inocybe lacera																						1				
Laccaria bicolor														1												
Laccaria laccata											1			2												1
Laccaria proxima				1		1	1			2	1	2	3	3						1	1	1				
Lactarius quietus														1												
Lactarius rufus																1										
Lactarius theiogalus														1	1											
Leccinum scabrum s.l.											1															
Paxillus involutus							1				1	2	2	2												
Russula betularum														1	1											
Scleroderma citrinum								1																		
Suillus bovinus				1			1			1	1	1	1	1	1	1	1	1			1					
Thelephora terrestris	eb														1	1										
Mest																										
Conocybe alboradicans	Ge																			1						
Conocybe lenticulospora	Ge																					1				
Conocybe pubescens							1	1		1	1						1	1	1					1	1	1
Coprinus schroeteri										1								1								
Coprinus spec.			1	1						2	1		3	1		1			1			1				
Coprinus tuberosus		Kw																					1			
Paneolus acuminatus										1			1	3						1						
Paneolus fimicola																		1								
Paneolus sphinctrinus								1			1		1	4						1						
Poronia punctata	Be	Kw												1									1			
Psathyrella sphaerocystis																							1			
Psilocybe cf. fimetaria																				1						1
Psilocybe coprophila														1						1		1			1	
Psilocybe merdaria		Kw								1						2	1									
Psilocybe subcoprophila																			1							1
Psilocybe subviscida													1							1						
Overig																										
Aleuria aurantiaca																	1						1			
Clavaria daulnoyae																			1							2
Coprinus urticicola																			1		1					
Entoloma cetratum	Kw	Ge																						1		
Entoloma farinogustus	Ge	Be					1																			
Entoloma fernandae s.l.										1						1			2		1					
Galerina ampulleocystis		Kw									1															
Mollisia spec.																		1	1							
Mycena rorida					1	1																				
Mycena vitilis				1						1	1					1		1								
Psilocybe ericaea	Be	Be	1																			1			1	
Psilocybe montana							1			1			1									1				
Psilocybe polytrichi	Eb	Be											1													
Psilocybe semilanceata		Ge																	1							

Bekalking van vergraste heide

Terwijl de gevolgen van bekalking voor de vegetatie van vergraste heide vooralsnog nauwelijks waarneembaar zijn (zie 6.1), vertoonde de mycoflora al wel een reactie. Het is nog te vroeg om te kunnen constateren dat er zuurminnende soorten verdwijnen door de bekalking. Dat ligt ook niet voor de hand; het is erg lastig om kalkkorrels gelijkmatig neer te laten komen in zo'n pollenstructuur en er blijven altijd niet of weinig bekalkte plekjes over. Op de plekken waar relatief veel kalk terecht gekomen is, is de reactie echter duidelijk. Hier vestigden zich enkele soorten die normaal gesproken niet in heide, maar wel in voedselarme graslanden voorkomen:

Zwartsneesatijnzwam (*Entoloma serrulatum*) en Spitse knotszwam (*Clavaria acuta*). Ook leek er sprake te zijn van een versnelde strooiselafbraak, wat tot uiting kwam in de waarneming van enkele trechterzwammen:

Knotsvoettrechterzwam (*Clitocybe clavipes*) en Bleekrandtrechterzwam (*C. marginella*).

Drukbe grazing zonder bekalking

Drukbe grazing leek nauwelijks effect te hebben op de mycoflora, buiten vestiging van de al genoemde, algemene mestbewoners op schapenkeutels.

Drukbe grazing met bekalking

De bekalkte plots waar drukbe grazing heeft plaatsgevonden lieten dezelfde effecten zien als de referentieplots met bekalking (Tabel 6.6). Interessant is plot KB3 in de Kampina, waarin een tamelijk grote berk aanwezig was. Het aantal mycorrhiza-paddenstoelen was hier hoog. Twee jaar na bekalking doken hier twee gordijnzwammen op: Vaaggegordelde gordijnzwam (*Cortinarius anomalus*) en Okergele gordijnzwam (*C. delibutus*). Deze soorten mijden sterk zure bodems. Vlakbij de boom lag een laag blad. Hier werd in 2013 ook Parse schijnridder (*Lepista nuda*) waargenomen, een stikstof minnende strooiselafbreker. Dit stikstof kan zowel van de schapenkeutels als uit de door kalk gestimuleerde humusafbraak afkomstig zijn.

Chopperen zonder bekalking

Chopperen leidde tot het verdwijnen van algemene soorten die afhankelijk zijn van strooisellagen, bijvoorbeeld Eikebladzwammetje (*Collybia dryophila*), Roestvlekkenzwam (*C. maculata*) en Gestreepte trechterzwam (*Clitocybe vibecina*) (Tabel 6.6). Bedreigde soorten leken zich juist goed te handhaven of namen juist toe. Bijvoorbeeld de Veenvlamhoed (*Gymnopilus fulgens*), die qua ecologie nog het beste overeenkomt met snavelbiezen en dus profiteert van pionierssituaties.

Chopperen met bekalking

Bekalken stimuleerde dezelfde kalkminnende soorten als in de bekalkte referentieplots. Opvallend was verder de aanwezigheid van Zwartwordende wasplaat (*Hygrocybe conica*), ook weer een soort van schrale graslanden (tabel 6.6). Waarschijnlijk doordat de strooisellagen waren weggehaald, zijn er geen stikstof minnende strooiselafbrekers waargenomen.

Plaggen zonder bekalking

Daar waar de organische laag geheel verwijderd was tot op het minerale zand, waren ook vrijwel alle paddenstoelen van de vochtige heide afwezig. In veel plots waren wel enkele kuiltes aanwezig, waarin nog resten humuslaag aanwezig waren, met de bijbehorende paddenstoelen. Daarop zijn bijvoorbeeld Melksteelmycena (*Mycena galopus*), Veenmycena (*M. megaspora*) en Donkere kegelsatijnzwam (*Entoloma inutile*) gevonden. De enige soort die vrijwel onmiddellijk lijkt te profiteren van het plaggen was wederom de Veenvlamhoed.

Plaggen met bekalking

Na twee jaar doken ook hier de hierboven beschreven graslandsoorten op. En verder vestigden een aantal begeleiders van de topkapselmossen zich massaal: Mosschijfjes (de genera *Octospora*, *Lamprospora* en *Neotielia*) en Trechtertjes (*Omphalina* spp.). Veel van deze soorten zijn zeldzaam. Dat geldt ook voor het Bruin grondschijsje (*Discinella boudieri*), een kleine zakjeszwam van kalkhoudende, vochtige bodem die zich vestigde in 1 plot op de Kampina. Doordat vrijwel alle organisch materiaal verdwenen was, zijn ook geen stikstof minnende soorten aangetroffen. Daar waar de organische toplaag compleet verwijderd was, is de mycoflora dus totaal gewijzigd. De heidesoorten van zure, voedselarme strooisellagen zijn vervangen door grasland- en pioniersoorten van basenrijkere, voedselarme bodem.

6.3 Kernpunten

Plaggen

- Plaggen en aanvullend bekalken pakte gunstig uit voor de vegetatie wanneer alleen naar hogere planten gekeken wordt. Heidesoorten vestigden zich massaal, de pionievorm met snavelbiezen en zonnedaauw ontwikkelde zich goed en soorten die moeite hebben met de ernstige verzuring vestigden zich weer. Deze laatste categorie ontbrak vrijwel volledig in niet-bekalkte plagplots.
- Wanneer we naar de mossen kijken ontstaat een gemengd beeld. Veenmossen vestigen zich maar mondjesmaat en dan vooral op de natste delen, zowel op bekalkte als niet-bekalkte plots. In de geplagde plots ontwikkelde de moslaag zich uit grotendeels systeemvreemde soorten, met name topkapselmossen van voedselrijkere en/of meer gebufferde bodem. Dit duidt er op dat de toplaag van de bodem te sterk gebufferd raakt. We weten van andere bekalkingsproeven (Bieze en Schapedobbe, 1997; De Graaf *et al.*, 2004) dat dit echter maar een tijdelijk fenomeen is.
- Wanneer we ook de macrofungi in het verhaal betrekken, blijkt dat plaggen in ieder geval tijdelijk tot een aanzienlijk verlies aan kenmerkende heidesoorten leidt. Hier staat tegenover dat allerlei bedreigde soorten uit schraalgraslanden of kalkhoudende pioniermilieus zich vestigden.
- Op de langere termijn is plaggen en aanvullend bekalken dus mogelijk voor zowel vaatplanten, mossen als paddenstoelen een geschikte herstelmaatregel. Na twee jaar is het echter nog veel te vroeg om die conclusie voor paddenstoelen te kunnen trekken, omdat er voor deze soortgroep geen onderzoekservaringen van elders bekend zijn.

Alternatieven voor plaggen

- Door te chopperen en aanvullend te bekalken werden de drastische effecten van plaggen als het ware getemperd. Het herstel van de vegetatie was minder spectaculair, maar ook het verlies aan kenmerkende mossen en paddenstoelen en de vestiging van basenminnende soorten. Het organisch materiaal dat aan de oppervlakte achter bleef bevat meer uitwisselingscapaciteit voor basische kationen. Deze combinatie lijkt gezien de ontwikkeling van vegetatie en paddenstoelen in elk geval veelbelovend, zeker wanneer de stikstofdepositie lager is. In niet-bekalkte plots keerden soorten van iets gebufferde natte heide niet of nauwelijks terug.
- De effecten van drukkbegrazing lijken vooralsnog beperkt. Er waren na twee jaar nog nauwelijks effecten op de samenstelling van de vegetatie, ondanks dat de vegetatie wel minder dicht is geworden.

Effecten op de mycoflora leken zich te beperken tot de vestiging van enkele algemene, mestminnende soorten.

- Bekalken van natte heide, al of niet in combinatie met drukbegrazing, leidde na twee jaar niet of nauwelijks tot veranderingen in de vegetatie. Op enkele open plekken die met name in combinatie met drukbegrazing ontstaan, vestigden zich wel enkele eutrafente, basenminnende soorten via zaadpluis of sporen. Dit effect was nog veel duidelijker in de mycoflora. Er vestigden zich zowel paddenstoelen van gebufferd voedselarm milieu, als paddenstoelen van een wat stikstofrijker milieu. De toekomst zal uitwijzen of de balans hier naar de negatieve kant (eutrofiëring) doorslaat of naar de positieve (buffering). Of dat beide effecten wellicht weer snel verdwijnen.

Samengevat leiden zowel chopperen als plaggen op korte termijn tot goede resultaten voor de vegetatie, maar vooral in combinatie met bekalking. Aangezien met plaggen vrijwel de complete mycoflora wordt verwijderd, lijkt chopperen vooralsnog een goed alternatief, vooral in terreinen met een relatief lage stikstofdepositie. Drukbegrazing lijkt vooralsnog weinig effectief in sterk vergraste situaties. Bekalken van zulke situaties leverde onverwachte effecten op in de mycoflora, en op termijn dus mogelijk ook voor vegetatie en wellicht fauna. Voor vrijwel alle effecten geldt dat we slechts het begin hebben gezien. Het langer volgen van deze proef is absoluut noodzakelijk om de effecten op langere termijn te kunnen inschatten.

7 Kenmerkende heidefauna

7.1 Inleiding

In de acht blokken en de vier terreinen van het beheerexperiment werden 49 soorten van de kenmerkende heidefauna voor reptielen, sprinkhanen, mieren en dagvlinders geteld (Tabel 7.1). Daaronder waren 10 Rode Lijst-soorten en 15 soorten die in minimaal de helft van de blokken voorkwamen. Voor de mieren zijn Wegmier (*Lasius niger*) en Humusmier (*L. platythorax*) vanwege mogelijke onbetrouwbaarheid bij de determinatie bij elkaar genomen. Voor mieren is geen Rode Lijst opgemaakt, maar in Duitsland staat de Veenmier (*Formica picea*) wel op de Rode Lijst (Seifert, 2007). Het aantal soorten verschilde weinig tussen de blokken, al was de soortenrijkdom in de Oosthoek – waar tot het experiment behalve het bestrijden van opslag geen actief vegetatiebeheer plaatsvond – laag voor de soorten van jonge heide.

Circa 40% (19) van de soorten kan als kenmerkend voor jonge heide worden beschouwd en 60% (30) voor structuurrijke oude heide. De soorten van oude heide zijn vaker gebonden aan vochtige milieus. Dit geldt bijvoorbeeld voor Bont dikkopje (*Carterocephalus palaemon*), Gentiaanblauwtje (*Phengaris alcon*), Groentje (*Callophrys rubi*), Groot dikkopje (*Ochlodes sylvanus*), Veenmier, Moerassteekmier (*Myrmica scabrinodis*), Zeggesteekmier (*M. gallienii*), Moerassprinkhaan (*Stethophyma grossum*), Negertje (*Omocetus rufipes*) en Zompsprinkhaan (*Chorthippus montanus*). Omgekeerd zijn de soorten van jonge heide vaker gebonden aan droge en warme milieus. Dit geldt voor Heivlinder (*Hipparchia semele*), Hooibeestje (*Coenonympha pamphilus*), Kokersteekmier (*Myrmica schenki*), Lepelsteekmier (*M. lonae*), Zandsteekmier (*M. sabuleti*), Knopsrietje (*Myrmeleotettix maculatus*), Snortikker (*Chorthippus mollis*) en Veldkrekel (*Gryllus campestris*). Toch is deze binding van soorten van oudere successiestadia aan natte heide en soorten van jonge successiestadia aan droge heide zeker niet absoluut. De natte heide heeft ook zijn pioniersoorten, zoals Heideblauwtje (*Plebejus argus*), Gewoon doorntje (*Tetrix undulata*) en Zeggedoorntje (*Tetrix subulata*). En veel andere soorten komen zowel in droge als natte heide voor.

De relatief natte omstandigheden in de blokken KA, KB (deels) en SC weerspiegelden zich in de fauna met soorten als Gentiaanblauwtje, Veenmier, Zeggesteekmier en Moerassprinkhaan. Het Gentiaanblauwtje komt wel op korte afstand van de proefvlakken op de Strabrechtse heide voor en tot 2000 ook in het Blauwe Bos; de waardplant Klokjesgentiaan werd in blokken SB, SC en B wel gevonden. Ook het Heideblauwtje komt op Strabrecht wel voor, maar is niet in de proefvlakken gezien. De drogere omstandigheden in blok SA uitte zich vooral in de samenstelling van de mierenfauna en het voorkomen van de Heivlinder. De Adder (*Vipera berus*) kwam alleen in het Blauwe Bos voor.

Veertien soorten uit alle vier soortgroepen kwamen in voldoende mate voor, voor nadere statistische analyse: Groot dikkopje, Heideblauwtje, Grauwzwarte renmier (*Formica fusca*), Rode renmier (*Formica rufibarbis*), Wegmier / Humusmier, Bossteekmier (*Myrmica ruginodis*), Moerassteekmier (*Myrmica scabrinodis*), Levendbarende hagedis (*Zootoca vivipara*), Gewoon

Tabel 7.1: Overzicht van getelde individuen (voor de mieren het aantal mierenbuisjes) van de kenmerkende heidefauna in de 8 blokken van het beheerexperiment (K=Kampina, S=Strabrechtse heide, B=Blauwe Bos, O=Oosthoek). Rode Lijst-soorten zijn met RL aangegeven. De rechter kolom geeft de binding aan jonge of oude successiestadia van de heide. Voor Gentiaanblauwtje zijn getelde eitjes tussen haakjes vermeld.

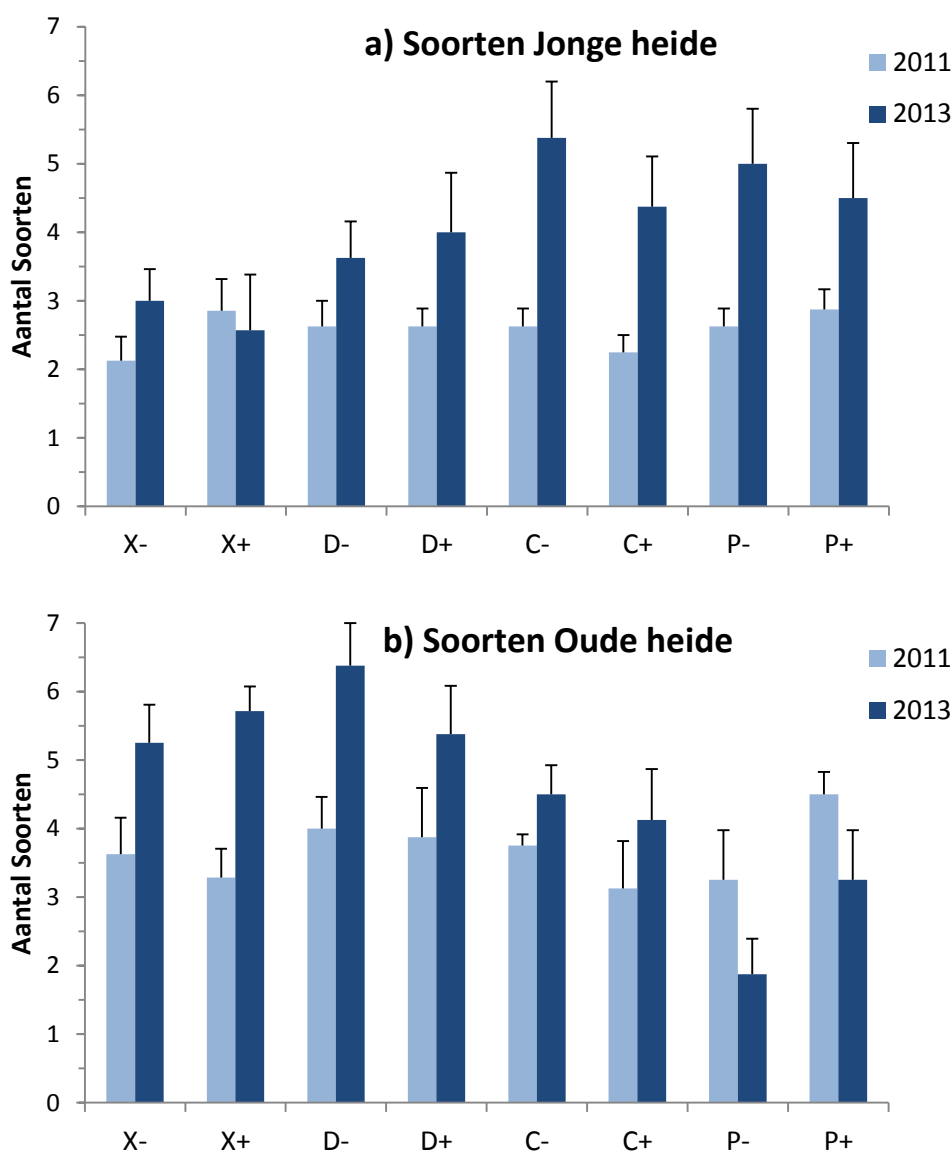
Overview of counted individuals (number of occupied wine tubes for ants) of characteristic heathland fauna in the 8 blocks of experimental treatments (K=Kampina, S=Strabrechtse heide, B=Blauwe Bos, O=Oosthoek). Red List species are indicated with RL. The right column gives the preference for young or old successional stages heathland. For Phengaris alcon egg counts are given in brackets.

Soortgroep	Wetenschappelijke naam	KA	KB	KC	SA	SB	SC	B	O	Successie
Dagvlinders	Argusvlinder								1	Oud
Dagvlinders	Bont dikkopje RL		1	3						Oud
Dagvlinders	Bont zandoogje								4	Oud
Dagvlinders	Boomblauwtje			1				4	2	Oud
Dagvlinders	Bruin zandoogje	9			1			6		Oud
Dagvlinders	Citroenvlinder	4				2		3	1	Oud
Dagvlinders	Gentiaanblauwtje RL	4 (1673)	2 (74)	1 (0)						Oud
Dagvlinders	Groentje	2	1							Oud
Dagvlinders	Groot dikkopje RL	22	16	16	3	6	4	16	52	Oud
Dagvlinders	Heideblauwtje RL	264	349	40				55	60	Jong
Dagvlinders	Heivlinder RL				10	4	2	1		Jong
Dagvlinders	Hooibeestje				1	1				Oud
Dagvlinders	Koevinkje								9	Oud
Dagvlinders	Oranje zandoogje	8	4	5	1			1		Oud
Dagvlinders	Zwartsprietdikkopje						1	1		Oud
Mieren	<i>Formica cunicularia</i>				11	2				Jong
Mieren	<i>Formica fusca</i>	2	3	1	19	25	5	21	7	Jong
Mieren	<i>Formica picea</i> (RL in Dld)		6				11			Oud
Mieren	<i>Formica rufibarbis</i>				50	45	12	8	4	Jong
Mieren	<i>Formica sanguinea</i>	1						13		Jong
Mieren	<i>Lasius niger</i> / <i>L. platythorax</i>	73	67	37	53	55	35	124	54	Jong
Mieren	<i>Myrmica gallienii</i>						3			Oud
Mieren	<i>Myrmica lonae</i>				1					Jong
Mieren	<i>Myrmica rubra</i>			1		7	5		7	Jong
Mieren	<i>Myrmica ruginodis</i>	5	2	3	9	20	5	6	6	Oud
Mieren	<i>Myrmica sabuleti</i>				1			1		Jong
Mieren	<i>Myrmica scabrinodis</i>	2	4	5	6	5	31	4	3	Oud
Mieren	<i>Myrmica schencki</i>				14	4				Jong
Mieren	<i>Temnothorax nylanderi</i>				7	3				Oud
Mieren	<i>Tetramorium caespitum</i>				1	6				Jong
Reptielen	Adder RL							6		Oud
Reptielen	Levendbarende hagedis RL	35	9	6	2		2	5	9	Oud
Reptielen	Ringslang								1	Oud
Sprinkhanen	Bruine sprinkhaan		2	2				1		Jong
Sprinkhanen	Gewoon doortje	24	10	13		9	17	4	1	Jong
Sprinkhanen	Gewoon spitskopje	12		16		20	16		35	Oud
Sprinkhanen	Grote groene sabelsprinkhaan		1							Oud
Sprinkhanen	Heidesabelsprinkhaan	58	89	119	8	19	14	83		Oud
Sprinkhanen	Knopsprietje	152	80	17	264	205	152			Jong
Sprinkhanen	Krasser	228	295	159	331	275	414	466	3	Oud
Sprinkhanen	Kustsprinkhaan				1					Oud
Sprinkhanen	Moerasssprinkhaan RL			1			2			Oud
Sprinkhanen	Negertje	40	74	30	172	58	78			Oud
Sprinkhanen	Ratelaar	1	4							Jong
Sprinkhanen	Snortikker				28	5	3			Jong
Sprinkhanen	Veldkrekel RL					4	4			Jong
Sprinkhanen	Wekkertje							84	20	Oud
Sprinkhanen	Zeggedoortje	144	8	16			3			Jong
Sprinkhanen	Zompsprinkhaan RL							21		Oud
	Jonge heide	8	8	8	11	12	10	9	6	19
	Oude heide	13	13	13	12	10	12	14	13	30
	Totaal	21	21	21	23	22	22	23	19	49

doortje, Heidesabelsprinkhaan (*Metrioptera brachyptera*), Knopsprietje, Krasser (*Chorthippus parallelus*), Negertje en Zeggedoortje. Voor sommige soorten kon echter vanwege een grote variatie tussen proefvlakken alleen een kwalitatieve uitspraak over de effecten van de experimentele behandelingen worden gedaan.

7.2 Effecten op Soortenrijkdom

Bij de analyse van effecten van de behandelingen op de soortenrijkdom van de heidefauna is onderscheid gemaakt tussen soorten met een binding aan jonge en oudere heidestadia (zie Tabel 7.1). Beide groepen werden significant door de behandeling van de vegetatie beïnvloed (Figuur 7.1; $P=0,0129$ voor soorten van jonge heide en $P<0,0001$ voor soorten van oude heide). Bekalking had echter geen significante invloed op de soortenrijkdom.



Figuur 7.1: Gemiddelde soortenrijkdom van de heidefauna ($\pm$ s.e.) van a) jonge en b) oude heidestadia per proefvlak voor en na uitvoering van het beheerexperiment. *Average species richness of heathland fauna ($\pm$ s.e. where applicable) for a) young and b) old heathland successional stages in each plot before and after the implementation of experimental treatments (X=control, D=intensive rotational grazing, C=chopping, P=sod-cutting; without [-] or with [+] liming).*

Voor soorten van jonge heide nam de soortenrijkdom na chopperen en plaggen in vergelijkbare mate toe ten opzichte van de controle. De schijnbare toename na drukbegrazing was echter niet significant. Na chopperen en plaggen leek de gemiddelde soortenrijkdom lager met bekalking dan zonder bekalking, maar het verschil was niet significant.

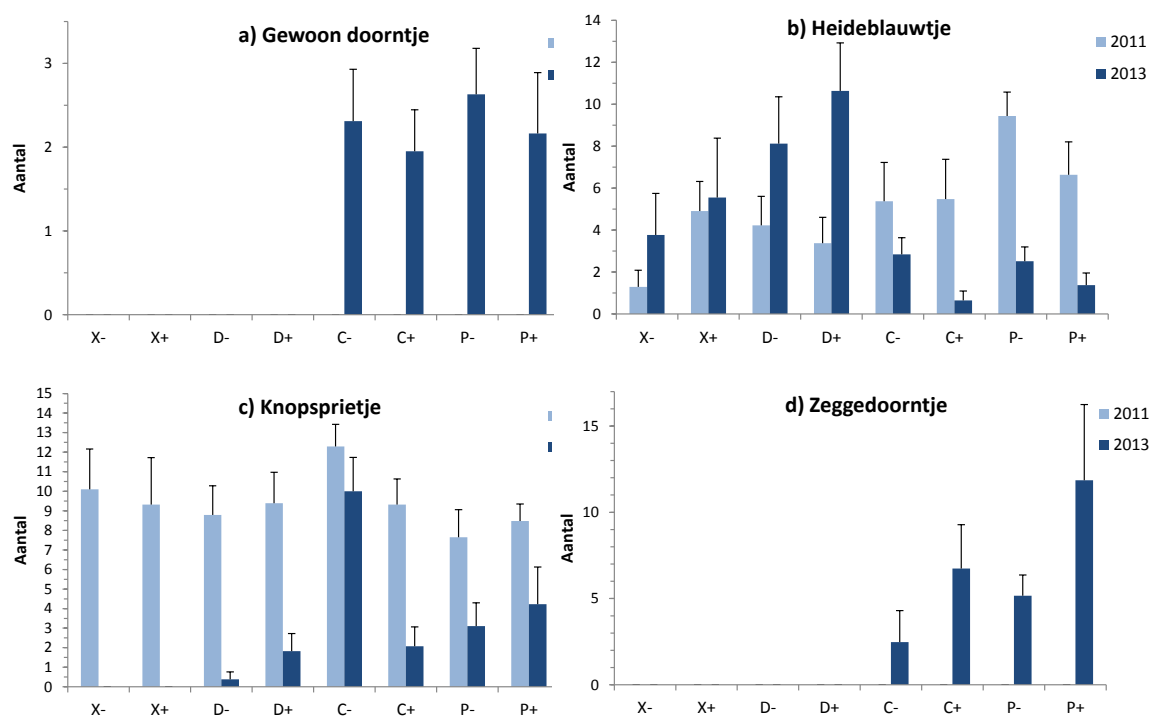
De soortenrijkdom van soorten van oudere heide was in de controles en na drukbegrazing in vergelijkbare mate toegenomen, terwijl deze vrijwel gelijk was gebleven na chopperen en licht gedaald was na plaggen. Relatief gezien was er dus een significante achteruitgang van de soortenrijkdom na plaggen, en in significant mindere mate bij chopperen. Na plaggen leek de soortenrijkdom op bekalkte plots gemiddeld hoger dan op de niet bekalkte, maar dit verschil was niet significant.

Beide soortgroepen reageerden dus tegenovergesteld op de vegetatiebehandelingen, overeenkomstig de verwachtingen voor chopperen en plaggen. De verandering na drukbegrazing was echter gering.

7.3 Effecten op afzonderlijke soorten

7.3.1 Soorten van jonge heide

Voor vier soorten van jonge heidestadia waren er aantoonbare effecten van de behandelingen (Figuur 7.2). Voor de drie geanalyseerde mierensoorten – Grauwzwarte renmier, Rode renmier en Wegmier/Humusmier – werden echter geen significante effecten gevonden.



Figuur 7.2: Gemiddeld aantal individuen per proefvlak ($\pm$ s.e.) voor diersoorten van jonge heidestadia voor en na uitvoering van het beheerexperiment.
*Average number of individuals per plot ($\pm$ s.e. where applicable) for animal species of young heathland stages before and after the implementation of experimental treatments: a) *Tetrix undulata*, b) *Plebejus argus*, c) *Myrmeleotettix maculatus*, d) *T. subulata*.*

De twee soorten doorntjes zijn sterk gebonden aan pioniermilieus en kwamen alleen voor na chopperen en plaggen (verschil in presentie ten opzichte van de andere twee behandelingen in 2013 voor beide significant $P < 0,0001$ Fischer's Exact test). Het Gewoon doorntje leek wat minder talrijk na bekalking en het Zeggedoorntje juist talrijker na bekalking, maar deze verschillen waren niet significant.

Het Knosprietje was in 2011 na een extreem droog voorjaar veel talrijker dan in 2013, maar werd in 2013, zoals verwacht, significant meer ($P = 0,0007$) gevonden na chopperen en plaggen dan na drukbegrazing of in de controle, waar de soort in 2013 zelfs geheel niet werd gevonden.

Het Heideblauwtje is weliswaar een soort van jonge, vitale heide, maar nam juist af bij chopperen en plaggen, bleef stabiel in de controle en nam toe na drukbegrazing (verschillen significant bij $P = 0,0036$). Voor deze soort is de heideontwikkeling waarschijnlijk nog te pril voor een succesvolle vestiging. De drie mierensoorten werden in hun voorkomen niet significant beïnvloed door de behandelingen en kwamen dus niet alleen ook na uitvoering van chopperen en plaggen (nog/weer) voor, maar waren in vergelijkbare mate aanwezig na drukbegrazing en in de controle.

Van de minder talrijke soorten van jonge heide kwam de Veldkrekel op Strabrecht alleen met meerdere waarnemingen voor na chopperen en plaggen.

7.3.2 Soorten van oudere heide

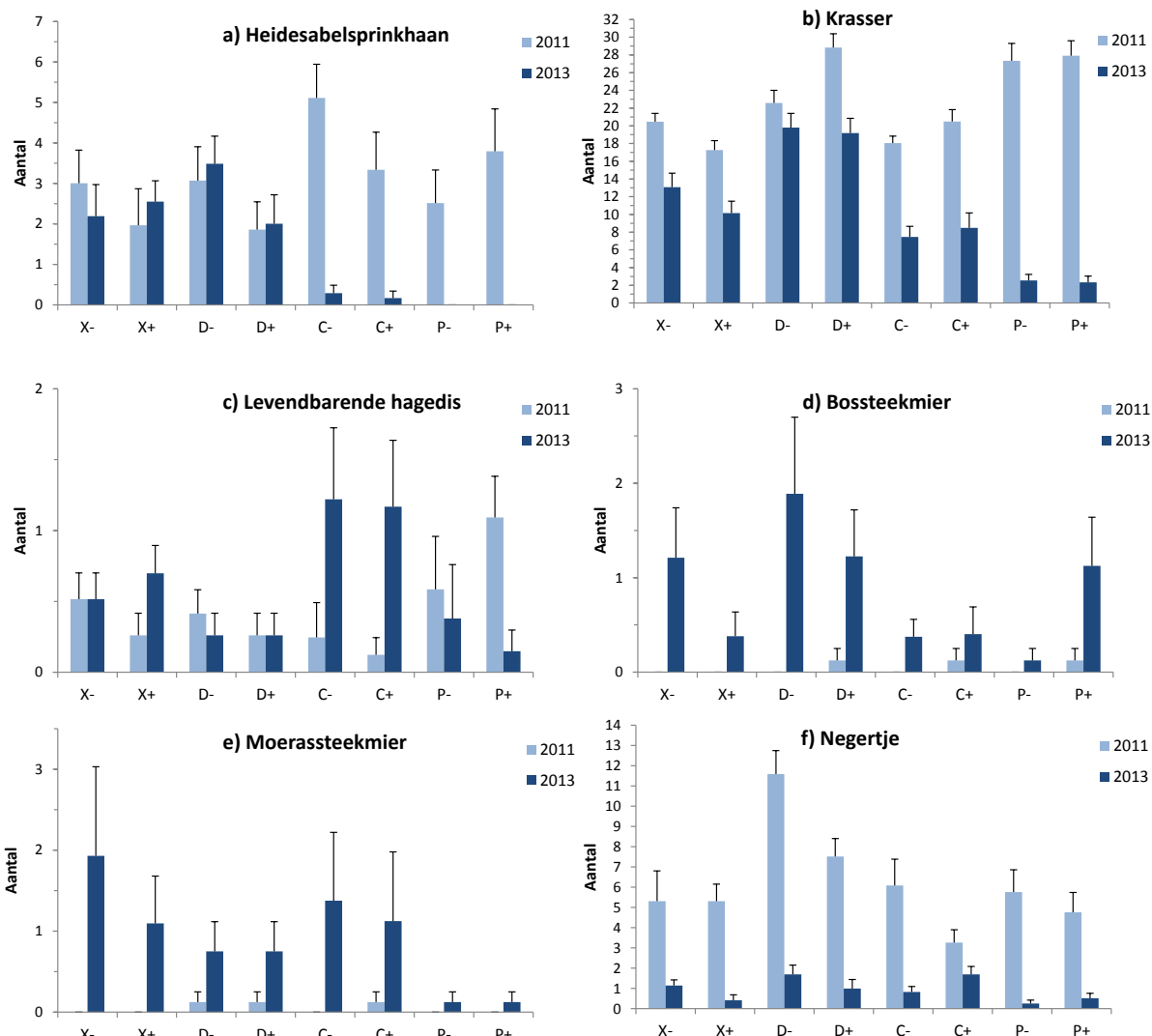
Voor zes soorten van oudere heidestadia waren er min of meer duidelijke effecten van de behandelingen (Figuur 7.3). Voor het Groot dikkopje was dit niet het geval, mogelijk mede door de mobiliteit van de soort en het voorkomen van Dophei als belangrijke nectarplant in alle behandelingen. De Heidesabelsprinkhaan liet een zeer duidelijke respons op de behandelingen zien ($P < 0,0001$) en verdween geheel na plaggen en vrijwel geheel na chopperen, vermoedelijk omdat de dekking van de vegetatie verdween. Bij drukbegrazing en in de controles beleven de aantallen stabiel. Er was geen significant effect van bekalking.

De Krasser was net als het Knosprietje talrijker in 2011 dan in 2013, maar liet een sterk significante ($P < 0,0001$) omgekeerde respons zien, met een relatief sterke daling na plaggen en chopperen, maar de daling was na chopperen significant kleiner. De aantallen met en zonder bekalking waren vergelijkbaar.

De Levendbarende hagedis was weliswaar alleen in blok KA talrijk aanwezig, zodat de resultaten niet sterk onderbouwd zijn, maar de respons was desalniettemin significant ($P = 0,0157$) met een opmerkelijke significante toename na chopperen, terwijl de aantallen in andere behandelingen gelijk bleven en na plaggen eerder afnamen. Mogelijk is de wat grotere dekking na chopperen in combinatie met de goed mogelijkheden om op te warmen toch aantrekkelijk voor de soort. Waarschijnlijk spelen randeffecten echter een grote rol en is dus de niet-gechopperde omgeving evenzeer van belang. Toch is het contrast met plaggen aanzienlijk.

De Bossteekmier werd bijna alleen in 2013 aangetroffen, waarschijnlijk mede door de bemonstering met buisjes met vruchtenwijn in plaats van met schaaltes met honing. De soort was het talrijkst na drukbegrazing en leek zowel in de controle als na drukbegrazing minder talrijk met bekalking dan zonder. Opvallend is wel dat de Bossteekmier ook na chopperen en plaggen wel werd aangetroffen. Een gunstig effect van drukbegrazing zou door de opener vegetatiestructuur goed te verklaren zijn. Een eventueel negatief effect van bekalking zou minder goed te verklaren zijn.

Ook de Moerassteekmier werd vooral in 2013 gevonden. De aantallen waren te ongelijk verdeeld voor een volledige statistische analyse, maar er was een



Figuur 7.3: Gemiddeld aantal individuen per proefvlak (±s.e.) voor diersoorten van oude heidestadia voor en na uitvoering van het beheerexperiment.
Average number of individuals per plot (±s.e. where applicable) for animal species of old heathland stages before and after the implementation of experimental treatments:
a) *Metrioptera brachyptera*, b) *Chorthippus parallelus*, c) *Zootoca vivipara*, d) *Myrmica ruginodis*, e) *M. scabrinodis*, f) *Omocetus rufipes*.

opvallend contrast in het talrijkere voorkomen na chopperen dan na plaggen ($P=0,04$; Wilcoxon rangtoets). Vermoedelijk overleven de mieren – wanneer ze zich voor de winter in de bovenlaag van de bodem terugtrekken – het chopperen wel, maar het plaggen niet.

Het Negertje was net als Knopspretje en Krasser talrijker in 2011 dan in 2013. De aantallen waren in 2013 dermate laag, dat er geen duidelijke effecten van de behandelingen onderscheiden konden worden.

Van de minder talrijke soorten van oudere natte heide werd de Veenmier in KB alleen bij de nulmeting gevonden in drie proefvlakken die daarna werden gehopperd of geplagd. Op Strabrecht werd de Veenmier echter in SC ook in beide gehopperde plots in meerdere buisjes aangetroffen.

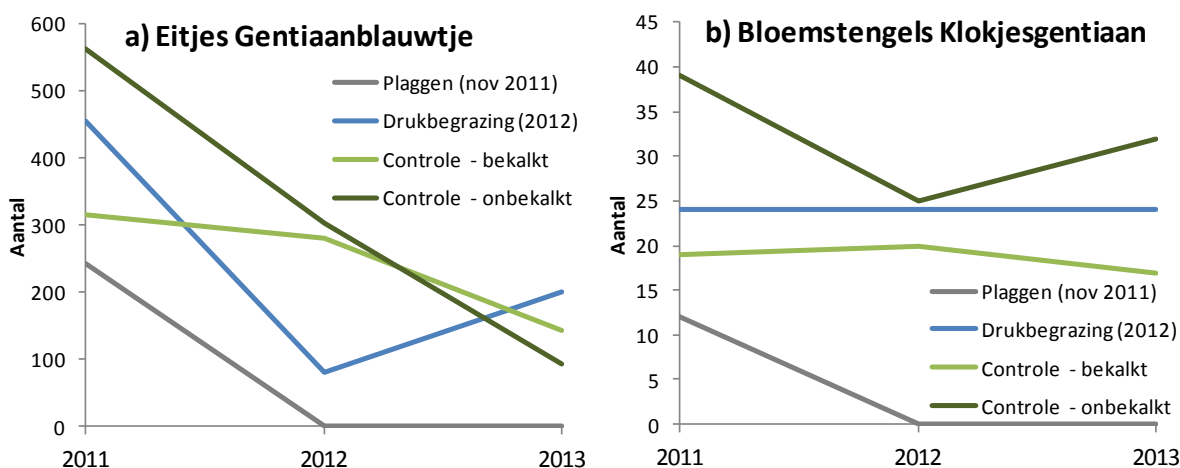
Het Wekkertje werd alleen in de twee Friese terreinen gezien. De aantallen waren er in 2013 beduidend lager dan in 2011, maar opvallend was dat de achteruitgang niet optrad in de drukkbegraasde proefvlakken (2011: 9, 2013: 11 exemplaren), terwijl de soort verdween na plaggen (2011: 20 exemplaren) en sterk achteruit ging na chopperen (2011: 25, 2013: 3 exemplaren, alleen

nog in de Oosthoek) evenals in de controleplots (2011: 32, 2013: 4 exemplaren).

De Zompsprinkhaan werd alleen in 2013 in het Blauwe Bos aangetroffen en was daar het talrijkst in beide proefvlakken met drukbegrazing, met enkele exemplaren aanwezig in beide controles en niet aanwezig in de gechopperde of geplagde plots (hoewel wel net daarbuiten in ongestoorde vegetatie)(de verschillen tussen behandelingen waren significant $P=0,0149$).

Ook de Adder werd alleen in het Blauwe Bos aangetroffen: zowel in 2011 als in 2013 in één controle en in één van de drukbegaasde proefvlakken. Ook na drukbegrazing werd de Adder daar dus waargenomen, al kan het goed zijn dat hij er tijdens de uitvoering van de drukbegrazing tijdelijk afwezig was.

Eiafzet van het Gentiaanblauwtje werd bij de nulmeting in 2011 in zes proefvlakken in KA en KB gevonden; alleen in KA werden grotere aantallen eitjes geteld (Figuur 7.4). In 2012 en 2013 werden in de plagplot geen eitjes en ook geen gentianen meer geteld. Direct na drukbegrazing bleken er in 2012 in het proefvlak met de meeste eitjes nog gentianen met eitjes aanwezig te zijn gebleven. Ook in 2013 werden er eitjes gevonden. Van 2011 naar 2012 daalde het aantal eitjes bij drukbegrazing sterker dan in de controles, maar van 2012 naar 2013 volgde een licht herstel, terwijl de aantallen in de controles verder daalden. Het aantal bloeistengels van Klokjesgentianen bleef bij drukbegrazing en in de controles over de jaren vrij stabiel. Dit wil zeker niet zeggen dat het Gentiaanblauwtje heeft geprofiteerd van de drukbegrazing, want daarvoor is het aantal proefvlakken met waarnemingen te klein. Maar de drukbegrazing was hier zowel direct na uitvoering als het jaar daarna op zijn minst niet nadelig was voor de waardplanten en de waardmieren (zie Figuur 7.3) en zelfs niet sterk nadelig voor de eiafzet van het Gentiaanblauwtje. Mogelijk heeft de drukbegrazing de bereikbaarheid van de gentianen vergroot, wat een belangrijke factor bij de eiafzet kan zijn (Küer & Fartmann, 2004; Van Dyck & Regniers, 2010).



Figuur 7.4: Ontwikkeling van de aantallen van a) eitjes van het Gentiaanblauwtje en b) bloemstengels van de waardplant Klokjesgentiaan in vier proefvlakken in blok KA. De telling in 2012 vond kort na uitvoering van drukbegrazing plaats.

Development of numbers of a) eggs of Phengaris alcon and b) flowering stems of its host plant Gentiana pneumonanthe in four plots of block KA. The 2012 count was carried out shortly after rotational grazing.

7.4 Kernpunten

In dit hoofdstuk staat de kenmerkende heidefauna centraal. Zoals in Hoofdstuk 3 uitgelegd is deze breed opgevat als de groep soorten die zich op

succesvol op de heide kan voortplanten: dus naast de kensoorten ook de soorten met een bredere ecologische amplitudo. Dit voorkomt een eenzijdige nadruk op zeldzame soorten en discussies over welke soorten als wel of niet kenmerkend moeten worden beschouwd, omdat de criteria daarvoor niet eenduidig zijn. Dit geldt ook voor het onderscheid tussen soorten van droge en natte heide, zoals toegelicht in §7.1. Door de soorten waar mogelijk apart te analyseren en verder te groeperen naar jonge of oudere stadia in de ontwikkeling van de heide blijft het steeds helder over welke soorten of welke typen soorten het gaat.

De proefvlakken in het experiment waren voor sommige soorten relatief klein ten opzichte van hun mobiliteit. Dit kan het zicht op de effecten van de behandelingen hebben vertroebeld. Echter, door herhaling van de behandelingen binnen en tussen gebieden was het toch mogelijk om de belangrijke effecten van plaggen, chopperen, druckbegrazing en bekalken vast te stellen.

De effecten van het beheerexperiment op de heidefauna betreft alleen nog de ontwikkeling op de zeer korte termijn van 1-2 jaar na uitvoering. Op die termijn zijn vooral de veranderingen na plaggen en chopperen duidelijk. De effecten van de druckbegrazing waren zeer gematigd en die van bekalking waren niet aantoonbaar aanwezig.

- De soortenrijkdom van soorten van jonge heide nam toe na plaggen en ook na chopperen, maar bleef stabiel na druckbegrazing.
- Omgekeerd nam, in relatieve zin, de soortenrijkdom van soorten van oudere heide af na plaggen, maar in mindere mate na chopperen, terwijl er na druckbegrazing geen verandering optrad.
- Voor soorten van jonge heide namen de aantallen in vergelijkbare mate toe na chopperen en plaggen voor drie soorten sprinkhanen (Gewoon doorntje, Zeggedoorntje en Knopsprietje), maar drie mierensoorten reageerde niet verschillend op de beheermaatregelen en het Heideblauwtje nam juist af na chopperen en plaggen, terwijl het licht profiteerde van druckbegrazing.
- De soorten van oudere heide reageerden wat minder negatief op chopperen dan op plaggen. Dit gold voor Heidesabelsprinkhaan, Krasser, Moerassteekmier en zelfs voor Levendbarende hagedis, die vooral op Kampina hoge dichtheden na chopperen vertoonde. Dat een aantal mierensoorten van oudere heide ook na chopperen voorkwam, maar in veel mindere mate na plaggen, suggereert dat de mieren nesten het chopperen dicht onder het bodemoppervlak overleven.
- Voor Bossteekmier en enkele minder talrijke soorten van oudere heide (Wekkertje, Zompsprinkhaan, Gentiaanblauwtje) werden aanwijzingen gevonden dat ze eerder positief dan negatief op druckbegrazing reageren.
- Op korte termijn is chopperen voor de heidefauna al met al minder ingrijpend dan plaggen, terwijl het effect van druckbegrazing gering is en in sommige gevallen eerder positief is.

Het Heideblauwtje was het meest talrijk na druckbegrazing (foto Henk Bosma).
Plebejus argus was most abundant after intensive rotational grazing.



8 Functionele analyse van faunagroepen

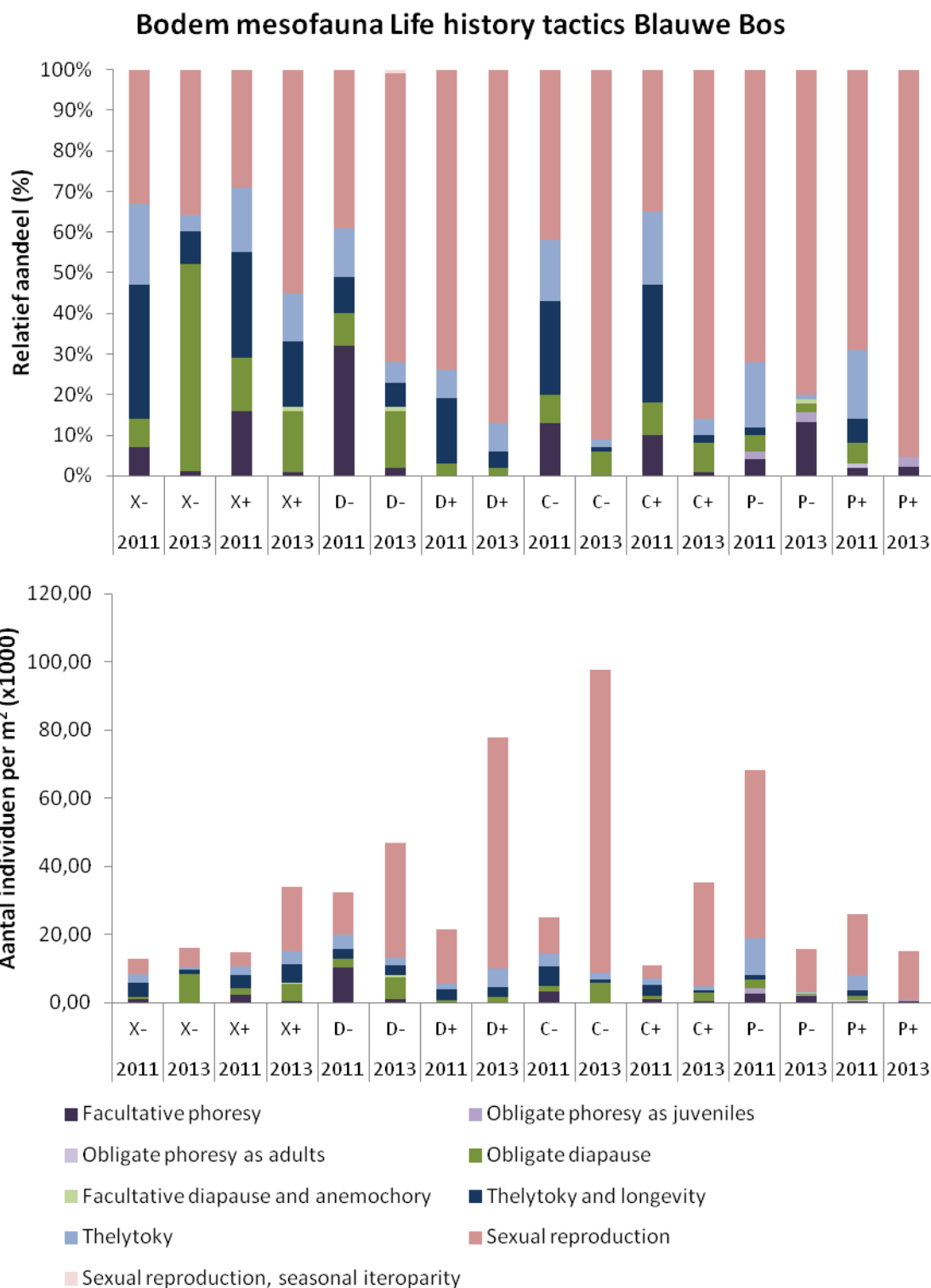
8.1 Bodemmesofauna

De bodemmesofauna is alleen op de Strabrechtse heide en in het Blauwe Bos onderzocht. De absolute aantallen individuen in de monsters verschilden sterk, zowel tussen jaren van bemonstering als tussen gebieden (Figuur 8.1 & 8.2). Ook in de controle-behandelingen zijn grote verschillen in aantallen individuen tussen beide jaren gevonden. De reden voor deze grote verschillen is niet duidelijk. Dit kan te maken hebben met verschillen in weerscondities ten tijde van bemonstering, verschillen in wijze van bemonsteren, maar ook met de wijze van extraheren, of een artefact van de gehanteerde subsampling methode. Er wordt slechts een deel van het monster gesampled en deze gegevens worden geëxtrapoleerd naar aantallen per m². Dit maakt het niet mogelijk om vergelijkingen te maken op basis van de absolute aantallen. In de bespreking is om die reden vooral naar de relatieve verhoudingen tussen de verschillende behandelingen gekeken. De absolute aantallen zijn wel steeds in de grafieken weergegeven, naast de relatieve aantallen.

8.1.1 Life history tactics

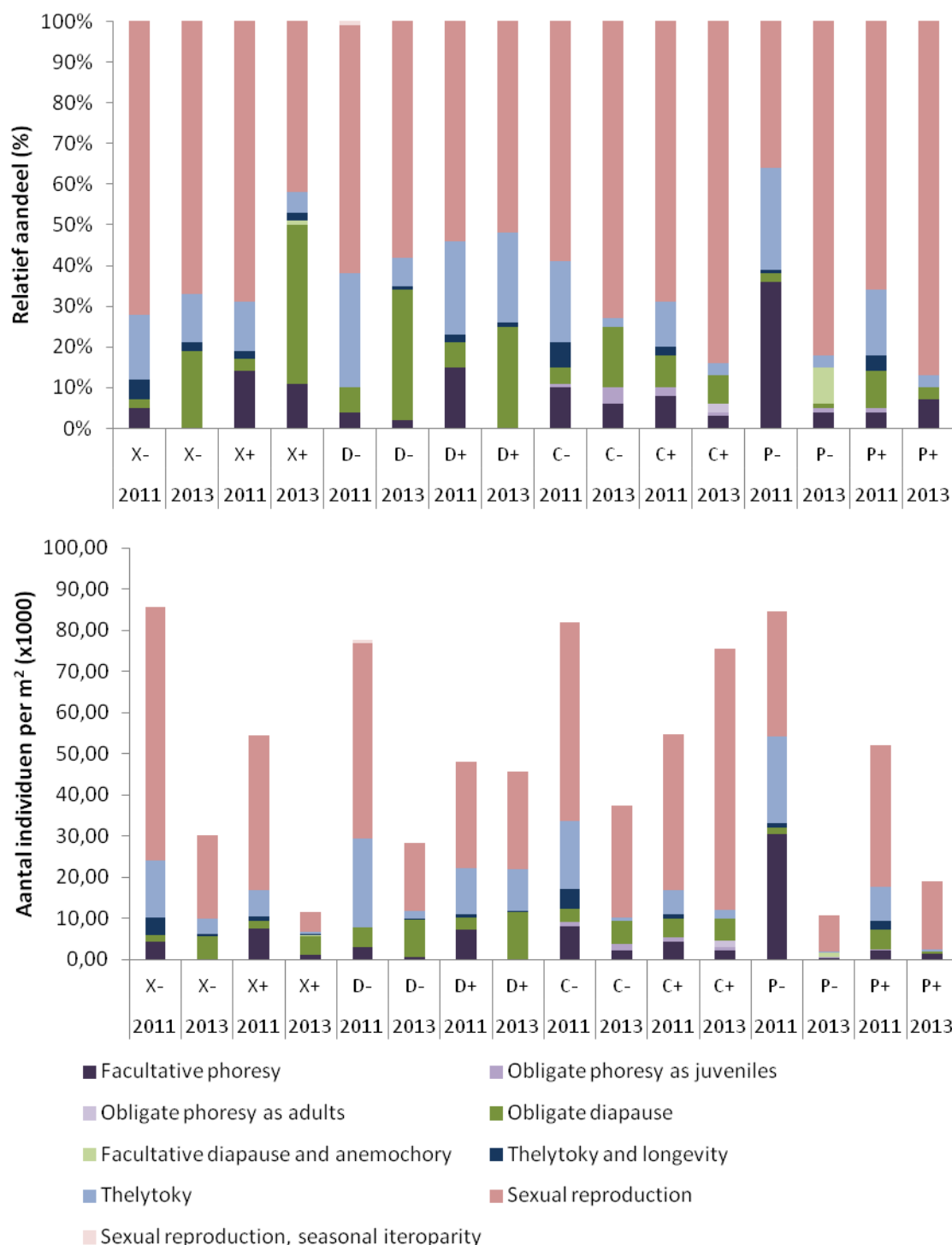
De aangetroffen soorten zijn onderverdeeld naar de *life history tactic* indeling van Siepel (1994). De 'tactics' zijn vernoemd naar de meest kenmerkende eigenschap die bij elke tactic hoort (voor uitleg van de verschillende termen wordt verwezen naar Tabel 2.2 & 2.3). De life history tactics (LHT's) "Seksuele reproductie", "Thelytoky", "Thelytoky en longevity", en "Obligate diapause" namen het belangrijkste aandeel in (Figuur 8.1 & 8.2). In het Blauwe Bos was het aandeel seksueel reproducerende individuen beduidend lager dan in de experimenten op de Strabrechtse Heide. Deze groep nam onder invloed van de verschillende behandelingen relatief het sterkste toe. In het Blauwe Bos nam het aandeel van deze groep toe in vergelijking tot 2011; zowel in de drukkbegraasde, gechopperde als de geplagde behandelingen. Op de Strabrechtse Heide nam deze groep toe in de gechopperde en geplagde behandelingen, maar niet in de drukkbegraasde behandelingen. Thelytoke soorten namen in beide gebieden sterk af in de behandelde proefvlakken, waarbij met name de groep "thelytook en longevity" (thelytook en lang levend) het sterkst afnam. De afname van de thelytoke soorten was nagenoeg absoluut in de geplagde behandelingen. In de gechopperde behandelingen namen deze groepen nog een klein aandeel in. De langlevende thelytoke soorten waren ook hier echter volledig verdwenen.

De sterke afname van de thelytoke mesofauna na chopperen en plaggen mocht worden verwacht: deze groepen hebben hun zwaartepunt in bodems met relatief constante (maar vaak ook extreme) condities. Ze bezetten in de regel een hoog aandeel van de mesofauna in biotopen waarbij de afbraakprocessen in een ver ontwikkelingsstadium zijn gekomen (Siepel, 1994). In natte heidebodems met een hoog gehalte aan slecht afbreekbaar organisch materiaal is het dus logisch dat deze strategie goed vertegenwoordigd is. Na verwijdering van het organisch materiaal door chopperen en/of plaggen neemt de geschiktheid voor deze groep sterk af. De dispersie LHT's (facultatief en/of obligaat foretisch) nemen in alle

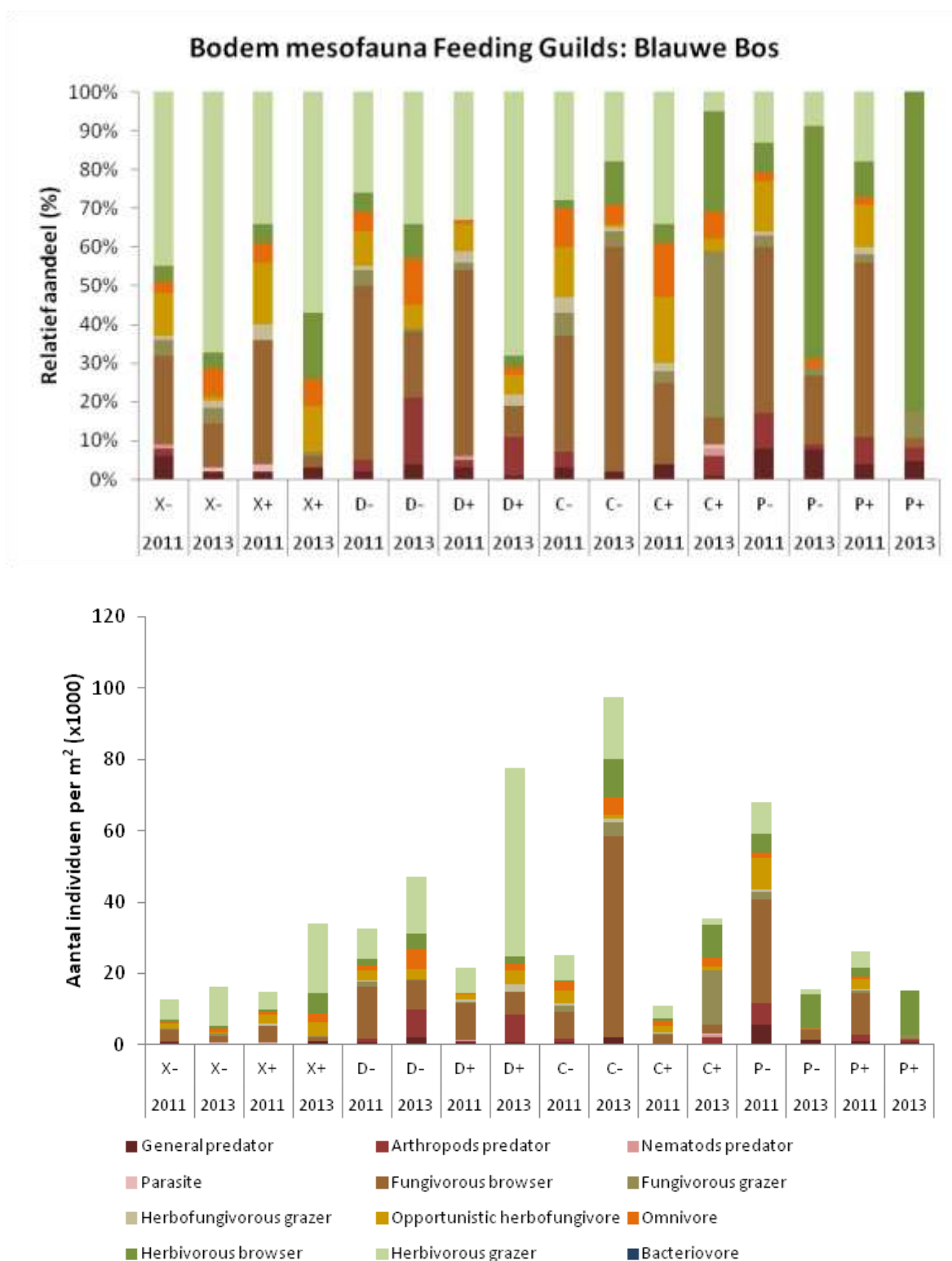


Figuur 8.1: Relatieve (boven) en absolute (onder) abundanties van de bodem mesofauna verdeeld over de verschillende Life history tactics, van het experiment Blauwe Bos (FL), voor (2011) en na (2013) uitvoering van de experimentele maatregelen. Voor uitleg van de verschillende LHT's, zie tekst.
Relative (upper graph) and absolute (lower graph) abundances of soil mesofauna of the Blauwe Bos experiment, sorted according to Life History Tactic, before (2011) and after (2013) execution of experimental treatments (X=control, D=intensive rotational grazing, C=chopping, P=sod-cutting; without [-] or with [+] liming).

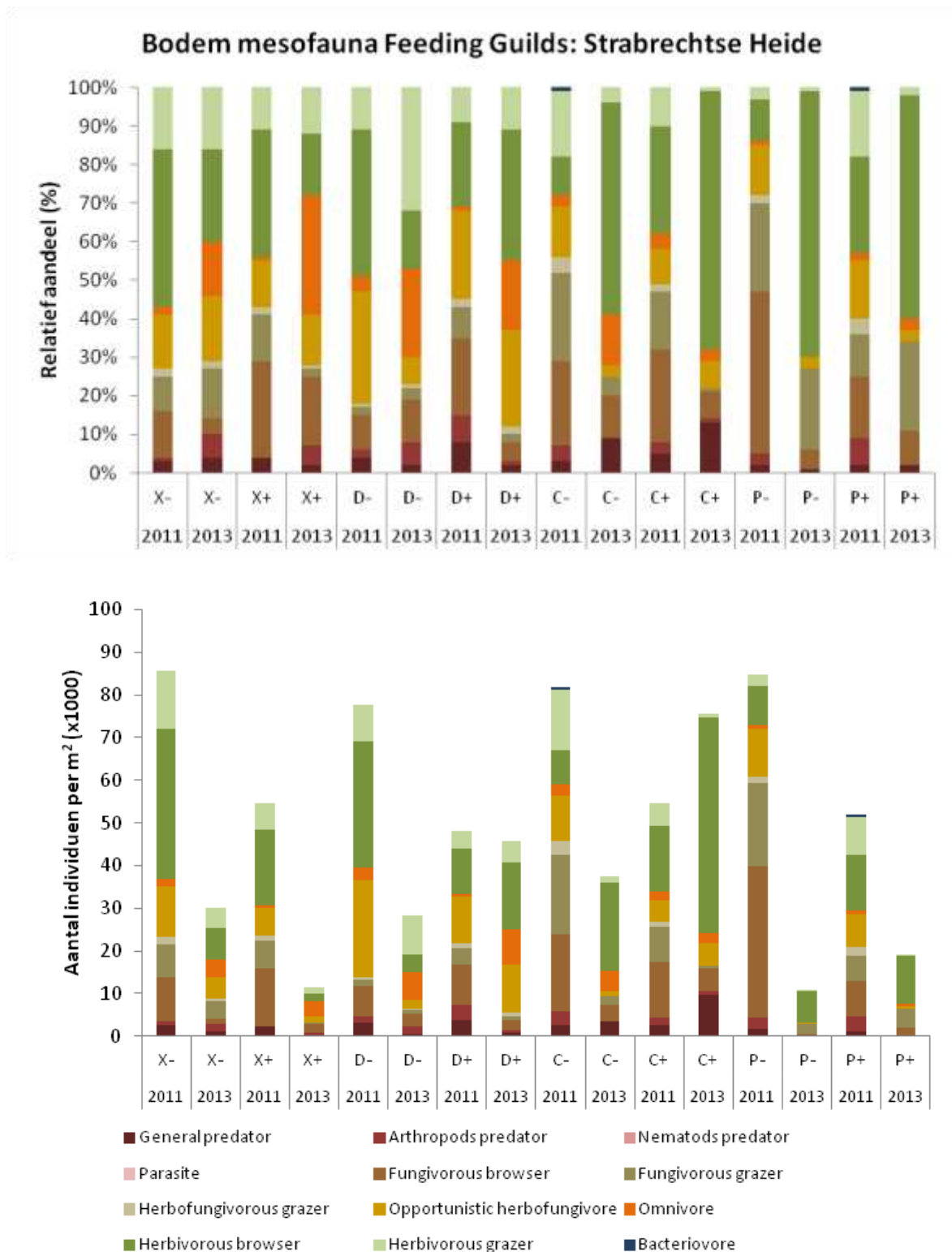
Bodem mesofauna Life history tactics Strabrechtse Heide



Figuur 8.2 Relatieve (boven) en absolute (onder) abundanties van de bodem mesofauna verdeeld over de verschillende Life history tactics, van de experimenten op de Strabrechtse Heide (NB), voor (2011) en na (2013) uitvoering van de experimentele maatregelen. Voor uitleg van de verschillende LHT's, zie tekst.
Relative (upper graph) and absolute (lower graph) abundances of soil mesofauna of the Strabrechtse Heide experiments, sorted according to Life History Tactic, before (2011) and after (2013) execution of experimental treatments.



Figuur 8.3: Relatieve (boven) en absolute (onder) abundanties van de bodem mesofauna verdeeld over de verschillende voedselgilden, van het experiment Blauwe Bos (FL), voor (2011) en na (2013) uitvoering van de experimentele maatregelen. Voor uitleg van de verschillende voedselgilden, zie tekst.
Relative (upper graph) and absolute (lower graph) abundances of soil mesofauna of the Blauwe Bos experiment, sorted according to Feeding guild, before (2011) and after (2013) execution of experimental treatments.



Figuur 8.4: Relatieve (boven) en absolute (onder) abundanties van de bodem mesofauna verdeeld over de verschillende voedselgilden, van de experimenten op de Strabrechtse Heide (NB), voor (2011) en na (2013) uitvoering van de experimentele maatregelen. Voor uitleg van de verschillende voedselgilden, zie tekst.
Relative (upper graph) and absolute (lower graph) abundances of soil mesofauna of the Blauwe Bos experiment, sorted according to Feeding guild, before (2011) and after (2013) execution of experimental treatments.

bemonsterde behandelingen een laag aandeel in, zowel in de nulmeting als in de effectmeting. Van de synchronisatie LHT's neemt alleen de groep "obligate diapauze" een hoog aandeel in. Deze groep kende ook grote verschillen in de relatieve abundantie tussen de monsterjaren bij de controle behandelingen. Veranderingen in de relatieve abundantie van de synchronisatie-groepen is daardoor niet met zekerheid toe te schrijven aan effecten van de behandeling. Langlevende thelytoke soorten zijn het slechtst in staat om te reageren op plotselinge veranderingen, het volledig verdwijnen van die soorten in de geplagde behandelingen was dan ook te verwachten. Seksueel reproducerende soorten kennen een hoger reproductiepotentieel en zijn beter in staat om in onvoorspelbare habitats te leven. Ze nemen altijd een relatief groot aandeel in de mesofauna gemeenschap, en kunnen het snelst reageren op plotselinge veranderingen. Zij zijn daardoor in staat om het snelst de verstoorde habitats te koloniseren en nemen daarom een hoog relatief aandeel in de sterkst verstoorde behandelingen in. Er waren geen duidelijke effecten van bekalking op de relatieve samenstelling van de bodemmesofauna LHT groepen waarneembaar.

8.1.2 Voedselgilden

De belangrijkste voedselgilden (feeding guilds) behoorden tot de fungivore en herbivore trofische groep. Predatoren namen overal slechts een klein aandeel in (Figuur 8.3; Figuur 8.4). Opvallend is dat herbivore browsers in het Blauwe Bos dominant waren over herbivore grazers, en dat dit op Strabrechtse heide omgekeerd was. In beide gebieden nam het aandeel herbivore browsers sterk toe na uitvoering van plagen, en op de Strabrechtse heide eveneens na uitvoering van chopperen. In het Blauwe Bos was het aandeel fungivore grazers na uitvoering van de maatregelen toegenomen in de gechopperde + bekalkte behandeling.

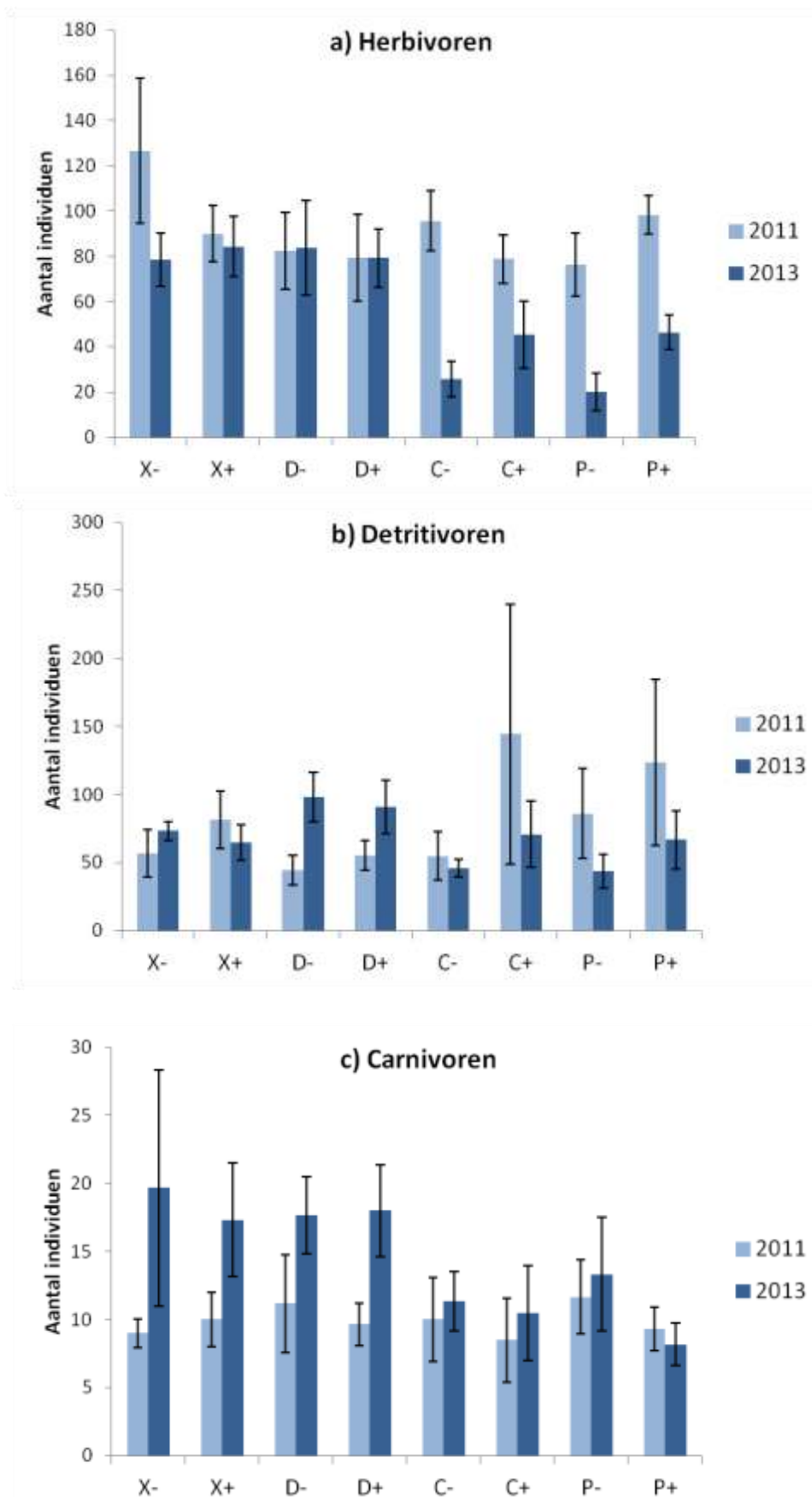
Het gevonden patroon lijkt redelijk in lijn te liggen met de LHT's: met name soorten die betrokken zijn bij de afbraak van organisch materiaal (fungivoren, deze hebben vaak een thelytoke levenswijze) namen het sterkst af na het verwijderen van het substraat waarvan ze afhankelijk zijn: organisch materiaal. De herbivore (algen, mossen etende) strategieën bleven over. Dit zijn veelal seksueel reproducerende en zich snel vermeerderende soorten. De drukbegraste en controle behandelingen lieten geen duidelijke toe- of afname van voedselgilden zien. Ook waren er geen eenduidige verschillen in bekalkt versus onbekalkte behandelingen te zien.

8.2 Tweevleugeligen

De bemonsterde Tweevleugeligen zijn op basis van hun trofiegraad ingedeeld. Per trofische groep is getoetst of zij significante reacties op de behandelingen vertoonden, uitgedrukt in aantallen bemonsterde individuen.

8.2.1 Herbivoren

Herbivore Diptera namen na uitvoering van de maatregel significant af in de gechopperde en geplagde behandelingen (Figuur 8.5a; Bijlage 8.1: $z = -4,99$ resp. $-5,14$; $P < 0,001$). Daarnaast was er een significant effect van bekalken op het aantal herbivore Diptera (Figuur 8.5a; Bijlage 3.1: $z = 2,06$; $P = 0,039$). Dit positief effect van bekalken leek alleen op te treden in de gechopperde en geplagde behandelingen. Dit positieve effect van bekalking weerspiegelt in dit geval dus een snelle respons van de herbivore Diptera gemeenschap na verwijdering van alle vegetatie. Dit kan een effect zijn van snellere hergroei van de vegetatie na bekalken (zie 5.2) of van een verbeterde plantkwaliteit na bekalken (gereflecteerd in een lagere N/P-verhouding in bekalkte behandelingen; Figuur 4.10).



Figuur 8.5. Gemiddeld aantal bemonsterde Diptera ($\pm$ s.e.) in de verschillende behandelingen voor (2011) en na (2013) uitvoering van de beheerexperimenten: a) herbivore, b) detritivoren en c) carnivoren.
Average number of trapped herbivorous Diptera individuals ($\pm$ s.e.) before (2011) and after (2013) implementation of experimental treatments: a) herbivores, b) detritivores and c) carnivores.

8.2.2 Detritivoren

Het aantal detritivore Diptera bleek in de nulmeting uit 2011 in de te aangewezen plag en chopper behandelingen eenmalig een zeer hoog aantal individuen te hebben opgeleverd. Daarom is de toetsing van de respons op de behandelingen uitgevoerd met en zonder deze afwijkende waarden, en zijn de resultaten met elkaar vergeleken.

Het aantal detritivore Diptera nam toe in de drukkbegraasde behandelingen, en af in de geplagde behandelingen (Figuur 8.5b; Bijlage 3.2: $z=2,57$ resp. $-2,43$; $P=0,010$ resp. $0,015$). Daarnaast was het aantal Diptera lager in de vlakken die bekalkt zijn ($z=-2,02$; $P=0,043$). Er was echter geen bekalking x jaar interactie, dus dit effect reflecteert een verschil in de uitgangssituatie. Met weglating van de twee extreme waarden was er alleen een positief effect van drukkbegrazing op de aantallen detritivore Diptera (Bijlage 3.3; $z=2,72$, $P=0,0066$). Beide extremen blijken dus van sterke invloed op de uitkomst van het model voor de bekalking: ze zaten beide in de bekalkte vlakken en geplagde vlakken. De significante toename van detritivore Diptera in de drukkbegraasde behandelingen blijft echter ook met dit model overeind. Dat suggereert dat drukkbegrazing de afbraak van organische stof heeft versterkt.

8.2.3 Carnivore Diptera

Het aantal bemonsterde carnivore Diptera was veel lager dan de aantallen herbivore en detritivore Diptera (15 versus 75-80 gemiddeld). In het jaar van de effectmeting bleken de families behorende tot deze groep beduidend talrijker te zijn in zowel de controle als de drukkbegraasde behandeling (Figuur 8.5c). Door de grote verschillen tussen jaren in de controle behandelingen was een vergelijking van het behandelingseffect niet goed mogelijk (er is dan ook geen significant effect van de behandelingen gevonden). De significante (en bijna significante) interacties "niet bekalken:NA" en "bekalken:NA" (Bijlage 3.4) reflecteren voornamelijk de toename in de controle (en drukkbegraasde) behandelingen. Van een duidelijke toe- of afname als gevolg van een van de behandelingen is dan ook geen sprake.

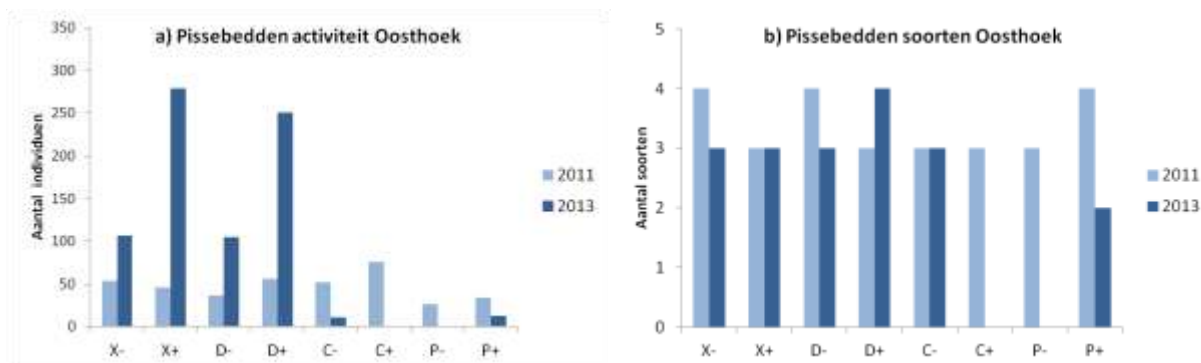
8.3 Pissebedden

In de meeste onderzochte gebieden zijn pissebedden slechts incidenteel in de vangsten aangetroffen. Doordat in een groot deel van de behandelingen in deze gebieden geen enkele pissebed is aangetroffen, is het niet zinvol om een analyse uit te voeren op eventuele toe- of afnamen van soorten of individuen. In één gebied waren pissebedden echter opvallend talrijk aanwezig: in de Oosthoek in Friesland waren deze een vast onderdeel van de potvalvangsten. Van deze locatie wordt een overzicht van de resultaten gegeven. Statistische toetsing was bij gebrek aan herhaling van de behandelingen echter niet mogelijk.

Het aantal pissebedden in de Oosthoek verschilde tussen beide jaren. In 2013 werden meer pissebedden aangetroffen dan in 2011. Ook in de controle behandelingen was het aantal sterk hoger in de effectmeting (tweemaal zo veel, Figuur 8.6a). Het aantal soorten was in beide jaren wel gelijk gebleven in de controle behandeling (Figuur 8.6b).

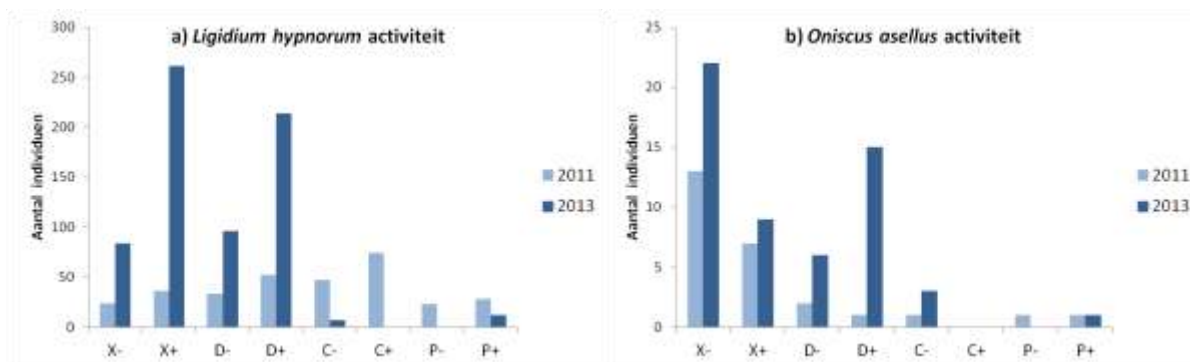
In de gechopperde en geplagde behandelingen daalde de activiteit van pissebedden sterk na uitvoering van de maatregel. In de controle behandeling en drukkbegraasde behandelingen stegen deze echter sterk. Deze toename van activiteit trad met name op in de bekalkte behandelingen. De twee meest dominante soorten (*Ligidium hypnorum* en *Oniscus asellus*) lieten beide een vergelijkbaar patroon zien (Figuur 8.7). Rekening houdend met de beperkte monstergrootte lijkt het er dus op dat er een positief effect van bekalking op de activiteit van pissebedden op heeft getreden. Mogelijk houdt dit verband

met een versnelling van de afbraak van organisch materiaal, of een toename van schimmels in de organische laag, wat leidt tot een verbetering van de voedselkwaliteit. Van bekalking is bekend dat dit kan leiden tot een toename van de afbraak van organisch materiaal (Schack-Kirchner & Hildebrand, 1998, Van Dobben, 2010). Dit lijkt hier ook de meest plausibele verklaring voor het gevonden effect.



Figuur 8.6: a) totale activiteit en b) aantal soorten van pissebedden in de Oosthoek voor (2011) en na (2013) uitvoering van het beheerexperiment.

a) total activity and b) species richness of Oniscidea in Oosthoek before (2011) and



after (2013) implementation of

experimental treatments.

Figuur 8.7: Totale activiteit van de pissebedden a) *Ligidium hypnorum* en b) *Oniscus asellus* in de Oosthoek voor (2011) en na (2013) uitvoering van de behandelingen.

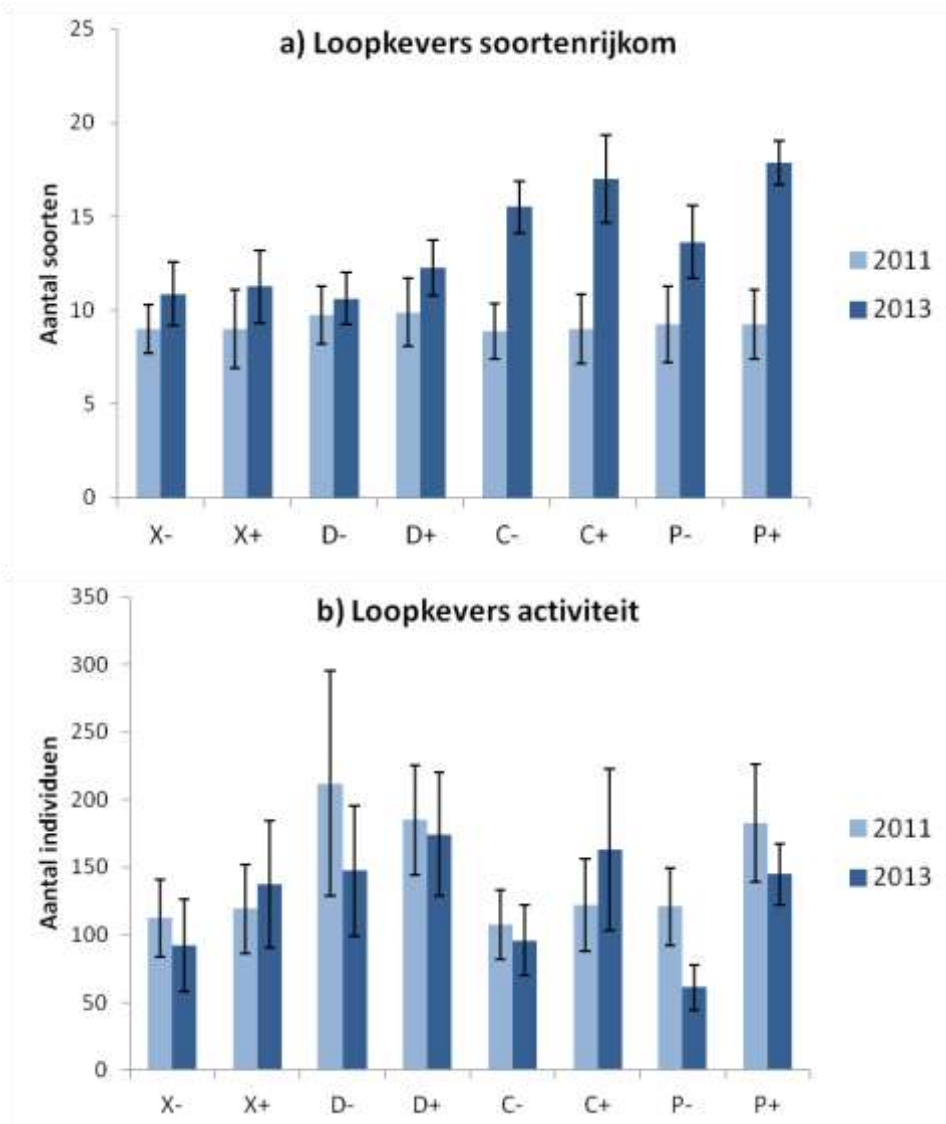
Total activity of the Oniscidea a) Ligidium hypnorum en b) Oniscus asellus in Oosthoek before (2011) and after (2013) implementation of experimental treatments.

8.4 Loopkevers

In totaal zijn 92 soorten loopkevers in de monsters aangetroffen. Dit is ongeveer een kwart van de Nederlandse loopkeverfauna. Over beide onderzoeksjaren zijn 17.434 individuen bemonsterd (Bijlage 4.1). Het hoge aantal soorten en individuen en de relatief goede kennis van de ecologie van de soorten maakt dat deze dataset zich goed leende voor een uitgebreide analyse van de effecten van de behandelingen op het relatieve voorkomen van verschillende soorteigenschappen (zie hoofdstuk 2 voor nadere toelichting).

8.4.1 Totaal aantal soorten en activiteit

Het aantal soorten nam in de gehopperde en geplagde behandelingen significant toe na uitvoering van de maatregelen (Figuur 8.8a; Bijlage 3.5; $z=5,74$ en $5,14$; $P<0,001$). Er waren geen duidelijke verschillen aanwezig in activiteit tussen beide onderzoeksjaren (Figuur 8.8b), dus de toename van soortenrijkdom kan niet simpelweg worden verklaard door een hogere activiteit. Er werd geen significant effect van bekalking op het totaal aantal soorten loopkevers gevonden.



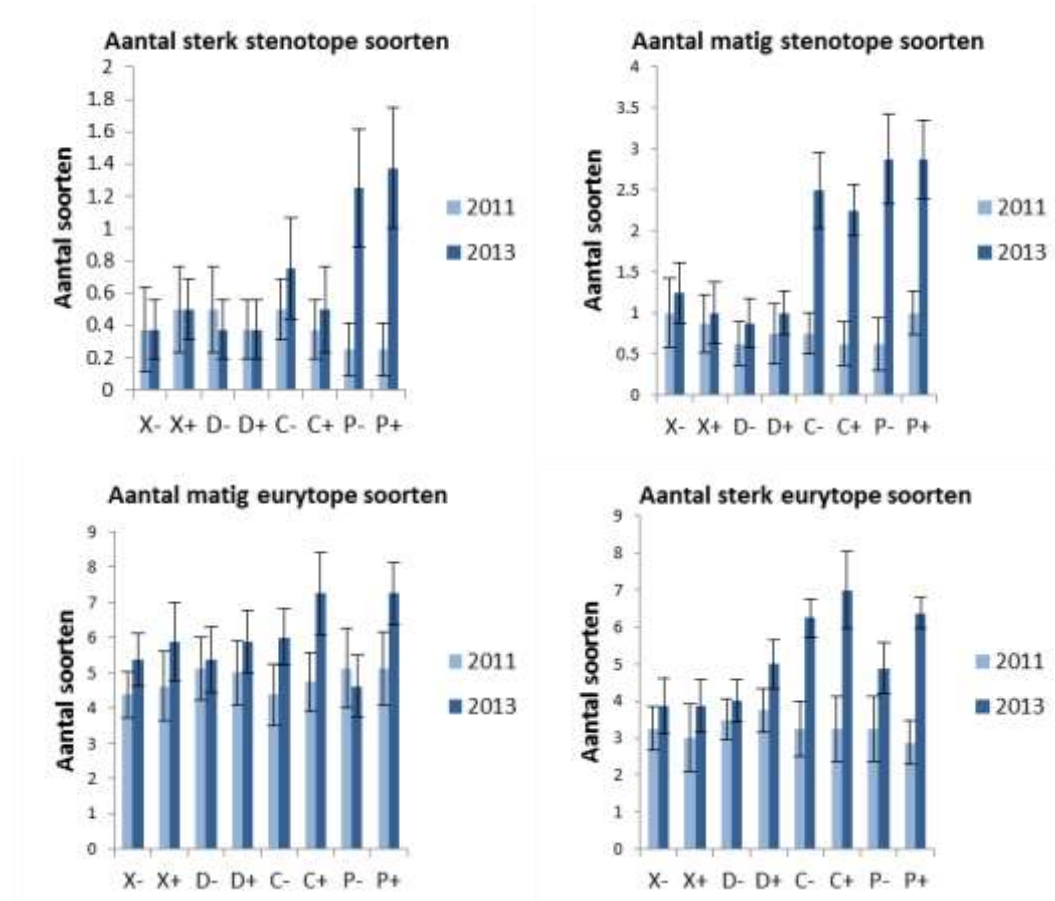
Figuur 8.8: a) soortenrijkdom en b) aantal bemonsterde individuen (activiteit) van loopkevers voor (2011) en na (2013) uitvoering van de behandelingen (gemiddelde $\pm$ s.e.).

a) species richness and b) number of trapped individuals (activity) of Carabidae before (2011) and after (2013) implementation of experimental treatments (mean $\pm$ s.e.).

8.4.2 Habitatbinding

Alle loopkeversoorten zijn onderverdeeld in vier klassen met verschillende mate van habitatbinding: sterk stenotopie soorten zijn soorten met een sterke voorkeur voor een enkel biotoop. Sterk eurytopie soorten zijn het tegenovergestelde; deze soorten komen in nagenoeg alle biotopen voor. De mate van steno-eurytopie zegt overigens niets over de aard van de biotoopvoorkeur van desbetreffende soorten.

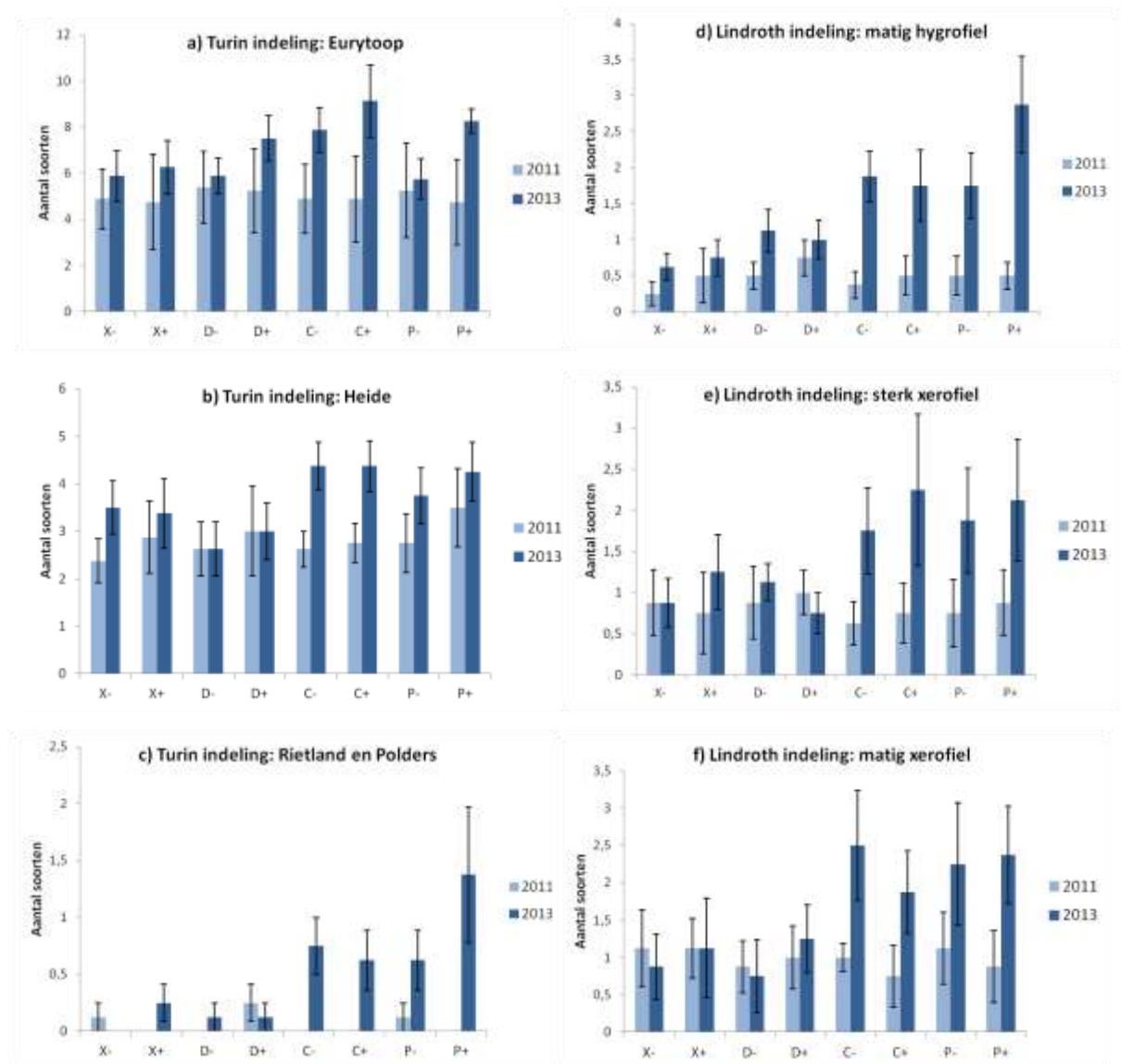
Sterk stenotopie soorten zijn weinig aangetroffen in de monsters, maar namen wel significant toe na plaggen (Figuur 8.9; Bijlage 3.6: $z=3,04$; $P=0,0024$). Meer algemeen waren matig stenotopie soorten; zij namen significant toe na zowel chopperen als plaggen (Bijlage 3.7; $z=3,62$ resp. $4,02$; $P<0,001$). Zeer eurytope soorten namen eveneens significant toe in gechopperde en geplagde behandelingen (Bijlage 3.9; $z=4,21$ resp. $3,42$; $P<0,001$). Matig eurytope loopkevers namen significant toe na bekalking (Bijlage 3.8; $z=2,81$, $P=0,049$), maar niet als gevolg van de vegetatiebehandelingen. De mate van habitatbinding lijkt dus geen duidelijke voorspeller te zijn voor het wel of niet profiteren van chopperen of plaggen. Drukbegrazing had in geen van de groepen een significant positief of negatief effect op soortenrijkdom.



Figuur 8.9 Gemiddeld aantal bemonsterde soorten loopkevers ($\pm$ s.e.) verdeeld over verschillende klassen van habitatbinding (sterk tot matig stenotoop, matig tot sterk eurytoop voor (2011) en na (2013) uitvoering van de beheerexperimenten. *Average number of trapped species of Carabidae ($\pm$ s.e.) divided by levels of steno- or eurytopy (strong to moderate) before (2011) and after (2013) implementation of experimental treatments.*

8.4.3 Biotoopclassificatie volgens Turin

De meeste waargenomen soorten behoren in de door Turin (2000) gepubliceerde biotoopclassificatie tot de eurytope soorten (ongeveer de helft van de Nederlandse loopkeverfauna wordt hier onder geschaard) en heidekarakteristieke soorten (soorten met een voorkeur voor droge of natte heide en stuifzanden). De andere groepen kwamen vaak maar met één vertegenwoordiger in de vangsten voor. Een opmerkelijke groep is de groep die omschreven wordt als "karakteristiek voor Rietlanden en polders". Dit zijn vochtminnende soorten met een voorkeur voor pioniersituaties. De benaming



Figuur 8.10: Gemiddeld aantal bemonsterde soorten loopkevers ($\pm$ s.e.) met Turin-classificatie voor a) "Eurytoop", b) "Heide", c) "Rietland en polders" en met Lindroth-classificatie voor d) "matig hygrofiel", e) "sterk xerofiel" en f) "matig xerofiel" voor (2011) en na (2013) uitvoering van de beheerexperimenten.

Average number of trapped species of Carabidae ($\pm$ s.e.) with Turin-classification as a) Eurytopic, b) Heathlands and drift sands, c) Reed marshes and polders and with Lindroth classification as d) moderately hygrophilic, e) strongly xerophilic and f) moderately xerophilic before (2011) and after (2013) implementation of experimental treatments.

"polders" slaat met name op een hoge presentie van deze soorten in de destijds recent drooggelegde IJsselmeerpolders.

Eurytope soorten namen significant toe na chopperen en plagen (Figuur 8.10a; Bijlage 3.10; $z=3,91$ resp. $2,3$ $P<0,001$ resp. $0,05$). Soorten van rietlanden en polders namen significant toe in geplagde behandelingen (Figuur 8.10c; Bijlage 3.12; $z=2,69$, $P=0,007$). Karakteristieke heidesoorten namen echter niet significant toe. Toch was ook de toename van deze soorten in de geplagde en gehopperde behandelingen het sterkst. Echter, ook in de controle behandelingen was hier sprake van een toename (vooral door een significante toename in de onbekalkte controle: Bijlage 3.11; $z=2,20$, $p=0,028$).

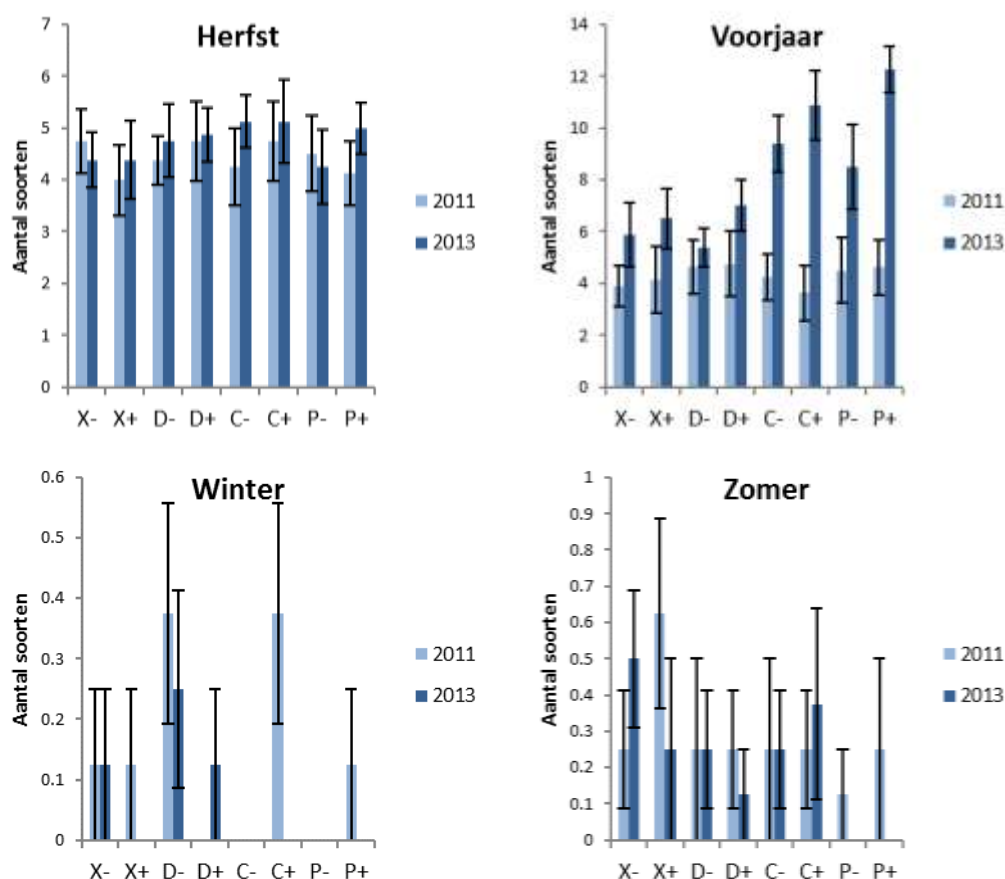
Karakteristieke soorten lijken dus het minst te profiteren van de recente chopper- en plag activiteiten. Wel profiteren meer eurytope soorten en

soorten met een voorkeur voor vochtige pioniermilieus. Ook hier heeft de drukbegrazing behandeling niet geleid tot een verschuiving in soortenrijkdom voor de verschillende groepen.

8.4.4 Biotoopclassificatie volgens Lindroth

De biotoopclassificatie van Lindroth gaat meer uit van algemene habitatkarakteristieken en levert daarom meer informatie op over vochtvoorkeur, voorkeur voor open habitats, en dergelijke. De bemonsterde soorten behoren overwegend tot twee groepen: matig hygrofiele soorten en matig tot sterke xerofiele soorten.

Matig hygrofiele soorten namen toe in de gehopperde en geplagde behandelingen (Figuur 8.10d; Bijlage 3.13; $z=3,38$ resp. $3,93$, $P<0,001$), evenals de matig en sterk xerofiele soorten (Figuur 8.10e en f; Bijlage 3.14; $z=3,06$ resp. $2,74$, $P<0,01$; Bijlage 3.15; $z=2,9$ resp. $2,8$, $P<0,01$) Zowel hygrofiele soorten als xerofiele soorten blijken te profiteren van het pionierkarakter van de geplagde en gehopperde behandelingen. De laatste groep bestaat uit soorten die voornamelijk in open, zonbeschenen habitats worden aangetroffen. Kennelijk is het niet zeer relevant of deze open habitats zeer droog zijn, voldoende openheid en zoninstraling lijken belangrijker voor deze groep loopkevers.

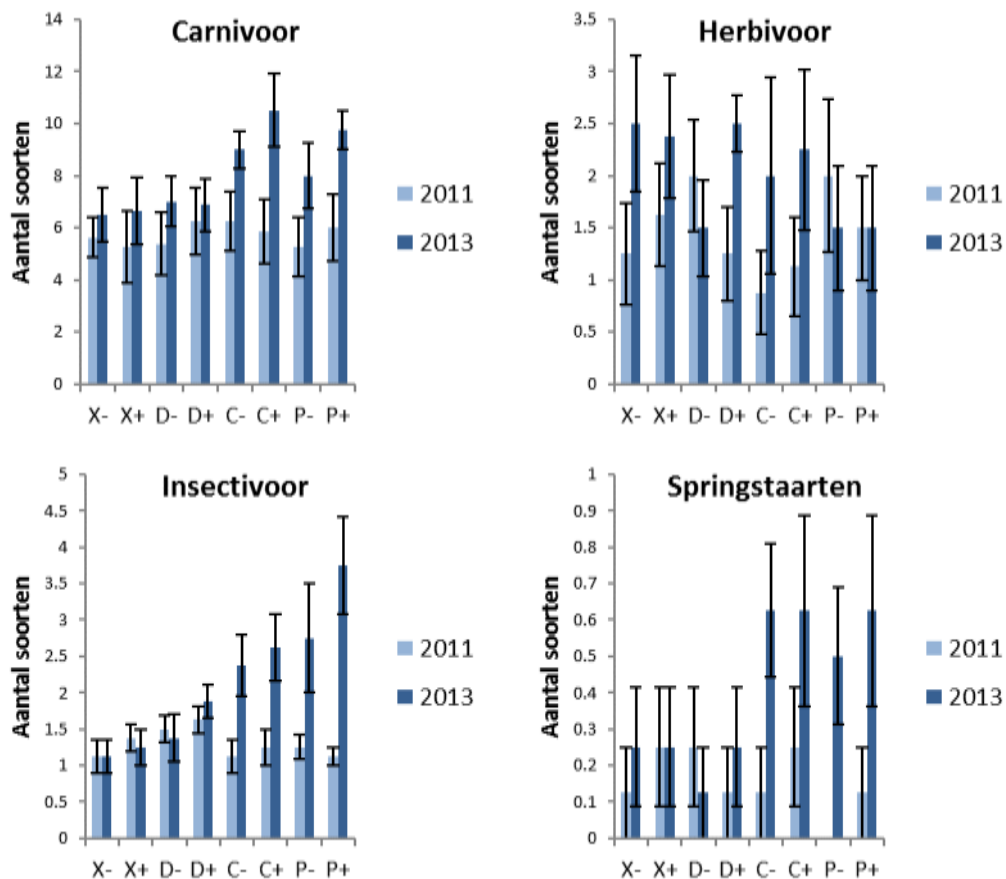


Figuur 8.11: Gemiddeld aantal bemonsterde soorten loopkevers onderverdeeld over de periode van adulte fenologie ($\pm$ s.e.) voor (2011) en na (2013) uitvoering van de beheerexperimenten.

Average number of trapped species subdivided by period of adult peak activity ($\pm$ s.e.) before (2011) and after (2013) implementation of experimental treatments.

8.4.5 Fenologie

Soorten waarvan de adulten in het voorjaar hun piekactiviteit kennen namen significant toe in de gehopperde en geplagde behandelingen (Figuur 8.11; Bijlage 3.16; $z=6,36$ resp. $5,85$, $P<0,001$). De andere groepen verschilden niet significant tussen de behandelingen. Er was echter ook een significant jaareffect tussen de behandelingen (Bijlage 3.16; $z=2,72$, $P<0,01$), dus de toename van het aantal voorjaarssoorten was deels ook toe te schrijven aan variatie tussen de jaren. De toename na chopperen en plagen was wel beduidend groter dan in de controle. Ook was er een significant effect van bekalken op het aantal voorjaarssoorten ($z=2,08$, $P<0,05$), wat tot uiting kwam in een sterkere toename na bekalking.

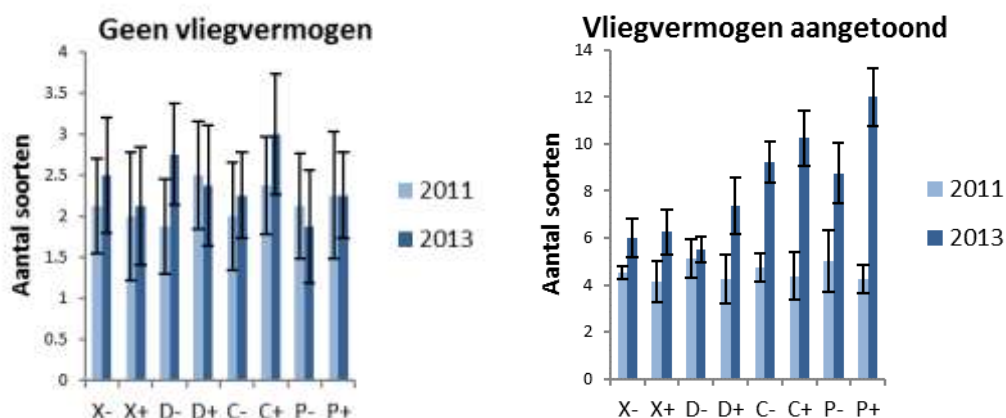


Figuur 8.12: Gemiddeld aantal bemonsterde soorten loopkevers onderverdeeld naar trofisch nivo/voedselspecialisme ($\pm$ s.e.) voor (2011) en na (2013) uitvoering van de beheerexperimenten.

Average number of trapped species subdivided by trophic level and/or food specialization" ($\pm$ s.e.) before (2011) and after (2013) implementation of experimental treatments.

8.4.6 Trofische groep

Alle loopkevers met een predatore levenswijze (Carnivoren, insectivoren, springstaart-specialisten) namen significant toe na chopperen en plagen (Figuur 8.12; Bijlage 3.17: $z=3,67$ resp. $3,38$, $P<0,001$; Bijlage 3.18: $z=2,67$ resp. $3,76$, $P<0,01$; Bijlage 3.19: $z=2,08$, $P<0,05$). Springstaart-specialisten namen alleen toe na plagen, maar ook na chopperen was indicatie van een toename ($z=1,83$, $P=0,067$). Herbivore soorten namen niet significant toe of af als gevolg van de behandelingen.



Figuur 8.13: Gemiddeld aantal bemonsterde soorten loopkevers met (rechts) en zonder (links) vliegvermogen ($\pm$ s.e.) voor (2011) en na (2013) uitvoering van de beheerexperimenten.

Average number of trapped species of Carabidae, incapable (left) and capable (right) of flight ($\pm$ s.e.) before (2011) and after (2013) implementation of experimental treatments.

8.4.7 Vliegvermogen

Soorten die zich vliegend kunnen verplaatsen namen significant in aantal toe na plagen en chopperen (Figuur 8.13; Bijlage 3.20; $z=3,72$ resp. $4,07$, $P<0,001$). Soorten zonder vliegvermogen namen niet significant toe. Daarnaast nam de soortenrijkdom significant toe als gevolg van bekalken in interactie met de behandelingen (Bijlage 3.20; $z=2,22$ $P<0,05$). In Figuur 8.13 is te zien dat de toename van het aantal soorten bij bekalking sterker was in drukkbegraasde (evenwel niet significant), gechopperde en geplagde behandelingen dan zonder bekalking.

8.5 Spinnen

Spinnen uit de potvallen vertoonden geen statistisch significante respons op de behandelingen. De data vertoonden in veel gevallen geen duidelijke positieve of negatieve respons, of gaven juist grote fluctuaties te zien met grote verschillen in de controles tussen de nulmeting en de effectmeting. De resultaten van de spinnen uit het experimentele deel zijn daarom alleen in de bijlage gepresenteerd (Bijlagen 3.21 t/m 3.23 en 4.2).

8.6 Kernpunten

- Bodemmesofauna
 - Life history tactics: Belangrijke verschuivingen in samenstelling traden op na plagen en chopperen. Hier nam het aandeel thelytoke, langzaam groeiende soorten sterk af. Het aandeel seksueel voortplantende, snel reproducerende soorten nam daarentegen toe. In het experiment op het Blauwe Bos was dit effect ook aanwezig na drukkbegrazing, in de Strabrechtse heide echter niet. Chopperen en plagen zijn voor bodemmesofauna zeer ingrijpend. Soorten aangepast aan relatief onvoorspelbare habitats ondervinden hiervan het minste last.
 - Voedselgilden: Na plagen, en in minder sterkere mate ook na chopperen namen de fungivore gilden relatief sterk af in de bodem. Herbivore gilden namen een juist groter aandeel in de

totale gemeenschap van bodemmesofauna in na deze behandelingen.

- Tweevleugeligen
 - Significante afname van herbivore Diptera na plaggen en chopperen ten opzichte van controle.
 - Significant meer herbivore Diptera na bekalking. Dit effect leek met name na chopperen en plaggen op te treden.
 - Detritivore Diptera nemen significant toe na drukbegrazing.
 - Carnivore Diptera leken significant op bekalking te reageren, maar ook de niet bekalkte behandeling was bijna significant positief. Het is dus waarschijnlijk dat dit een jaar-effect is.
- Pissebedden
 - In de meeste experimenten zijn pissebedden slechts incidenteel in de monsters aangetroffen. Alleen in het experiment in de Oosthoek waren pissebedden in voldoende mate aanwezig om een overzicht van de behandelingen te kunnen geven.
 - Totale activiteit van pissebedden in Oosthoek was in 2013 hoger dan in 2011. In gehopperde en geplagde behandelingen nam de activiteit van pissebedden af. In de controle en na drukbegrazing nam de activiteit van pissebedden na bekalking zeer sterk toe.
 - De dominante soorten waren *Ligidium hypnorum* en *Oniscus asellus*. Beide soorten volgden hetzelfde algemene patroon van activiteit verschuivingen.
 - Pissebedden lijken te worden aangetrokken door bekalking, mits er voldoende vegetatie en dekking aanwezig is. Wellicht heeft dit met een verbetering van het voedselaanbod te maken, door versnelde afbraak van organisch materiaal.
- Loopkevers
 - Het aantal soorten loopkevers nam toe na plaggen en chopperen.
 - Een verschil in activiteit tussen behandelingen kan dit verschil in soortenrijkdom niet verklaren. De toename van soorten is dus geen effect van toegenomen activiteit na plaggen en chopperen.
 - Zowel van sterk eurytope soorten als van soorten met een sterke mate van habitatbinding (stenotopie soorten) nam de soortenrijkdom toe na plaggen (of chopperen).
 - Door Turin aangewezen karakteristieke soorten van heide namen niet significant toe of af als gevolg van de vegetatiebehandelingen.
 - Soorten van rietland en polders (vochtminnende "pionier" soorten) namen significant toe na plaggen.
 - Soorten met een voorkeur voor vochtige omgeving namen toe na chopperen en plaggen, evenals matige en sterk xerofiele soorten. De laatste groep zal met name aangetrokken zijn door het open karakter van de recent behandelde delen.
 - Voorjaarssoorten bleken hoofdzakelijk verantwoordelijk voor de toename na plaggen en chopperen. Zij namen ook toe in de controle, maar in minder sterke mate. Soorten met een piek in de herfst namen niet significant toe, zomer- en wintersoorten evenmin.
 - Carnivore, insectivore en op springstaarten gespecialiseerde soorten namen significant in soortenrijkdom toe na plaggen en chopperen. De soortenrijkdom van herbivore loopkevers nam niet toe maar ook niet af, in tegenstelling tot de afname van het aantal herbivore Diptera. Bij Diptera zijn echter de dichtheden bemonsterd, in tegenstelling tot de loopkevers, waar naar het

aantal soorten is gekeken. Het aantal herbivore soorten loopkevers in de monsters was sowieso betrekkelijk laag (1-3 soorten). De respons van herbivore Diptera kan derhalve gezien worden als een gevoeliger, numerieke respons, terwijl de aan/afwezigheid van de loopkeversoorten minder gevoelig is voor veranderingen.

- Soorten zonder vliegvermogen namen in geen van de behandelingen toe. Soorten met vliegvermogen namen juist wel toe na plaggen en chopperen, en ook na bekalking.
- Samenvattend nemen loopkevers die een goed dispersievermogen en predatore levenswijze kennen en hun activiteit in het voorjaar hebben het duidelijkst toe na plaggen of chopperen. Drukbe grazing heeft nog nauwelijks tot geen effect op loopkevers in vergelijking met de controle. Het effect van bekalken is klein, maar heeft desalniettemin een versterkend effect bovenop de effecten van de behandelingen bij soorten met een goed dispersievermogen. Deze groep is in staat om snel te reageren op veranderende omstandigheden en wordt kennelijk versterkt aangetrokken tot de bekalkte proefvlakken. Of dit een effect is van een hoger prooiaanbod of een verschil in omgevingsfactoren is op basis van deze opzet niet duidelijk te maken.

Deel II: Ervaringen uit de Beheerpraktijk

Deel II van dit rapport behandelt de ervaringen met drukbegrazing en chopperen in de praktijk van het heidebeheer. De methoden zijn eerder uiteengezet in Hoofdstuk 3.

Hoofdstuk 9 geeft een overzicht van de ervaringen van terreinbeheerders met drukbegrazing en chopperen ten aanzien van de praktische uitvoering en de effectiviteit.

In de Hoofdstukken 10 t/m 12 worden de resultaten besproken van het evaluerende veldonderzoek naar de effecten van drukbegrazing en chopperen in de beheerpraktijk. Daarin zijn in aanvulling op het in Deel I besproken experiment ook de ontwikkelingen op langere termijn beschouwd. Tabel 10.1 geeft een overzicht van de onderzochte terreinen.



9 Praktijkervaringen

Er zijn in de enquête naar praktijkervaringen 31 terreinbeheerders geraadpleegd. Daarvan hadden er 22 ervaring met drukbegrazing en/of chopperen (Tabel 9.1):

- 3 beheerders met zowel drukbegrazing als chopperen
- 7 beheerders alleen met chopperen
- 12 beheerders alleen met drukbegrazing

Van de overige beheerders hadden sommige wel ervaring met gescheperde begrazing, waarbij in het Haaksbergervveen bijvoorbeeld wel gestuurd wordt op extra begrazing op jonge scheuten van Pijpenstrootje en op het mijden van plekken met Klokjesgentianen in de bloeitijd, maar geen echte drukbegrazing is toegepast. In de gemeente Nunspeet wordt wel gechopperd, maar alleen in *niet-vergraste* droge heide.

Tabel 9.1: Geraadpleegde terreinbeheerders over ervaringen met chopperen en drukbegrazing in met Pijpenstrootje vergraste heide.
Conservation authorities participating in the questionnaire on the practical experience with choppering and intensive rotational grazing in Molinia-encroached heathlands.

Beheerder	Contactpersoon	Ervaringen
Bosgroep Zuid Nederland	R.F. van der Burg	beide
Natuurpunt	K. Lambeets	beide
NM Midden-Brabant	E. de Hoop	beide
Drents Landschap	B. Zoer	chopperen
Natuurpunt	G. Palmans	chopperen
NM De Graafschap	A. Westendorp	chopperen
NM Gelderland	W. Zwaneveld	chopperen
NM Twente	R. Meulenbroek	chopperen
NM West-Brabant	F.van Zijderveld	chopperen
SBB Oost	T. Hunink	chopperen
It Fryske Gea	A. Zijlstra	drukbegrazing
Landgoed Lankheet	B.H. Rouffaer	drukbegrazing
Landschapsbeheer De Wassum	S. van Beek	drukbegrazing
Landschapsbeheer Friesland	G. Meijners	drukbegrazing
Geldersch Landschap & Kastelen	W. Geraedts	drukbegrazing
NM Zuid-Drenthe	R. Popken	drukbegrazing
SBB Bargerveen	J. de Vries	drukbegrazing
SBB Breda	T.M. Bakker	drukbegrazing
SBB De Kempen	J.A.H. Smits	drukbegrazing
SBB Mariapeel en Groote Peel	H. Levels	drukbegrazing
SBB Mariapeel en Groote Peel	W. Cruysberg	drukbegrazing
SBB Twente	T. Klomphaar	drukbegrazing

9.1 Chopperen

Voor 16 terreinen is informatie verkregen over de uitvoering van chopperen op vergraste heide (zie ook 3.1). Het **doel** van de toepassing was steeds het bestrijden van vergrassing. Vier andere redenen werden verder genoemd: het bestrijden van opslag, nazorg na heidebrand om hernieuwde vergrassing te voorkomen, en – als afweging ten opzichte van plaggen – het voorkomen van schade aan hetzij bijzondere planten, zoals Klokjesgentiaan, of aan archeologische waarden.

De oppervlakte van **uitvoering** was meestal kleiner dan 3 ha, met een uitschieter tot 50 ha op het Hijkerveld. Het chopperen werd vaker toegepast op relatief droge delen dan in uitgesproken natte heide. Bij andere beheerders, zoals de gemeente Nunspeet wordt juist ook in vrij weinig vergraste droge heide gechopperd. Als argument hiervoor wordt in de evaluatie heidebeheer van Natuurmonumenten (Anonymus, 2004) de vrees genoemd dat bij chopperen in vergraste heide de vergrassing juist versterkt wordt in plaats van bestreden, omdat chopperen een ideale kiembodem voor grassen vormt.

Daar waar chopperen in vergraste heide is toegepast, bedroeg de bedekking met Pijpenstrootje meestal 70% of meer. De uitvoering dateerde vooral van de laatste tien jaar. Alleen in het Buurserzand wordt al langer (vanaf 1990) gechopperd, maar daar wordt dit in minder extreem vergraste situaties gedaan en wordt dan de strooisellaag in de regel *niet* mee gechopperd. Het chopperen vindt meestal plaats in de maanden september-november, een enkele keer in de wintermaanden. Vooraf wordt de vegetatie vaak gemaaid en wordt het maaisel afgevoerd. Bij het chopperen wordt daarna vooral gebruik gemaakt van een frees met kraan of een klepelmaaier met vangbak. Ook wordt wel gewerkt met een maai/zuigcombinatie, mulcher of, bij zeer kleinschalige toepassing, een bosmaaier.

Als vervolfbeheer wordt meestal extensieve begrazing binnen permanent raster toegepast of begrazing met een gescheperde kudde.

De **effecten** van chopperen zijn bij de ondervraagde beheerders niet door onderzoek vastgelegd. Soms heeft inventarisatie van de vegetatie plaatsgevonden; alleen bij het Stappersven op de Kalmthoutse heide is ook de nulsituatie vastgelegd.

De globale indruk van de effecten van chopperen is positief, maar het wordt wel beschouwd als een ingrijpende maatregel. De structuurvariatie neemt af en het microreliëf verdwijnt voor een belangrijk deel. Bij gebruik van een bosmaaier kan dit effect worden beperkt door een kleinschaliger en subtielere werkwijze.

De vergrassing daalde in alle genoemde voorbeelden sterk. Dit contrasteert met de bovengenoemde ervaring van Natuurmonumenten. Mogelijk zorgt het vervolfbeheer met begrazing voor het onderdrukken van de vergrassing. In plaats van Pijpenstrootje werd vooral het herstel van Dophei genoemd. De effecten op de overige flora werden overwegend positief beoordeeld. Natuurmonumenten noemt het voorbeeld van herstel van Klokjesgentianen (Anonymus, 2004). Wel werd als kanttekening gesignaleerd dat de vegetatie na chopperen uniformer van karakter werd.

De effecten van chopperen op de fauna zijn amper bekend, maar worden op korte termijn als sterk negatief ingeschat. Natuurmonumenten meldde echter wel positieve ervaringen voor de Levendbarende hagedis na chopperen op Huis ter Heide en in de Loonse en Drunense Duinen. Voor de insecten werd alleen aangegeven dat graafwespen door het grotere aandeel kale bodem na chopperen toenamen op het Groote Veld (De Graafschap).

Voor de ontwikkeling over langere termijn werd op het Buurserzand gesignaleerd dat er steeds meer structuur terugkomt en zich ook andere plantensoorten vestigen. Op Huis ter heide werd genoteerd dat pioniersoorten na de eerste jaren geleidelijk verdwijnen. Op het Groote Veld en op de Empese & Tondese heide werd de grote hoeveelheid bosopslag als knelpunt genoemd. De sterke bosopslag in die terreinen hing waarschijnlijk samen met de nabijheid van de bosrand en de wijze van uitvoering, waarbij het gehopperde materiaal met een kraan werd verwijderd, waardoor op de minerale bodem een ideaal kiembed voor de zaden van den en berk ontstond.

Het **vervolgbeheer** door extensieve begrazing of met gescheperde kudde werd als effectief beoordeeld door Natuurmonumenten in verschillende terreinen in Midden-Brabant. Zoals hierboven genoemd is op het Groote Veld een intensieve bestrijding van bosopslag noodzakelijk.

Over het geheel was het **oordeel** van de beheerders dat de hoofddoelstelling bij de toepassing van chopperen bereikt was.

Twee belangrijke praktische voordelen van chopperen werden benadrukt:

- het afgevoerde materiaal kan worden hergebruikt om de heideontwikkeling op natuurontwikkelingsgronden op gang te brengen.
- bij gelijktijdig klepelen en afvoeren kan de hele maatregel in een arbeidsgang worden uitgevoerd.

Als belangrijkste problemen bij de uitvoering werd de afvoer van het maaisel genoemd. Met zwaar materieel ontstaat daarbij ook schade aan de paden. Voorts kan het bij hoge pollen Pijpenstrootje nodig zijn om de uitvoering alsnog in twee fasen uit te voeren. Tenslotte is in de Oosthoek (Friesland) gebleken dat chopperen in natte situaties op moerige bodem praktisch niet goed uitvoerbaar is.

In vergelijking met plaggen is chopperen goedkoper en minder ingrijpend. Microreliëf wordt beter behouden, er treedt sneller kieming van heideplanten op en er komt minder haarmos op. Plaggen lijkt wel effectiever om vergrassing tegen te gaan, maar lijkt ook meer bosopslag in de hand te werken.

Ook (druk)begrazing werd als alternatief genoemd: zie hiervoor 9.2.

Maaien zou ook een goed, want minder ingrijpend, alternatief kunnen zijn, maar doordat er minder voedingsstoffen worden afgevoerd is de effectiviteit ervan mogelijk minder groot, zodat een grotere frequentie vereist is. Bovendien vergt de uitvoering in vegetatie met hoge pollen Pijpenstrootje alsnog vrij zwaar materieel. Al met al lijkt er wel sprake van een kennislacune met betrekking tot de effecten van maaien als herstelmaatregel in vergraste natte heide.

De belangrijkste **praktische aanbevelingen** voor de toepassing van chopperen:

- Kies voor chopperen in plaats van plaggen als er nog bijzondere planten zoals bijvoorbeeld Klokjesgentiaan in de vergraste heide aanwezig zijn (Anonymus, 2004).
- Één enkele, ideale maatregel voor het tegengaan van vergrassing bestaat niet: "ik ben er steevast van overtuigd dat een combinatie van verschillende maatregelen zoals (i) drukk begrazing, (ii) chopperen / diep maaien en (iii) zeer lokaal en kleinschalig plaggen het meest gunstig is, zowel naar herstel als opwaardering structuurvariatie toe." (K. Lambeets, Natuurpunt).
- Kleinschaligheid in de uitvoering biedt meer mogelijkheden voor o.a. het kwijtraken van maaisel en plagsel, behoud van microreliëf. Daarbij kan het gebruik van de bosmaaier aan te raden zijn, bijv. in gebieden met Gladde slang.

9.2 Drukbegrazing

Voor 24 terreinen is informatie verkregen over de uitvoering van drukbegrazing (zie ook 3.1). Het **doel** voor de toepassing ervan was vooral om vergrassing tegen te gaan, al of niet in combinatie met het bestrijden van opslag. Ook werden genoemd: het uitblijven van verjonging van Klokjesgentiaan en het voorkomen van hernieuwde vergrassing als nazorg na heidebrand.

De oppervlakte van de **uitvoering** bedroeg meestal tussen 0,5 en 2,5 ha, incidenteel meer, met een maximum van 24 ha. Zowel droge als natte terreinen worden drukbegrast. De bedekking met Pijpenstrootje bedroeg voor toepassing 60% of meer. De schaapsherders van De Wassum zijn al in 1988 met drukbegrazing door een schaapskudde in verplaatsbare rasters gestart. Op landgoed Lankheet vindt vanaf 1990 drukbegrazing met paarden plaats. Andere beheerders zijn gestart vanaf 1998, in een groeiend aantal terreinen.

De duur en het seizoen van toepassing van drukbegrazing zijn zeer variabel, maar wel hoofdzakelijk in het groeiseizoen. Vrijwel altijd worden heideschappen ingezet, vaak met een hele schaapskudde van ca. 300 dieren, maar op landgoed Lankheet gaat het om vier Pyrenese bergpaarden. Na enige ervaring met runderen werden hier de paarden verkozen omdat deze de vegetatie korter afgrazen, inclusief slecht verteerbare soorten als dophei en berk, paarden de Klokjesgentianen laten staan, en paarden ook praktisch makkelijker achter een raster te houden zijn wanneer het voedselaanbod afneemt.

Schappen worden soms gescheperd gestuurd, maar veelal worden ze binnen een flexraster gehouden. De begrazing vindt 1-2 keer per jaar plaats, maar meestal in twee periodes, in het voorjaar en in de nazomer. Per keer gaat het meestal om enkele dagen achtereens (2-10 dagen), waarbij de dieren in het terrein overnachten. Een enkele schaapskudde wordt dus gedurende het seizoen vaak over een grotere serie locaties of terreinen ingezet, zeker wanneer het kleinere heidegebieden betreft. Na begin augustus is drukbegrazing met schappen niet aan te raden omdat Pijpenstrootje dan in bloei is gekomen en de voedingswaarde ervan snel afneemt. De paarden op Lankheet zijn wel het hele groeiseizoen ingezet, waarbij in het vroege voorjaar en het najaar ook wel wordt bijgevoerd.

De gerealiseerde begrazingsdruk is zeer variabel, onder meer afhankelijk van de mate van vergassing. Meestal wordt de drukbegrazing een aantal jaren achtereens volgehouden, tot 10 jaar toe. Bij aanvang wordt vaak gegraasd met ca. 1000-1200 graasdagen / ha / jaar voor schappen en afnemend tot 300. Op Lankheet komt de begrazingsintensiteit van de paarden overeen met een schapen-equivalent van ca. 2000 graasdagen/ha/jaar. Dit is hoog, maar de begrazing wordt meestal dan ook tot één jaar beperkt (vaak met enige begrazing van de hergroei in het volgende voorjaar) en op dezelfde locatie pas na langere tijd (8-15 jaar) weer herhaald.

Of de schappen van tevoren worden ontwormd is vaak niet bekend bij de beheerder, omdat dit buiten het terrein plaatsvindt. Er is wel een trend waarneembaar dat niet meer standaard wordt ontwormd, maar alleen wanneer dit noodzakelijk blijkt, zoals bij de kuddes van De Wassum in Brabant en van de Wylde Weide in Friesland. Op de Strabrechtse en de Groote heide bij Leende wordt tegenwoordig nooit meer preventief ontwormd.

De uitvoering van drukbegrazing is vaak gecombineerd met het kappen van opslag (ook om deze beter begraaubar te maken) en soms in combinatie met (kleinschalig) plaggen. Op de Strabrechtse heide wordt met de gescheperde

kudde ook drubbegrazing toegepast op de hergroei van Pijpenstrootje na branden.

Na beëindiging van drubbegrazing volgt meestal een beheer van extensieve (gescheperde) begrazing of een periode zonder actief beheer.

Net als bij chopperen zijn de **effecten** van drubbegrazing bij de ondervraagde beheerders niet door onderzoek vastgelegd. Soms is wel een incidentele inventarisatie van de vegetatie en telling van eitjes van gentiaanblauwtjes uitgevoerd. Op de Tongerense heide is wel studentenonderzoek aan de vegetatie na drubbegrazing verricht, maar zonder nulmeting vooraf.

De globale indruk van de effecten door de beheerders is positief. De vergrassing daalt ten gunste van hei. Daarbij wordt wel de kanttekening gemaakt dat bij lage druk weinig effect zichtbaar is of alleen een opener vegetatiestructuur met minder strooiselophoping. De pollenstructuur verdwijnt vaak en in de eerste jaren na uitvoering overheerst korte vegetatie. De verandering in het microreliëf wordt variabel beoordeeld: van onaangestast tot tijdelijk verslechterd. De structuur wordt op termijn snel gevarieerder door opkomende hei, zowel Struikhei als Dophei. Bij It Fryske Gea is ook vermindering van opslag van jonge berken geconstateerd. In diverse terreinen is een toename (en verjonging van) Klokjesgentiaan geconstateerd en in algemenere zin meer ruimte voor minder concurrentiekrachtige planten. De Stekelbrem wordt weinig aangevreten. De betreding bevordert Moeraswolfsklauw.

Ook voor drubbegrazing zijn de effecten op de fauna nauwelijks bekend. De Levendbarende hagedis lijkt er alleen tijdelijk onder te lijden en uiteindelijk te profiteren. De mierenfauna kan zich waarschijnlijk snel herstellen en uitbreiden. De eiafzet van Gentiaanblauwtjes op Klokjesgentianen kan bij ondoordachte toepassing worden weg gegraasd, wat op de Groote heide bij Leende tot het verdwijnen van een lokale populatie heeft geleid. In Lankheet en Dwingelerveld wordt na drubbegrazing wel weer succesvolle eiafzet waargenomen.

Drubbegrazing wordt wel toegepast in combinatie met kleinschalig plaggen en dit lijkt gunstig uit te pakken. Na beëindiging van de drubbegrazing verdwijnen de pioniersoorten geleidelijk. Bosopslag is verminderd. **Vervolgbeheer** met een gescheperde kudde kan vergrassing voorkomen.

Over het geheel luidt het **oordeel** van de beheerders bij drubbegrazing, vaker dan bij chopperen, dat de hoofddoelstelling deels bereikt is. Dit komt vooral doordat het langer duurt voordat de resultaten zichtbaar worden en er op veel plaatsen nog niet zo lang mee gewerkt wordt. In de Mariapeel wordt Pijpenstrootje op restveen ook na 10 jaar drubbegrazing nog niet altijd succesvol doorbroken, wat waarschijnlijk deels met de venige bodemgesteldheid te maken heeft en deels met een vrij lage begrazingsintensiteit.

Over het geheel zijn er weinig belangrijke problemen bij uitvoering van drubbegrazing met uitzondering van de logistiek: het is vooral bij drubbegrazing met een schaapskudde in tijdelijke rasters lastig om de juiste periode in te plannen. De venige bodem is lastig in de Peel. Belangrijke voordelen bij de praktische uitvoering zijn het beheer kan worden uitbesteed. Met een gescheperde schaapskudde is het in een groot terrein goed uitvoerbaar. Ook de drubbegrazing met paarden op Lankheet is al meer dan 20 jaar goed vol te houden.

Drubbegrazing wordt gewaardeerd omdat het een meer geleidelijke omvorming geeft met meer structuurvariatie en behoud van microreliëf dan plaggen of chopperen. Ook is het goedkoper en milieuvriendelijker en geeft het minder

aantasting van het microreliëf en volgens de beheerders ook minder schade aan insecten, reptielen en vegetatiestructuur dan plaggen en/of chopperen.

Belangrijke **praktische aanbevelingen** voor een goede uitvoering zijn:

- Werk kleinschalig!
- Zorg voor goede afspraken over uitvoering om drukbegrazing alleen uit te voeren op gekozen plekken, op afgesproken tijdstippen en met overeengekomen veebezetting
- Gentianenpopulaties zo nodig tijdelijk uitrasteren in het groeiseizoen (half juni-eind augustus)
- Effect op opslag is alleen goed wanneer er ook voldoende gras te eten is. Boompjes eerst afzetten voorafgaand aan begrazing, zodat ze ook afgevreten worden.

Tenslotte kan worden opgemerkt dat ook permanente drukbegrazing bijzondere natuurwaarden kan opleveren. Dit is het geval voor het weekendraster op de Strabrechtse heide. Hier is in de loop van 40 jaar toepassing (bij ca. 1500 graasdagen/ha/jr) in een groot weekendraster (36 ha) met vooral droge heide en vastgelegde stuifduinen, een kortgrazige heischrale vegetatie ontstaan met een rijke, vooral thermofiele, insectenfauna (zie ook Noordijk *et al.*, 2013) met zeer hoge dichtheden aan bladsprietkevers en mieren (waaronder zeldzame soorten als Buntgrasmier *Lasius psammophilus*, Rode baardmier *Formica rufibarbis*, en daardoor ook de Diefmier *Solenopsis fugax*. Soorten zoals Tapuit, Grote bonte en Groene specht, Konijn, muizen, Wezel en Bunzing reageren ook zeer positief op de korte vegetatie.

9.3 Kernpunten

Chopperen

- Chopperen wordt vaker toegepast op relatief droge delen dan in uitgesproken natte heide en ook niet per se in sterk vergraste heide. De oppervlakte van uitvoering was bij sterke vergrassing meestal kleiner dan 3 ha.
- De uitvoering varieert tussen terreinen, waarbij het chopperen soms oppervlakkiger gebeurt en meer op maaien lijkt en soms meer op plaggen lijkt wanneer het materiaal met een kraan wordt verzameld.
- De globale indruk van de effecten van chopperen is positief, maar het wordt wel beschouwd als een ingrijpende maatregel. De structuurvariatie neemt af en het microreliëf verdwijnt voor een belangrijk deel. Bovendien kan bij diep chopperen opslag een probleem vormen.
- De vergrassing daalde in alle genoemde voorbeelden sterk. Mogelijk is dit mede te danken aan het vaak toegepaste vervolgbeheer met begrazing. De effecten op de overige flora werden overwegend positief beoordeeld.
- De effecten van chopperen op de fauna zijn amper bekend, maar op korte termijn als sterk negatief ingeschat, met uitzondering van pioniersoorten. Bij kleinschalige uitvoering zijn er echter wel positieve effecten op de Levendbarende hagedis bekend.
- Belangrijke praktische voordelen van chopperen zijn dat het afgevoerde materiaal kan worden hergebruikt om de heideontwikkeling op natuurontwikkelingsgronden op gang te brengen. Ook kan de hele maatregel in een arbeidsgang worden uitgevoerd, maar dit is vooral met hoge pollen vaak niet mogelijk.
- Een praktisch nadeel is dat met zwaar materieel schade aan de paden ontstaat.
- Ten opzichte van plaggen is chopperen goedkoper en minder ingrijpend.

Drukbegrazing

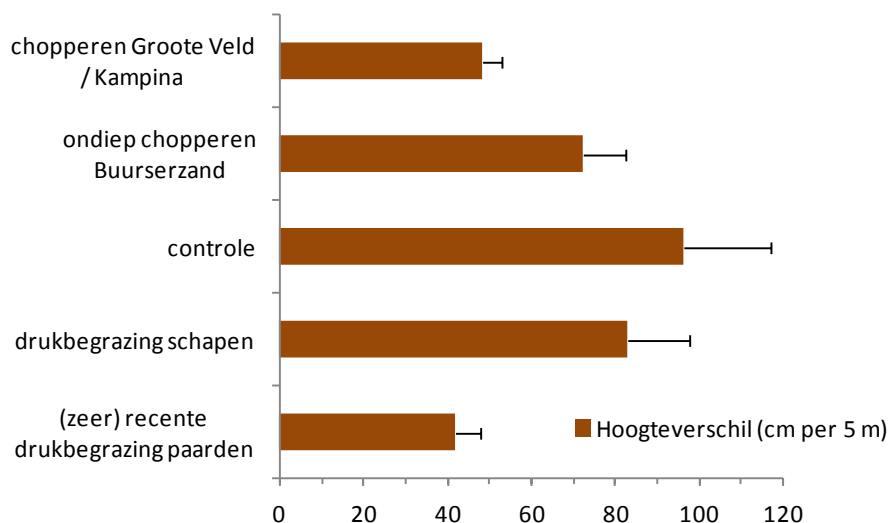
- Zowel droge als natte terreinen worden drukbegaasd. De oppervlakte van de uitvoering bedroeg meestal tussen 0,5 en 2,5 ha.
- De duur en het seizoen van toepassing van drukbegrazing zijn zeer variabel, maar wel hoofdzakelijk in het groeiseizoen. Vrijwel altijd worden heideschappen ingezet, maar er is ook ervaring met Pyrenese bergpaarden. De schapen worden soms gescheperd gestuurd, maar veelal worden ze binnen een flexraster gehouden.
- De begrazing met schapen vindt meestal plaats in twee periodes van enkele dagen achtereen, in het voorjaar en in de nazomer. Meestal wordt de drukbegrazing een aantal jaren achtereen volgehouden, tot 10 jaar toe. Bij aanvang wordt vaak gegraasd met ca. 1000-1200 graasdagen / ha / jaar voor schapen en afnemend tot 300.
- Drukbegrazing wordt gewaardeerd omdat het een meer geleidelijke omvorming geeft met meer structuurvariatie en behoud van microreliëf dan plaggen of chopperen. Ook is het goedkoper en milieuvriendelijker en geeft het minder schade aan microreliëf, insecten, reptielen en vegetatiestructuur dan plaggen en/of chopperen.

10 Microreliëf en Vegetatie

Hoofdstukken 10 t/m 12 behandelen de resultaten van het evaluerende veldonderzoek naar de effecten van drukkbegrazing en chopperen in de beheerpraktijk, met speciale aandacht voor de ontwikkelingen op langere termijn. Tabel 10.1 geeft een overzicht van de onderzochte terreinen.

10.1 Microreliëf

De mate van aanwezig microreliëf is gekwantificeerd als het totale hoogteverschil van het bodem- of poloppervlak tussen opeenvolgende decimeters van het opgemeten transect. Dit hoogteverschil varieerde per transect van 5 m lengte tussen 31 en 174 cm. Deze maat voor het microreliëf was significant gecorreleerd met de bedekking van Pijpenstrootje ($r=+0,49$, $P=0,005$) ofte wel de polstructuur van de vegetatie.



Figuur 10.1: Microreliëf langs transecten met verschillend beheer (weergegeven als totaal hoogteverschil per 5 meter met standaardfout).

Microtopography along transects with different management regimes (given as cumulative height variation per 5 m with s.e.).

De effecten van het beheer waren wel aanwezig (Figuur 10.1; verschillen significant bij $P=0.0375$ Kruskal-Wallis test), maar minder duidelijk dan verwacht. Dit heeft er deels mee te maken dat de pollen na drukkkgrazing nog aanwezig blijven, maar ook dat de terreinheterogeniteit zelf te groot was om met een enkel transect per locatie volledig weer te kunnen geven. Enkele grote lijnen kwamen echter wel naar voren:

- Het microreliëf was relatief gering na (zeer) recente drukkkgrazing met paarden op Lankheet en na chopperen op het Groote Veld en Kampina; het geringe microreliëf was hier vergelijkbaar met de plagplek op Kampina.

- Na drukbegrazing met paarden was het microreliëf sterker genivelleerd dan na drukbegrazing met schapen; ook op de gehopperde plekken in het Buurserzand was het microreliëf met reguliere runderbegrazing minder ontwikkeld dan zonder begrazing (verschil 24 cm op chopperplekken uit 2009 en 38 cm op chopperplekken uit 2003/2004).
- Op de controles was het microreliëf door de polstructuur van Pijpenstrootje het sterkst ontwikkeld (vergelijkbaar met de oude chopper- en drukbegrazingslocaties, maar daarvan waren er te weinig, resp. één en twee, om uitspraken over herstel van microreliëf te kunnen doen).

10.2 Vegetatie

De vegetatie van alle terreinen was voor de uitvoering van maatregelen vergrast met Pijpenstrootje (*Molinia caerulea*) en was overwegend kenmerkend voor natte heide (Tabel 10.1). Dit wordt bevestigd door het Ellenberg-vochtgetal (meestal 7,5 of hoger; waarde gewogen naar abundantie) en de aanwezigheid van freatofyten (nl. Kleine zonnedaauw *Drosera intermedia*, Ronde zonnedaauw *D. rotundifolia*, Veenpluis *Eriophorum angustifolium*, Klokjesgentiaan *Gentiana pneumonanthe*, Knolrus *Juncus bulbosus*, Moeraswolfsklauw *Lycopodiella inundata*, Gagel *Myrica gale*, Witte snavelbies *Rhynchospora alba*, Bruine snavelbies *R. fusca* en Veenbies *Trichophorum cespitosum*). Alleen in het Groote Veld ontbraken de freatofyten geheel. Rode Lijst-soorten van natte heide (nl. Kleine en Ronde zonnedaauw, Klokjesgentiaan, Moeraswolfsklauw, Witte en Bruine snavelbies en Veenbies) kwamen vooral voor in de terreinen Lankheet, Strijbeek en Buurserzand.

10.2.1 Drukbegrazing

De dominantie van Pijpenstrootje nam af tot (lokaal) abundant na uitvoering van drukbegrazing met paarden op Lankheet en met schapen op Strabrecht, na voorbereidend branden (Tabel 10.1). Op Lankheet was Pijpenstrootje direct na drukbegrazing nog wel in korte vorm zeer abundant, maar in lage bedekking en de ervaring van de beheerder is dat het aandeel Pijpenstrootje na het eerste jaar terugloopt. Vijftien jaar na drukbegrazing op Lankheet was wel weer sprake van een hoog aandeel Pijpenstrootje en de beheerder overwoog daar een nieuwe ronde drukbegrazing.

Bij het doorbreken van de dominantie van Pijpenstrootje profiteerden Gewone dophei (*Erica tetralix*) en Struikhei (*Calluna vulgaris*) in alle terreinen. Opvallend is dat de dominantie van Pijpenstrootje na drukbegrazing met schapen op Strijbeek en het Groote Veld niet is doorbroken, in tegenstelling tot Lankheet en Strabrecht. Mogelijk is de grotere mate van vertrapping door de paarden (Lankheet) en de voorbehandeling door branden (Strabrecht) hier van belang.

De soortenrijkdom van de heidevegetatie was in alle drie terreinen groter na drukbegrazing (Tabel 10.1). Op Lankheet was de soortenrijkdom direct na drukbegrazing nog laag, maar 6-7 jaar na uitvoering was deze beduidend hoger. Ook in één van de locaties waar drukbegrazing al 14 jaar geleden was uitgevoerd lag de soortenrijkdom nog hoog, maar was de vergrassing wel sterker. Op Strabrecht was de soortenrijkdom na drukbegrazing significant hoger dan in de controle ($P < 0,05$). Opvallend was het grote aantal soorten in de natte slenk van het langdurig intensief begraasde weekendraster; dit wordt in de zomermaanden echter wel uitgerasterd met het oog op de Klokjesgentianen en Gentiaanblauwtjes. Op het Groote Veld was de soortenrijkdom gering, maar toch wel hoger na drukbegrazing dan in de controle.

Van de Rode Lijst-soorten waren Klokjesgentiaan, Veenbies en Bruine snavelbies op meerdere locaties aanwezig. De abundantie van Klokjesgentiaan was op Lankheet (zie ook Figuur 10.2) het grootst na drukbegrazing in 2006 (>20 bloeiende planten/100 m²) en met enkele bloeistengels het laagst na de recente drukbegrazing in 2011 (3 ex./100 m²) en in de ruige vegetatie na de drukbegrazing in 1998 (enkele exemplaren). De abundantie was wat hoger (4 ex./100 m²) in het proefvlak dat voor het laatst in 1997 was begraasd, wat waarschijnlijk wordt verklaard door de minder sterke verruiging vanwege betere vochtcondities en door een oud karrenspoor dat door het proefvlak liep, waarlangs enkele (maar niet alle) gentianen groeiden. In andere terreinen (Strabrecht, Strijbeek) waren gentianen alleen incidenteel aanwezig, maar in het al lange tijd intensief begraasde weekendraster van Strabrecht wel in grote aantallen.

Tabel 10.1: Samenvatting vegetatieopnamen op locaties na uitvoering van drukbegrazing of chopperen. De getallen in de drie rechter kolommen volgen de Tansley-schaal (zie 3.2). De kleuring duidt op hogere waarden.
Summary of vegetation relevees on locations after intensive rotational grazing or choppering. Colours indicate higher values.

Proef-vlak	Gebied	Jaar Uitvoering	Aantal Heide- / Rode Lijst-soorten	Freato-fyten	Vocht-getal (gewogen)	<i>Molinia caerulea</i>	<i>Erica/ Calluna</i>	Opslag	<i>Campylopus introflexus</i>
1	Lankheet	2011	6 / 1	Ja	5,9	8	2/3	1	
2	Drukbegrazing	2006	8 / 3	Ja	8,0	7	6/6	3	
3	paarden	2005	8 / 4	Ja	8,0	7	9/6	1	
4		2004	6 / 1	Ja	6,9	7	4/9	6	
5		1997	6 / 2	Ja	7,7	8	8/1	3	
6		1998	8 / 2	Ja	7,2	8	2/1	4	
7	Strabrecht	vanaf 2010	5 / 1	Ja	8,0	6	7/7	3	
8	Drukbegrazing	vanaf 2010	7 / 0	Ja	6,2	7	6/6	3	6
9	schapen	vanaf 1970	14 / 4	Ja	7,6	4	8/7	4	3
10		vanaf 2010	6 / 0	Ja	7,4	6	5/7	5	6
11		vanaf 2010	6 / 0	Ja	7,5	7	6/6	5	6
12		Controle	3 / 0		7,4	9	5/3	5	
13	Strijkbeek	Controle	4 / 1	Ja	7,9	9	6/6	3	3
14	Drukbegrazing	vanaf 2005	7 / 1	Ja	7,7	9	3/6	4	3
15	schapen	vanaf 2005	7 / 2*	Ja*	7,7	9	4/6	4	
16	Groote Veld	vanaf 2005	5 / 0		6,8	9	4/6	3	
17	Drukbegrazing	vanaf 2005	4 / 0		6,7	9	3/3	1	
18		Controle	1 / 0		7,0	9	0/0	1	
19	Chopperen	2003	3 / 0		7,7	3	6/9	7	7
20		2006	3 / 0		7,7	4	9/4	5	
21		2007	3 / 0		7,6	7	9/4	6	9
22	Kampina	P 2006	4 / 0	Ja	7,4	6	4/9	5	3
24	Chopperen (C)	C 2006	6 / 0		7,3	8	6/7	5	
25	Plaggen (P)	C 2006	6 / 0	Ja	7,9	8	6/7	5	5
26		Controle	4 / 0	Ja	7,2	9	4/0		
27	Buurserzand	2009-O	5 / 2	Ja	7,7	7	9/1	1	
28	Chopperen	2009-R	5 / 2	Ja	8,3	6	9/3	3	
29	O-onbegraasd	2004-O	5 / 1	Ja	7,8	7	9/3	1	
30	R-runderen	2003-R	3 / 0		7,6	7	9/4	1	
31		1990-O	4 / 1	Ja	7,4	9	8/8	1	
32		Controle-R	3 / 0		7,5	9	7/7	7	

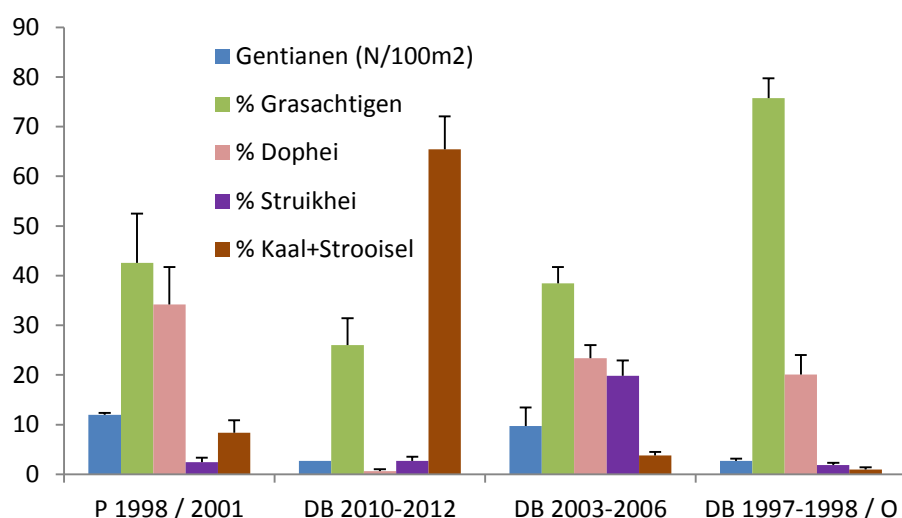
*vooral op plagstrook

Veenbies werd op Lankheet zowel lang als kort na uitvoering van drukbegrazing gevonden met enkele exemplaren tot verspreid aanwezig (1997, 1998 en 2005) en ook in twee van de proefvlakken in Strabrecht was de soort verspreid

aanwezig. Een relatie met de drukkbegrazing was niet duidelijk, maar de soort kan zich zonder beheer lang handhaven en lijkt, hoewel vaak aangevreten, begrazing toch vrij goed te kunnen verdragen.

De pioniersoort Bruine snavelbies werd in Lankheet alleen gevonden in de proefvlakken die in 2005 en 2006 waren begraasd en op de Strijbeekse heide kwam de soort in alle drie proefvlakken frequent tot lokaal abundant voor. Veenmossen zijn niet in detail onderzocht, maar waren 14 jaar na drukkbegrazing abundant aanwezig in Lankheet. Ook op de Strijbeekse heide waren ze aanwezig en in de langdurig drukkbegraasde (maar 's zomers uitgerasterde) locatie op Strabrecht waren ze zelfs goed vertegenwoordigd. Opslag met Berk en/of Grove den kwam in alle terreinen voor, maar hield geen duidelijk verband met de drukkbegrazing. Het vooral in droge heide soms invasieve mos Grijs kronkelsteeltje (*Campylopus introflexus*) was vooral na de drukkbegrazing op Strabrecht lokaal abundant aanwezig.

De drukkbegrazing is op Lankheet in meer detail onderzocht via aanvullend studentenonderzoek naar de habitatkwaliteit voor het Gentiaanblauwtje (Borneman & Vossbeld-Kruse, 2013; zie 3.2).



Figuur 10.2: Vegetatieontwikkeling op natte heide van het Lankheet na plaggen (P) en recente tot oude drukkbegrazing (DB) met Pyrenese bergpaarden en in onbegraasde heide; foutenbalken geven standaardfouten aan.

Vegetation development ($\pm$ s.e.) of gentians (blue), graminoids (green), Erica (pink), Calluna (purple) and bare soil and litter (brown) in wet heathland of Lankheet after sod-cutting (P) and intensive rotational grazing in different years with Pyrenean horses (DB) and in ungrazed heath (O).

Na recente drukkbegrazing was de bedekking met grasachtigen (vooral Pijpenstrootje) afgenomen en het aandeel kale bodem / strooisel sterk toegenomen (verschillen tussen behandelingen significant bij $P < 0,001$; Kruskal-Wallis toets; Figuur 10.2). Als korte vegetatie was Pijpenstrootje nog wel veel aanwezig, maar de ervaring leert dat de hergroei, zeker na de herhaalde begrazing in het tweede voorjaar, gering blijft. Bloeiende Kokjesgentianen waren alleen incidenteel aanwezig. Het aandeel Gewone dophei en Struikhei was het hoogst 6-9 jaar na uitvoering van drukkbegrazing, vergelijkbaar met 11-14 jaar na plaggen. De dichtheid aan Klokjesgentianen was dan eveneens maximaal en wederom vergelijkbaar met de dichtheid na plaggen. In onbegraasde vegetatie en 14-15 jaar na de drukkbegrazing was de gentianendichtheid laag en Pijpenstrootje dominant. Juveniele gentianen werden vooral op de plagplekken en na recente drukkbegrazing gevonden,

incidenteel ook na drukbegrazing in 2005 maar in het geheel niet langere tijd na drukbegrazing of in onbegraasde vegetatie.

10.2.2 Chopperen

In alle drie de terreinen werd de dominantie van Pijpenstrootje door chopperen doorbroken (Tabel 10.1), ook bij het ondiepere klepelen op het Buurserzand. Alleen was in het Buurserzand ook in de niet-gechopperde vegetatie nog een behoorlijk aandeel Gewone dophei en Struikhei aanwezig. Op Kampina bleek wel dat de vergrassing na chopperen sneller terugkeert dan na plaggen.

Met het doorbreken van de dominantie van Pijpenstrootje nam de soortenrijkdom toe. Wel bleef de soortenrijkdom op het Groote Veld na chopperen gering, weinig hoger dan in de controle en wat lager dan na drukbegrazing. Op het Buurserzand was de soortenrijkdom hoger na het recentere chopperen in 2009 dan na chopperen in 2003 of 1990 en dan in de onbehandelde controle. Dat lijkt erop te wijzen dat de soortenrijkdom 10 jaar na chopperen weer afneemt.

Van de Rode Lijst-soorten kwamen in de gechopperde terreinen alleen Veenbies en Klokjesgentiaan voor en dat alleen in het Buurserzand. Klokjesgentiaan kwam alleen in de oudste gechopperde locatie van het Buurserzand verspreid voor. Veenbies kwam vooral in de twee recent (2009) gechopperde locaties vrij veel voor: frequent in het onbegraasde proefvlak en abundant in het met runderen begraasde proefvlak. De controle was vlak naast de chopperplek met abundante Veenbies gelegen, maar daar ontbrak de soort. In de overige proefvlakken op het Buurserzand werd Veenbies alleen nog op de oudste chopperplek (1990) gevonden, maar slechts met enkele exemplaren. Al met al suggereren deze verschillen in voorkomen een positief effect van ondiep chopperen op de ontwikkeling van Veenbies.

Opslag was vooral na chopperen (en afschrapen van de bovengrond) op het Groote Veld talrijk, zeker in vergelijking tot de controle. Dit terrein was eerder ook sterker bebost en bovendien is de afstand tot het omringende bos er klein. Op het Buurserzand was juist alleen in de niet-gechopperde vegetatie flink veel Berk aanwezig.

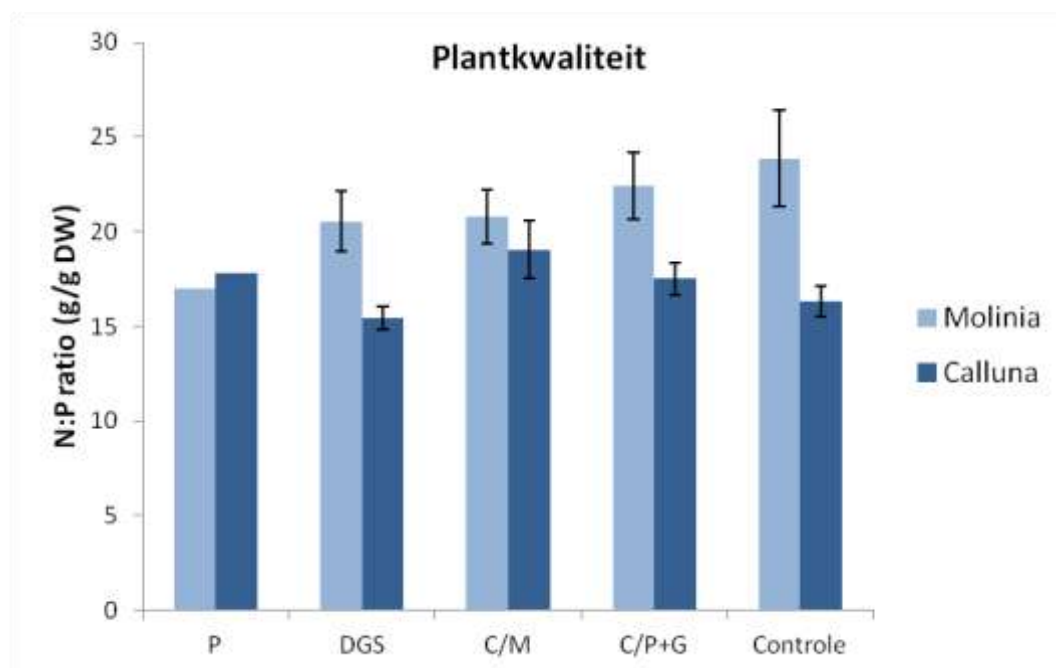
Het invasieve mos Grijs kronkelsteeltje was na chopperen vooral op het Groote Veld en Kampina opvallend aanwezig.

10.3 Plantkwaliteit

Van een deel van de onderzochte gebieden is de plantkwaliteit van de dominante plantensoorten Pijpenstrootje (*Molinia caerulea*) en Struikhei (*Calluna vulgaris*) bepaald. Als maat voor plantkwaliteit is hier gekeken naar de N/P-verhouding van de planten, aangezien hiervan in eerder onderzoek (Vogels *et al.*, 2011) is aangetoond dat dit een belangrijke kwaliteitsindicator is voor – met name de herbivore – fauna.

De N/P-verhouding van *Molinia* was in bijna alle gevallen hoger dan van *Calluna* (Figuur 10.3). Effecten van beheer op de N/P-verhouding waren niet duidelijk aantoonbaar (ANOVA: $F=2.265$; $p=0.09$ Tukey HSD: DGS vs C/M: $p=0.07$). Voor *Calluna* leek de N/P-verhouding wat hoger te zijn bij het ondiepe chopperen op het Buurserzand en juist wat lager na drukbegrazing door schapen, wat te wijten zou kunnen zijn aan selectieve vraat op de jonge hei. Bij *Molinia* was de spreiding in N/P-verhouding groter dan bij *Calluna* en was het gemiddelde het hoogste in de controle en het laagst na plaggen.

Opgemerkt moet worden dat het aantal replica's in deze opzet zeer laag was, en de spreiding in ruimte (locatie) en tijd (tijdstip van inzet) tussen de maatregelen juist zeer groot. Uitgebreider onderzoek naar mogelijke effecten van chopperen/maaien en drukbegrazing zou nodig zijn om met zekerheid vast te kunnen stellen of de trend die is waargenomen bij dit beperkte onderzoek consistent is. Uit onderzoek naar de effecten van ingrijpende maatregelen als chopperen en plaggen op droge heide is wel bekend dat deze leiden tot hoge afvoer van P; zelfs maaien en begrazing kunnen al leiden tot verhoogde N/P-ratio's in planten, resulterend in verhoogde P-limitatie (Härdtle *et al.*, 2009).



Figuur 10.3: Gemiddelde N/P-ratio ($\pm$ s.e.) van groene scheuten van *Molinia* en *Calluna* bij verschillend beheer in het retrospectieve onderzoek. P: Plaggen (n=1, Kampina; niet in statistische test opgenomen); DGS: Drukbegrazing met schapen (n=6, Strabrecht; met voorbereidend brandbeheer); C/M: ondiep Chopperen (n=5, Buurserzand); C/P+G: diep chopperen met begrazing (n=5, Groote Veld en Kampina) en Controle (n=4, diverse terreinen).

Mean N/P ratios ($\pm$ s.e.) of green shoots of *Molinia caerulea* and *Calluna vulgaris* after different management in the heathland evaluation sites. P: sod-cutting (n=1, excluded from statistical test); DGS: intensive rotational grazing with sheep (n=6); C/M: superficial choppering (n=5); C/P+G: deep choppering (n=5) and Control (n=4).

10.4 Kernpunten

De grote lijnen van de ontwikkeling van de vegetatie op middellange termijn zijn als volgt:

- Zowel door drukbegrazing als chopperen kan de dominantie van Pijpenstrootje worden doorbroken en de soortenrijkdom van de heidevegetatie toenemen.
- Eenmalige intensieve drukbegrazing met paarden levert op Lankheet een duidelijk herstel van de heidevegetatie met een optimum in soortenrijkdom 7-8 jaar na uitvoering.
- Herhaalde drukbegrazing met schapen leidt minder snel tot het doorbreken van de dominantie van Pijpenstrootje, maar een voorbehandeling door branden kan daar mogelijk aan bijdragen en mogelijk ook een grotere begrazingsintensiteit.
- Herhaalde drukbegrazing met schapen kan bij voortzetting gedurende enige decennia een soortenrijke heidevegetatie opleveren

- Ook door chopperen wordt de dominantie van Pijpenstrootje succesvol doorbroken, maar de soortenrijkdom van de vegetatie lijkt minder snel te herstellen dan na drukbegrazing.
- Opslag van berken en dennen lijkt vooral een probleem bij diep chopperen
- Grijs kronkelsteeltje kan op drogere locaties zowel na drukbegrazing als na chopperen een hoge bedekking bereiken
- In niet al te sterk vergraste situaties, zoals in het Buurserzand, levert ook ondiep chopperen een goed heideherstel op, maar 10-15 jaar na uitvoering lijkt de soortenrijkdom onder invloed van vergrassing weer af te nemen.

11 Kenmerkende heidefauna

11.1 Inleiding

Een overzicht van de – tijdens het evaluerende onderzoek getelde – individuen van kenmerkende heidesoorten voor reptielen, sprinkhanen, mieren en dagvlinders is gegeven in Tabel 11.1. Er werden 44 kenmerkende heidesoorten waargenomen, waarvan 8 Rode Lijst-soorten en 17 soorten die in minimaal vijf van de zes terreinen voorkwamen. Voor mieren is geen Rode Lijst opgemaakt, maar in Duitsland staat de Veenmier (*Formica picea*) wel op de Rode Lijst (Seifert, 2007). De meeste soorten zijn op de Strabrechtse heide en de minste op de Strijbeekse heide (Kogelvanger) gezien.

De helft van de soorten kan als kenmerkend voor jonge heide worden beschouwd en de andere helft voor structuurrijke oude heide.

Zoals in Hoofdstuk 7 al is geconstateerd zijn de soorten van oude heide vaker te vinden in vochtiger milieus. Dit geldt bijvoorbeeld voor Bont dikkopje, Gentiaanblauwtje, Groentje, Groot dikkopje, Negertje, Veenmier en Moerassteekmier (*Myrmica scabrinodis*). Omgekeerd zijn de soorten van jonge heide vaker gebonden aan warme, droge milieus. Dit geldt voor Heivlinder, Hooibeestje, Kleine vuurvler, Kommavler, Kokersteekmier (*Myrmica schenki*), Lepelsteekmier (*M. lonae*), Zandsteekmier (*M. sabuleti*), Knopsrietje, Snortikker en Veldkrekel. De binding van soorten uit oude heide aan vochtige milieus en soorten van jonge heide aan droge milieus gaat echter niet voor alle soorten op. De natte heide heeft ook zijn pioniersoorten, zoals Heideblauwtje en Gewoon doortje. En veel andere soorten komen zowel in droge als natte heide voor.

Tabel 11.1: Overzicht van getelde individuen (voor de mieren het aantal mierenbuisjes) van de kenmerkende heidefauna. Rode Lijst-soorten zijn met RL aangegeven.

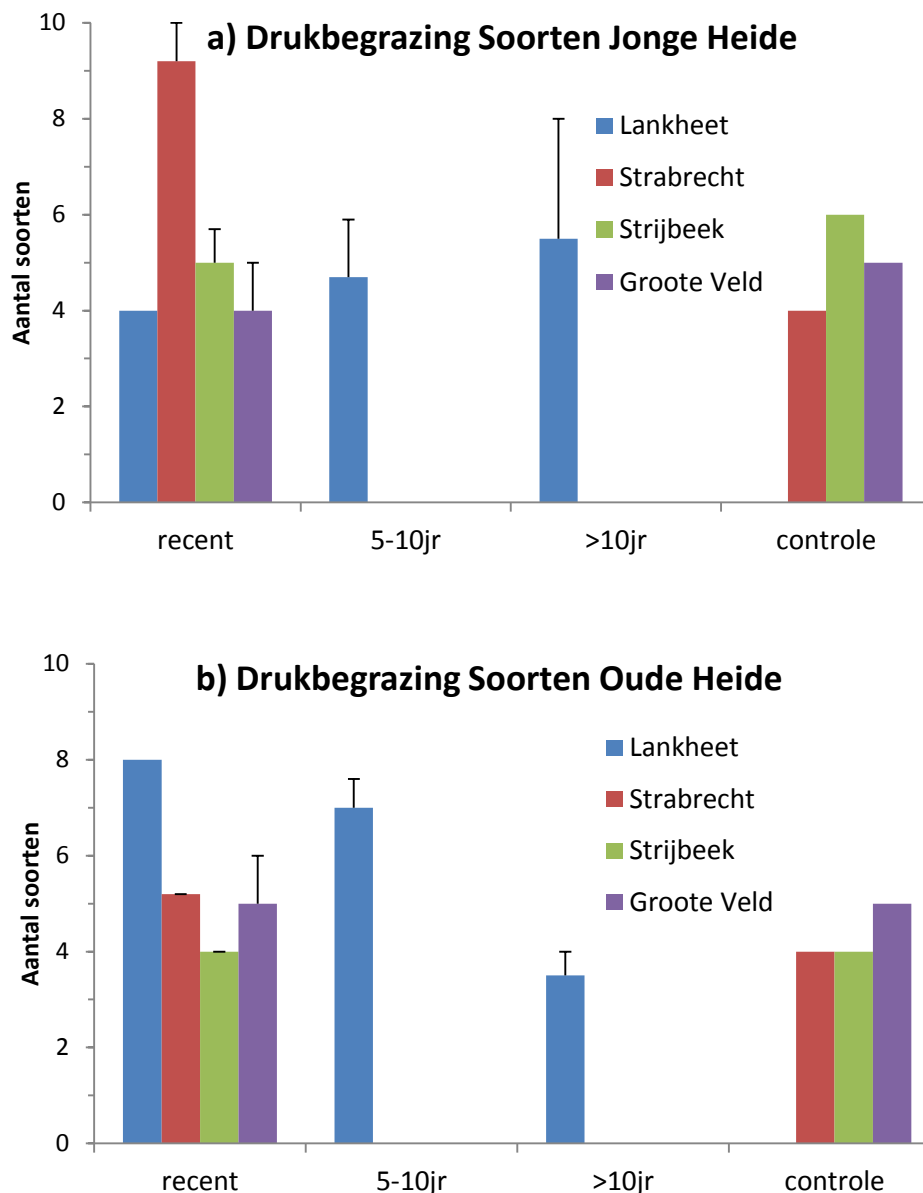
Overview of counted individuals (number of occupied wine tubes for ants) of characteristic heathland fauna. Red List species are indicated with RL.

Soortgroep	Soortnaam	Buurser-zand	Groote Veld	Kampina	Lankheet	Strabrecht	Strijbeekse heide	Successie
Dagvlinders	Bont dikkopje RL	1		3				Oud
Dagvlinders	Bont zandoogje					1		Oud
Dagvlinders	Boomblauwtje		3	1	2	3	1	Oud
Dagvlinders	Bruin zandoogje	11						Oud
Dagvlinders	Citroenvlinder	7	5	3	6	1	1	Oud
Dagvlinders	Gentiaanblauwtje RL	1		2	5	5		Oud
Dagvlinders	Groentje		1	3		2		Oud
Dagvlinders	Groot dikkopje RL	34	17	3	15	4		Oud
Dagvlinders	Heideblauwtje RL	286	17	35	622	10	3	Jong
Dagvlinders	Heivlinder RL					9		Jong
Dagvlinders	Hooibeestje					7	1	Jong
Dagvlinders	Kleine vuurvler	3	1	1		9		Jong
Dagvlinders	Koevinkje		1					Oud
Dagvlinders	Kommavler RL					1		Jong
Dagvlinders	Oranje zandoogje			30		9		Oud

Soortgroep	Soortnaam	Buurser- zand	Groote Veld	Kam- pina	Lank- heet	Strabrecht	Strij- beekse heide	Successie
Mieren	<i>Formica cunicularia</i>	1		1	2	2		Jong
Mieren	<i>Formica fusca</i>	7	16		5		5	Jong
Mieren	<i>Formica picea</i> (RL in Dld)	10						Oud
Mieren	<i>Formica rufibarbis</i>	7	2			5		Jong
Mieren	<i>Formica sanguinea</i>		8		1	1		Jong
Mieren	<i>Lasius niger</i>	4	1	6	11	6	3	Jong
Mieren	<i>Lasius platythorax</i>	39	14	19	39	10	16	Jong
Mieren	<i>Leptothorax acervorum</i>	1						Oud
Mieren	<i>Myrmica lonae</i>	1			3	1		Jong
Mieren	<i>Myrmica rubra</i>	4		1	19	2	5	Jong
Mieren	<i>Myrmica ruginodis</i>	2	3		12	3	5	Oud
Mieren	<i>Myrmica sabuleti</i>				1			Jong
Mieren	<i>Myrmica scabrinodis</i>	11	3		14	2	6	Oud
Mieren	<i>Myrmica schencki</i>	4	3	6	3	1	1	Jong
Mieren	<i>Tetramorium caespitum</i>	1	1					Jong
Reptielen	Levendbarende hagedis RL	5	7	37	3	7	3	Oud
Sprinkhanen	Bruine sprinkhaan	12	19		11	2	20	Jong
Sprinkhanen	Gewoon doortje	3		23	1	25	5	Jong
Sprinkhanen	Heidesabelsprinkhaan	162	1	32	196	26	71	Oud
Sprinkhanen	Knopsprietje	28	21	158	16	226		Jong
Sprinkhanen	Krasser	188	268	213	218	165	81	Oud
Sprinkhanen	Negertje			71		88		Oud
Sprinkhanen	Ratelaar	4	20	11	9	9	2	Jong
Sprinkhanen	Sikkelsprinkhaan						1	Oud
Sprinkhanen	Snortikker					17		Jong
Sprinkhanen	Spitskopje spec.			1		5		Oud
Sprinkhanen	Veldkrekel (RL)					15		Jong
Sprinkhanen	Wekkertje	104	98		32			Oud
Sprinkhanen	Zuidelijk spitskopje		43					Oud
	Jonge heide	15	12	10	14	19	10	22
	Oude heide	13	12	12	10	14	8	22
	Totaal	28	24	22	24	33	18	44

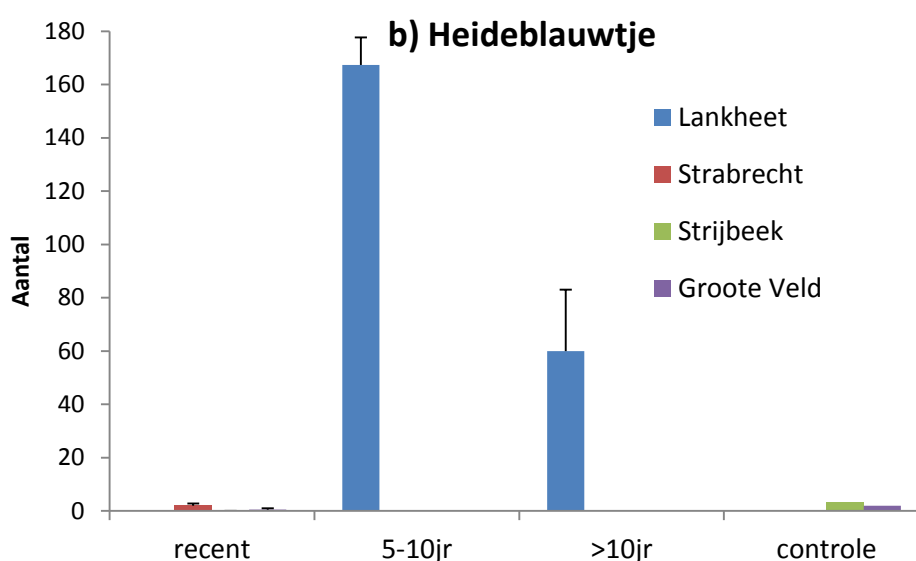
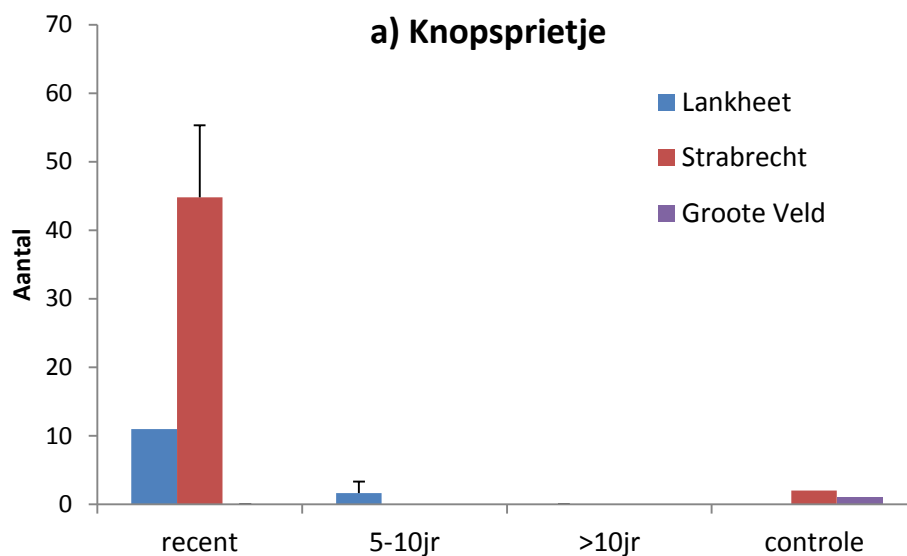
11.2 Drukbegrazing

Soorten van jonge heide waren vooral op de Strabrechtse heide talrijker na de recente druibegrazing (Figuur 11.1). In de controle was alleen een drietal mierensoorten en Knopsprietje aanwezig. Opvallend was dat het aantal soorten van jonge heide in de andere drie terreinen niet hoger was na recente druibegrazing. Soorten als Knopsprietje komen ook nog wel voor in oudere heide, maar dan in lagere aantallen (Figuur 11.2a; verschil op Strabrecht significant bij $P < 0,01$). Het Heideblauwtje was op Lankheet juist het eerste jaar na druibegrazing nog afwezig, maar 14-15 jaar na de druibegrazing was de soort toch nog in redelijke aantallen vertegenwoordigd (Figuur 11.2b). Ook op Strijbeek en het Groote Veld was de soort in de controles nog aanwezig, zij het in lage aantallen, maar op Strabrecht was dit andersom.



Figuur 11.1: Gemiddelde soortenrijkdom van de heidefauna ($\pm$ s.e. voor zover van toepassing) van a) jonge en b) oude heidestadia bij verschillende duur na uitvoering van drukbegrazing in vergelijking met een onbegraasde controle in vier heideterreinen. *Average species richness of heathland fauna ($\pm$ s.e. where applicable) for a) young and b) old heathland successional stages at different age after intensive rotational grazing in four heathland areas.*

Voor soorten van oudere heide verschilde de soortenrijkdom in drie terreinen opvallend weinig tussen recente drukbegrazing en controle (Figuur 11.1b). In Lankheet was de soortenrijkdom zelfs lager wanneer de drukbegrazing langer geleden was uitgevoerd. Vooral de dagvlinders en de Levendbarende hagedis ontbraken in de sterker vergraste en minder structuurrijke heide. De Levendbarende hagedis was echter ook nagenoeg afwezig na recente drukbegrazing, ook op Strabrecht en in het Groote Veld.

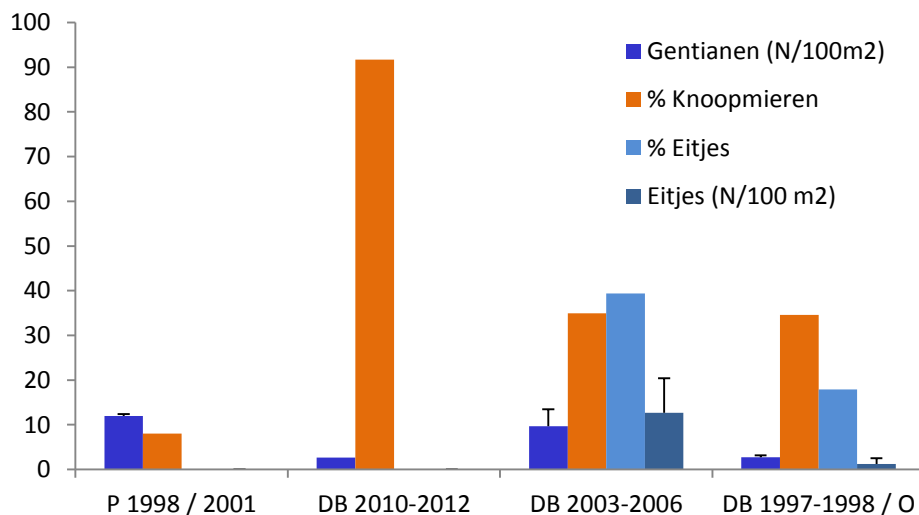


Figuur 11.2: Gemiddeld aantal individuen van twee soorten van jonge heide ($\pm$ s.e. voor zover van toepassing): a) Knopsprietje en b) Heideblauwtje bij verschillende duur na uitvoering van drukbegrazing in vergelijking met een onbegraasde controle in vier heideterreinen.

*Average number of individuals of two species of young heathland stages ($\pm$ s.e. where applicable) for a) the grasshopper *Myrmeleotettix maculatus* and b) the butterfly *Plebejus argus* at different age after intensive rotational grazing in four heathland areas.*

De Heidesabelsprinkhaan (*Metrioptera brachyptera*) neigde wel naar hogere aantallen bij een groter aantal jaren na de laatste begrazing ($r=0,80$; $P=0,054$; Figuur 11.4). In de Friese terreinen met gescheperde begrazing was deze soort ook het meest talrijk wanneer er naast de begrazing geen aanvullend beheer plaatsvond (Wallis de Vries *et al.*, 2014); op dergelijke plekken werd in Friesland ook de Adder (*Vipera berus*) gevonden.

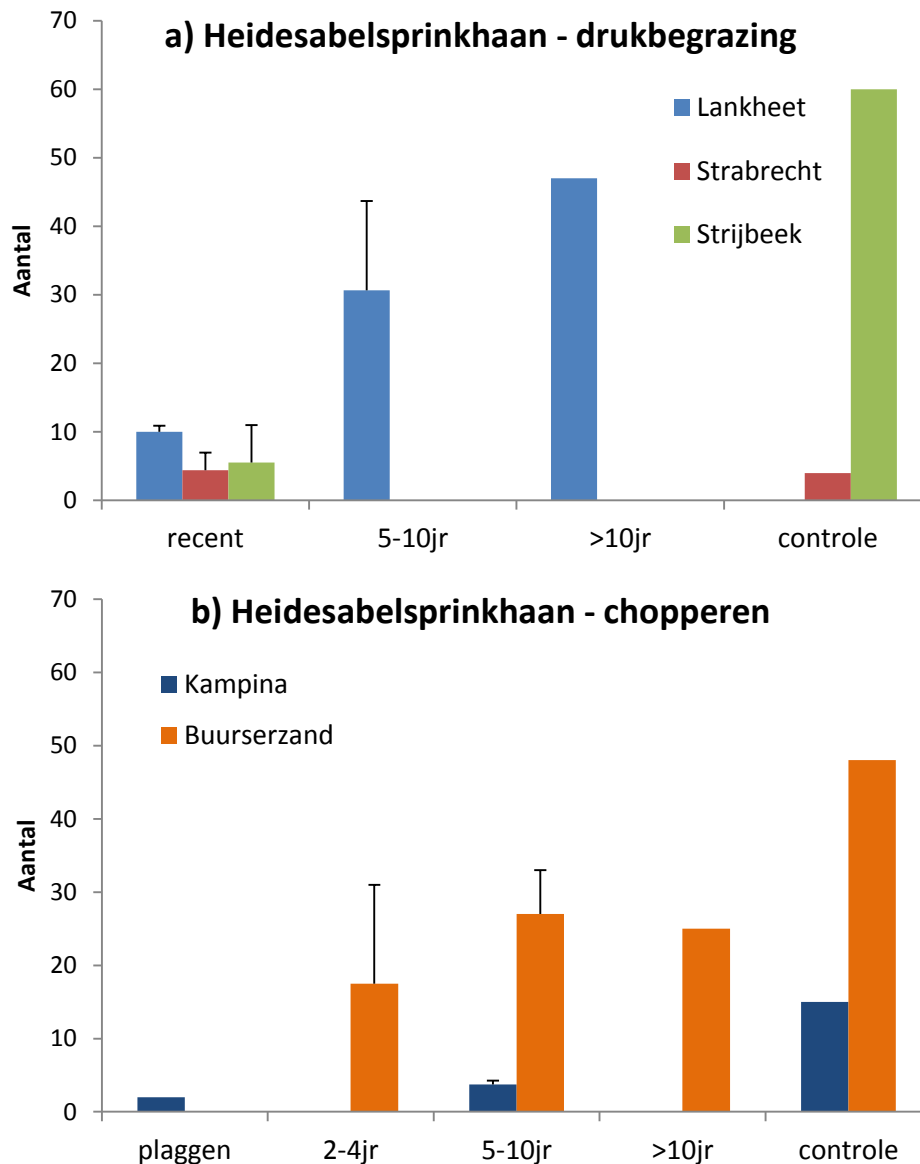
Op de Strabrechtse heide was het voorts opvallend dat de enige locatie waar *niet* vooraf was gebrand het armst aan soorten was (2 soorten van oude heide en 7 van jonge heide). In de reeds sinds 1970 intensief begraasde – maar in de zomer uitgerasterde – slenk werd als enige locatie ei-afzet van het Gentiaanblauwtje waargenomen.



Figuur 11.3: Voorkomen van eitjes (aantal per 100 m² en percentage belegde gentianen), waardplanten (aantal per 100 m²) en waardmieren (percentage aanwezig in uitgezette buisjes met vruchtenwijn) van het Gentiaanblauwtje op het Lankheet na plaggen (P), en recente tot oude drukbegrazing (DB) met Pyrenese bergpaarden en in onbegraasde heide; foutenbalken geven standaardfouten aan.
*Occurrence ($\pm$ s.e. where applicable) of eggs (N/100 m² and percentage occupied gentians), host plants (N/100 m²) and host ants (percentage present in tubes with fruit wine) of *Phengaris alcon* in Lankheet after sod-cutting (P) and intensive rotational grazing in different years with Pyrenean horses (DB) and in ungrazed heath (O).*

Voor het Gentiaanblauwtje op het Lankheet waren de waardplanten in hoogste dichtheid aanwezig na plaggen en 6-9 jaar na uitvoering van drukbegrazing (Figuur 11.3; zie ook Figuur 10.1). De waardmieren – knoopmieren van het genus *Myrmica*: *M. ruginodis*, *M. scabrinodis* en *M. rubra* – hadden juist de hoogste presentie na de zeer recente drukbegrazing, vooral door de Gewone steekmier (*M. rubra*). Deze wordt weliswaar als een minder belangrijke waardmier voor het Gentiaanblauwtje gezien dan de andere twee soorten, maar ook die werden hier gevonden (17x *M. rubra*, 7x *M. ruginodis*, 5x *M. scabrinodis* op een totaal van 26 buisjes). Dit betekent dat de nesten van waardmieren met succes de zware drukbegrazing met paarden tolereren. Dit is een grote tegenstelling met plagplekken, waar knoopmieren zich pas na 10-15 jaar vestigen (Wallis de Vries, 2004). Op de 14 jaar oude plagplek op Lankheet waren de knoopmieren ook alleen nog incidenteel aanwezig (8% van de buisjes), waarbij 2 koninginnen van *M. scabrinodis* werden gevonden. Het is goed mogelijk dat deze aan het uitzwermen waren en zich nog niet hadden gevestigd.

Eitjes van het Gentiaanblauwtje (in totaal 1048 eitjes tijdens de eerste telling eind juli-begin augustus en 1745 eitjes bij de tweede telling ca. 3 weken later) werden vooral gevonden op de plekken waar drukbegrazing 6-9 jaar geleden was uitgevoerd, maar in beperkte mate ook nog 14-15 jaar na de drukbegrazing. Op de plagplekken en de recent drukbegraasde plekken werd geen eiafzet van Gentiaanblauwtje gevonden.

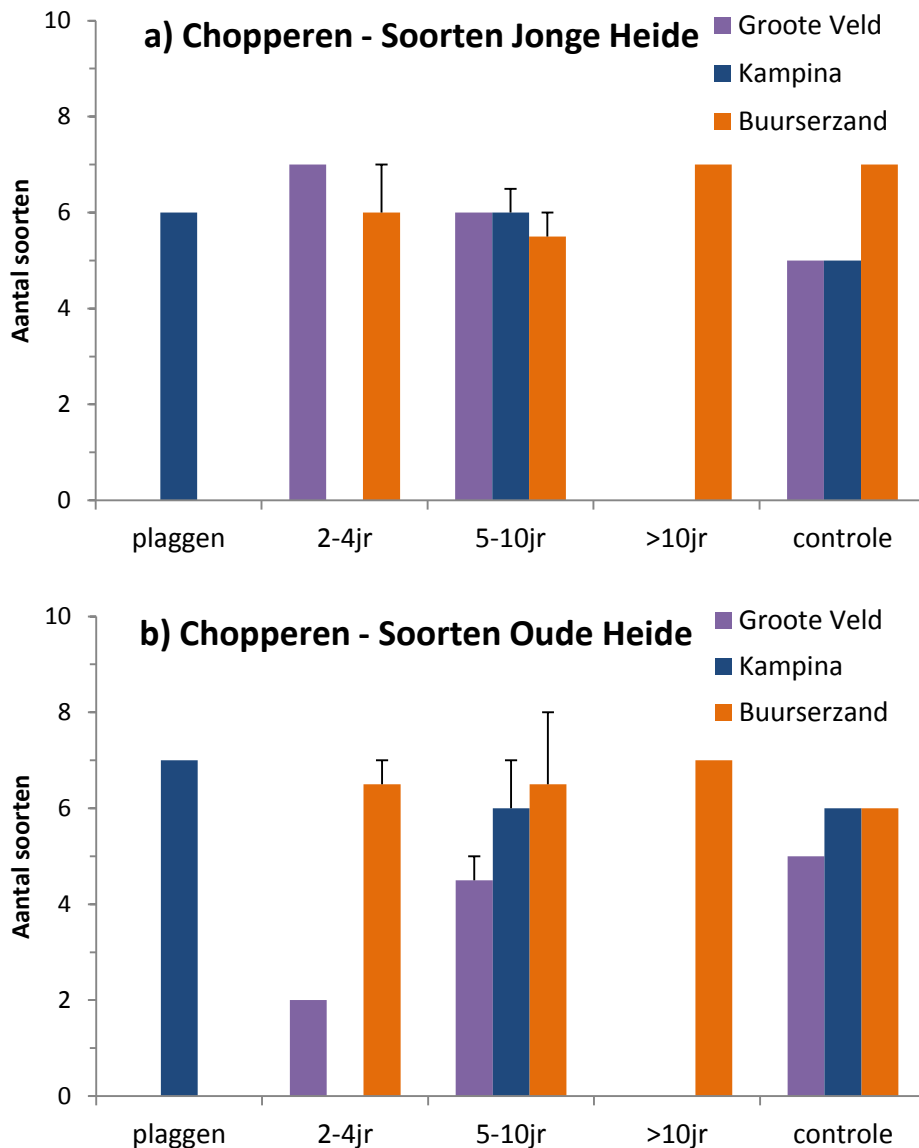


Figuur 11.4: De Heidesabelsprinkhaan kwam zowel kort na uitvoering van a) drukbegrazing als van b) chopperen alleen in lage aantallen voor ($\pm$ s.e.).
The grasshopper Metrioptera brachyptera was present at low numbers shortly after both a) intensive rotational grazing and b) choppering ($\pm$ s.e.).

11.3 Chopperen

De soortenrijkdom van de heidefauna na chopperen was vooral voor de soorten van oudere heide lager kort na uitvoering van het chopperen met afschrappen op het Groote Veld (Figuur 11.5). Bij het hoger chopperen in het Buurserzand werd de soortenrijkdom nauwelijks beïnvloed. Voor soorten van jonge heide varieerde de soortenrijkdom nauwelijks met de leeftijd na uitvoering en was de soortenrijkdom in de controles in het Groote Veld en op Kampina maar iets lager dan in de gechopperde proefvlakken. Op Kampina was de soortenrijkdom vergelijkbaar tussen de gechopperde en geplagde proefvlakken van dezelfde leeftijd.

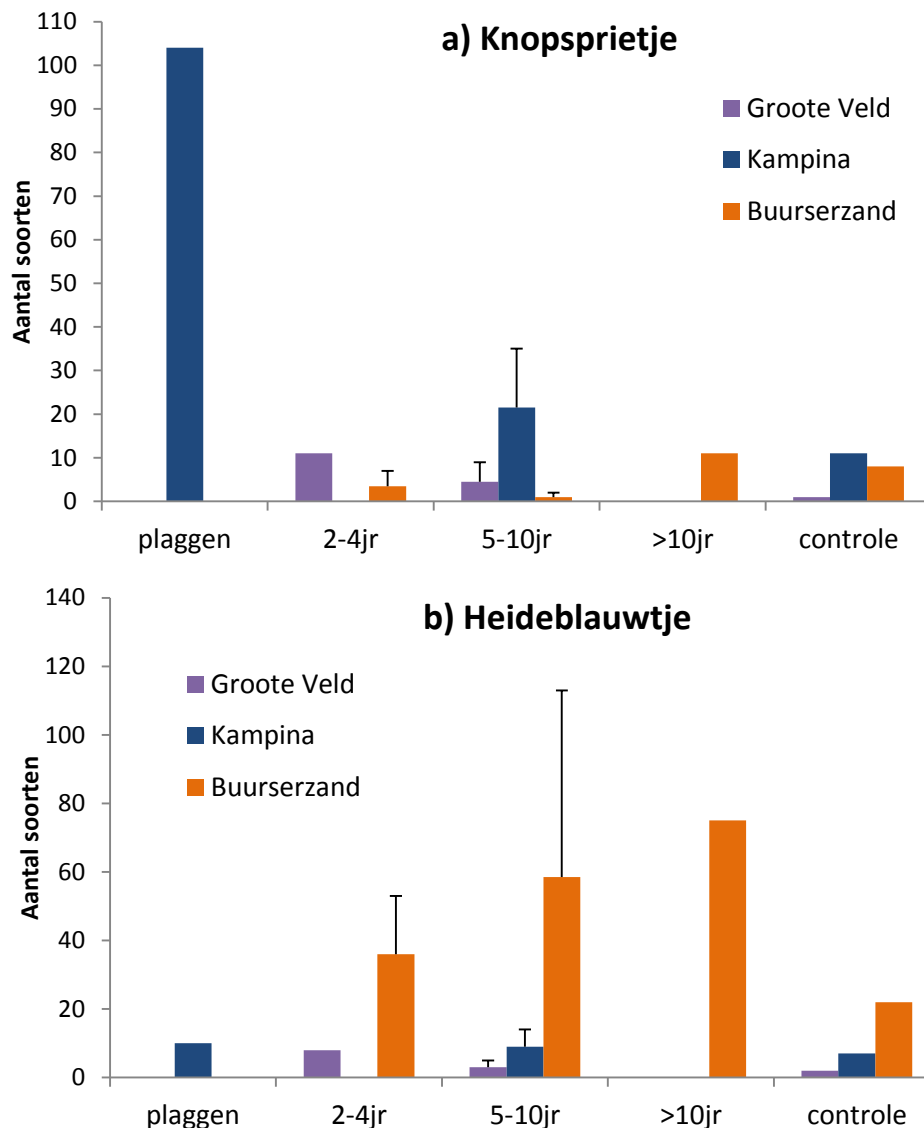
De aantallen individuen werden voor sommige soorten wel duidelijk beïnvloed door chopperen. De Heidesabelsprinkhaan was ook langere tijd na chopperen minder talrijk dan in de controles op Kampina en het Buurserzand (Figuur 11.4; verschil significant bij $P < 0,01$).



Figuur 11.5: Gemiddelde soortenrijkdom van de heidefauna ($\pm$ s.e. voor zover van toepassing) van a) jonge en b) oude heidestadia bij verschillende duur na uitvoering van chopperen in vergelijking met een onbehandelde controle in drie heideterreinen.
Average species richness of heathland fauna ($\pm$ s.e. where applicable) for a) young and b) old heathland successional stages at different age after choppening in three heathland areas.

Voor een soort van jonge heide als het Knopsrietje waren de aantallen veel hoger na plaggen op Kampina dan na chopperen (Figuur 11.6). Ook op het Groote Veld en het Buurserzand waren de aantallen laag. Op het Groote Veld namen de aantallen verder af met de leeftijd na chopperen en in de controle waren ze nauwelijks aanwezig. Een dergelijk patroon was op het Groote Veld ook voor het Heideblauwtje te zien. In het Buurserzand waren de aantallen Heideblauwtjes kort na chopperen lager dan na langere tijd, maar in de sterker vergraste controle waren de aantallen weer laag.

Op Kampina was het grote aantal van de Levendbarende hagedis (*Zootoca vivipara*) op de geplagde (15) en één van de gechopperde locaties (10) verrassend, omdat op andere locaties hooguit 4 exemplaren werden geteld. Maar deze hoge aantallen hadden vermoedelijk te maken met de kleine schaal waarop de maatregelen op deze locatie waren uitgevoerd.



Figuur 11.6: Gemiddeld aantal individuen van twee soorten van jonge heide ($\pm$ s.e. voor zover van toepassing): a) Knopsprietje en b) Heideblauwtje bij verschillende duur na uitvoering van chopperen in vergelijking met een onbegraasde controle in drie heideterreinen.

*Average number of individuals of two species of young heathland stages ($\pm$ s.e. where applicable) for a) the grasshopper *Myrmeleotettix maculatus* and b) the butterfly *Plebejus argus* at different age after choppering in three heathland areas.*

11.4 Kernpunten

Het retrospectieve onderzoek levert enkele duidelijke aanwijzingen over de effecten van drukbegrazing en chopperen op de heidevegetatie en de fauna. Het gebrek aan herhalingen en experimentele opzet en de verschillen tussen terreinen beperken de reikwijdte van de conclusies. De schaal van de proefvlakken van een kwart hectare is echter groot genoeg om bij talrijkere soorten belangrijke verschillen in dichtheden te constateren. Dit kwam uit de resultaten ook naar voren.

De grote lijnen van de ontwikkelingen van de heidefauna op middellange termijn zijn als volgt:

- Eenmalige intensieve drukbegrazing met paarden levert op Lankheet een duidelijk herstel van de heidefauna op ten opzichte van de vergraste

situatie. Mede door de kleinschalige uitvoering blijft de kenmerkende heidefauna ook na recente drukkbegrazing grotendeels aanwezig, al hebben zelfs sommige soorten van jonge heide wel enige jaren nodig om weer hogere dichtheden te bereiken. De mierenfauna lijkt ook na recente drukkbegrazing niet te zijn aangetast.

- Herhaalde drukkbegrazing met schapen lijkt de soortenrijkdom van de heidefauna ook niet al te sterk te schaden. De soorten van jonge heide lijken het meest te profiteren; de soorten van oude heide blijven bij herhaalde en kleinschalige uitgevoerde drukkbegrazing aanwezig, zij het soms wel in lage aantallen.
- Herhaalde drukkbegrazing met schapen kan bij voortzetting gedurende enige decennia ook een soortenrijke heidefauna opleveren, zoals in het weekendraster op de Strabrechtse heide. De fauna beperkt zich dan wel tot soorten van jonge heide of mozaïekstructuren. Uitrasteren in de zomer is ook een voorwaarde voor de aanwezigheid van bloembezoekende insecten en voor voortplanting van het Gentiaanblauwtje.
- In vergelijking met drukkbegrazing was de daling het aantal diersoorten van oude heide sterker na het diep chopperen op het Groote Veld. Voor diersoorten van jonge heide lijkt de soortenrijkdom kort na uitvoering iets hoger te liggen na chopperen dan na drukkbegrazing.
- Op Kampina was er weinig verschil in de heidefauna van een geplagde en een gechopperde plek van gelijke ouderdom.
- In niet al te sterk vergraste situaties, zoals in het Buurserzand, levert ook ondiep chopperen een goed herstel op van een soort van structuurrijke heide als de Heidesabelsprinkhaan.
- Kleinschalige uitvoering van chopperen, zoals op de Kampina, kan bijdragen aan een grotere heterogeniteit in structuur, waar bijvoorbeeld de Levendbarende hagedis van kan profiteren.
- De verschillende respons van de fauna van jonge en van oude heide benadrukt het belang van maatwerk (voor lokale populaties van soorten van oude heide) en differentiatie in het beheer, waarbij ook deels vergraste oude heide een meerwaarde kan hebben. Deze meerwaarde kan echter bij een goede spreiding van de begrazing in ruimte en tijd worden behouden.

Het Gentiaanblauwtje was 6-7 jaar na drukkbegrazing met paarden op landgoed Lankheet talrijk aanwezig (foto Chris van Swaay).

Phengaris alcon was present in abundance 6-7 years after intensive rotational grazing with horses on Lankheet estate.

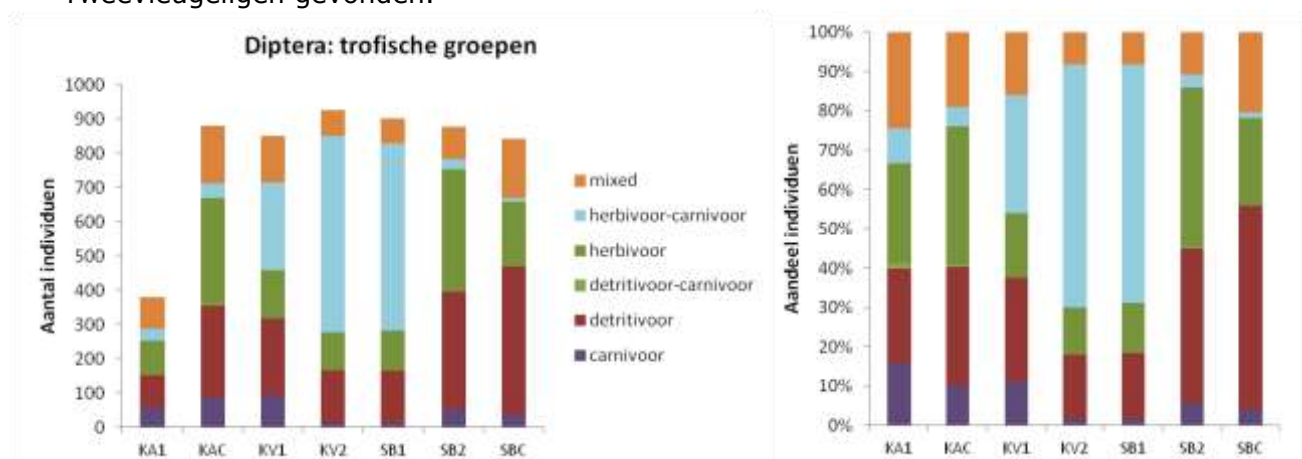


12 Functionele analyse van faunagroepen

In dit hoofdstuk wordt de functionele analyse voor de fauna gepresenteerd voor het evaluerende onderzoek van drukkbegrazing en chopperen in de beheerpraktijk. De methode is toegelicht in Hoofdstuk 3.

12.1 Tweevleugeligen

De bemonsterde Tweevleugeligen zijn tot familieniveau op naam gebracht en onderverdeeld naar voedselgilde volgens Beuk (2002). De totale hoeveelheid bemonsterde Tweevleugeligen was het laagst in de in 2006 gechopperde natte heide (Figuur 12.1). In alle andere locaties waren de dichtheden onderling goed vergelijkbaar. Het grootste verschil in onderlinge verhoudingen tussen de voedselgilden betrof de herbivore of carnivore groep. Deze groep bestaat nagenoeg hoofdzakelijk uit Chironomidae; deze zijn in de locaties KV1, KV2 en SB1 in hoge aantallen gevonden. Aangezien de larven van deze soort veelal aquatisch zijn, reflecteren zij wellicht eerder een grotere invloed van (tijdelijke) inundaties of de nabijheid van een ven. De verhoudingen tussen de herbivore, carnivore en detritivore families waren in de andere locaties redelijk vergelijkbaar. Het numerieke aandeel van herbivore families leek in de controle situaties en de nog steeds vrij sterk door grassen gedomineerde locatie SB2 wat hoger te zijn, voor detritivoren en carnivoren was dit eveneens zo. Voor Tweevleugeligen kan derhalve geconcludeerd worden dat drukkbegrazing en chopperen geen invloed uitoefenen op de verhoudingen tussen voedselgilden. Wel werd er een vrij sterke negatieve invloed van chopperen (KA1) en drukkbegrazing (KV1 en 2) op de absolute aantallen van (terrestrische) Tweevleugeligen gevonden.



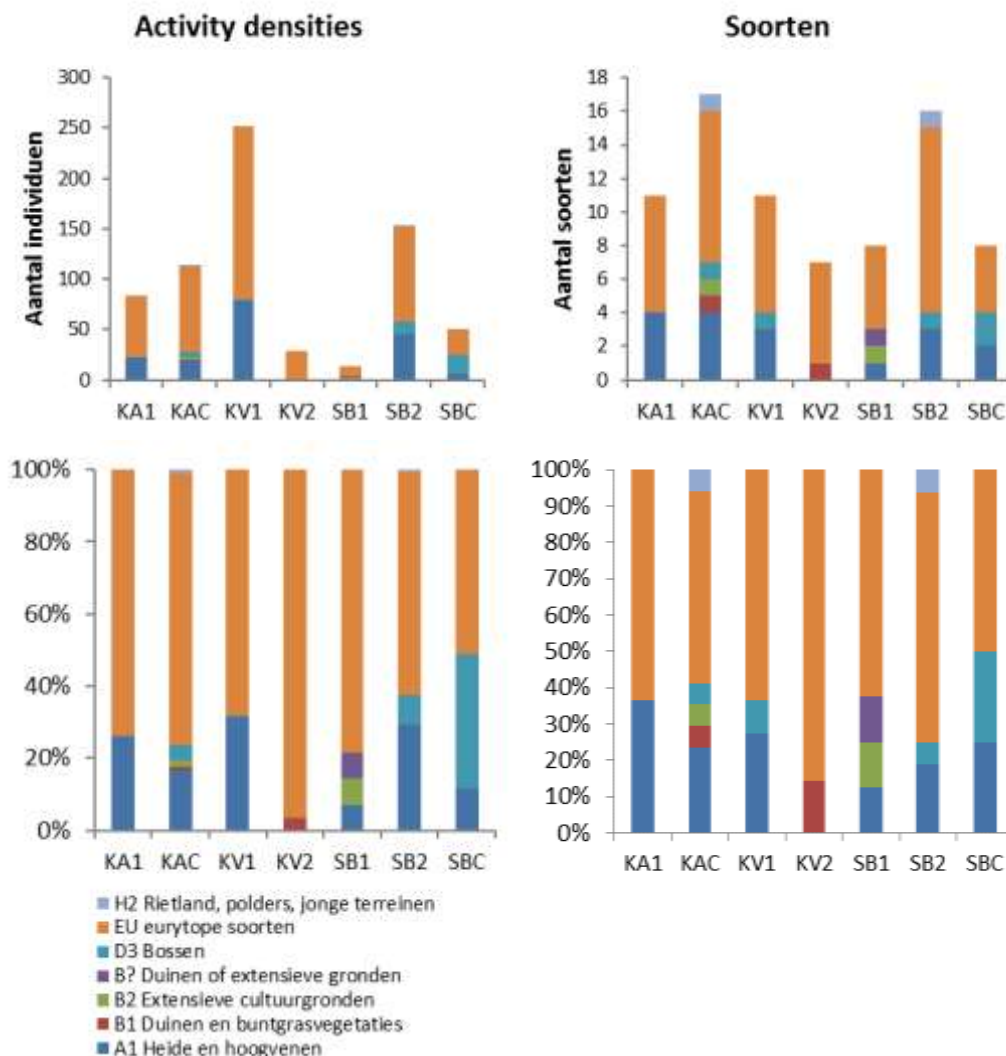
Figuur 12.1: Absolute(links) en relatieve (rechts) abundanties van bemonsterde Tweevleugeligen onderverdeeld per voedselgilde in de verschillende locaties.
Absolute (left) and relative (right) abundances of trapped Diptera, sorted according to Feeding guild in the 2012 sampling locations.

12.2 Loopkevers

In totaal zijn 698 individuen bemonsterd; behorende tot 31 soorten (Bijlage 4.3). Het soortenrijkst waren de drukbegaasde locaties op de Strabrechtse heide (SB1 en SB2) en de gehopperde heide op de Kampina (KA1) met 11, 17 en 16 soorten. Beide drukbegaasde locaties op de Kogelvanger waren beduidend soortenarmer met slechts 7 en 8 soorten. De controle locatie op de Kampina was eveneens soortenarm met 8 soorten. In de controle locatie op Strabrechtse heide zijn in totaal 11 soorten aangetroffen.

De aantallen bemonsterde loopkevers (*activity density*) verschilden eveneens sterk tussen locaties. De *activity density* was het hoogst in "Strabrecht controle" en het laagst in beide Kogelvanger plots. In Kampina controle was de *activity density* eveneens vrij laag.

Loopkevers: habitatspecificiteit

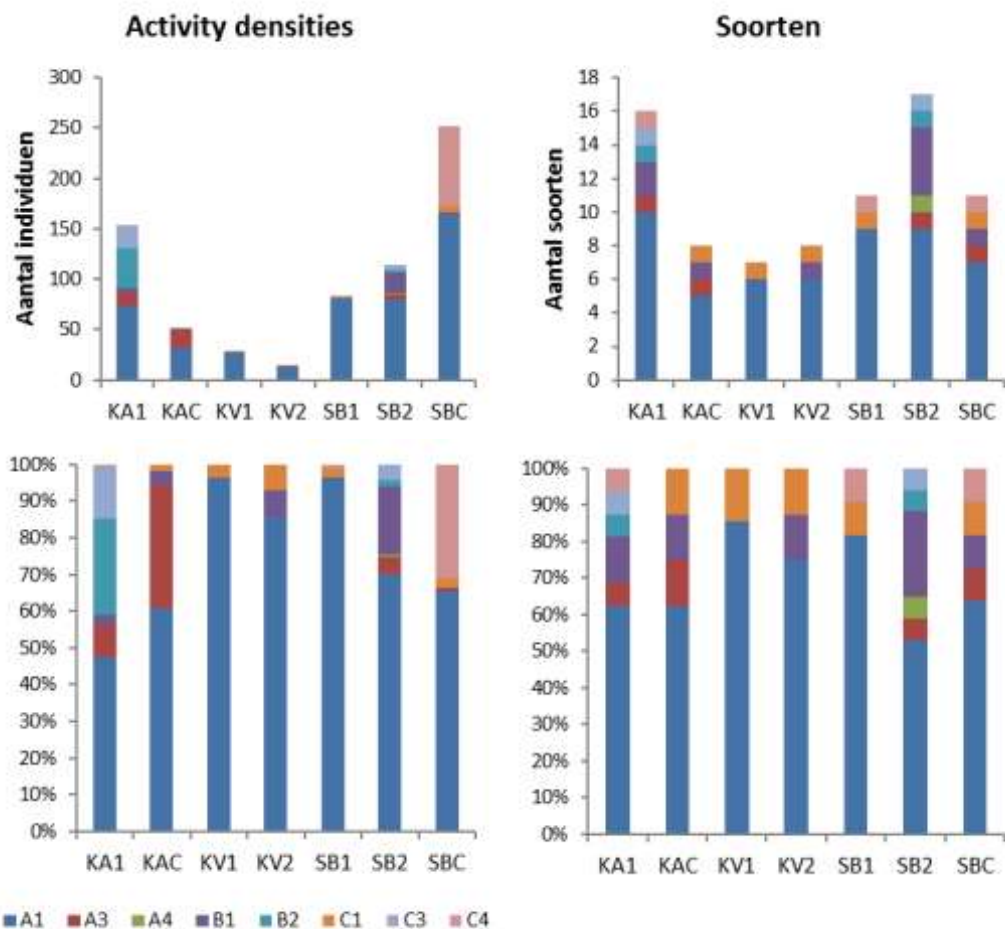


Figuur 12.1: Activity densities (links) en soortenrijkdom (rechts) van de bemonsterde loopkevers onderverdeeld op basis van in Turin (2000) beschreven habitatspecificiteit. Boven: op basis van absolute aantallen, onder: relatieve verhouding. *Activity densities (left) and Species richness (right) of carabid beetles sorted according to Turin (2000) described habitat specificity classes. Top graphs: Absolute values; bottom graphs: relative values.*

12.2.1 Habitatspecificiteit

Het aandeel heidekarakteristieke soorten was in de locaties op de Kogelvanger (KV 1 en 2) beduidend lager dan in de andere terreinen (Figuur 12.2). In beide locaties werden hoofdzakelijk eurytope soorten aangetroffen, en daarnaast enkele soorten van zandige pioniersituaties (B1,2 en B?). In de controle locatie op de Kampina was het aantal heidekarakteristieke soorten eveneens relatief laag. De controle op de Strabrechtse Heide verschilde niet in aantal karakteristieke soorten met de andere locaties op de Strabrechtse Heide. Opvallend was het relatief hoge aandeel bossoorten in de Kampina controle locatie, iets wat nog sterker naar voren komt als naar de *activity densities* gekeken wordt.

Loopkevers: reproductiestrategieën



Figuur 12.3: Activity densities (links) en soortenrijkdom (rechts) van de bemonsterde loopkevers onderverdeeld op basis van in Vogels *et al.*, (2011) beschreven reproductiestrategieën. Boven: op basis van absolute aantallen, onder: relatieve verhouding.

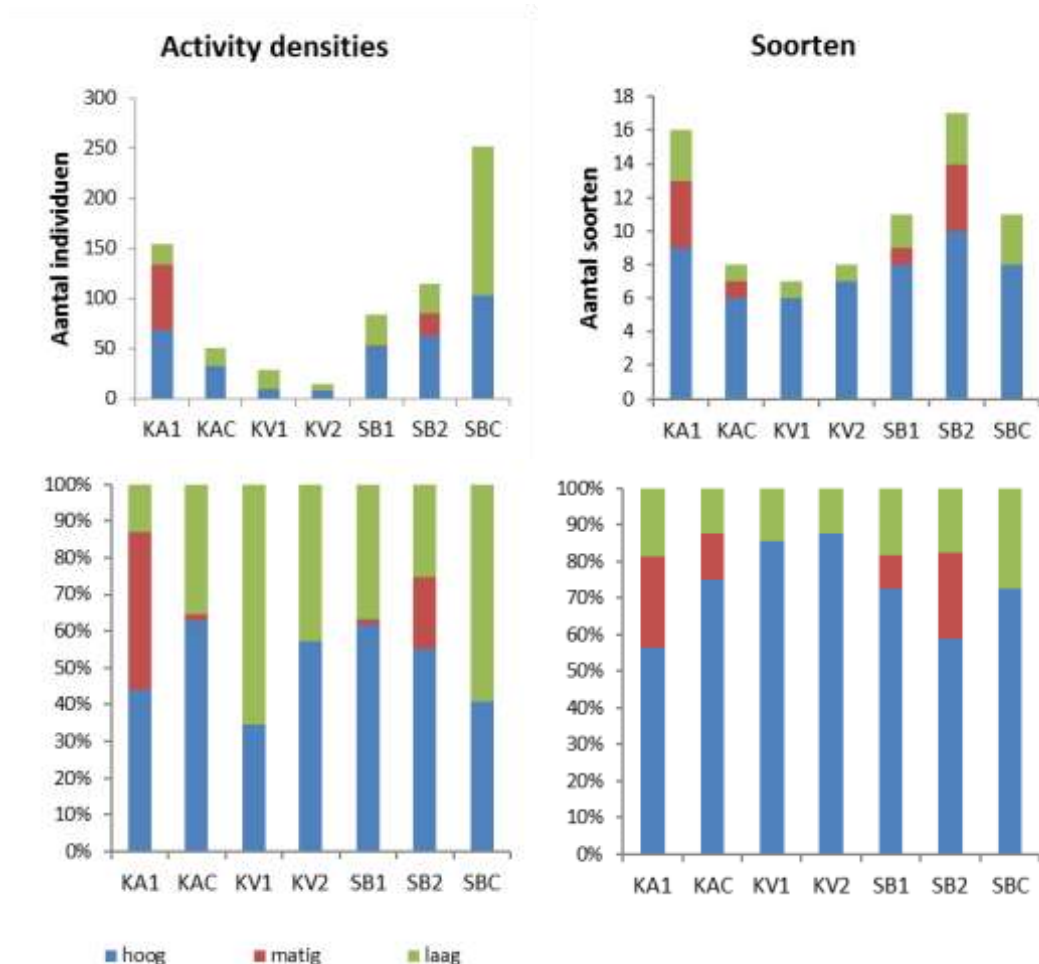
Activity densities (left) and Species richness (right) of carabid beetles sorted according to Vogels et al., 2011 described reproduction strategies. Top graphs: Absolute values; bottom graphs: relative values.

12.2.2 Reproductiestrategieën

In de locaties SB1 en KV1 en 2 neemt strategie A1 verreweg het grootste aandeel in van het aantal bemonsterde loopkevers, zowel in activiteit als in soorten (Figuur 12.3). Opvallend was het relatief grote aandeel van strategie C4 in Strabrecht controle. Soorten met langlevende larven en/of adulten waren relatief veel vertegenwoordigd in de locaties op de Kampina, zowel in het

gechopperde vlak als in de controle. Wanneer er naar de absolute verdeling van de soorten gekeken wordt, valt op dat in SB1 en KA1 er een aantal soorten bij komen die behoren tot de strategieën met langlevende larven en/of adulten en soorten die als larven overwinteren.

Loopkevers: mobiliteitsklassen



Figuur 12.4: Activity densities (links) en soortenrijkdom (rechts) van de bemonsterde loopkevers onderverdeeld op basis van mobiliteitsklassen. Boven: op basis van absolute aantallen, onder: relatieve verhouding.

Activity densities (left) and Species richness (right) of carabid beetles sorted according to mobility classes. Top graphs: Absolute values; bottom graphs: relative values.

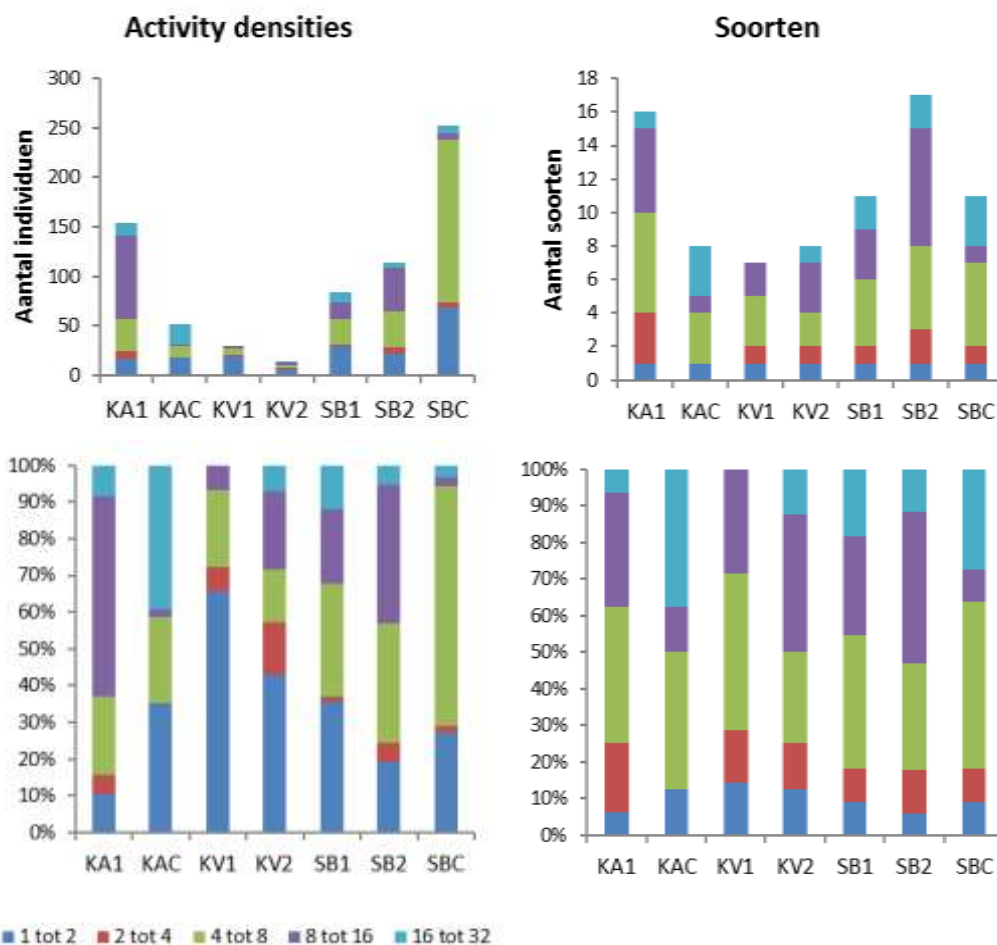
12.2.3 Mobiliteit en grootteklassen

Soorten met een matig ontwikkelde mobiliteit waren het meest vertegenwoordigd in SB 2 en KA 1 (Figuur 12.4). Deze soorten waren nagenoeg afwezig in de andere locaties. In de locaties op de kogelvanger (KV 1 en 2) waren alleen ofwel laag-mobiele soorten ofwel hoog-mobiele soorten aanwezig. Daarnaast werd in de kogelvanger locaties een relatief hoog aandeel aan kleine soorten gevonden (klasse 1 tot 2 mm: Figuur 12.5). Het aandeel hoog mobiele soorten in Kampina controle was eveneens hoog, Strabrecht controle had een relatief hoog aandeel aan kleine soorten.

12.2.4 Samenvatting van loopkever eigenschap analyse

Op basis van de verschillen en overeenkomsten in verdeling van functionele groepen kan een beeld geschetst worden van de belangrijkste processen die per deelgebied spelen. Soorten die met een meer K-geselecteerde

Loopkevers: grootteklassen



Figuur 12.2: Activity densities (links) en soortenrijkdom (rechts) van de bemonsterde loopkevers onderverdeeld op basis van grootteklassen. Boven: op basis van absolute aantallen, onder: relatieve verhouding.

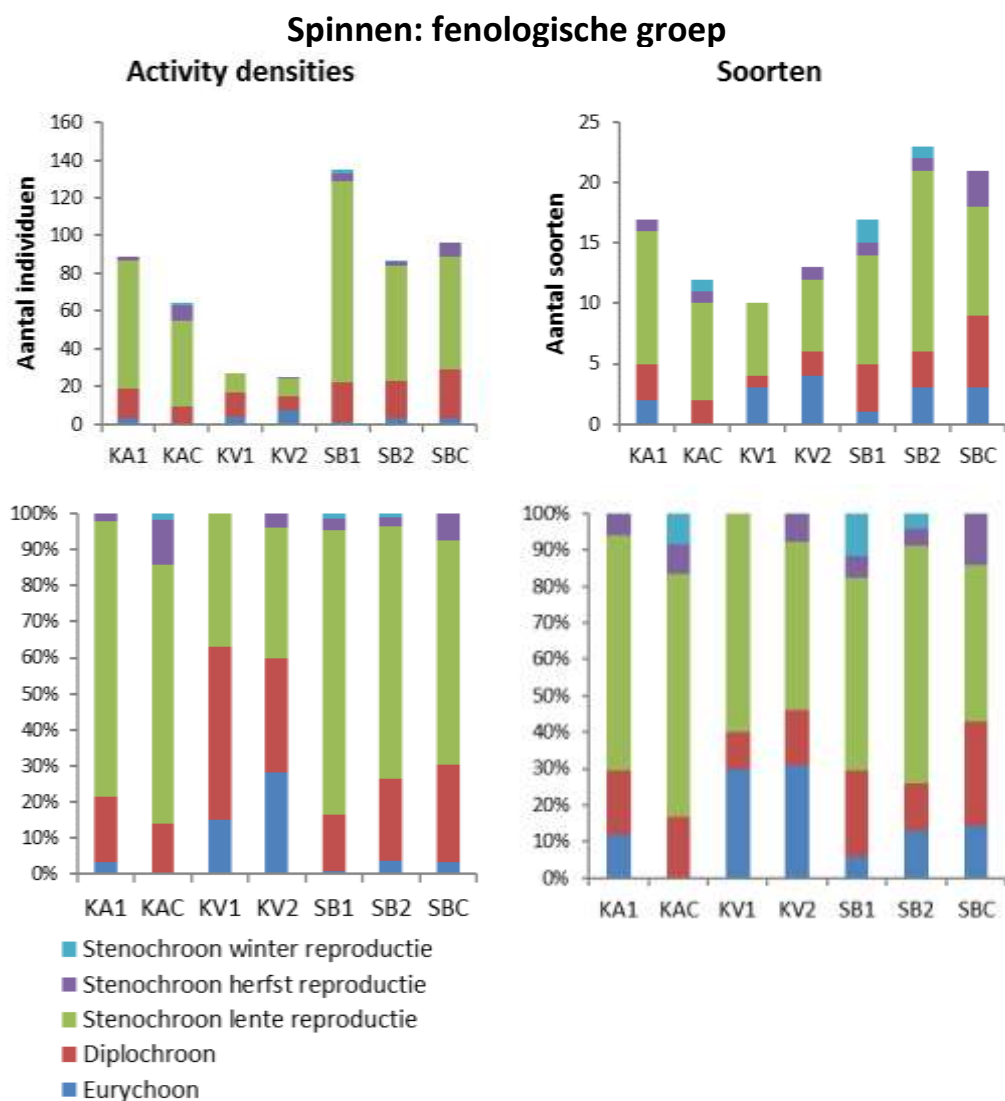
Activity densities (left) and Species richness (right) of carabid beetles sorted according to size classes. Top graphs: Absolute values; bottom graphs: relative values.

levensstrategie (langlevende larven/adulten; matige tot lage mobiliteit; grote soorten) hadden een hoger aandeel in locatie SB 2 en KA1. In beide locaties zijn de omgevingscondities op dit moment blijkbaar gunstig genoeg voor deze soorten om (een deel van) hun levenscyclus te voltooien. Aan de andere kant van het spectrum staan beide controle locaties: deze sterk door *Molinia* vergraste locaties herbergen veel relatief hoog-mobiele soorten, met een korte levensloop en relatief klein formaat. Op de Strabrechtse Heide nam *Oxypselaphus obscurus* een relatief hoog aandeel van de aantallen in. Dit is een soort die in staat is om zich ook bij een sterk variërend voedselaanbod te handhaven vanwege een facultatieve larvale overwintering. Het aandeel r-geselecteerde soorten was nog hoger in de locaties op de Kogelvanger, met vooral uitgesproken pionier soorten, naast een soort die is aangepast aan extreem voedselarme omstandigheden (*Dyschirius globosus*) en door haar geringe grootte (2 mm) ook tegen verstoring/vertrapping bestand is. Beide locaties waren ook recent nog in drukkbe grazing genomen, deels ook lopende het onderzoek in 2012. De drukkbe graasde locatie op de Strabrechtse Heide (SB1) nam een middenpositie in tussen de beter ontwikkelde drukkbe graasde en gehopperde natte heide op Strabrechtse Heide en Kampina en de sterker beïnvloede, drukkbe graasde heide op de Kogelvanger. Niet

toevallig was deze locatie in het jaar van bemonsteren actief door schapen drukbegaasd, door middel van een verplaatsbaar raster.

12.3 Spinnen

In totaal zijn 55 soorten spinnen in de potvallen aangetroffen (Bijlage 4.4); 18 van deze soorten staan op de Vlaamse rode lijst (Maelfait et al., 1998). Een aantal van deze soorten is zeer zeldzaam en slechts van een handvol locaties in Nederland bekend (o.a. *Lasaeola prona*, *Neon valentulus* en *Agroeca dentigera*).



Figuur 12.6: Activity densities (links) en soortenrijkdom (rechts) van de bemonsterde spinnen onderverdeeld op basis van fenologische groep. Boven: op basis van absolute aantallen, onder: relatieve verhouding.

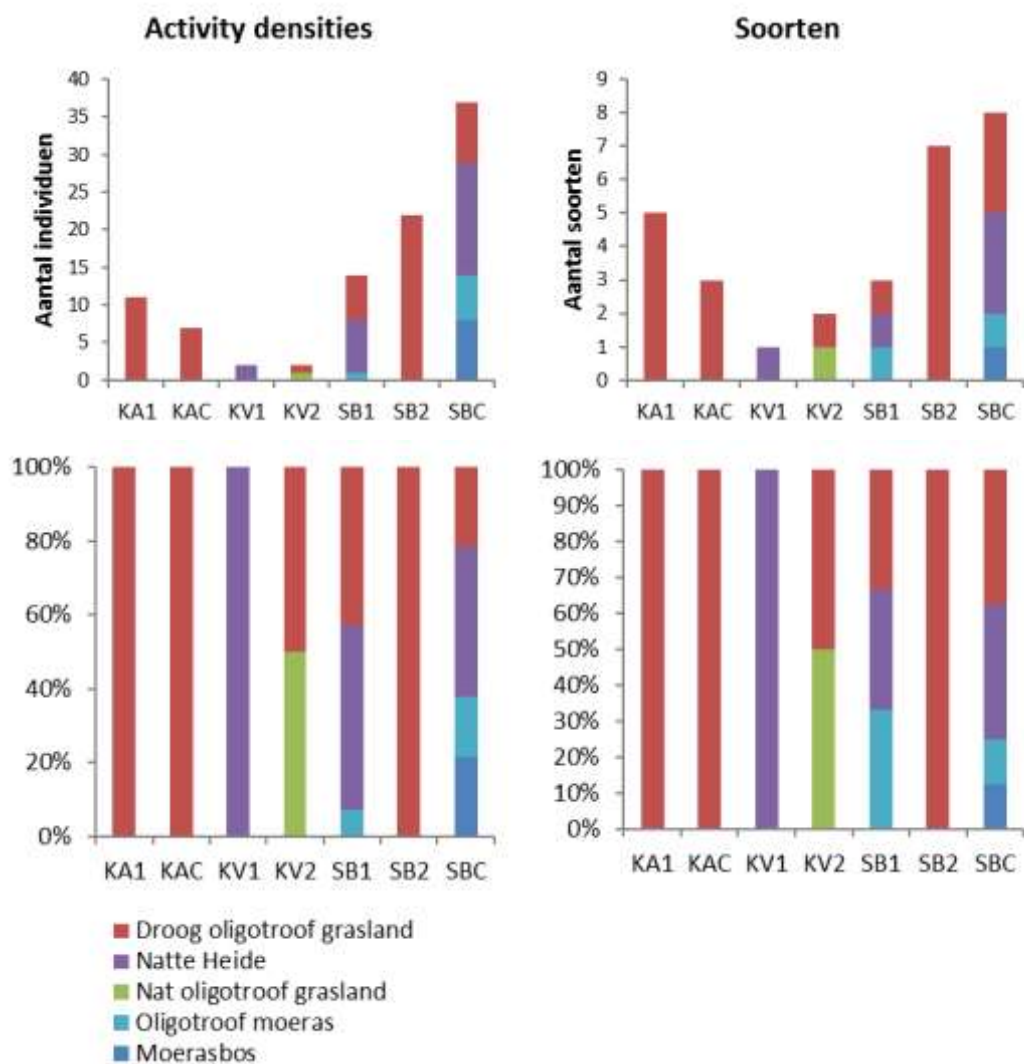
Activity densities (Left) and Species richness (Right) of spiders sorted according to phenology class. Top graphs: Absolute values; bottom graphs: relative values.

12.3.1 Fenologische groep

Het overzicht van de verschillende fenologische groepen wordt gegeven in Hoofdstuk 3. De *activity densities* van spinnen was in de drukbegaasde locaties KV1 en KV2 veel lager dan in de andere locaties. Hetzelfde gold voor

de aantallen bemonsterde soorten (Figuur 12.6). Het absolute en relatieve aandeel van eurychrone soorten was in deze locaties hoger dan in de andere locaties. Dit zijn veelal pioniersoorten en indiceren dus een hoge mate van verstoring. De *activity densities* van de diplochrone groep was relatief groot, wat aangeeft dat deze groep het minst door drukbegrazing wordt beïnvloed. De meest talrijke soort uit deze groep (*Trochosa terricola*) is echter ook nachtactief, wat wellicht een betere verklaring is voor dit verschil. Het aandeel aan 's winters reproducerende soorten was overal relatief laag. Dit kan ook een effect zijn van de monsterperiode omdat er immers niet in de winter is bemonsterd. Het aandeel stenochrone soorten die in het voorjaar voortplanten was duidelijk lager in de drukbegraasde locaties KV1 en 2, maar verschilde verder niet duidelijk tussen de andere locaties.

Spinnen: Habitat karakteristieken RL soorten



Figuur 12,7: Activity densities (links) en soortenrijkdom (rechts) van de bemonsterde spinnen onderverdeeld op basis van door Maelfait *et al.* (1998) voorgestelde habitatkarakteristieken. Boven: op basis van absolute aantallen, onder: relatieve verhouding.

Activity densities (left) and Species richness (right) of spiders sorted according to habitat characteristics following Maelfait et al. (1998). Top graphs: Absolute values; bottom graphs: relative values.

12.3.2 Habitatkarakteristieken

Van alle soorten die op de Vlaamse Rode lijst staan, zijn ook habitatkarakteristieken gegeven (Maelfait et al., 1998). Figuur 12.7 geeft op basis hiervan een overzicht van zowel het aantal Rode Lijst-soorten per locatie als de optimale habitats van deze soorten.

In de sterk drukkbegraasde gebieden KV1 en KV2 werden de minste Rode Lijst-soorten gevonden. In de controle locatie op Strabrechtse heide zijn de meeste Rode Lijst-soorten gevonden. Bovendien werd op deze locatie het hoogste aantal indicatorsoorten voor natte heide gevonden, naast soorten die karakteristiek zijn voor Nat oligotroof grasland, Oligotroof moeras en moerasbos. Deze soorten (*Arctosa leopardus*, *Walckenaeria alticeps*, *Hygrolycosa rubrofasciata*) komen ook regelmatig voor in natte heide, en kunnen eveneens gezien worden als kwaliteitsindicatoren voor (relatief dicht begroeide) natte heide.

Karakteristieke soorten voor natte heide (*Pirata uliginosus*, *Neon valentulus* en *Agroeca dentigera*) waren eveneens het meest vertegenwoordigd in de controle locatie op de Strabrechtse Heide.

De locaties KA1, KA2 en SB2 herbergden enkel soorten die karakteristiek zijn voor droge oligotrofe graslanden. Deze soorten komen ook veelvuldig in droge heide. Voor de gehopperde heide op Kampina was dit te verwachten, aangezien dit een relatief hoog gelegen locatie betrof. Wellicht zijn deze locaties eerder te zien als overgangen van droge naar vochtige heide, in tegenstelling tot de natte (soms venige) heide op de twee Strabrecht-locaties. De controle op Strabrecht bestond uit een sterk door *Molinia* gedomineerde vegetatie. Voor loopkevers was deze locatie juist van lage kwaliteit (zie §12.2), maar voor spinnen was dit de meest soortenrijke locatie met de meeste zeldzame, karakteristieke soorten. *Molinia*-gedomineerde natte heide is kennelijk niet voor alle karakteristieke soorten voor natte heide van lage kwaliteit. Voor spinnen, die relatief gevoelig zijn voor uitdroging, vormt deze hoge vegetatie nog steeds een goed of zelfs optimaal habitat. Onder andere *Hygrolycosa rubrofasciata* en *Neon valentulus* lijken op de Strabrechtse Heide een voorkeur voor *Molinia*-velden te hebben, en de ook op Europese schaal zeer zeldzame *Lasaeola prona* is op de Strabrechtse Heide tot nu toe alleen in *Molinia*-gedomineerde heide aangetroffen (Vogels, ongepubliceerde gegevens).

12.4 Kernpunten

- Tweevleugeligen
 - In de gehopperde locatie was het aantal individuen van alle trofische groepen lager dan in de controle. Wanneer de Chironomiden (herbivoor-carnivoor) groep buiten beschouwing gelaten wordt, geldt hetzelfde voor de recent drukkbegraasde locaties.
 - Deze afname was voor alle voedselgilden gelijk. Dit indiceert dat dit een effect van langdurige (chopperen) of kortdurende (drukbe grazing) verstoring is.
- Loopkevers
 - Voor loopkevers is een sterk door *Molinia* vergraste heide een relatief slecht habitat. Chopperen en drukbe grazing kan leiden tot een verbetering van deze situatie, gezien de hogere soortenrijkdom en hoger aandeel van relatief habitat kritische soorten in twee van de vijf natte heiden met een recente beheerhistorie.
 - De lage soortenrijkdom in de locaties waar drukbe grazing nog zeer recent, of op het moment van bemonstering nog plaatsvond, en het hoge aandeel aan pionier- en r-geselecteerde

soorten geeft aan dat de storingsinvloed van een dergelijke begrazingsvorm zeker niet verwaarloosbaar klein is.

- Spinnen

- In contrast tot de loopkevers is *Molinia* vergraste heide juist een optimum habitat voor karakteristieke soorten spinnen.
- Hoge mate van verstoring door drukbegrazing heeft een negatief effect op de activiteit en de soortenrijkdom van spinnen. Het hogere aandeel eurychrone, r-geselecteerde, pioniersoorten in de sterk drukbegaasde habitats is hier een duidelijke indicatie voor.

13 Synthese

In dit onderzoek zijn twee herstelmaatregelen onderzocht als alternatieven voor het plaggen van vergraste natte heide. De achtergrond daarvan is dat plaggen met aanvullende bekalking weliswaar een effectieve maatregel is gebleken om de heidevegetatie te herstellen, maar dat het – bij de relatief grootschalige en frequentere toepassing in het moderne natuurbeheer – wel een kostbare en voor het heidesysteem ook ingrijpende maatregel is. Vooral met het oog op de bodem, de fauna en ook voor archeologische waarden is er daarom behoefte aan de ontwikkeling van minder ingrijpende alternatieven. Het huidige onderzoek is een combinatie geworden van een beheerexperiment om inzicht te krijgen in de effecten op korte termijn en een inventarisatie van praktijkervaringen bij beheerders en in het veld om de praktische aspecten en de effecten op wat langere termijn in kaart te brengen. Bij het veldonderzoek is aan de hele keten van bodem – vegetatie – fauna aandacht besteed. Naast natte heide zijn ook drogere varianten van natte heide onderzocht. In het kader van het tegengaan van de effecten van verzuring is ook de werking van aanvullende bekalking in het onderzoek meegenomen.

In deze synthese worden eerst de effecten van plaggen besproken, vervolgens de effecten van de alternatieven voor plaggen – chopperen drukbegrazing – en dan de effecten van aanvullende bekalking (zie ook Tabel 13.1). Tenslotte wordt een integrale vergelijking van de verschillende maatregelen gemaakt met aanbevelingen voor vervolgonderzoek. De praktische aanbevelingen voor het beheer worden in het afsluitende hoofdstuk op een rij gezet.

13.1 Plaggen

De effecten van plaggen op natte heide zijn vooral in Nederland onderzocht. Buiten Nederland is plaggen van oudsher een minder gangbare maatregel en als herstelmaatregel vooral tot droge heide beperkt (zie Sedláková & Chytrý, 1999; Britton *et al.*, 2000; Niemeyer *et al.*, 2007; Schirmel, 2010).

Door de afvoer van nitrificerende bacteriën met de organische stof, lopen ammoniumconcentraties na plaggen tijdelijk hoog op. Dit versterkt de effecten van verzuring, waardoor plaggen negatief kan uitpakken voor heidesoorten van iets gebufferde bodem. Dit effect werd ook in dit onderzoek gevonden (§4.3). Bekalking kan dit effect met succes teniet doen, ook op langere termijn (De Graaf *et al.*, 2004; Dorland *et al.*, 2004). Op droge heide leidt plaggen ook tot een sterke afname van fosfaat (Härdtle *et al.*, 2006 en 2009; Vogels *et al.*, 2011), maar in natte heide is die verlaging minder sterk, wat ook uit deze studie bleek. De beschikbare fosfaatconcentratie daalde na plaggen wel, maar de totale P-voorraad veranderde niet significant (§4.2). De totale P-voorraad was ongeveer 2,5 mmol per liter, wat een heel normale waarde is voor mineraal dekzand. In de plantchemie vertaalden deze effecten zich in een toename van de N/P-verhouding na plaggen, wat door bekalking geneutraliseerd werd (§4.4).

Tabel 13.1: Algehele beoordeling van effecten van drukbegrazing en chopperen – al of niet in combinatie met bekalking – als alternatieven voor plaggen op bodem, vegetatie en fauna van vergraste natte heide. Niets doen zonder bekalking is de referentie. De effecten zijn vooral op de korte termijn onderzocht ($\pm$: soortspecifieke positieve of negatieve effecten; $?$: onzekerheid over effecten op langere termijn).

Overall assessment of the effects of intensive rotational grazing and choppering – with or without liming – as alternatives to sod-cutting on soil, vegetation and fauna of grass-encroached wet heathland. No management without liming is taken as a reference. The effects have mainly been investigated on a short-term basis ($\pm$: species-specific positive or negative effects; $?$: uncertainties about long-term effects).

Maatregel	Niets doen		Drukbegrazing		Chopperen		Plaggen	
Bekalking	-	+	-	+	-	+	-	+
<i>Bodemchemie</i>								
pH	=	=	=	=	=	+	=	+
Basische kationen	=	+	=	+	=	+	=	+
Fosfaat (Olsen)	=	=	=	=	(-)	-	-	-
Stikstof (ammonium)	=	=	=	=	(+)	(-)	=	(-)
N/P in planten	=	=	=	=	(+)	=	(+)	=
<i>Bodem en Vegetatie</i>								
Microreliëf	=	=	-	-	--	--	--	--
Vegetatiedichtheid	=	=	-	-	--	--	---	---
Vergrassing	=	=	-?	-?	--?	-?	--	--
Vaatplanten	=	=	(+)?	=?	(+)?	+	+	++
Mossen	=	=	=	=	(±)?	±?	-	±?
Paddenstoelen	=	=	=	mest	±	+	-	±?
Storingsindicatoren	=	(+)	(+)?	+	=	+	(+)	(+)/=
Opslag bomen en struiken	=	(+)	-	-	-?	-?	+	++?
<i>Fauna</i>								
Pioniersoorten*	=	=	+	+	+	+	+	+
Soorten oudere heide	=	=	=?	=?	-?	-?	--	--
Carnivoren	=	=	=?	=?	?	?	?	?
Herbivoren	=	=	=?	=?	--?	-?	--	-?
Detritivoren / Fungivoren	=	+	+	+	-?	-?	--	--

*incl. mobiele, snel koloniserende soorten die ook in latere successiestadia aanwezig kunnen zijn

Na plaggen keren plantensoorten met een langlevende zaadvoorraad snel terug wanneer ze bestand zijn tegen de ammoniumpiek of wanneer bekalking heeft plaatsgevonden (Jansen *et al.*, 1996; De Graaf *et al.*, 2004; Dorland *et al.*, 2004). Op natte heide met een stabiele hydrologie onder invloed van grondwater kan (kleinschalig) plaggen echter ook succesvol zijn voor het herstel van zuurgevoelige soorten met een kortlevende zaadbank, zoals Klokjesgentiaan (Jansen *et al.*, 1996 en 2004; Kesel & Urban, 1999; Oostermeijer *et al.*, 1998). De resultaten uit dit onderzoek komen overeen met deze bevindingen. Voor hogere planten was het contrast tussen plaggen met of zonder bekalking op korte termijn nog niet erg sterk, maar soorten van gebufferde natte heide profiteerden duidelijk van bekalking. Dit waren bijvoorbeeld Klokjesgentiaan, Kruipbrem en Blauwe zegge. Daarnaast werden met bekalking ook soorten van voedselrijkere milieus aangetroffen, maar de verwachting is dat deze na verloop van tijd weer zullen verdwijnen. Belangrijke toevoeging van dit onderzoek was dat de moslaag door zowel plaggen, chopperen en bekalken grote veranderingen onderging. Slaapmossen en veenmossen verdwijnen na chopperen of plaggen, en worden vervangen door topkapselmossen van zure bodems op de niet bekalkte plots. Op de bekalkte plots vestigde zich een breed scala aan topkapselmossen van zure tot kalkhoudende bodem, inclusief pioniers van vochtige, zwak gebufferde heide

zoals Goudkorrelmossen en Moerasvorkjes. Veenmossen vestigen zich wel weer voorzichtig op de natste delen, zowel op de bekalkte als niet-bekalkte plots.

Voor de paddenstoelen zijn de effecten van plaggen niet eerder onderzocht. Het verwijderen van strooisel en de organische laag bij plaggen zorgde op korte termijn voor het verdwijnen van de meeste paddenstoelen van vochtige heide, die juist afhankelijk zijn van organische stof. Enkele kenmerkende pioniers reageerden wel positief, waaronder de Veenmosvlamhoed, een Rode Lijst-soort. Bekalking leverde ongeveer het zelfde beeld op, maar zorgde wel voor een toename van grasland- en pioniersoorten van basenrijkere maar wel voedselarme bodem. Verwacht mag worden dat hernieuwde opbouw van organisch stof tot herstel van de mycoflora van vochtige heide zal leiden. In bekalkte situaties zal de soortensamenstelling van de mycoflora naar verwachting eerder in de richting van heischraal grasland gaan; de eerste soorten daarvan zijn reeds waargenomen.

Effecten van plaggen op de fauna zijn eveneens slechts in heel beperkte mate onderzocht. Bekend is dat vooral mobiele en thermofiele insecten de plagplekken snel koloniseren. Vooral bij loopkevers kunnen daar ook diverse kenmerkende heidesoorten van droge milieus bij zitten (Schirmel, 2010; Pedley *et al.*, 2013). De nesten van de Bos- en de Moerassteekmier worden door plaggen mogelijk juist vernietigd, maar in elk geval ontbreekt na plaggen de geschikte omgeving om zich te vestigen. Incidentele waarnemingen laten zien dat het wel 15 jaar kan duren voordat de vestiging van deze mieren goed op gang komt (Wallis de Vries, 2004; 2008, Versluijs *et al.*, 2013). Ook voor de van steekmieren afhankelijke soorten als het Gentiaanblauwtje vormt dit een probleem bij grootschalige toepassing van plaggen (Wallis de Vries, 2004; 2008). In de lijn van deze ervaringen profiteerden in het huidige onderzoeksexperiment met name de mobiele pioniersoorten van plaggen, terwijl soorten van oudere heidestadia nagenoeg verdwenen. Voor een soort van jonge vitale heide als het Heideblauwtje was de vegetatie na twee seizoenen nog niet ver genoeg ontwikkeld om zich te vestigen.

De verandering in plantchemie als gevolg van plaggen, onder meer zichtbaar in de hogere N/P-verhouding, lijkt in drogere heide vooral voor herbivoren tot problemen te leiden. Deze uiten zich in een lagere soortenrijkdom en aantallen van herbivore insecten en mogelijk ook een verminderd prooiaanbod voor de hiervan afhankelijke carnivoren (Vogels *et al.*, 2011). In het huidige onderzoek werd de afname van herbivore insecten wel gevonden bij Diptera (voor de aantallen individuen), maar niet bij loopkevers (voor de soortenrijkdom). Carnivore loopkevers namen qua soortenrijkdom juist eerder toe, maar dit effect werd niet gevonden voor de aantallen individuen van carnivore Diptera. Hierbij moet worden opgemerkt dat bij Diptera de respons gemeten is in absolute aantallen individuen en deze bij loopkevers is bepaald op basis van de soortenrijkdom. Een andere mogelijke reden is dat de termijn in het experiment nog te kort was om de effecten door de voedselketen heen op soortniveau ook al goed kunnen waarnemen. Ook effecten van bekalking waren wat dit betreft nog nauwelijks aanwezig.

13.2 Chopperen

Chopperen bleek in dit onderzoek in veel opzichten vergelijkbare effecten als plaggen op te leveren, maar dan deels – zoals verwacht – minder ingrijpend. In de praktijk blijkt overigens veel variatie te zijn in de diepte waarop wordt gechopperd, zodat chopperen soms meer op maaien lijkt en soms meer op plaggen.

Er is elders nauwelijks onderzoek aan de effecten van chopperen in heidesystemen verricht, zodat er maar weinig vergelijkingsmateriaal aanwezig is. Niemeyer *et al.* (2007) vergeleken in Duitsland de nutriëntenafvoer door plaggen en chopperen op droge heide. Ze constateerden een veel lagere afvoer van stikstof dan bij plaggen (chopperen 1000 kg N/ha; plaggen 1700 kg N/ha), maar deze omvang was wel zodanig dat de stikstofdepositie van 23 kg N/ha/jaar voor 60 jaar kon worden gecompenseerd. Wat dat betreft is chopperen dus zeer effectief. De afvoer van andere nutriënten was bij chopperen ook minder dan bij plaggen (calcium 70%, kalium 39%, magnesium 59% en fosfor 58% van de afvoer bij plaggen), maar hoe dit doorwerkt op vegetatie en fauna is nog onbekend.

In dit onderzoek bleek de beschikbaarheid van nutriënten ondanks de afvoer weinig te veranderen. Het belangrijkste effect van chopperen op de bodemchemie (Hoofdstuk 4) betrof een geringe verlaging van beschikbaar fosfaat en een sterke verhoging van stikstof in de vorm van ammonium. Deze waarden zijn te hoog voor een optimaal voorkomen van doelsoorten voor vaatplanten (zie bijv. Dorland *et al.* 2004). De veranderingen werkten door in een lichte verhoging van de N/P-verhouding in Gewone dophei. Na plaggen werd de N/P-verhouding nog sterker verhoogd. Bekalking na chopperen of plaggen neutraliseerde dit effect echter volledig.

Chopperen zorgt op korte termijn voor een even sterke nivellering van het microreliëf als plaggen, met name door het verdwijnen van polstructuren (Hoofdstuk 5). Omdat Pijpenstrootje deels weer kan uitlopen en planten zich makkelijker vestigen op de organische bodem, herstelt de vegetatie zich na chopperen echter sneller. De vergrassing is op korte termijn weliswaar doorbroken, maar het aandeel grassen neemt weer sneller toe dan na plaggen. Het is op basis van het experiment en de onderzochte praktijkvoorbeelden (§10.2) nog niet goed te zeggen of dit zich ook snel vertaalt in hernieuwde dominantie van Pijpenstrootje.

De soortenrijkdom van de vegetatie blijft na chopperen zonder bekalking de eerste jaren nog laag (Hoofdstuk 6) en ook de praktijkvoorbeelden (Hoofdstuk 10) geven aan dat deze zich niet snel herstelt. Wel werd een minder negatief effect van chopperen op de kenmerkende (veen)mossen van natte heide vastgesteld dan na plaggen (§6.1). In duinvalleien op Terschelling is na chopperen over vrij grote oppervlakten een korstmosrijke, natte heide teruggekeerd met soorten als Heidekartelblad en Tormantil (E. Brouwer, eigen waarn.). Voor een soort als Klokjesgentiaan kan de humeuze bodem na chopperen juist ook geschikt zijn voor nieuwe vestiging, wat ook bleek op de Strabrechtse heide, hoewel plaggen en bekalken zeker ook succesvol is (Roem *et al.*, 2002). Met het behoud van organisch materiaal en de daarin aanwezige mycorrhizaschimmels zou ook de vestiging van vaatplanten kunnen verbeteren ten opzichte van plaggen (Vergeer *et al.*, 2006). Dit effect zal pas over enige jaren duidelijk kunnen worden.

Over de effecten van chopperen op paddenstoelen valt alleen op basis van het experiment wat te zeggen (§6.2). Duidelijk was daar dat er sprake was van een gemengd effect: strooiselafbrekende soorten verdwenen na chopperen net als bij plaggen. Saprofyten uit de humeuze toplaag konden zich beter handhaven dan na plaggen. Kenmerkende heidesoorten van pioniermilieus namen toe en dit effect was sterker dan na plaggen. Opslag van bomen en struiken is na chopperen wellicht een minder groot probleem dan na plaggen, wanneer de organische bodem niet al te sterk wordt beschadigd (§10.2). Op korte termijn was er in het experiment echter geen verschil te zien.

Voor de fauna is slechts één studie over chopperen bekend. Schirmel (2010) vergeleek de loopkeverfauna van gechopperde, geplagde en gemaaide droge heide in Duitsland. Hij constateerde dat de soortengemeenschap twee jaar na chopperen het midden hield tussen die na plaggen en die na maaien, maar dat juist de kenmerkende soorten van respectievelijk pioniermilieus en oudere heide juist na chopperen ontbraken. In het huidige experiment profiteerden de pioniersoorten van open milieus in dit onderzoek even sterk van chopperen als van plaggen. Dit gold bij de sprinkhanen en de mieren (Hoofdstuk 7) even sterk als bij de loopkevers (§8.4). De meeste van deze soorten verspreiden zich goed en koloniseren open pioniermilieus. De soorten van oudere heide hebben wel sterk van chopperen te lijden, maar significant minder dan van plaggen (§7.2 en §7.3). Mierensoorten als Veenmier en Moerassteekmier lijken het chopperen zelfs te overleven, terwijl ze na plaggen niet meer gevonden worden. Het lijkt er dus op dat het sparen van de toplaag van de bodem voor deze soorten cruciaal is. Gedurende hun actieve periode bevinden de nesten van deze mieren zich in de pollen van Pijpenstrootje of mossen (Maes *et al.*, 2003), maar voor de winter trekken ze zich terug onder het bodemoppervlak. Het is niet bekend hoe diep dit is, maar op natte heide is het wel waarschijnlijk dat de mieren dicht aan de oppervlakte blijven. Bij oppervlakkig verwijderen van de vegetatie, zoals bij chopperen, is het dan goed mogelijk dat de schade aan de mierennesten beperkt blijft.

Soorten van jonge vitale heide als het Heideblauwtje keren echter pas na de eerste jaren weer terug, wanneer de heidevegetatie zich weer enigszins heeft ontwikkeld (§11.3). De Levendbarende hagedis kan bij kleinschalige uitvoering ook snel weer terugkeren en mogelijk zelfs profiteren van de gevarieerdere vegetatiestructuur met meer dekking dan na plaggen (§7.3). Bij ondiep chopperen kan ook de Heidesabelsprinkhaan zich na enige jaren weer vestigen (§11.3).

De resultaten van de functionele analyse van faunagroepen laten op de korte termijn vooral een verschuiving van de soortensamenstelling naar minder detritivoren en fungivoren zien en een toename van snel reproducerende soorten met een goede dispersie (Hoofdstuk 8). Deze verschuivingen zijn vergelijkbaar met die na plaggen. De analyse bij de Tweevleugeligen en de Loopkevers geeft aan dat zowel de positieve als de negatieve effecten ook meer dan vijf jaar na uitvoering nog merkbaar zijn (Hoofdstuk 12).

13.3 Drukbegrazing

In dit onderzoek is drukbegrazing voor het eerst uitgebreid bestudeerd in de context van het heidebeheer. De eenmalige drukbegrazing zoals uitgevoerd in het experiment, zorgde door de intensieve vraat aan Pijpenstrootje voor een iets opener vegetatiestructuur, maar voor het overige waren de effecten ervan op bodem, vegetatie en fauna beperkt.

Drukbegrazing kan een significante invloed op de nutriëntenhuishouding hebben. Uit Duits onderzoek op de Lüneburgerheide (Härdtle *et al.*, 2009) bleek dat gescheperde schapenbegrazing (1,1 schaap/ha/jaar) vanuit een schaapskooi leidde tot een afvoer van 25,6 kg N/ha/jaar bij een input via mest en urine van 3,5 kg N/ha/jaar. Voor P bedroeg de afvoer 1,9 en de input 0,2 kg P/ha/jaar. De netto-afvoer, rekening houdende met depositie en uitloging, bedroeg 1,5 kg N en 1,6 kg P per ha per jaar. Bij drukbegrazing met 1000 graasdagen /ha/jaar zou dat 2,5 keer zoveel zijn, wat slechts een fractie is van de afvoer bij plaggen, maar toch beduidend meer dan bij eenmaal per 10 jaar maaien of branden, waarbij er een netto-toename van stikstof plaatsvond.

De eenmalige drukbegrazing in het huidige experiment zorgde (nog) niet voor veranderingen in de bodemchemie (Hoofdstuk 4). Vegetatiehoogte en microreliëf namen wel aantoonbaar af (Hoofdstuk 5). De soortensamenstelling van de vegetatie veranderde echter niet noemenswaardig, met uitzondering van de vestiging van verspreide exemplaren van algemene storingsplanten en paddenstoelen op de schapenmest (Hoofdstuk 6).

Ook de fauna reageerde nog weinig op de experimentele drukbegrazing. De detritivore fauna van Tweevleugeligen nam toe (§8.2), wat een indicatie is dat de strooiselafbraak wel was versterkt. Een alternatieve verklaring is dat de kortere vegetatie leidde tot een hogere temperatuur van de bodem, wat zorgde voor gunstiger condities voor de groei en overleving van deze groep. Voor zover bij individuele diersoorten van een effect sprake was, was dat positief: voor het Heideblauwtje was dat significant en voor Bossteekmier, Wekkertje, Zompsprinkhaan en Gentiaanblauwtje waren er indicaties van een positief effect (§7.3). De positieve effecten zouden verband kunnen houden met een opwarming van het microklimaat door de opener vegetatiestructuur. In natte heiden in Vlaanderen vonden Maes *et al.* (2003) een optimum voor de dichtheid mierennesten in relatie tot de bedekking met Pijpenstrootje, met een maximum bij 40-50%. De drukbegrazing heeft mogelijk een eerste ontwikkeling in de richting van dat optimum veroorzaakt.

Duidelijk is wel dat deze eenmalige drukbegrazing van 1000 graasdagen/ha/jaar geen schade heeft berokkend aan de fauna, ook niet voor de soorten van oudere heide waarvoor negatieve effecten verwacht mochten worden.

Op langere termijn kunnen de effecten van drukbegrazing wel ingrijpend zijn. De productiviteit van Pijpenstrootje neemt bij intensieve begrazing sterk af, zoals is gebleken uit onderzoek in de Mariapeel, waar de jaarlijkse productie in weinig of niet begraasde vegetatie 300-400 g/m² bedroeg en 120-170 g/m² bij intensieve begrazing (Wallis de Vries, 1989). Dit vergt voor schapen wel een drukbegrazing over een reeks van jaren (Van Beek, 2005).

Uit de beheerpraktijk is bekend dat drukbegrazing met schapen de vergrassing succesvol op droge heide kan doorbreken (Van Beek, 2005; Verbeek *et al.*, 2006). In de duinen is gebleken dat drukbegrazing met schapen de dominantie van Duinriet (*Calamagrostis epigejos*) en uitbreiding van Kruiwilg (*Salix repens*) en Amerikaanse vogelkers (*Prunus serotina*) teniet kan doen (Mourik, 2002; Nanne *et al.*, 2013) en kan zorgen voor herstel van doelsoorten van duingrasland (Mourik, 2002). Uit het evaluerende, retrospectieve onderzoek in Lankheet en op de Strabrechtse heide (§10.2) blijkt dat drukbegrazing in natte heide de vergrassing eveneens kan doorbreken en voor een groter aandeel dwergstruiken kan zorgen. Op Lankheet namen doelsoorten als Klokjesgentiaan en Bruine snavelbies ook toe.

De effecten van drukbegrazing op de fauna zijn voor de langere termijn, bij gebrek aan voldoende vergelijkingsmateriaal, nog niet goed vast te stellen. Het beeld uit het evaluerende onderzoek (§11.2) is dat pioniersoorten het meest profiteren en dat soorten van oudere heide – zoals Heidesabelsprinkhaan – weliswaar in aantal achteruit gaan, maar wel aanwezig blijven mits de schaal van uitvoering gering blijft. Echter, zogenaamde 'beheerongelukjes', waarbij een lokale populatie Gentiaanblauwtjes weg gegraasd werd, zijn ook bekend (§9.2). Uit de functionele analyse van de fauna (Hoofdstuk 12) bleek dat de dichtheid van zowel Tweevleugeligen als loopkevers en spinnen in de locaties met drukbegrazing lager was dan in de controle. Bij loopkevers en spinnen was de soortenrijkdom bij drukbegrazing relatief laag, waarbij pioniersoorten overheersten. In twee locaties (de Kogelvanger in het Mastbosch), waar gedurende het onderzoek drukbegrazing werd toegepast, was duidelijk sprake van een sterke verstoring, die een duidelijke negatieve invloed had op de aanwezigheid van karakteristieke soorten. Op het moment dat drukbegrazing een sterke invloed op de vegetatie heeft, is dit voor de fauna dus eveneens het geval. De fauna lijkt alleen dan positief te reageren als de verstoringe invloed

van de grazers zelf weer is verdwenen. De fauna reageert derhalve negatief op de inzet van de maatregel, maar kan na het stopzetten van drukbegrazing wel herstellen. Wanneer drukbegrazing heeft geleid tot de gewenste effecten – het tegengaan van vergrassing, verhoging van floristische diversiteit en heterogeniteit in de vegetatie – dan kan de karakteristieke fauna na het afbouwen ervan ook profiteren. Het succes van drukbegrazing voor de fauna lijkt dus af te hangen van een goede dosering en fasering. Drukbegrazing moet in die zin op dezelfde wijze worden beschouwd als plaggen en chopperen. Beide zijn ingrijpende herstelmaatregelen die als doel hebben om de situatie voor de toekomst te verbeteren.

Een voorbeeld waarbij eenmalige drukbegrazing zowel op de vegetatie als de fauna wel goede resultaten heeft opgeleverd, is dat van de kleinschalige drukbegrazing met paarden op landgoed Lankheet (Hoofdstuk 10 en 11). De hoge begrazingsdruk en vertrapping van de paarden zorgt op diverse locaties in het terrein voor het verdwijnen van de dichte polstructuur van Pijpenstrootje. Het gras loopt weliswaar weer uit, maar een korte periode van nabeweiding in het voorjaar lijkt voldoende om de dwergstruiken een beslissend concurrentievoordeel te bieden. Opmerkelijk was dat ook twee mierensoorten van oudere heide, Bossteekmier en Moerassteekmier, de zomer na de drukbegrazing werden aangetroffen. Dit geeft aan dat de bodembewonende fauna relatief weinig te lijden lijkt te hebben van drukbegrazing, in vergelijking tot chopperen of plaggen. Kenmerkende soorten voor de natte heide zoals Heideblauwtje, Gentiaanblauwtje en Heidesabelsprinkhaan waren ruim 5 jaar na uitvoering talrijk aanwezig. De vergrassing lijkt pas na 10-15 jaar weer een punt van aandacht voor hernieuwde begrazing te worden.

13.4 Bekalking

De bekalking (met dologran) is alleen in het experimentele deel onderzocht. De toepassing ervan was tot nu toe alleen voor plaggen bekend (o.m. De Graaf *et al.*, 2004). In alle behandelingen nam de hoeveelheid basische kationen in de bodem aantoonbaar toe (Hoofdstuk 4), wat vooral in de toplaag van de bodem duidelijk was te zien. De pH van de bodem nam door bekalking alleen toe na chopperen en, het sterkst, na plaggen. De N- en P-concentraties werden niet aantoonbaar beïnvloed door bekalking, maar in de planten werd na chopperen en plaggen in combinatie met bekalking wel een verlaging van de N/P-verhouding gemeten (naast een toename van de gehalten basische kationen), wat de verhoging in N/P-verhouding zonder bekalking compenseerde.

Bekalking had weinig effect op de vegetatiestructuur, behalve een snellere kolonisatie van de kale bodem na chopperen en plaggen (Hoofdstuk 5). De effecten van bekalking waren het grootst op de planten, mossen en paddenstoelen (Hoofdstuk 6). Er waren na bekalking meer soorten van licht gebufferde bodem en schrale graslanden aanwezig. Ook soorten van pioniermilieus vestigden zich meer na bekalking, maar dan vooral na plaggen en chopperen, echter nauwelijks in combinatie met drukbegrazing. Deze toename vond vooral plaats onder de topkapselmossen en met mos geassocieerde paddenstoelen. Voor de paddenstoelen leidde de combinatie van plaggen of chopperen met bekalking tot een aanvulling van de heidesoorten van zure, voedselarme strooisellagen met grasland- en pioniersoorten van basenrijkere, voedselarme bodem. Bekalken op ongestoorde bodem leidde eveneens tot een toename van basenminnende soorten. Maar ook namen hier en daar nitrofiële soorten toe, of in elk geval soorten die wijzen op een versterkte humusafbraak. De toekomst moet uitwijzen of de invloed van bekalking op de humeuze bodem na chopperen – en ook na drukbegrazing

positief zal blijken door de toegenomen buffering of negatief door eutrofiëring en verruiging. De verwachting is dat de negatieve effecten bij deze betrekkelijk lage dosering met dologran beperkt zullen blijven, zoals bij eerdere bekalkingsproeven ook is geconstateerd (De Graaf *et al.*, 2004).

Bij de fauna was er alleen bij de pissebedden en bij de loopkevers die kunnen vliegen en zich in het voorjaar voortplanten een positief effect van bekalking (Hoofdstuk 8). De toename van basische kationen en de versnelde afbraak van organisch materiaal kan voor deze soortengroep zorgen voor een belangrijke verbetering van het aanbod of de kwaliteit van het voedsel. De significante positieve interactie tussen bekalking en het verschil tussen nul- en effectmeting voor met name hoog-mobiele soorten (carnivore) loopkevers wijst erop dat bekalking voor deze soortgroep heeft geleid tot een groter prooiaanbod. Of dit ook doorwerkt naar de soortgroepen op andere trofische niveaus, zal nog moeten blijken. Op deze korte termijn waren daarvoor nog geen aanwijzingen.

13.5 Heidebeheer zonder plaggen?

In dit onderzoek is de vraag onderzocht of er kansrijke alternatieven voor plaggen in het herstelbeheer van natte heide bestaan. Plaggen en begrazing door schapen en runderen hebben nog tot in de 20^e eeuw een centrale plaats gehad in het landgebruik op de heide in Nederland en omstreken (zie Burny, 1999). De vraag doet zich voor in hoeverre de kenmerkende biodiversiteit van de natte heide onlosmakelijk met dit landgebruik verbonden is. In breder verband kan worden vastgesteld dat de kenmerkende soorten van de natte heide zich buiten Nederland ook zonder plaggen kunnen handhaven. Dit betreft enerzijds plekken waar de natuurlijke omstandigheden geschikt zijn, zoals de randen van vennen en hoogvenen. Anderzijds kan het landschap door andere vormen van landgebruik open gehouden zijn, zoals door het weiden van vee, branden en maaien. De meer recente invloed van zwavel- en stikstofdepositie heeft de noodzaak tot een actief beheer verder vergroot (Bakker & Berendse, 1999). Bovendien is de invloed van lokaal grondwater van groot belang gebleken voor herstel van de kenmerkende plantengemeenschappen (Jansen *et al.*, 1996; 2004; 2010).

Tegen deze achtergrond bezien moge duidelijk zijn dat de problemen rond de vergrassing van natte heide met Pijpenstrootje verschillende oorzaken hebben. De belangrijkste zijn de klassieke ver-thema's 'verdroging, verzuring en vermessing' en daarnaast de successie als gevolg van het staken van het traditionele landgebruik. Op landschapsschaal wordt de kwetsbaarheid van populaties nog versterkt door de versnippering van het heideareaal.

Hydrologisch herstel kan naast de effecten van verdroging ook de effecten van verzuring deels teniet doen door de aanvoer van bufferende stoffen. Waar dit slechts ten dele mogelijk is, kan aanvullende bekalking een oplossing bieden. In combinatie met plaggen is dat eerder al gebleken (§13.2), maar het huidige onderzoek geeft aan dat bekalking met lage dosering ook een oplossing zou kunnen zijn zonder eerst de organische laag te verwijderen (§13.4). Het is echter nog te vroeg om de waarde van deze bekalking op langere termijn te kunnen beoordelen.

Het is vervolgens de vraag in hoeverre de afvoer van voedingsstoffen daadwerkelijk noodzakelijk is en of deze afvoer, door het op termijn vergroten van de stikstofovermaat bij aanhoudende -depositie (zie Vogels *et al.*, 2011), de problemen niet vergroot in plaats van vermindert. Bij chopperen is de afvoer van nutriënten nog steeds aanzienlijk, maar wordt een deel van de organische

bodem behouden, wat op korte termijn voor verhoogde mineralisatie kan zorgen. Bij drukkbegrazing worden weinig nutriënten afgevoerd en wordt de beschikbaarheid ervan eerder vergroot door strooiselafbraak bij vertrapping en mineralisatie van mest. Het huidige onderzoek laat zien dat de beschikbaarheid van nutriënten door drukkbegrazing op korte termijn niet sterk verandert, al vertoonden de mestafbrekende paddenstoelen en de detritivore fauna wel een toename. Chopperen leidde tot een licht verlaagde beschikbaarheid van fosfaat, maar vooral tot een ammoniumpiek. Deze piek trad niet op in de bekalkte, gechopperde plots. Ook waren hier duidelijk meer hogere planten, mossen en paddenstoelen van (zwak) gebufferde bodem aanwezig. Dit laat zien dat bekalken na chopperen bij hoge stikstofniveaus aan te raden kan zijn. Echter, de verschillen in ontwikkeling van de vegetatie en de fauna met en zonder bekalking zijn op korte termijn nog niet verontrustend groot. Ook hier is het dus nodig om de ontwikkeling verder te volgen.

Dan is er de invloed van de maatregelen op de vegetatiestructuur. Bij sterke vergrassing met Pijpenstrootje verdwijnen planten en dieren van open pioniermilieus en van vegetatiemozaïeken. Chopperen zorgt net als plaggen voor een radicaal doorbreken van de dominantie van Pijpenstrootje, wat voor veel soorten vestigingskansen oplevert. Dat was in het huidige onderzoek ook op korte termijn al zichtbaar. Bij drukkbegrazing is de invloed geleidelijker en zowel in het experiment als in de beheerpraktijk ook minder ingrijpend. Maar hier kan ook een voordeel liggen. Van Duinen *et al.* (2013) constateerden namelijk al dat het herstel van bedreigde soorten van latere successiestadia veel minder succesvol is dan van pioniersoorten. Wat dat betreft biedt drukkbegrazing de mogelijkheid voor een meer gedoseerd herstelbeheer. Op landgoed Lankheet is dit succesvol gebleken, maar nader onderzoek is nodig om vast te stellen of en hoe drukkbegrazing ook in zijn algemeenheid een succesvol alternatief voor plaggen biedt.

Is plaggen überhaupt nog wenselijk in het heidebeheer? Voor droge heide luidt de aanbeveling thans dat plaggen alleen met veel terughoudendheid moet worden toegepast (Bijlsma *et al.*, 2009; Vogels *et al.*, 2011). Voor natte heide ligt dit genuanceerder omdat plaggen hier, bij een goede waterhuishouding (!), de nutriëntenhuishouding veel minder verstoort (Jansen *et al.*, 1996; 2004). Dan geldt de terughoudendheid eerder ten aanzien van de noodzaak en de negatieve invloeden op soorten van oudere heidestadia. Zeker bij kleinschalige toepassing, machinaal of met de inzet van vrijwilligers (Wallis de Vries, 2008; Smits & Noordijk, 2013), zal plaggen van vergraste natte heide ook in de toekomst een waardevolle herstelmaatregel blijven in aanvulling op regulier beheer door grazen en maaien (en mogelijk ook eenmalig bekalken). Verder lijkt op veel plaatsen, in plaats van plaggen, te kunnen worden volstaan met chopperen.

13.6 Conclusie

Zowel drukkbegrazing als chopperen lijken kansrijke alternatieven voor plaggen als herstelmaatregel tegen vergrassing in natte heide te zijn, maar er zijn nog veel onzekerheden over de effecten op langere termijn. Daarom kunnen de belangrijkste onderzoeksvragen nog maar ten dele worden beantwoord (Tabel 13.2). Chopperen heeft op korte termijn, ten opzicht van plaggen, geleidelijke maar toch positieve effecten op de flora, fungi en pioniersoorten bij de fauna. Drukkbegrazing spaart vooral de diersoorten van de latere successiestadia, maar heeft na eenmalige toepassing verder nog weinig effect. Voor drukkbegrazing zijn er wel aanwijzingen uit de beheerpraktijk dat het een effectieve

herstelmaatregel kan zijn, maar voor chopperen zijn er nog weinig goede voorbeelden bekend.

Tabel 13.2: Samenvattend overzicht van de antwoorden op de onderzoeksvragen. Toelichting op de antwoorden in §13.2 en §13.3.

Summarizing overview of the answers to the research questions.

	Drukbegrazing	Chopperen
Effectief herstel?	Nog onduidelijk	Nog onduidelijk
Keren alle soorten terug en na hoe lang?	Na 5 jaar mogelijk wel	Nog onduidelijk
Consequenties voor uitvoering?	zie Hoofdstuk 14	zie Hoofdstuk 14
<i>Abiotische omstandigheden:</i>		
Voldoende verlaging van beschikbaarheid van voedingsstoffen?	Nee? (effect van vraat en tred mogelijk al voldoende)	Nee; maar wel grote afvoer van nutriënten
Knelpunt voor beschikbaarheid van fosfaat en mineralen?	Nee	Ja
Knelpunt voedselkwaliteit voor de fauna?	Nee	Mogelijk
Terugdraaien van verzuring door bekalking?	Ja	Ja
Negatieve effecten van bekalking door mineralisatie?	Mogelijk	Mogelijk
<i>Vegetatieontwikkeling:</i>		
Terugkeer van kenmerkende soorten?	Mogelijk	Verloopt nog traag: minder pioniersoorten dan na plagen maar meer mossen
Terugdringen van bosopslag?	Geen groot probleem	Soms problematisch
Voldoende variatie in bodem- en vegetatiestructuur voor herstel van mossen?	Nog onduidelijk	Ja
<i>Faunaherstel:</i>		
Wordt het microreliëf gespaard?	Ja (wel nivellering van polstructuur)	Nee
Is er grotere variatie in vegetatiestructuur dan na plagen?	Ja	Enigszins
Welke invloed is er op de bodemfauna?	Geen duidelijk effect op korte termijn	Toename van snel reproducerende soorten op korte termijn
Verschillen de effecten tussen verschillende ecologische groepen?	Toename detritivoren op korte termijn	Ja; op korte termijn toename snel koloniserende soorten maar (nog) geen eenduidige effecten op trofische niveaus
Positieve effecten op de kenmerkende heidefauna?	Nog onduidelijk; maar wel aanwijzingen uit praktijk	Nog onduidelijk

Zowel bij de kenmerkende heidefauna als bij de functionele analyse van de faunagroepen werd een contrasterende respons op de diverse vegetatiebehandelingen gevonden tussen de mobiele pioniersoorten die al in de jonge heide aanwezig zijn (en slechts deels in oude heide aanwezig blijven) en de soorten van oudere heidestadia, die vaak afhankelijk zijn van heterogeniteit en een beter ontwikkelde vegetatie. Deze respons wordt bijvoorbeeld ook voor soortengemeenschappen van sprinkhanen gevonden (Schirmel *et al.*, 2011) en

deze bevinding sluit ook aan bij die van de evaluatie van de effecten van begrazing op de heidefauna in Noord-Brabant (Wallis de Vries *et al.*, 2013) en het onderzoek aan de heidefauna in Friese terreinen met schapenbegrazing, waar plaggen – als aanvullende maatregel op de begrazing – de fauna van jonge heide bevoordeelt, maar die van oude heide benadeelt (Wallis de Vries *et al.*, 2014). Het beheerexperiment heeft laten zien dat dit ook voor paddenstoelen geldt (Hoofdstuk 6).

Het is belangrijk om te constateren dat ook vergraste heide belangrijke natuurwaarden van oudere heidestadia kan herbergen: Bont dikkopje, Moerassprinkhaan, Heidesabelsprinkhaan en Veenmier zijn daar goede voorbeelden van, maar ook onder de spinnen (§12.3) en paddenstoelen (§6.2) zijn daar veel voorbeelden van te vinden. Door Pijpenstrootje gedomineerde vegetatie komt ook van nature voor, bijvoorbeeld aan de randen van zure vennen met fluctuerende grondwaterstanden. Aan vergraste heide is in de huidige situatie zeker geen gebrek – in tegendeel – maar het is belangrijk om erop te wijzen dat de consequente toepassing van herstelmaatregelen tegen vergrassing leidt tot de achteruitgang of zelfs het verdwijnen van deze soorten. Eerder werd in een landelijke evaluatie geconstateerd dat de doelsoorten van oudere heidestadia minder succesvol profiteren van herstelmaatregelen dan pioniersoorten (Van Duinen *et al.*, 2013). Dit onderzoek bevestigt dat en benadrukt daarmee het belang van de spreiding van herstelmaatregelen in ruimte en tijd.

Chopperen blijkt net als plaggen wel een ingrijpende maatregel te zijn, met zowel voor de (myco)flora als de fauna grote gevolgen voor de soortensamenstelling. Voor de flora lijkt chopperen iets minder positief te zijn dan plaggen, maar ook minder schadelijk voor de fauna en voor paddenstoelen. Ook opslag van bomen en struiken is na chopperen mogelijk minder sterk. Echter, vanwege de snellere hergroei van Pijpenstrootje kan vervolgbeheer na chopperen eerder noodzakelijk zijn dan na plaggen.

De combinatie van chopperen met bekalking is succesvol om de buffering te vergroten. Dit heeft positieve gevolgen voor de vestiging van soorten van wat meer gebufferde milieus, maar leidt ook tot vestiging van soorten uit storingsmilieus. Het is echter de verwachting dat deze storingsindicatoren na verloop van tijd verdwijnen. Dit kan echter pas over enige jaren worden vastgesteld.

De praktijkervaring leert dat drukk begrazing op langere termijn ook succesvol kan zijn om de vergrassing met Pijpenstrootje te doorbreken. Bij drukk begrazing met schapen vergt dat echter een herhaling over een reeks van jaren. De dosis-effect relatie moet voor toepassing met schapen nog nader worden vastgesteld. Het onderzochte praktijkvoorbeeld met paarden suggereert dat eenmalige toepassing van drukk begrazing met grootvee (met een korte periode van nabeweiding) wel succesvol kan zijn. Dit verdient nader onderzoek.

De eenmalige toepassing van drukk begrazing met schapen in het beheerexperiment zorgde wel voor een grotere openheid in de vegetatiestructuur, in tegenstelling tot de reguliere begrazing die in beide terreinen wordt toegepast. Verder had de eenmalige drukk begrazing weinig gevolgen voor de flora en de fauna. Van herstel van soorten van jonge heidestadia was aan de ene kant (nog) geen sprake, maar aan de andere kant was er ook geen achteruitgang van soorten van oudere heidestadia (eerder juist een vooruitgang). De inzet van drukk begrazing in het experiment is in veel opzichten nog niet "voltooid". Het beoogde doel: het doorbreken van de dominantie van Pijpenstrootje is nog niet behaald. Negatieve effecten op de fauna van late successiestadia zijn mede daarom in deze fase nog niet aan de orde. De praktijkvoorbeelden geven echter aan dat de fauna van oudere

heidestadia na toepassing van drukbegrazing gedurende meerdere jaren wel significant te lijden kan hebben.

Bij voortzetting van het beheerexperiment is het van belang om de drukbegrazing nog enige jaren te herhalen, omdat de vestiging van soorten van jongere heidestadia dan pas mag worden verwacht en vastgesteld kan worden of de fauna van oudere heidestadia bij drukbegrazing negatief wordt beïnvloed.

De toegepaste bekalking – in een dosering van 2 ton dologran per hectare – in combinatie met chopperen, drukbegrazing of zonder verder beheer is in deze studie voor het eerst onderzocht. Overal is een toename van basische kationen opgetreden, maar de doorwerking in de bodem vergt enkele jaren. In combinatie met chopperen reageerden de flora en de fungi van zwak gebufferde bodem positief. De fauna reageert trager op dergelijke behandelingen, maar voor een aantal snel reagerende, mobiele soorten is er een positief effect van bekalking geconstateerd. Of dit zich uiteindelijk vertaalt in een verbeterde habitatkwaliteit van karakteristieke soorten is nog niet duidelijk. Storingsindicatoren hebben zich nauwelijks gevestigd wanneer er geen verder vegetatiebeheer werd toegepast. Na chopperen was er wel een frequente vestiging van deze soorten, maar deze bleven klein en leken in het tweede jaar alweer af te nemen. Dit geeft aan dat bekalking met dologran mogelijk ook op organische bodem een gunstige herstelmaatregel tegen verzuring kan zijn. Verdere monitoring van het experiment zal duidelijk kunnen maken of de bekalking, al of niet in combinatie met andere maatregelen, alsnog tot verruiging zal leiden of dat de toegepaste dosering juist leidt tot uitbreiding van flora, fungi en fauna van mineraalrijkere heiden en heischrale milieus.

Het is belangrijk om te constateren dat de veranderingen van plaggen, chopperen en drukbegrazing op korte termijn vooral het gevolg zijn van veranderingen in de structuur van de omgeving en de verstoring van de nutriëntenhuishouding. Na enige jaren zal de nutriëntenhuishouding stabiliseren en zal het effect van de afvoer van voedingsstoffen en de toepassing van bekalking verder doorwerken in de voedselketen en de samenstelling van de soortengemeenschappen. Deze effecten zullen dus pas over enige jaren duidelijk worden.

In het kader van de Programmatistische Aanpak Stikstof (PAS) luidt de voorlopige conclusie dat chopperen een flinke reductie van de stikstofvoorraad teweeg brengt, maar dat bekalking nodig is om de ammoniumpiek teniet te doen. Drukbegrazing zorgt waarschijnlijk voor een lichte netto-afvoer van stikstof, maar vooral voor indirecte effecten op de nutriëntenhuishouding via vraat, mest en betreding. Ook hier kan lichte bekalking mogelijk positieve effecten teweeg brengen.

Een definitief oordeel over de effectiviteit van chopperen en drukbegrazing (in combinatie met bekalking) als alternatieven voor plaggen is op basis van het huidige onderzoek nog niet te geven: het beheerexperiment loopt daarvoor nog te kort en de onderzochte praktijkvoorbeelden schieten te kort voor een betrouwbare evaluatie (vanwege een gebrek aan herhalingen en heterogeniteit tussen terreinen en tussen de wijzen waarop de maatregelen zijn toegepast). Daarom is een belangrijke aanbeveling om het beheerexperiment voort te zetten, zodat de effecten ook op middellange termijn goed inzichtelijk gemaakt kunnen worden.

14 Richtlijnen voor het beheer

Het huidige onderzoek biedt een goed inzicht in de effecten van chopperen en drukbegrazing als herstelmaatregelen voor vergraste natte heide op de korte termijn. De effecten op de langere termijn zijn aan de hand van verschillende praktijkvoorbeelden onderzocht, maar deze lenen zich niet voor vergaande conclusies. Voor de langere termijn zijn de effecten van chopperen en drukbegrazing dus minder eenduidig vast te stellen. Niettemin is het wel mogelijk om op basis van de opgedane en zich ontwikkelende inzichten voorlopige richtlijnen voor het beheer op te stellen.

14.1 Keuze van herstelmaatregelen

Bij de heersende stikstofdepositie is het vaak nodig om in natte heide beheermaatregelen toe te passen om de dominantie van Pijpenstrootje te doorbreken. Daarbij is wel een goede afweging van de voor- en nadelen van verschillende maatregelen nodig. Ook de vergraste heide kan bijzondere natuurwaarden herbergen.

- Over de volle breedte van de onderzochte beheermaatregelen kan grofweg worden gesteld dat plaggen van natte heide de meest ingrijpende maatregel is, kort gevolgd door chopperen. Drukbegrazing heeft minder impact op de aanwezige flora en fauna, maar heeft ten tijde van de uitvoering zeker ook negatieve effecten op de fauna. Herstel van faunagemeenschappen kan na drukbegrazing echter beduidend sneller verlopen, aangezien hier geen successieperiode aan vooraf dient te gaan.
- Wanneer natte heide geplagd wordt, is aanvullend eenmalig bekalken een gunstige maatregel. Dit lijkt ook zo te zijn voor gehopperde, vochtige heide. Mogelijk geldt dit eveneens voor vergraste, vochtige heide, maar daarvoor moeten eerst de lange termijn effecten uit het experiment worden afgewacht.
- Op gebiedsniveau is het raadzaam om de schaal waarop de maatregelen worden uitgevoerd te verkleinen voor ingrijpender maatregelen. Zo kan bijvoorbeeld kleinschalig plaggen speciaal worden gericht op plaatsen waar verjonging van natte heide of Klokjesgentianen een knelpunt is. Chopperen kan eveneens op beperkte schaal worden uitgevoerd; wanneer blijkt dat herstel sneller optreedt dan na plaggen (wat in deze studie nog niet kon worden aangetoond), dan kan deze maatregel op grotere schaal ingezet worden dan plaggen. Drukbegrazing kan vervolgens op nog grotere schaalniveaus worden toegepast, mits het terrein groot genoeg is om te kunnen sturen in ruimte en schaal.
- Deze afwegingen vereisen voldoende kennis van de aanwezige natuurwaarden. Allereerst is het daarom aan te bevelen om de voorkomende soorten in beeld te brengen. De flora van hogere planten en (veen)mossen en de fauna van reptielen, dagvlinders en sprinkhanen vormen daarvoor vaak een goede ingang, omdat informatie van deze groepen hetzij reeds aanwezig is, hetzij makkelijk verkregen kan worden.

- Hydrologische maatregelen zijn vaak noodzakelijk om verdroging tegen te gaan of teniet te doen, maar deze vallen buiten het bestek van dit onderzoek (zie hiervoor bijvoorbeeld Jansen *et al.*, 2010). De hydrologische situatie is echter ook een aanvullend criterium in de keuze van de te nemen maatregelen. Bij een goede hydrologische uitgangssituatie zijn maatregelen als plaggen (en mogelijk ook chopperen) veel effectiever dan wanneer deze niet op orde is. Een andere overweging kan zijn om het beheer in dergelijke situaties te richten op geleidelijker herstel en dus te richten op drukkbegrazing als hoofdvorm van beheer.

Wanneer de wenselijkheid van herstelbeheer op basis van flora en fauna, en eventueel aanvullend biochemisch onderzoek, is vastgesteld, dan zijn verschillende opties mogelijk:

- Plaggen: bij zeer soortenarme en verzuurde situaties. Hier is echter altijd een kleinschalige aanpak, met veel randlengte, vereist om herkolonisatie door flora en fauna te bespoedigen en de gunstige effecten van de overgangen tussen oude en jonge heide uit te buiten. De organische laag kan vooral op wat drogere locaties beter niet geheel worden verwijderd omdat dit herstel bemoeilijkt en de gevoeligheid voor droogte vergroot. Ook heeft het de voorkeur om hoogtegradiënten in de plagstroken mee te nemen, wat niet alleen verzuring in 'badkuipjes' voorkomt maar ook calamiteiten kan opvangen in extreem natte of droge jaren. Zowel machinaal als met de hulp van vrijwilligers worden goede resultaten geboekt.
- Chopperen kan in verschillende situaties worden overwogen: a) bij minder sterke vergrassing, b) wanneer een grootschaliger uitvoering aan de orde is en c) wanneer het vanwege archeologische waarden onwenselijk is om de bodem te beschadigen. In sterk verzuurde situaties is chopperen bovendien te verkiezen boven plaggen omdat plaggen de resterende buffering en mineralen in sterkere mate verlaagt.
- Drukbegrazing: als bij chopperen, en ook wanneer soorten van oudere heide nadrukkelijker gespaard moeten worden en een geleidelijker omvorming wenselijk is. Ten opzichte van reguliere begrazing is drukkbegrazing vooral wenselijk om vergrassing effectiever terug te dringen.
- Bekalking geeft na plaggen en chopperen weinig negatieve effecten, maar is in natte heide lang niet altijd noodzakelijk, zeker niet wanneer er sprake is van kwel en leemlagen in de bodem.
- Bekalking van vergraste natte heide, al of niet in combinatie met drukkbegrazing, leidt op korte termijn tot herstel van de kationenvoorraad en vestiging van paddenstoelen van heischrale graslanden. Het is echter beter om deze maatregel nog niet toe te passen op bodems met veel ophoping van organisch stof totdat de effecten op langere termijn in beeld gebracht zijn.
- *N.B. Maaien is in deze studie niet nader onderzocht, maar kan net als drukkbegrazing bij herhaling ook als herstelmaatregel worden overwogen. Vermoedelijk ligt de effectiviteit tussen die van chopperen en drukkbegrazing in, maar dit zou nader moeten worden onderzocht. Ook als incidentele reguliere maatregel kan pleksgewijs maaien worden toegepast.*

Uiteraard is het bij de toepassing van maatregelen in een heel gebied vaak een kwestie van en-en in plaats van of-of. Bij lokaal sterke vergrassing kunnen radicalere maatregelen nodig zijn, terwijl elders voor minder ingrijpende maatregelen als gescheperde begrazing of maaien gekozen wordt. En met de inzet van 'Blauwe Brigades' kan het kleinschalig plaggen in het reguliere beheer worden geïntegreerd en ook op kwetsbare, voor zwaar materieel slecht toegankelijke locaties worden toegepast.

Voor de uitvoering van plaggen zijn eerder al praktische aanbevelingen gedaan (zie De Graaf *et al.*, 2004; Smits & Noordijk, 2013). Voor de alternatieven voor plaggen – chopperen en drukbegrazing – worden de belangrijkste aanbevelingen in de volgende paragrafen op een rij gezet.

14.2 Chopperen

Bij de keuze voor chopperen zijn ook de volgende praktische overwegingen van belang:

- chopperen is goedkoper dan plaggen
 - het afgevoerde materiaal kan worden hergebruikt om de heideontwikkeling op natuurontwikkelingsgronden op gang te brengen. Dit is echter *niet* aan te bevelen bij een sterke mate van vergrassing, omdat het dan eerder Pijpenstrootje bevoordeelt dan een gevarieerde heideontwikkeling op gang brengt! Ook kan het afgevoerde materiaal gebruikt worden als bron voor organisch materiaal – in combinatie met vaste stalmest – voor een extensief beheer van heide-akkers. Deze koppeling van functies is alleen relevant in de grotere heidereservaten (Dwingelderveld, Sallandse Heuvelrug, Hoge Veluwe e.d) waar deze activiteiten onderdeel vormen van het beheer.
 - wanneer door het gebruik van zwaar materieel voor schade aan het terrein en de paden wordt gevreesd – vooral in nattere gebieden – dan kan beter voor drukbegrazing worden gekozen.
- Bij minder sterke vergrassing kan worden overwogen om minder diep te chopperen. Dit lijkt gedurende een periode van 10-15 jaar effectief te zijn.
 - Net als plaggen dient ook chopperen met veel randlengte uitgevoerd te worden om herkolonisatie door flora en fauna te bespoedigen en de gunstige effecten van de overgangen tussen oude en jonge heide uit te buiten.
 - Ook bij chopperen is het aan te raden om langs de hoogtegradiënt van nat naar droog te werken, zodat langdurige inundatie wordt voorkomen en weersextremen beter kunnen worden opgevangen.
 - Bij sterke polvorming is het nodig om de maatregel in twee werkgangen uit te voeren.
 - In vrijwel permanent natte situaties is chopperen praktisch niet goed meer uit te voeren en moet dus voor een ander alternatief worden gekozen

Voor de combinatie van chopperen met bekalking is nader vervolgonderzoek nodig, voordat dit kan worden aanbevolen. In de tussentijd kan in verzuurde systemen zonder invloed van gebufferd water worden aangeraden om na chopperen een lichte bekalking met dologran toe te passen (ca. 0,5 ton/ha). Aan de hand van de ontwikkelingen kan daarna worden besloten of een verdere bekalking nodig is.

14.3 Drukbegrazing

Drukbegrazing is niet alleen een herstelmaatregel op zich, maar kan ook worden uitgevoerd in combinatie met andere maatregelen. Drukbegrazing kan worden gebruikt als nazorg na branden of maaien. Maar ook is een combinatie mogelijk van de meer geleidelijke werking van drukbegrazing in delen van een terrein met het gericht toepassen van kleinschalig plaggen of chopperen voor een ingrijpender effect op bijvoorbeeld de sterkst vergraste stukken.

- Drukbegrazing kan goed kleinschalig worden uitgevoerd op oppervlakten van een halve hectare tot enkele hectaren. Groter is niet wenselijk om negatieve effecten op soorten van oudere heidestadia te beperken en herkolonisatie te bevorderen. Bij gebruik van een gescheperde kudde kan de intensiteit sterker worden gestuurd.
- Probeer de inzet van druibegrazing in een terrein in tijd en ruimte te laten variëren: neem jaarlijks hooguit steeds 1/3^e deel in druibegrazing en verplaats de druibegrazing, wanneer deze voldoende effect heeft opgeleverd, naar een ander deel van hooguit weer 1/3^e van het terrein. Het resterende deel dient gedurende deze reeks van jaren buiten de druibegrazing te blijven: dit gebied komt pas aan de beurt wanneer het eerste druibegraasde deelgebied voldoende is hersteld. Op deze wijze is er in ieder jaar voldoende refugium habitat aanwezig voor soorten die nadeel ondervinden van druibegrazing.
- Bij sterke vergrassing kan bij gebruik van schapen een intensiteit van 1000 tot 1500 graasdagen/ha/jaar gedurende het groeiseizoen worden aangehouden. Die intensiteit kan over een reeks van jaren worden afgebouwd. De druibegrazing kan in één of twee rondes in een jaar worden uitgevoerd, maar de tweede beurt moet bij voorkeur plaatsvinden voordat Pijpenstrootje in bloei schiet (omdat de voedingswaarde dan vermindert en de schapen dan minder grazen).
- Het in de voorafgaande winter terugzetten van aanwezige opslag vergroot het effect van druibegrazing op de hergroei. Effect op opslag is er echter alleen wanneer er ook voldoende gras te eten is, omdat het vee niet alleen van opslag kan leven.
- In gebieden met Gentiaanblauwtjes de belangrijke gentianenpopulaties zo nodig tijdelijk uitrasteren in het groeiseizoen (half juni-eind augustus). Uiteraard geldt eenzelfde boodschap voor andere kwetsbare en bedreigde soorten, zoals Valkruid (*Arnica montana*) en Heidekartelblad (*Pedicularis sylvatica*).
- Zorg voor een goede monitoring, zodat er kan worden bijgestuurd aan de hand van de ontwikkelingen. Daarbij kan het raadzaam zijn om ook gedurende het herstel, af en toe een jaar niet te begrazen om de balans op te kunnen maken.
- Zorg als beheerder voor goede afspraken over uitvoering om druibegrazing alleen uit te voeren op gekozen plekken, op afgesproken tijdstippen en met overeengekomen veebezetting.
- Het gebruik van grootvee bij druibegrazing verdient nader onderzoek in de praktijk omdat dit ook bij eenmalige toepassing kansrijk lijkt (mede door de sterkere vertrapping). Paarden lijken daarvoor geschikter dan runderen. Een graasdruk van 1,5-2 GVE/ha gedurende 3-4 maanden kan daarbij als richtlijn dienen.
- Het opnemen van enkele geiten (voor het bestrijden van opslag) of heidekoetjes (voor minder selectieve vraat aan Pijpenstrootje en meer vertrapping) in een schaapskudde is ook een optie die aandacht verdient.

15 Literatuur

- Anonymus. (2004). *Heide-evaluatie 2004: Een evaluatie van het heide- en stuifzandbeheer bij Natuurmonumenten*. Rapport Afdeling Kwaliteitszorg Natuurbeheer, Vereniging Natuurmonumenten, 's Graveland.
- Arnolds, E. (1981). *Ecology and coenology of macrofungi in grasslands in Drenthe, The Netherlands*. Proefschrift Universiteit Utrecht.
- Arnolds, E.J.M. & Ommering, G. van (1996). *Bedreigde en kwetsbare paddestoelen in Nederland. Toelichting op de rode lijst*. IKC Natuurbeheer, Wageningen.
- Arnolds, E.J.M. & Berg, A.P. van den (2013). *Beknopte standaardlijst van de Nederlandse Paddenstoelen*. Nederlandse Mycologische Vereniging, Utrecht.
- Arnolds, E.J.M. & Veerkamp, M.T. (2008). *Basisrapport Rode Lijst Paddenstoelen*. Nederlandse Mycologische Vereniging, Utrecht.
- Baars, M.A. (1979). Catches in pitfall traps in relation to mean densities of carabid beetles. *Oecologia* **41**, 25-46.
- Bakker, J. & Berendse, F. (1999). Constraints in the restoration of ecological diversity in grassland and heathland communities. *Trends in Ecology and Evolution* **14**, 63-68.
- Beek, S. van (2005). Drukbe grazing met schapen als methode om vergraste droge heide om te vormen in structuurrijke heide. *Vakblad Natuur, Bos, Landschap* **2(11)**, 6-9.
- Beuk, P.L.T. (2002). Checklist of the Diptera of the Netherlands. KNNV Uitgeverij, Utrecht.
- Bijlsma, R.J., Waal, R.W. de & Verkaik, E. (2009). *Natuurkwaliteit dankzij extensief beheer: nieuwe mogelijkheden voor beheer gericht op een veerkrachtig bos- en heidelandschap*. Alterra-rapport 1902 - Alterra, Wageningen.
- Bobbink, R., Weijters, M., Nijssen, M., Vogels, J., Haveman, R. & Kuiters, L. (2009). *Branden als EGM-maatregel*. Rapport DK nr. 2009/dk-117-O, Directie Kennis, Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, Ede.
- Borneman, E.A. & Vossebeld-Kruse, M.M. (2013). *Is drukbe grazing een goed alternatief voor plaggen ten behoeve van het behoud van het gentiaanblauwtje?* Rapport Master of Education Biologisch Onderzoek, Hogeschool Utrecht.
- Bos, F., Bosveld, M., Groenendijk, D., Swaay, C. van, Wynhoff, I. & De Vlinderstichting (2006). *De dagvlinders van Nederland : verspreiding en bescherming (Lepidoptera: Hesperioidea, Papilionoidea)*. Nederlandse Fauna 7.

Nationaal Natuurhistorisch Museum Naturalis, Leiden; KNNV Uitgeverij, Utrecht & European Invertebrate Survey-Nederland, Leiden.

Britton, A.J., Marrs, R.H., Carey, P.D. & Pakeman, R.J. (2000). Comparison of techniques to increase *Calluna vulgaris* cover on heathland invaded by grasses in Breckland, south east England. *Biological Conservation* **95**, 227-232.

Burny, J. (1999). *Bijdrage tot de historische ecologie van de Limburgse Kempen (1910-1950) – Tweehonderd gesprekken samengevat*. Stichting Natuurpublicaties Limburg, Maastricht.

Dobben, H.F. van (2010). *Lange-termijn effecten van bekalking op bosvegetatie - bruikbaarheid van oude experimenten*. Alterra-rapport 2098, Alterra, Wageningen.

Dorland E., van den Berg, L.J.L., van den Berg, A.J., Vermeer, M.L., Bobbink, R. & Roelofs, J.G.M. (2004). The effects of sod cutting and additional liming on potential net nitrification in heathland soils. *Plant and Soil* **265**, 267-277.

Duinen, G.A. van, Bouwman, J. & Wallis de Vries, M.F. (2013). *Randvoorwaarden voor het herstel van kenmerkende en bedreigde soorten in het natte heidelandschap*. Rapport 2014/OBN187-NZ, Ministerie van Economische Zaken, Den Haag.

Ford, M.J. (1978). Locomotory activity and predation strategy of wolf-spider *Pardosa amentata* (Clerck)(Lycosidae). *Animal Behaviour* **26**, 31-35.

Fournier, E. & Loreau, M. (2002). Foraging activity of the carabid beetle *Pterostichus melanarius* Ill. in field margin habitats. *Agriculture Ecosystems & Environment* **89**, 253-259.

Graaf, M. de, Verbeek, P., Robat, S., Bobbink, R., Roelofs, J., Goeij, S. de & Scherpenisse, M. (2004). *Lange-termijn effecten van herstelbeheer in heide en heischrale graslanden*. Rapport EC-LNV nr. 2004/288-O, Ede.

Graaf, M. de, Bobbink, R., Smits, N., Van Diggelen R. & Roelofs, J. (2009). Biodiversity, vegetation gradients and key biogeochemical processes in the heathland landscape. *Biological Conservation* **42**, 2191-2201.

Grasshoff, K. & Johannsen, H. (1977). A new sensitive method for the determination of ammonia in sea water. *Water Research* **2**, 516.

Härdtle, W., Niemeyer, M., Niemeyer, T., Assmann, T. & Fottner, S. (2006). Can management compensate for atmospheric nutrient deposition in heathland ecosystems? *Journal of Applied Ecology* **43**, 759-769.

Härdtle, W., Von Oheimb, G. Gerke, A.K., Niemeyer, M., Niemeyer, T. Assmann, T. Drees, C. Matern, A. & Meyer, H. (2009). Shifts in N and P budgets of heathland ecosystems: Effects of management and atmospheric inputs. *Ecosystems* **12**, 298-310.

Jansen, A.J.M., De Graaf, M.C.C. & Roelofs, J.G.M. (1996). The restoration of species-rich heathland communities in the Netherlands. *Vegetatio* **126**, 73-88.

- Jansen, A.J.M., Fresco, L.F.M., Grootjans, A.P. & Jalink, M.H. (2004). Effects of restoration measures on plant communities of wet heathland ecosystems *Applied Vegetation Science* **7**, 243-252.
- Jansen, A.J.M., Bekker, R.M., Bobbink, R., Bouwman, J.H., Loeb, R., van Duinen, G.A. & Wallis de Vries, M.F. (2010). *De effectiviteit van de regeling Effectgerichte Maatregelen (EGM) voor Rode-Lijstsoorten; De tweede Rode Lijst met Groene Stip voor vaatplanten en enkele diergroepen in Nederland*. Rapport DKI-LNV nr. 2010/dk137-O, Ede.
- Kamphake, L.J., Hannah, S.A. & Cohen J.M. (1967). Automated analysis for nitrate by hydrazine reduction. *Water Research* **1**, 205-206.
- Ketelaar, R. & Wallis de Vries, M.F. (2005). Gaan begrazing op de natte heide en het gentiaanblauwtje samen? *De Levende Natuur* **106(5)**, 222-226.
- Kleijn, D., Bekker, R.M., Bobbink, R., De Graaf, M.C.C. & Roelofs, J.G.M. (2008). In search for key biogeochemical factors affecting plant species persistence in heathland and acidic grasslands: a comparison of common and rare species. *Journal of Applied Ecology* **45**, 680-687.
- Kleukers, R.M.J.C., Nieuwerkerken, E. van, Odé, B., Willemse, L. & Wingerden, W. van (1997). *De sprinkhanen en krekels van Nederland (Orthoptera)*. Nederlandse Fauna 1. Nationaal Natuurhistorisch Museum Naturalis, Leiden; KNNV Uitgeverij, Utrecht & European Invertebrate Survey-Nederland, Leiden.
- Küer, A. & Fartmann, T. (2004). Prominent shoots are preferred: microhabitat preferences of *Maculinea alcon* ([Denis & Schiffermüller], 1775) in Northern Germany (Lycaenidae). *Nota Lepidopterologica* **27**, 309-319
- Lucassen, E., Verheggen, G. & Brouwer, E. (2011). *Bekalking van de Lobeliabaai in het Beuven: rapportage onderzoek 2010*. Rapportnummer 2011.19, Onderzoekcentrum B-Ware, Nijmegen.
- Maelfait, J.P., Baert, L., Janssen, M. & Alderweireldt, M. (1998). A Red list for the spiders of Flanders. *Bulletin van het Koninklijk Belgisch instituut voor Natuurwetenschappen* **68**, 131-142.
- Maes, D., Van Dijck, H., Vanreusel, W. & Cortens, J. (2003). Ant communities (Hymenoptera: Formicidae) of Flemish (north Belgium) wet heathlands, a declining habitat in Europe. *European Journal of Entomology* **100**, 545-555.
- Melbourne, B.A. (1999). Bias in the effect of habitat structure on pitfall traps: An experimental evaluation. *Australian Journal of Ecology* **24**, 228-239.
- Mourik, J. (2002). Herstel van duingraslanden door wisselbeweiding met Drentse heideschapen. *De Levende Natuur* **103(2)**, 53-57
- Mullekom, M. van, Smolders, F., Brouwer, E. & Roelofs, J. (2009). *Onderzoek naar de kansen voor natuurontwikkeling en -herstel in het Hierdense beekdal binnen Landgoed Staverden. Een biogeochemisch en hydrologisch onderzoek*. Rapportnummer 2008.44a, Onderzoekcentrum B-Ware, Nijmegen.
- Nanne, R., Kivit, H.A. & Vermaat, J.E. (2013). Werkt schapenbegrazing? Bestrijding Amerikaanse vogelkers in de Kennemerduinen. *Landschap* **30(3)**, 134-141.

- Niemeyer, M., Niemeyer, T., Fottner, S., Härdtle, W. & Mohamed, A. (2007). Impact of sod-cutting and choppering on nutrient budgets of dry heathlands *Biological Conservation* **134**, 344-353.
- Noordijk, J. & Boer, P. (2007). Mieren in Veluwebermen: soortenrijkdom en aanbevelingen voor beheer (Hymenoptera: Formicidae). *Nederlandse Faunistische Mededelingen* **27**, 23-50.
- Noordijk, J., Wallis De Vries, M., Colijn, E., Smit, J. & Veling, K. (2013). Begrazingsintensiteit en insectenrijkdom in heideterreinen. *De Levende Natuur* **114(5)**, 204-211.
- Noordwijk, C.G.E., Boer, P., Mabelis, A.A., Verberk, W.C.E.P. & Siepel, H. (2012). Life-history strategies as a tool to identify conservation constraints: A case-study on ants in chalk grasslands. *Ecological Indicators* **13**, 303-313.
- Oostermeijer, J.G.B., Luijten, S.H., Krenová, Z.V. & Nijs, H.C.M. den (1998). Relationships between population and habitat characteristics and reproduction of the rare *Gentiana pneumonanthe* L. *Conservation Biology* **12**, 1042-1053.
- Orton, P.D. (1964). Notes on British Agarics II. *Notes from the Royal Botanical Garden Edinburgh* **26(1)**, 43-65.
- Persons, M.H. & Uetz, G.W. (1996). The influence of sensory information on patch residence time in wolf spiders (Araneae: Lycosidae). *Animal Behaviour* **51**, 1285-1293.
- Pedley, S.M., Franco, A.M.A., Pankhurst, T. & Dolman, P.M. (2013). Physical disturbance enhances ecological networks for heathland biota: A multiple taxa experiment *Biological Conservation* **160**, 173-182.
- Roem, W.J., Klees, H. & Berendse, F. (2002). Effects of nutrient addition and acidification on plant species diversity and seed germination in heathland. *Journal of Applied Ecology* **39**, 937-948.
- Schack-Kirchner, H. & Hildebrand, E.E. (1998). Changes in soil structure and aeration due to liming and acid irrigation. *Plant and Soil* **199**, 167-176.
- Schaefer, M. (1976). Experimentelle Untersuchungen zum Jahreszyklus und zur Überwinterung von Spinnen (Araneida). *Zool. Jb. Syst.* **103**, 127-289.
- Schaefer, M. (1977). Winter ecology of spiders (Araneida). *Zeitschrift für Angewandte Entomologie* **83**, 113-134.
- Schirmel, J. (2010). Short-term effects of modern heathland management measures on carabid beetles (Coleoptera: Carabidae). *Applied Ecology and Environmental Research* **8**, 165-175.
- Schirmel, J., Mantilla-Contreras, J., Blindow, I., & Fartmann, T. (2011). Impacts of succession and grass encroachment on heathland Orthoptera. *Journal of Insect Conservation* **15**, 633-642.
- Sedláková, I. & Chytrý, M. (1999). Regeneration patterns in a Central European dry heathland: Effects of burning, sod-cutting and cutting. *Plant Ecology* **143**, 77-87.

- Seifert, B. (2007). *Die Ameisen Mittel- und Nordeuropas*. Lutra Verlags- und Vertriebsgesellschaft, Tauer.
- Siepel, H. (1994). *Structure and function of soil microarthropod communities*. Department of Animal Ecology of the DLO- Institute for Forestry and Nature Research (IBN-DLO).
- Smits, J. & Noordijk, J. (2013). *Heidebeheer – Moderne methoden in een eeuwenoud landschap*. KNNV Uitgeverij, Zeist.
- Turin, H. (2000). *De Nederlandse loopkevers. Verspreiding en oecologie (Coleoptera: Carabidae)*. Leiden, Nationaal Natuurhistorisch Museum Naturalis, KNNV Uitgeverij & EIS-Nederland.
- Turnhout, C. van, Brouwer, E., Nijssen, M., Stuijzand, S., Siepel, H., Vogels, J. & Esselink, H. (2007). *Herstel en beheer van heideterreinen. Gevolgen van verzuring, vermessing en verdroging en de invloed van beheer op levensgemeenschappen van heide. Een samenvattend rapport voor beheerders*. Stichting Bargerveen, B-ware & Afdeling Dierecologie, Radboud Universiteit Nijmegen i.o.v. EC-LNV, Directie Kennis, Ede.
- Van Dyck, H. & Regniers, S. (2010). Egg spreading in the ant-parasitic butterfly, *Maculinea alcon*: from individual behaviour to egg distribution pattern. *Animal Behaviour* **80**, 621-627
- Verbeek, P.J.M., De Graaf, M. & Scherpenisse, M.C. (2006). *Verkennde studie naar de effecten van drukkbegrazing met schapen in droge heide : effectgerichte maatregel tegen vermessing in droge heide*. Rapport DK nr. (2006/dk038-O, Directie Kennis, Ministerie van LNV, Ede.
- Vergeer, P., Van Den Berg, L.J.L., Baar, J., Ouborg, N.J. & Roelofs, J.G.M. (2006). The effect of turf cutting on plant and arbuscular mycorrhizal spore recolonisation: Implications for heathland restoration. *Biological Conservation* **129**, 226-235.
- Versluijs, R., Vogels, J. & Noordwijk, T. van (2013). Mierengemeenschappen in het heidelandschap. *De Levende Natuur* **114**, 220-226.
- Vogels, J.J., Burg A. van den, Remke E. & Siepel H. (2011). *Effectgerichte maatregelen voor het herstel en beheer van faunagemeenschappen van heideterreinen – Evaluatie en ontwerp van bestaande en nieuwe herstelmaatregelen (2006-2010)*. Rapport nr. 2011/OBN152-DZ, DKI-LNV, Ede.
- Wallis de Vries, M.F. (1989). Beperkende factoren in het voedselaanbod voor runderen en paarden in natuurgebieden op de hoge zandgronden. *De Levende Natuur* **90(3)**, 85-92.
- Wallis de Vries, M.F. (2004). A quantitative conservation approach for the endangered butterfly *Maculinea alcon*. *Conservation Biology* **18**, 489-499.
- Wallis de Vries, M.F. (2008). *Evaluatie beschermingsplan gentiaanblauwtje 2003-2007: van soort naar leefgebied*. Rapport VS2008.032, De Vlinderstichting, Wageningen.

Wallis de Vries, M.F. & Ens, S. (2010). Effects of habitat quality and isolation on the colonization of restored heathlands by butterflies. *Restoration Ecology* **18**, 390-398.

Wallis de Vries, M.F., Noordijk, J. Sierdsema, H. Zollinger, R. Smit, J.T. & Nijssen, M. (2013). *Begrazing in Brabantse heidegebieden – effecten op de fauna*. Rapport VS2012.017, De Vlinderstichting, Wageningen / EIS-Nederland, Leiden / SOVON Vogelonderzoek Nederland, Stichting RAVON & Stichting Bargerveen, Nijmegen.

Wallis de Vries, M.F., Bobbink, R., Brouwer, E., Huskens, K., Verbaarschot, E., Waasdorp, S. & Vogels, J.J. (2014). *Effecten van de inzet van gescheperde schaapskuddes bij het heidebeheer in Friesland*. Rapport VS2014.004, De Vlinderstichting, Wageningen / Onderzoekscentrum B-Ware, Nijmegen / Stichting Bargerveen, Nijmegen.

Bijlage 1: Onderzoekslocaties

(experiment en evaluerend onderzoek)



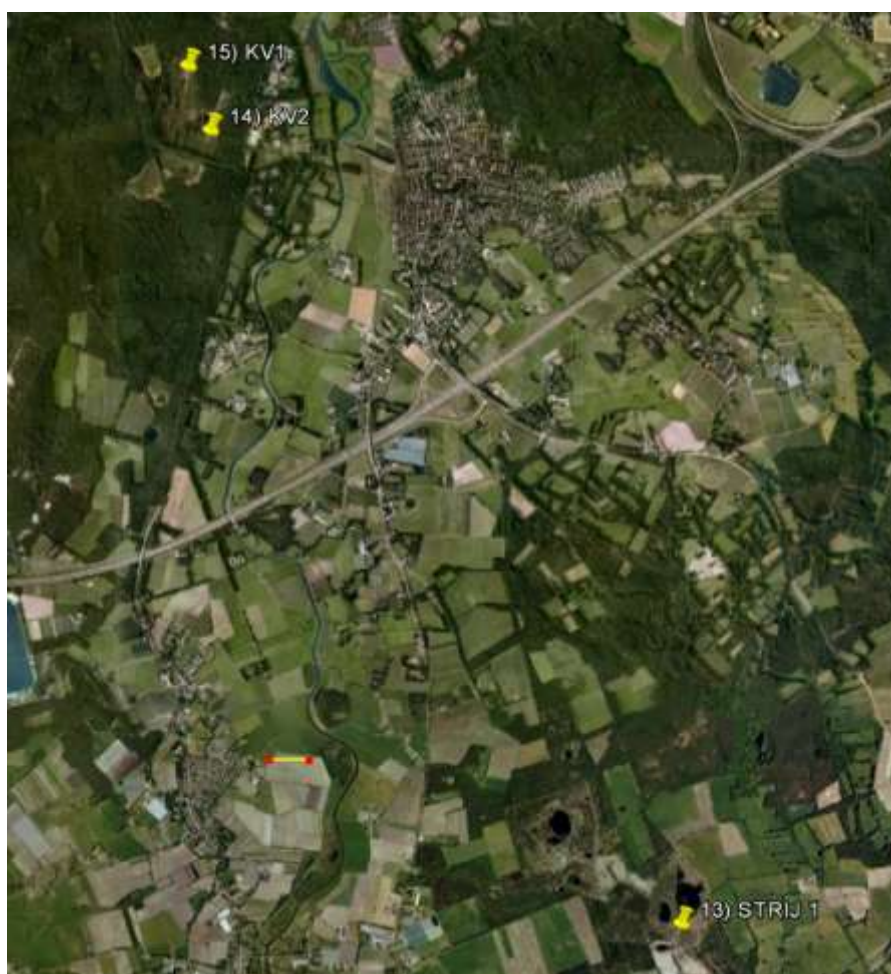
Landgoed Lankheet



Strabrecht (schaaleenheid 250 m)



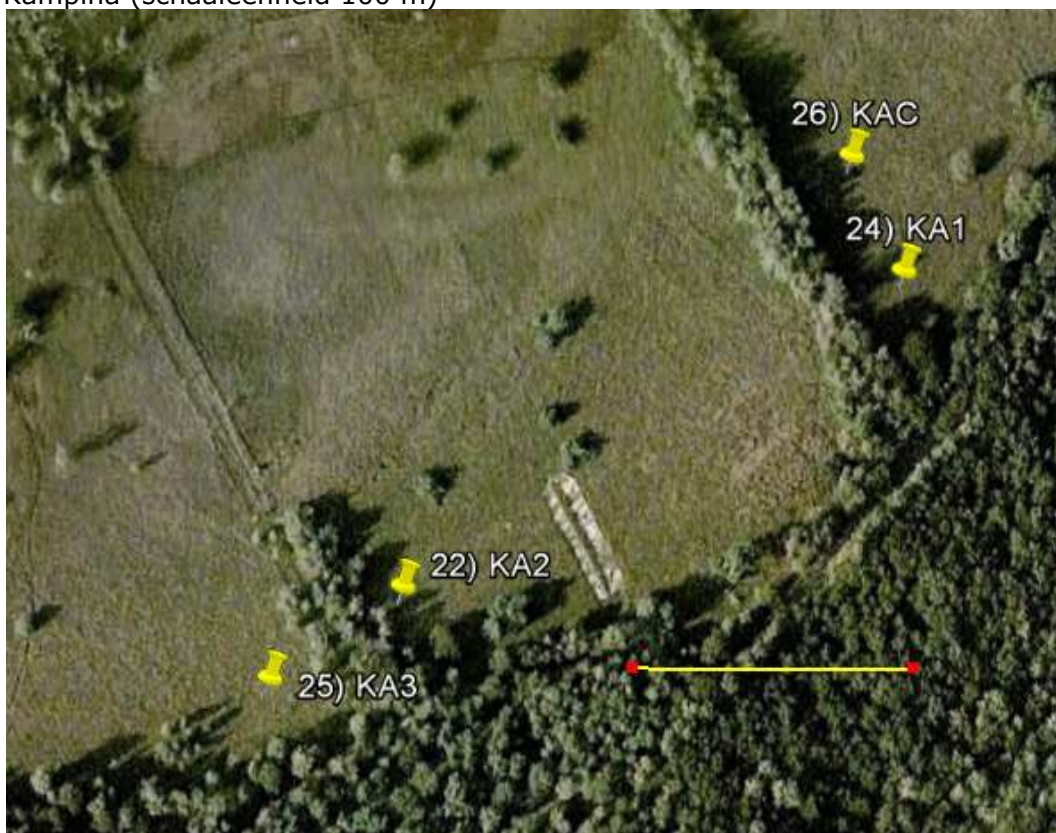
Strijbeekse heide / Kogelvanger (schaaleenheid 250 m)



Groote Veld bij Lochem



Kampina (schaaleenheid 100 m)



Buurserzand



Bijlage 2: Chemische analyses

Bijlage 2.1: Overzicht bodemchemische analyses per behandeling
($\bar{x} \pm$ standaardfout)

Nulmeting										Destructie									
Nr	Behandeling	Diepte (cm)	Vocht gehalte (%)	Massa volume (kg droog/verse bodem)	Org stof (%)	Olsen-P (µmol/l FW)	Al (mmol/l FW)	Ca (mmol/l FW)	Fe (mmol/l FW)	K (mmol/l FW)	Mg (mmol/l FW)	Mn (mmol/l FW)	P (mmol/l FW)	S (mmol/l FW)	Si (mmol/l FW)	Zn (mmol/l FW)			
1 GEM	X-	0-10	39,5	0,7	18,5	568	54,5	4,1	17,9	2,7	3,8	0,1	3,1	12,2	8,6	0,2			
S.E.	X-	0-10	6,0	0,1	7,3	57	5,5	0,9	4,9	0,4	0,3	0,0	0,3	2,0	1,3	0,0			
2 GEM	X+	0-10	36,8	0,8	21,0	565	61,9	3,3	14,5	2,5	3,9	0,1	2,8	9,0	9,4	0,1			
S.E.	X+	0-10	7,2	0,1	9,9	47	8,4	0,5	1,4	0,5	0,6	0,0	0,3	1,4	1,3	0,0			
3 GEM	D-	0-10	39,0	0,8	18,8	577	57,0	4,5	14,2	3,0	4,8	0,1	2,7	10,4	8,4	0,1			
S.E.	D-	0-10	7,3	0,1	9,3	61	13,4	1,5	2,8	0,6	1,1	0,1	0,4	1,8	1,2	0,0			
4 GEM	D+	0-10	38,4	0,8	15,3	669	59,0	4,4	17,3	3,1	4,2	0,1	3,3	13,3	9,0	0,2			
S.E.	D+	0-10	6,8	0,1	7,0	90	14,5	0,9	4,5	0,6	1,0	0,0	0,6	3,3	1,1	0,0			
5 GEM	C-	0-10	37,2	0,8	17,3	531	56,0	4,1	16,0	2,9	3,9	0,1	3,0	9,9	9,2	0,2			
S.E.	C-	0-10	7,1	0,1	7,5	98	8,2	0,7	2,9	0,8	0,9	0,0	0,5	1,6	1,3	0,0			
6 GEM	C+	0-10	37,7	0,8	22,0	549	52,2	3,2	14,7	2,4	3,4	0,1	2,8	9,8	9,0	0,2			
S.E.	C+	0-10	7,9	0,1	10,4	62	7,0	0,7	3,2	0,5	0,6	0,0	0,4	2,2	1,3	0,0			
7 GEM	P-	0-10	37,1	0,8	19,7	526	55,4	3,1	13,7	3,1	4,3	0,1	2,4	8,4	9,5	0,2			
S.E.	P-	0-10	8,2	0,1	10,3	43	7,7	0,3	2,6	0,7	0,9	0,0	0,2	1,4	1,7	0,0			
8 GEM	P+	0-10	36,6	0,8	20,0	555	54,6	2,9	13,5	2,5	3,6	0,1	2,5	8,5	8,8	0,2			
S.E.	P+	0-10	7,7	0,1	9,1	58	7,7	0,5	2,9	0,6	0,8	0,0	0,3	1,5	1,4	0,0			

Effectmeting										Destructie									
Nr	Behandeling	Diepte (cm)	Vocht gehalte (%)	Massa volume (kg droog/verse bodem)	Org stof (%)	Olsen-P (µmol/l FW)	Al (mmol/l FW)	Ca (mmol/l FW)	Fe (mmol/l FW)	K (mmol/l FW)	Mg (mmol/l FW)	Mn (mmol/l FW)	P (mmol/l FW)	S (mmol/l FW)	Si (mmol/l FW)	Zn (mmol/l FW)	C/N analyse		
1 GEM	X-	0-10	39,2	0,8	18,6	565	69,0	7,4	16,6	4,3	4,6	0,1	3,8	13,3	10,7	0,2	3,9	106,3	
S.E.	X-	0-10	6,8	0,1	9,8	28	13,0	0,8	1,8	0,7	0,8	0,0	0,3	2,5	1,4	0,0	1,3	49,6	
2 GEM	X+	0-10	34,9	0,9	17,3	498	69,4	9,5	19,8	4,9	6,4	0,1	3,4	10,5	11,9	0,2	3,5	97,3	
S.E.	X+	0-10	6,4	0,1	10,3	61	14,7	0,8	4,1	0,8	1,1	0,0	0,2	2,2	1,3	0,0	1,8	58,6	
3 GEM	D-	0-10	37,2	0,9	17,1	486	77,2	7,6	17,1	5,1	5,2	0,1	3,6	11,1	12,4	0,2	3,7	89,7	
S.E.	D-	0-10	6,8	0,1	8,4	31	12,7	0,7	2,3	0,7	1,1	0,0	0,4	2,0	1,7	0,0	1,5	41,7	
4 GEM	D+	0-10	37,7	0,8	16,4	443	63,4	9,3	21,0	4,3	5,9	0,1	3,3	10,3	11,0	0,2	3,8	94,5	
S.E.	D+	0-10	7,3	0,1	5,7	44	6,4	1,1	2,9	0,5	0,9	0,0	0,2	2,4	1,2	0,0	1,1	32,1	
5 GEM	C-	0-10	28,1	1,0	8,8	405	96,7	6,9	19,0	4,9	6,2	0,1	2,9	7,8	13,0	0,2	1,7	47,3	
S.E.	C-	0-10	4,6	0,1	2,6	29	18,5	0,5	3,5	0,7	1,6	0,0	0,3	2,0	0,9	0,0	0,5	16,7	
6 GEM	C+	0-10	32,3	1,0	11,0	362	101,0	9,4	27,0	5,1	8,3	0,1	3,1	10,8	12,7	0,2	2,4	65,5	
S.E.	C+	0-10	7,0	0,1	4,3	42	21,8	0,4	11,3	0,8	1,6	0,0	0,3	3,8	1,3	0,0	1,0	32,5	
7 GEM	P-	0-10	25,2	1,2	8,0	325	112,6	19,3	21,4	6,0	7,8	0,1	2,6	6,0	14,8	0,2	1,6	47,1	
S.E.	P-	0-10	6,8	0,1	4,5	32	19,7	12,0	4,4	1,2	1,7	0,0	0,4	2,0	1,6	0,1	0,9	29,7	
8 GEM	P+	0-10	21,7	1,2	4,9	347	113,4	9,6	19,3	5,4	9,1	0,1	3,0	5,3	17,0	0,2	1,0	28,6	
S.E.	P+	0-10	2,8	0,0	0,8	32	16,9	1,0	3,9	1,3	1,8	0,0	0,3	1,7	1,4	0,0	0,2	5,6	

Bijlage 2.1 (vervolg): Overzicht bodemchemische analyses per behandeling
($\bar{x} \pm$ standaardfout)

Nulmeting		Zoutextract 0,2M NaCl																	
Nr	Behandeling	Diepte (cm)	pH	Al (umol/l FW)	Ca (umol/l FW)	Fe (umol/l FW)	K (umol/l FW)	Mg (umol/l FW)	Mn (umol/l FW)	P (umol/l FW)	S (umol/l FW)	Si (umol/l FW)	Zn (umol/l FW)	NO3 (umol/l FW)	NH4 (umol/l FW)	Base Cations Al/Ca (ueq/l FW)	NH4/NO3 ratio		
1	GEM	X-	0-10	3,34	1955	2303	55	471	1017	21	2	136	36	46	43	197	7111	1,6	46
	S.E.	X-	0-10	0,12	192	630	26	79	330	9	1	28	4	6	28	74	1967	0,5	18
2	GEM	X+	0-10	3,32	2097	2226	40	396	805	28	15	118	41	45	25	233	6458	1,0	31
	S.E.	X+	0-10	0,09	203	374	14	81	168	6	13	23	9	8	16	92	1099	0,1	7
Effectmeting																			
Zoutextract 0,2M NaCl																			
Nr	Behandeling	Diepte (cm)	pH	Al (umol/l FW)	Ca (umol/l FW)	Fe (umol/l FW)	K (umol/l FW)	Mg (umol/l FW)	Mn (umol/l FW)	P (umol/l FW)	S (umol/l FW)	Si (umol/l FW)	Zn (umol/l FW)	NO3 (umol/l FW)	NH4 (umol/l FW)	Base Cations Al/Ca (ueq/l FW)	NH4/NO3 ratio		
1	GEM	X-	0-10	3,45	2026	2162	70	469	1103	28	5	145	64	54	77	515	6998	1,7	13
	S.E.	X-	0-10	0,10	222	722	33	138	457	9	4	22	8	9	44	167	2395	0,4	2
2	GEM	X+	0-10	3,67	1271	3682	23	554	2126	18	1	154	73	51	49	500	12169	0,8	17
	S.E.	X+	0-10	0,14	248	1064	6	179	598	5	0	21	9	13	25	141	3387	0,4	4
3	GEM	D-	0-10	3,65	1786	2159	67	651	1089	33	2	141	55	54	45	603	7148	1,2	29
	S.E.	D-	0-10	0,14	219	503	27	109	335	8	0	17	9	10	17	142	1718	0,2	15
4	GEM	D+	0-10	3,64	1062	3864	40	752	2834	25	2	169	107	44	148	531	14148	0,4	24
	S.E.	D+	0-10	0,07	247	576	14	104	715	5	1	24	20	8	74	82	2633	0,1	9
5	GEM	C-	0-10	3,55	2105	1633	383	611	1123	11	1	123	57	42	39	898	6123	2,4	41
	S.E.	C-	0-10	0,08	296	556	369	197	450	2	0	25	14	7	11	179	1987	0,6	11
6	GEM	C+	0-10	3,80	1363	2788	190	422	2335	13	1	156	85	34	70	607	10669	0,8	37
	S.E.	C+	0-10	0,09	334	543	173	44	400	2	0	34	26	7	36	113	1817	0,3	14
7	GEM	P-	0-10	3,72	1948	1326	160	271	687	8	1	109	44	29	41	544	4299	3,0	23
	S.E.	P-	0-10	0,15	307	584	101	48	341	2	1	29	9	8	16	116	1883	0,6	6
8	GEM	P+	0-10	4,09	861	4047	9	283	3041	7	1	134	40	20	44	274	14460	0,3	13
	S.E.	P+	0-10	0,14	291	828	2	39	775	2	0	22	5	6	14	31	3196	0,1	4

Bijlage 2.1 (vervolg): Overzicht bodemchemische analyses per behandeling
($\bar{x} \pm$ standaardfout)

Effectmeting		Waterextract																		
Nr	Behandeling	Diepte (cm)	pH	Al (umol/l FW)	Ca (umol/l FW)	Fe (umol/l FW)	K (umol/l FW)	Mg (umol/l FW)	Mn (umol/l FW)	P (umol/l FW)	S (umol/l FW)	Si (umol/l FW)	Zn (umol/l FW)	NO3 (umol/l FW)	NH4 (umol/l FW)	PO4 (umol/l FW)	Na (umol/l FW)	K (umol/l FW)	Cl (umol/l FW)	
1	GEM	X-	0-10	4,26	63	66	12	383	25	1	2	83	50	1	63	138	2	144,0	340	476
	S.E.	X-	0-10	0,10	11	17	3	154	5	0	2	20	8	0	24	41	1	40,0	150	199
2	GEM	X+	0-10	4,48	120	83	15	208	51	0	1	88	64	1	35	120	1	158,6	164	304
	S.E.	X+	0-10	0,12	32	12	4	39	11	0	0	11	11	0	18	27	0	51,5	40	105
3	GEM	D-	0-10	4,35	106	58	15	184	28	1	1	83	46	1	35	143	1	157,6	148	245
	S.E.	D-	0-10	0,06	14	10	3	22	5	0	0	14	10	0	12	26	0	45,1	22	53
4	GEM	D+	0-10	4,53	112	128	22	747	92	1	2	103	87	1	125	156	1	126,3	716	916
	S.E.	D+	0-10	0,06	26	36	4	477	36	0	0	17	20	0	54	26	0	21,8	485	673
5	GEM	C-	0-10	4,52	116	62	21	256	30	0	1	93	53	1	25	279	1	221,8	210	414
	S.E.	C-	0-10	0,09	27	12	6	75	12	0	0	25	13	0	7	38	0	73,4	68	136
6	GEM	C+	0-10	4,60	105	112	13	409	88	1	1	96	74	2	50	137	1	166,6	354	598
	S.E.	C+	0-10	0,10	16	16	2	148	18	0	0	22	24	0	22	32	0	63,9	143	233
7	GEM	P-	0-10	4,58	103	47	11	127	21	0	1	76	41	1	27	174	1	141,2	96	210
	S.E.	P-	0-10	0,14	19	15	3	50	6	0	1	30	10	0	11	42	1	46,3	46	59
8	GEM	P+	0-10	5,05	124	162	13	167	168	0	1	85	32	1	33	80	1	137,2	130	298
	S.E.	P+	0-10	0,18	25	28	2	73	40	0	0	22	4	0	11	15	0	41,5	67	96

Bijlage 2.1 (vervolg): Overzicht bodemchemische analyses per behandeling:
bodemdiepte 0-3 cm na chopperen en plaggen ($\bar{x} \pm$ standaardfout)

Effectmeting (Kampina en Strabrecht)																	
Nr	Behandeling	Diepte (cm)	Vocht		Org stof (%)	Destructie											
			gehalte (%)	Massa volume (kg droog/verse bodem)		Olsen-P ($\mu\text{mol/l FW}$)	Al (mmol/l FW)	Ca (mmol/l FW)	Fe (mmol/l FW)	K (mmol/l FW)	Mg (mmol/l FW)	Mn (mmol/l FW)	P (mmol/l FW)	S (mmol/l FW)	Si (mmol/l FW)	Zn (mmol/l FW)	
1 GEM	C-	0-3	50,5	0,5	39,4	595	35,9	8,2	26,5	4,6	3,9	0,2	4,8	17,4	8,0	0,2	
S.E.	C-	0-3	9,3	0,1	11,8	134	6,8	1,1	4,7	0,8	0,5	0,0	0,7	1,9	1,7	0,1	
2 GEM	C+	0-3	53,9	0,5	43,0	395	31,5	52,6	23,0	3,8	35,0	0,2	4,4	14,0	6,4	0,2	
S.E.	C+	0-3	10,4	0,1	12,4	113	3,2	8,1	2,9	0,5	8,6	0,0	0,6	1,0	1,0	0,1	
3 GEM	P-	0-3	25,4	1,1	8,4	369	76,8	9,4	19,9	4,8	5,3	0,1	3,0	8,3	16,7	0,0	
S.E.	P-	0-3	5,0	0,1	2,4	51	19,2	2,2	4,0	0,5	1,3	0,0	0,2	1,1	2,3	0,0	
4 GEM	P+	0-3	29,0	1,0	9,8	264	70,8	54,8	20,8	5,3	34,5	0,2	3,3	9,9	15,8	0,0	
S.E.	P+	0-3	6,2	0,1	2,4	33	11,1	21,2	3,2	0,6	13,5	0,0	0,2	1,5	2,2	0,0	

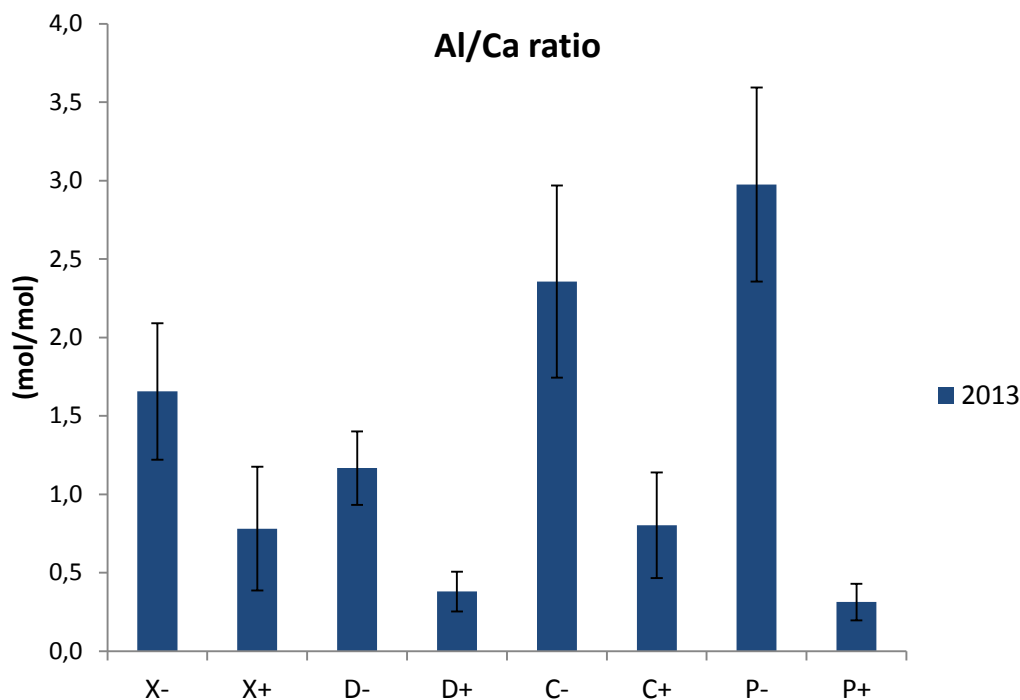
Zoutextract 0,2M NaCl

Nr	Behandeling	Diepte (cm)	pH	Al ($\mu\text{mol/l FW}$)	Ca ($\mu\text{mol/l FW}$)	Fe ($\mu\text{mol/l FW}$)	K ($\mu\text{mol/l FW}$)	Mg ($\mu\text{mol/l FW}$)	Mn ($\mu\text{mol/l FW}$)	P ($\mu\text{mol/l FW}$)	S ($\mu\text{mol/l FW}$)	Si ($\mu\text{mol/l FW}$)	Zn ($\mu\text{mol/l FW}$)	NO3 ($\mu\text{mol/l FW}$)	NH4 ($\mu\text{mol/l FW}$)	Base Cations		
																($\mu\text{eq/l FW}$)	($\mu\text{mol/l FW}$)	
1 GEM	C-	0-3	3,39	1054	3760	115	552	1531	85	4	97	48	125	53	849	11134		
S.E.	C-	0-3	0,11	202	927	70	104	216	24	1	20	16	29	41	195	2167		
2 GEM	C+	0-3	5,18	28	8538	10	654	8814	11	3	89	68	7	31	223	35359		
S.E.	C+	0-3	0,20	8	1305	3	92	1549	4	0	15	9	2	14	64	5384		
3 GEM	P-	0-3	3,68	1278	2315	15	320	984	22	2	56	17	46	10	332	6917		
S.E.	P-	0-3	0,16	419	350	3	56	379	5	0	12	2	11	4	206	1454		
4 GEM	P+	0-3	5,40	47	10335	22	613	6098	8	3	99	42	12	31	282	33478		
S.E.	P+	0-3	0,48	17	1822	14	106	978	3	1	19	14	7	13	109	3901		

Bijlage 2.2: Overzicht plantchemische analyses per behandeling
($\bar{x} \pm$ standaardfout)

Destructie		C/N analyse											
Nr	Behandeling	Al ($\mu\text{mol/kg}$ DW)	Ca ($\mu\text{mol/kg}$ DW)	Fe ($\mu\text{mol/kg}$ DW)	K ($\mu\text{mol/kg}$ DW)	Mg ($\mu\text{mol/kg}$ DW)	Mn ($\mu\text{mol/kg}$ DW)	P ($\mu\text{mol/kg}$ DW)	S ($\mu\text{mol/kg}$ DW)	Si ($\mu\text{mol/kg}$ DW)	Zn ($\mu\text{mol/kg}$ DW)	N (mg/g DW)	C (mg/g DW)
1	GEM	3125	90678	1527	117147	52282	8555	15692	39288	8795	519	1,2	52,5
	S.E.	139	5937	141	10097	3610	1156	1021	2142	669	33	0,0	0,6
2	GEM	3863	89520	1752	106178	60164	4868	15463	38630	9280	538	1,1	52,8
	S.E.	802	5851	217	5311	3375	719	967	1942	476	46	0,0	0,5
3	GEM	3551	87408	1695	107459	52764	8785	14659	37350	9496	582	1,1	52,8
	S.E.	485	5343	196	4498	3330	818	809	1431	218	42	0,0	0,6
4	GEM	5983	84465	4252	96176	64112	6727	15600	38890	9947	500	1,2	52,3
	S.E.	2620	10740	2060	5335	7846	1029	1182	3488	845	44	0,0	0,8
5	GEM	3869	96798	2360	113727	58376	7648	13658	40600	9759	567	1,1	52,0
	S.E.	712	8394	656	7740	5017	1271	1487	3567	518	40	0,1	0,8
6	GEM	4107	109688	3044	103401	79155	4830	14106	41337	9976	462	1,1	50,9
	S.E.	650	9666	1021	10296	7354	1280	861	4105	700	32	0,1	0,8
7	GEM	14349	78029	7160	122532	48862	4428	14430	46430	11347	619	1,3	49,2
	S.E.	3247	7696	2765	10726	3349	593	1346	5881	1187	63	0,1	1,1
8	GEM	14034	108877	6542	103666	78823	3745	15530	44163	10723	557	1,1	49,3
	S.E.	5996	8608	3987	6782	5124	979	1599	5616	911	55	0,1	1,6

Bijlage 2.3: Al/Ca ratio in de bodem



Al/Ca ratio in de bodem (0-10 cm) in mol/mol per behandeling ($\bar{x} \pm$ standaardfout).
 Al/Ca ratio in the soil (0-10 cm) in mol/mol per treatment ($\bar{x} \pm$ s.e).

Bijlage 2.4: GLMM Olsen-P concentratie in de bodem (alleen effect van behandelingen drukkbegrazing, chopperen of plaggen staat weergegeven).

(I) Treatment	(J) Treatment	Mean Difference (I-J)	Std. Error	df	Sig. ^c	95% Confidence Interval for Difference ^c	
						Lower Bound	Upper Bound
C	D	-,086*	,031	67,420	,045	-,170	-,001
	P	,017	,031	67,420	1,000	-,068	,101
	X	-,104*	,031	67,420	,008	-,188	-,019
D	C	,086*	,031	67,420	,045	,001	,170
	P	,102*	,031	67,420	,009	,018	,186
	X	-,018	,031	67,420	1,000	-,102	,066
P	C	-,017	,031	67,420	1,000	-,101	,068
	D	-,102*	,031	67,420	,009	-,186	-,018
	X	-,120*	,031	67,420	,001	-,204	-,036
X	C	,104*	,031	67,420	,008	,019	,188
	D	,018	,031	67,420	1,000	-,066	,102
	P	,120*	,031	67,420	,001	,036	,204

Based on estimated marginal means

*. The mean difference is significant at the ,05 level.

a. Dependent Variable: Olsen-P.

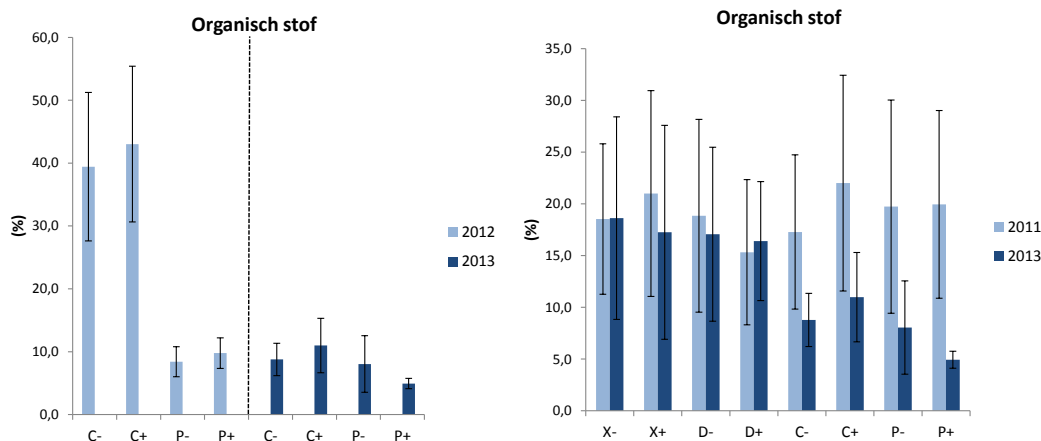
c. Adjustment for multiple comparisons: Bonferroni.

Numerator df	Denominator df	F	Sig.
3	67,420	7,544	,000

The F tests the effect of Treatment. This test is based on the linearly independent pairwise comparisons among the estimated marginal means.

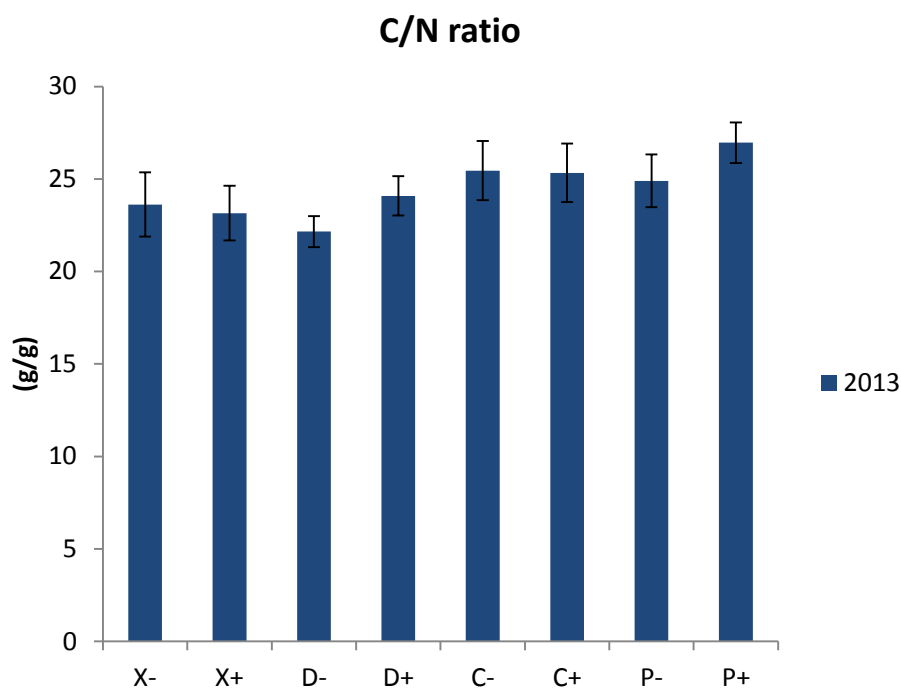
a. Dependent Variable: Olsen-P.

Bijlage 2.5: Organisch stof en C/N ratio in de bodem



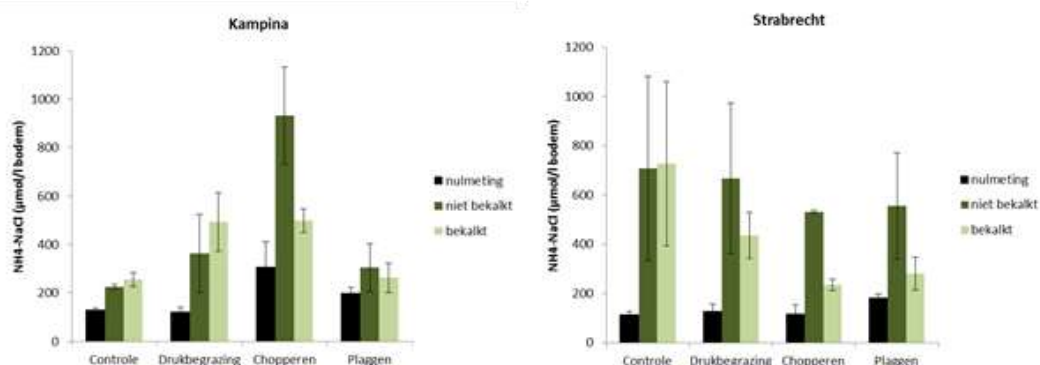
Links: Organisch stof percentage in de bovenste 3 cm van de bodem op Strabrecht en Kampina in 2012 en in de bodem (0-10 cm) in 2013 in de gehopperde en geplagde behandeling ($\bar{x} \pm$ standaardfout). Rechts: Organisch stof percentage in de bodem per behandeling ($\bar{x} \pm$ standaardfout).

Left: Percentage organic matter in the top 3 cm of the soil on Strabrecht and Kampina in 2012 and in the soil (0-10 cm) in 2013 in treatments choppering and sod-cutting ($\bar{x} \pm$ s.e). Right: Percentage organic matter in the soil (0-10 cm) per treatment ($\bar{x} \pm$ s.e).



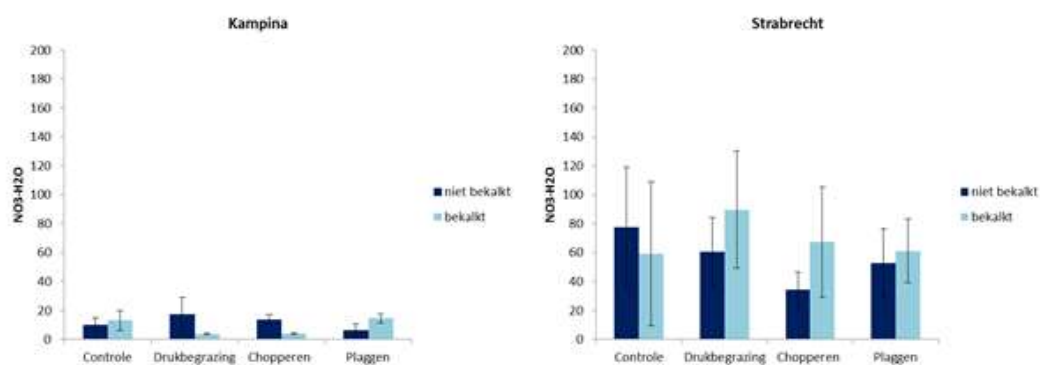
C/N ratio in de bodem (0-10 cm) in g/g per behandeling ($\bar{x} \pm$ standaardfout).
C/N ratio in the soil (0-10 cm) in g/g per treatment ($\bar{x} \pm$ s.e).

Bijlage 2.6: Anorganisch N in de bodem



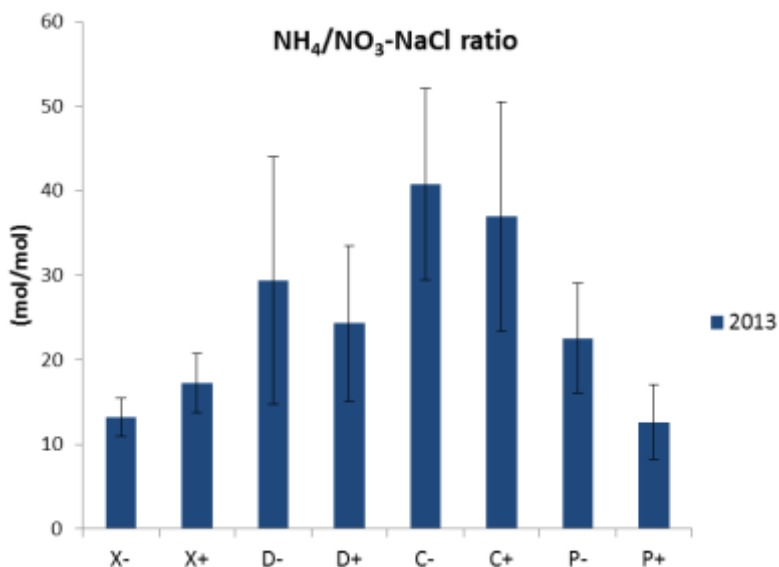
NH₄-NaCl concentratie in de bodem (0-10 cm) in $\mu\text{mol/l}$ bodem per behandeling op Kampina (links) en Strabrecht (rechts) ($\bar{x} \pm \text{standaardfout}$).

NH₄-NaCl concentration in the soil (0-10 cm) in $\mu\text{mol/l}$ soil per treatment on Kampina (left) and Strabrecht (right) ($\bar{x} \pm \text{s.e.}$).



NO₃-H₂O concentratie in de bodem (0-10 cm) in $\mu\text{mol/l}$ bodem per behandeling op Kampina (links) en Strabrecht (rechts) ($\bar{x} \pm \text{standaardfout}$).

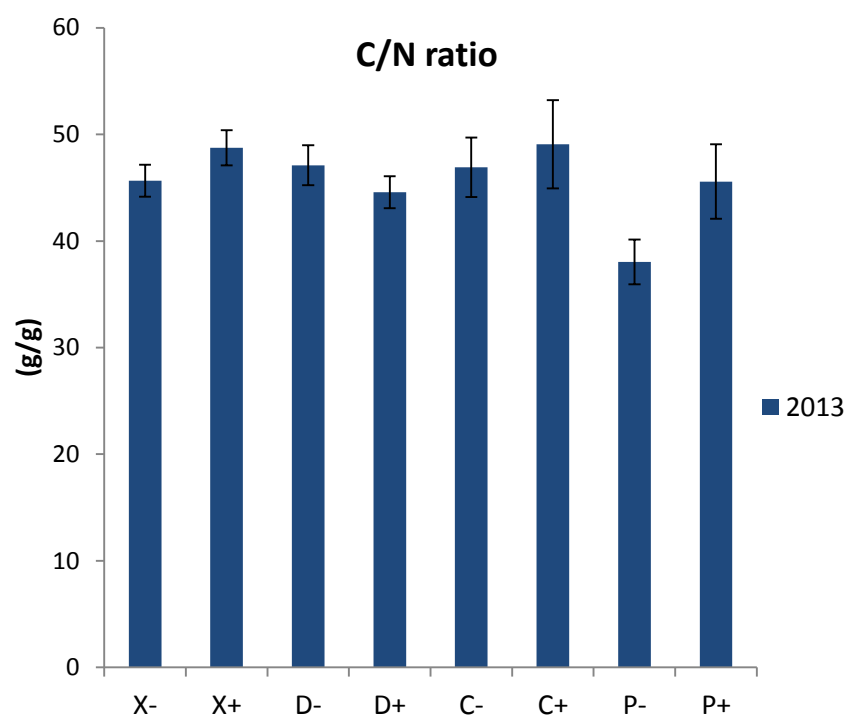
NO₃-H₂O concentration in the soil (0-10 cm) in $\mu\text{mol/l}$ soil per treatment on Kampina (left) and Strabrecht (right) ($\bar{x} \pm \text{s.e.}$).



NH₄/NO₃-NaCl ratio in de bodem (0-10 cm) in mol/mol per behandeling ($\bar{x} \pm \text{standaardfout}$).

NH₄/NO₃-NaCl ratio in the soil (0-10 cm) in mol/mol per treatment ($\bar{x} \pm \text{s.e.}$).

Bijlage 2.7: C/N ratio in gewone dophei



C/N ratio in g/g droge stof in Gewone dophei per behandeling ($\bar{x} \pm$ standaardfout).
 C/N ratio in g/g dry material in Erica tetralix per treatment ($\bar{x} \pm s.e$).

Bijlage 3: Statistische analyse faunagroepen

Bijlage 3.1: Samenvatting van generalized linear mixed effects model van het effect van de behandelingen op aantal herbivore Diptera. Aantallen individuen van bemonsterde Diptera zijn te beschouwen als telgegevens, in het eerste model is een poisson error verdeling gebruikt. Aangezien de residual error sterke overdispersie vertoonde bij gebruik van een poisson error verdeling is een negatief binomiale verdeling gebruikt. Verschillen voor en na inzet van de behandeling zijn bepaald door middel van de interactie term "behandeling":NA. Alleen statistisch significante interacties zijn in het model behouden, samen met de hierbij behorende behandelingen. Parameter estimates geven de effectgrootte weer en of het effect positief of negatief is, St error is de standaardfout van de schatting. Z-value en P geven aan hoe sterk de significantie is van de bepaalde parameterschatting. *: $P < 0.05$, **: $P < 0.01$, ***: $P < 0.001$.

*Summary of generalized linear mixed effects model of the effects of treatments on herbivorous Diptera. Number of trapped individuals are count data, so initially a poisson distribution was used in the model. Fitting this model showed strong overdistribution of residual error, therefore a second model using a negative binomial distribution was used as the initial model. Differences before and after implementation of treatments are estimated by the interaction term ("treatment":NA). Only significant interactions are kept in the model, and their respective treatments are kept in the model as well. Parameter estimates represent the effect size and the direction (positive vs negative), St. error: standard error of the parameter estimate. Z-value and p value are estimators of significance of the estimate. $P < 0.05$, **: $P < 0.01$; ***: $P < 0.001$.*

Herbivore Diptera	Estimate	St. error	Z-value	P
Intercept	4.6757	0.1694	27.60	< 2e-16 ***
Drukbegrazing	-0.2704	0.1983	-1.36	0.173
Chopperen	-0.1996	0.1978	-1.01	0.313
Plaggen	-0.1994	0.1987	-1.00	0.056
Bekalken	-0.0501	0.1414	-0.35	0.723
Controle:NA	-0.4511	0.2174	-2.07	0.038 *
Chopperen:NA	-1.1385	0.2280	-4.99	5.9e-07 ***
Drukbegrazing:NA	-0.1873	0.2202	-0.85	0.395
Plaggen:NA	-1.2104	0.2353	-5.14	2.7e-07 ***
Bekalken:NA	0.4160	0.2017	2.06	0.039 *

Bijlage 3.2: Samenvatting van generalized linear mixed effects model van het effect van de behandelingen op aantal detritivore Diptera. Werkwijze is dezelfde als beschreven bij Bijlage 3.1.

Summary of generalized linear mixed effects model of the effects of treatments on detritivorous Diptera. Methods of analysis are described in Bijlage 3.1.

Detritivore Diptera	Estimate	St. error	Z-value	P
Intercept	4.0295	0.2237	18.01	<2e-16 ***
Drukbegrazing	-0.2706	0.2651	-1.02	0.307
Chopperen	0.2671	0.2691	0.99	0.321
Plaggen	0.4149	0.2616	1.59	0.113
Bekalken	0.2711	0.1342	2.02	0.043 *
Controle:NA	0.0928	0.2641	0.35	0.725
Chopperen:NA	-0.3484	0.2745	-1.27	0.204
Drukbegrazing:NA	0.6783	0.2639	2.57	0.010 *
Plaggen:NA	-0.6439	0.2652	-2.43	0.015 *

Bijlage 3.3: Samenvatting van generalized linear mixed effects model van het effect van de behandelingen op aantal detritivore Diptera, met weglating van twee extreme outliers (in 2011: chopperen en 2011: plaggen). Werkwijze is dezelfde als beschreven bij Bijlage 3.1.

Summary of generalized linear mixed effects model of the effects of treatments on detritivorous Diptera without one outlier in choppering treatment and one outlier in sod-cutting treatment. Methods of analysis are described in Bijlage 3.1.

Detritivore Diptera	Estimate	St. error	Z-value	P
Intercept	4.1851	0.1805	23.19	<2e-16 ***
Chopperen	-0.2419	0.2376	-1.02	0.3085
Drukbe grazing	-0.2781	0.2339	-1.19	0.2345
Plaggen	0.1414	0.2387	0.59	0.5536
Controle:NA	0.0464	0.2324	0.2	0.8418
Drukbe grazing:NA	0.1247	0.2389	0.52	0.6018
Chopperen:NA	0.6307	0.232	2.72	0.0066 **
Plaggen:NA	-0.3425	0.2388	-1.43	0.1516

Bijlage 3.4: Samenvatting van generalized linear mixed effects model van het effect van de behandelingen op aantal carnivore Diptera. Werkwijze is dezelfde als beschreven bij Bijlage 3.1.

Summary of generalized linear mixed effects model of the effects of treatments on carnivorous Diptera. Methods of analysis are described in Bijlage 3.1.

Carnivore Diptera	Estimate	St. error	Z-value	P
Intercept	2.347	0.138	17.07	<2e-16 ***
Bekalken	-0.109	0.196	-0.56	0.576
Bekalken:NA	0.393	0.191	2.06	0.040 *
Niet bekalken:NA	0.365	0.193	1.89	0.059

Bijlage 3.5: Samenvatting van generalized linear mixed effects model van het effect van de behandelingen op aantal soorten loopkevers. Aantal bemonsterde soorten loopkevers zijn te beschouwen als telgegevens. Voor de error structuur is daarom een poisson distributie gebruikt, de residual error in de model fit vertoonde geen overdispersie. Werkwijze is verder dezelfde als beschreven bij Bijlage 3.1.

Summary of generalized linear mixed effects model of the effects of treatments on total species of carabid beetles. Number of trapped species should be considered as count data, so a poisson error distribution was used in the model. No overdispersion was found in the residual error of the fitted model. For further explanation see Bijlage 3.1.

Soorten Loopkevers	Estimate	Std. Error	z value	P
Intercept	2.13993	0.18172	11.78	< 2e-16 ***
Drukbe grazing	0.08643	0.11539	0.75	0.454
Chopperen	-0.00697	0.11806	-0.06	0.953
Plaggen	0.0274	0.11705	0.23	0.815
Controle:NA	0.20634	0.11222	1.84	0.066
Drukbe grazing:NA	0.15324	0.10878	1.41	0.159
Chopperen:NA	0.59784	0.10411	5.74	9.3e-09 ***
Plaggen:NA	0.53222	0.10356	5.14	2.8e-07 ***

Bijlage 3.6: Samenvatting van generalized linear mixed effects model van het effect van de behandelingen op aantal soorten sterk stenotop loopkevers. Werkwijze is dezelfde als beschreven bij Bijlage 3.5.

Summary of generalized linear mixed effects model of the effects of treatments on strongly stenotopic species of Carabidae. Methods of analysis are described in Bijlage 3.5.

Sterk stenotoop	Estimate	Std. Error	z value	P
(Intercept)	-1.54E	0.66	-2.32	0.0203*
Chopperen	-4.10E-07	0.54	0	1
Drukbegrazing	4.76E-07	0.54	0	1
Plaggen	-0.560	0.63	-0.89	0.3719
Controle:NA	-5.04E-09	0.54	0	1
Chopperen:NA	0.357	0.49	0.72	0.4692
Drukbegrazing:NA	-0.154	0.56	-0.28	0.7817
Plaggen:NA	1.66	0.55	3.04	0.0024**

Bijlage 3.7: Samenvatting van generalized linear mixed effects model van het effect van de behandelingen op aantal soorten matig stenotop loopkevers. Werkwijze is dezelfde als beschreven bij Bijlage 3.5.

Summary of generalized linear mixed effects model of the effects of treatments on moderately stenotopic species of Carabidae. Methods of analysis are described in Bijlage 3.5.

Matig stenotoop	Estimate	Std. Error	z value	P
(Intercept)	-0.168	0.357	-0.47	0.63818
Chopperen	-0.31	0.397	-0.78	0.43461
Drukbegrazing	-0.31	0.397	-0.78	0.43461
Plaggen	-0.143	0.379	-0.38	0.70569
Controle:NA	0.182	0.35	0.52	0.60201
Chopperen:NA	1.24	0.342	3.62	0.00029***
Drukbegrazing:NA	0.31	0.397	0.78	0.43461
Plaggen:NA	1.264	0.314	4.02	5.70E-05***

Bijlage 3.8: Samenvatting van generalized linear mixed effects model van het effect van de behandelingen op aantal soorten matig eurytop loopkevers. Werkwijze is dezelfde als beschreven bij Bijlage 3.5.

Summary of generalized linear mixed effects model of the effects of treatments on moderately eurytopic species of Carabidae. Methods of analysis are described in Bijlage 3.5.

Matig eurytoop	Estimate	Std. Error	z value	P
(Intercept)	1.512	0.18	8.41	<2e-16***
Bekalken	0.026	0.114	0.23	0.8197
Niet bekalkt: NA	0.118	0.112	1.06	0.2907
Bekalkt:NA	0.297	0.106	2.81	0.0049**

Bijlage 3.9: Samenvatting van generalized linear mixed effects model van het effect van de behandelingen op aantal soorten sterk eurytop loopkevers. Werkwijze is dezelfde als beschreven bij Bijlage 3.5.

Summary of generalized linear mixed effects model of the effects of treatments on strongly eurytopic species of Carabidae. Methods of analysis are described in Bijlage 3.5.

Sterk eurytoop	Estimate	Std. Error	z value	P
(Intercept)	1.1172	0.2187	5.11	3.30E-07***
Chopperen	0.0392	0.1981	0.2	0.84304
Drukbegrazing	0.1484	0.193	0.77	0.44184
Plaggen	-0.0202	0.201	-0.1	0.91995
Controle:NA	0.2151	0.1901	1.13	0.25777
Chopperen:NA	0.7122	0.1693	4.21	2.60E-05***
Drukbegrazing:NA	0.2162	0.1764	1.23	0.2204
Plaggen:NA	0.608	0.1775	3.42	0.00062***

Bijlage 3.10: Samenvatting van generalized linear mixed effects model van het effect van de behandelingen op aantal soorten loopkevers met Turin classificatie "eurytoop". Werkwijze is dezelfde als beschreven bij Bijlage 3.5.

Summary of generalized linear mixed effects model of the effects of treatments on species of Carabidae with Turin-classification "Eurytopic". Methods of analysis are described in Bijlage 3.5.

Turin: eurytoop	Estimate	Std. Error	z value	P
(Intercept)	1.5192	0.2148	7.07	1.5e-12 ***
Drukbegrazing	0.0988	0.1573	0.63	0.53
Chopperen	0.0129	0.1606	0.08	0.936
Plaggen	0.0382	0.1596	0.24	0.811
Controle:NA	0.2309	0.1526	1.51	0.13
Drukbegrazing:NA	0.2302	0.1453	1.58	0.113
Chopperen:NA	0.5559	0.142	3.91	9.1e-05 ***
Plaggen:NA	0.3365	0.1464	2.3	0.022 *

Bijlage 3.11: Samenvatting van generalized linear mixed effects model van het effect van de behandelingen op aantal soorten loopkevers met Turin classificatie "Heide en stuifzand". Werkwijze is dezelfde als beschreven bij Bijlage 3.5.

Summary of generalized linear mixed effects model of the effects of treatments on species of Carabidae with Turin-classification "Heathlands and drift sands". Methods of analysis are described in Bijlage 3.5.

Turin: Heide	Estimate	Std. Error	z value	P
(Intercept)	0.807	0.244	3.31	0.00092 ***
Bekalken	0.156	0.15	1.04	0.29719
Niet bekalkt:NA	0.317	0.144	2.2	0.02785 *
Bekalkt:NA	0.213	0.137	1.56	0.11914

Bijlage 3.12: Samenvatting van generalized linear mixed effects model van het effect van de behandelingen op aantal soorten loopkevers met Turin classificatie "Rietland en polders". Werkwijze is dezelfde als beschreven bij Bijlage 3.5.

Summary of generalized linear mixed effects model of the effects of treatments on species of Carabidae with Turin-classification "Reed marches and polders". Methods of analysis are described in Bijlage 3.5.

Turin: rietland en polders	Estimate	Std. Error	z value	P
(Intercept)	-2.90E+00	1.08E+00	-2.68	0.0073 **
Chopperen	-1.46E+01	1.51E+03	-0.01	0.9923
Drukbegrazing	6.93E-01	1.22E+00	0.57	0.5714
Plaggen	1.07E-04	1.41E+00	0	0.9999
Controle:NA	6.93E-01	1.22E+00	0.57	0.5714
Chopperen:NA	1.70E+01	1.51E+03	0.01	0.991
Drukbegrazing:NA	1.63E-04	1.00E+00	0	0.9999
Plaggen:NA	2.77E+00	1.03E+00	2.69	0.0071 **

Bijlage 3.13: Samenvatting van generalized linear mixed effects model van het effect van de behandelingen op aantal soorten loopkevers met Lindroth indeling "Matig hygrofiel". Werkwijze is dezelfde als beschreven bij Bijlage 3.5.

Summary of generalized linear mixed effects model of the effects of treatments on species of Carabidae with Lindroth classification "Moderately hygrophilic". Methods of analysis are described in Bijlage 3.5.

Matig hygrofiel	Estimate	Std. Error	z value	P
(Intercept)	-0.994	0.413	-2.41	0.01610 *
Chopperen	0.154	0.556	0.28	0.78174
Drukbegrazing	0.511	0.516	0.99	0.32257
Plaggen	0.288	0.54	0.53	0.59424
Controle:NA	0.606	0.508	1.19	0.23236
Chopperen:NA	1.421	0.421	3.38	0.00074 ***
Drukbegrazing:NA	0.531	0.399	1.33	0.18303
Plaggen:NA	1.531	0.39	3.93	8.6e-05 ***

Bijlage 3.14: Samenvatting van generalized linear mixed effects model van het effect van de behandelingen op aantal soorten loopkevers met Lindroth indeling "sterk xerofiel". Werkwijze is dezelfde als beschreven bij Bijlage 3.5.

Summary of generalized linear mixed effects model of the effects of treatments on species of Carabidae with Lindroth classification "strongly xerophilic". Methods of analysis are described in Bijlage 3.5.

Sterk xerofiel	Estimate	Std. Error	z value	P
(Intercept)	-5.01E-01	4.67E-01	-1.07	0.2833
Chopperen	-1.67E-01	4.10E-01	-0.41	0.6834
Drukbegrazing	1.43E-01	3.79E-01	0.38	0.7057
Plaggen	-5.47E-07	3.92E-01	0	1
Controle:NA	2.68E-01	3.68E-01	0.73	0.4665
Chopperen:NA	1.07E+00	3.50E-01	3.06	0.0022**
Drukbegrazing:NA	-3.98E-09	3.65E-01	0	1
Plaggen:NA	9.01E-01	3.29E-01	2.74	0.0062**

Bijlage 3.15: Samenvatting van generalized linear mixed effects model van het effect van de behandelingen op aantal soorten loopkevers met Lindroth indeling "matig xerofiel". Werkwijze is dezelfde als beschreven bij Bijlage 3.5.

Summary of generalized linear mixed effects model of the effects of treatments on species of Carabidae with Lindroth classification "moderately xerophilic". Methods of analysis are described in Bijlage 3.5.

Matig xerofiel	Estimate	Std. Error	z value	P
(Intercept)	-0.6798	0.6783	-1	0.3162
Chopperen	-0.2513	0.3564	-0.71	0.4807
Drukbegrazing	-0.1823	0.3496	-0.52	0.602
Plaggen	-0.1178	0.3436	-0.34	0.7317
Controle:NA	-0.1178	0.3436	-0.34	0.7317
Chopperen:NA	0.9163	0.3162	2.9	0.0038**
Drukbegrazing:NA	0.0645	0.3594	0.18	0.8575
Plaggen:NA	0.8383	0.2992	2.8	0.0051**

Bijlage 3.16: Samenvatting van generalized linear mixed effects model van het effect van de behandelingen op aantal soorten voorjaarsactieve loopkevers. Werkwijze is dezelfde als beschreven bij Bijlage 3.5.

Summary of generalized linear mixed effects model of the effects of treatments on species of Carabidae active in spring. Methods of analysis are described in Bijlage 3.5.

Matig xerofiel	Estimate	Std. Error	z value	P
(Intercept)	1.2515	0.1935	6.47	9.9e-11 ***
Chopperen	-0.0157	0.1775	-0.09	0.9293
Drukbegrazing	0.1586	0.1702	0.93	0.3513
Plaggen	0.1316	0.1712	0.77	0.4423
Bekalken	0.1476	0.0709	2.08	0.0373 *
Controle:NA	0.4362	0.1604	2.72	0.0065 **
Chopperen:NA	0.9445	0.1485	6.36	2.0e-10 ***
Drukbegrazing:NA	0.2776	0.1531	1.81	0.0697 .
Plaggen:NA	0.8215	0.1404	5.85	4.9e-09 ***

Bijlage 3.17: Samenvatting van generalized linear mixed effects model van het effect van de behandelingen op aantal carnivore soorten loopkevers. Werkwijze is dezelfde als beschreven bij Bijlage 3.5.

Summary of generalized linear mixed effects model of the effects of treatments on species of carnivorous Carabidae. Methods of analysis are described in Bijlage 3.5.

Carnivoor	Estimate	Std. Error	z value	P
(Intercept)	1.6322	0.2025	8.06	7.6e-16 ***
Chopperen	0.1088	0.1477	0.74	0.46122
Drukbegrazing	0.0667	0.1492	0.45	0.65477
Plaggen	0.0339	0.1504	0.23	0.8216
Controle:NA	0.1881	0.145	1.3	0.1946
Chopperen:NA	0.4751	0.1293	3.67	0.00024 ***
Drukbegrazing:NA	0.1769	0.1406	1.26	0.20818
Plaggen:NA	0.456	0.1347	3.38	0.00071 ***

Bijlage 3.18: Samenvatting van generalized linear mixed effects model van het effect van de behandelingen op aantal soorten insectivore loopkevers. Werkwijze is dezelfde als beschreven bij Bijlage 3.5.

Summary of generalized linear mixed effects model of the effects of treatments on species of insectivorous Carabidae. Methods of analysis are described in Bijlage 3.5.

Insectivoor	Estimate	Std. Error	z value	P
(Intercept)	0.2231	0.2236	1	0.31831
Chopperen	-0.0513	0.3204	-0.16	0.87278
Drukbegrazing	0.2231	0.3	0.74	0.457
Plaggen	-0.0513	0.3204	-0.16	0.87278
Controle:NA	-0.0513	0.3204	-0.16	0.87278
Chopperen:NA	0.7444	0.2786	2.67	0.00754 **
Drukbegrazing:NA	0.0392	0.2801	0.14	0.88864
Plaggen:NA	1.0068	0.2681	3.76	0.00017 ***

Bijlage 3.19: Samenvatting van generalized linear mixed effects model van het effect van de behandelingen op aantal soorten op Collembola gespecialiseerde loopkevers. Werkwijze is dezelfde als beschreven bij Bijlage 3.5.

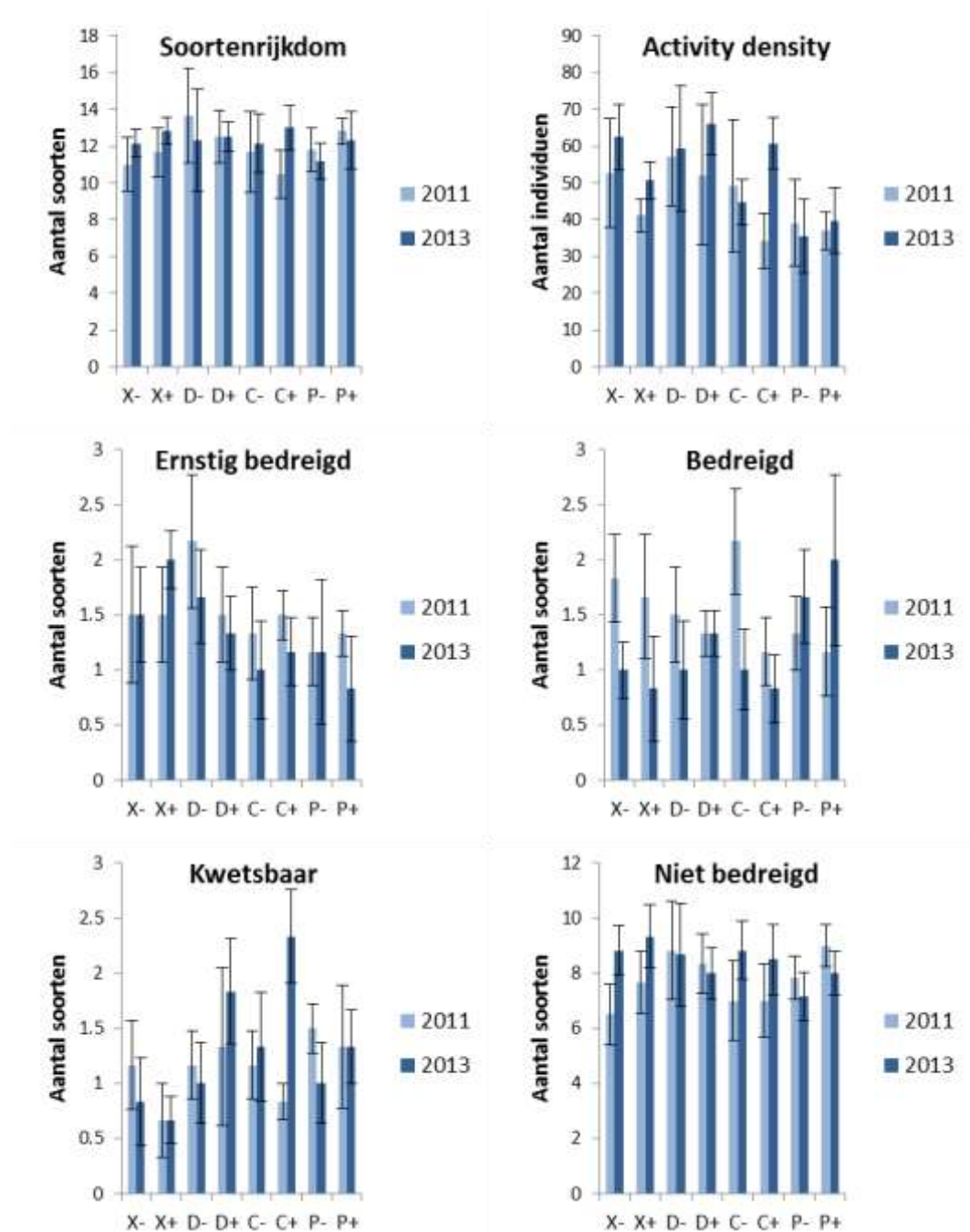
Summary of generalized linear mixed effects model of the effects of treatments on species Carabidae that are specialized in hunting Collembola. Methods of analysis are described in Bijlage 3.5.

Collembola	Estimate	Std. Error	z value	P
(Intercept)	-1.72E+00	6.02E-01	-2.86	0.0043 **
Chopperen	-1.45E-06	8.16E-01	0	1
Drukbegrazing	3.73E-07	8.16E-01	0	1
Plaggen	-1.10E+00	1.15E+00	-0.95	0.3414
Controle:NA	2.88E-01	7.64E-01	0.38	0.7064
Chopperen:NA	1.20E+00	6.58E-01	1.83	0.0674 .
Drukbegrazing:NA	-2.83E-07	8.16E-01	0	1
Plaggen:NA	2.20E+00	1.05E+00	2.08	0.0371 *

Bijlage 3.20: Samenvatting van generalized linear mixed effects model van het effect van de behandelingen op aantal soorten loopkevers met vliegvermogen. Werkwijze is dezelfde als beschreven bij Bijlage 3.5.

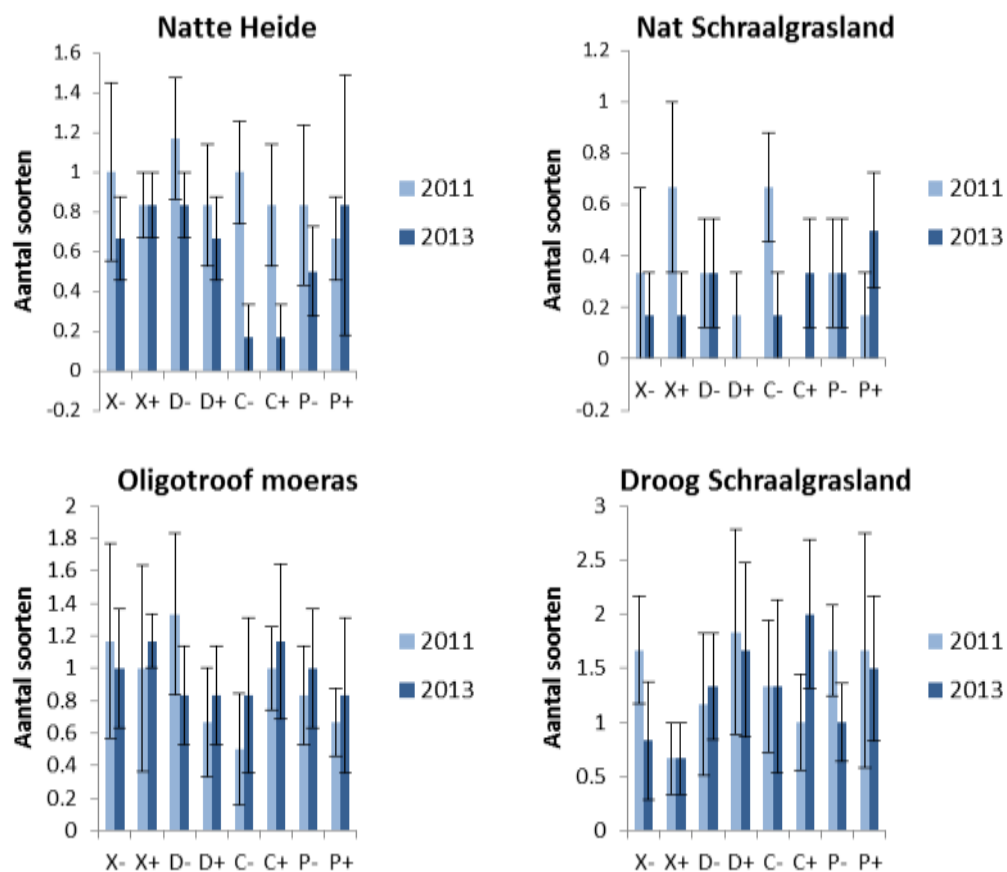
Summary of generalized linear mixed effects model of the effects of treatments on species flight capable Carabidae. Methods of analysis are described in Bijlage 3.5.

Vliegvermogen aangetoond	Estimate	Std. Error	z value	P
(Intercept)	1.5355	0.1908	8.05	8.4e-16 ***
Chopperen	0.0564	0.1679	0.34	0.7371
Drukbegrazing	0.0834	0.1668	0.5	0.6172
Plaggen	0.07	0.1674	0.42	0.6759
Bekalken	-0.1308	0.1175	-1.11	0.2657
Controle:NA	0.185	0.1733	1.07	0.2857
Chopperen:NA	0.5935	0.1595	3.72	0.0002 ***
Drukbegrazing:NA	0.1514	0.1685	0.9	0.3689
Plaggen:NA	0.6421	0.1577	4.07	4.7e-05 ***
Bekalken:NA	0.3264	0.1467	2.22	0.0261 *

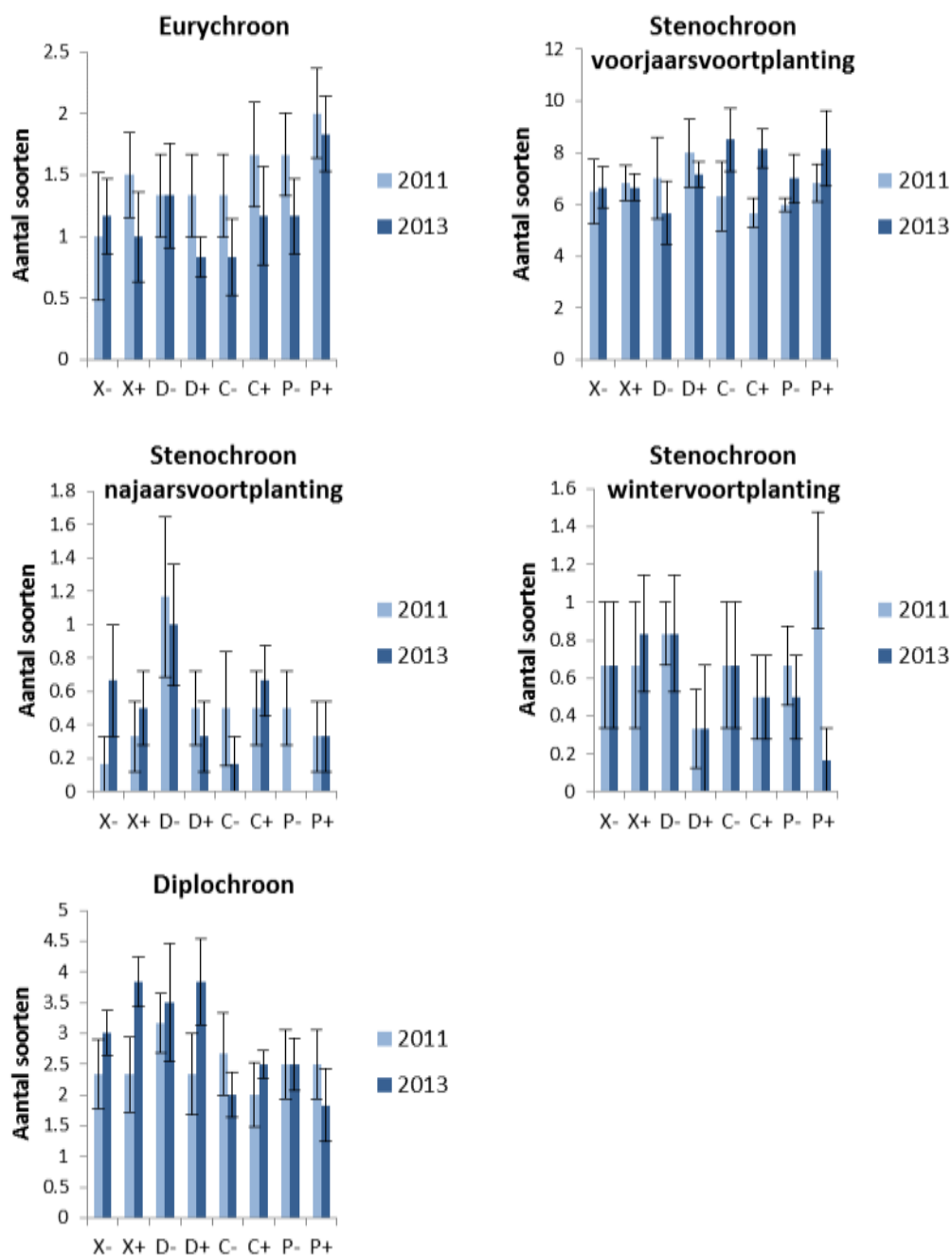


Bijlage 3.21: Overzicht van de bemonsterde soorten spinnen: *activity densities* en aantal soorten van de Vlaamse Rode Lijst (Maelfait *et al.*, 1998: Ernstig bedreigd, Bedreigd, Kwetsbaar en Niet bedreigd) in de experimentele behandelingen op Strabrechtse Heide en Kampina (±s.e.).

Overview of spider pitfall catches of the Strabrechtse Heide and Kampina experiments: species richness, activity density, and number of species classified as Red List species of nearby Flanders according to Maelfait *et al.* (1998)(±s.e.).



Bijlage 3.22: Overzicht van het aantal soorten spinnen van de Vlaamse Rode Lijst (Maelfait *et al.*, 1998) verdeeld over habitatkarakteristieken in de experimentele behandelingen op Strabrechtse Heide en Kampina.
*Overview of spider pitfall catches of the Strabrechtse Heide and Kampina experiments: number of species considered as characteristic for different habitat types from the Red List of nearby Flanders (Maelfait *et al.*, 1998).*



Bijlage 3.23: Overzicht van het aantal soorten spinnen verdeeld over fenologische groepen (Schaefer, 1976; 1977) in de experimentele behandelingen op Strabrechtse Heide en Kampina.

Overview of spider samples of the Strabrechtse Heide and Kampina experiments: number of species for different phenological groups according to Schaefer (1976; 1977).

Bijlage 4: Soortenlijst loopkevers en spinnen

Bijlage 4.1: Overzicht van in de potvallen bemonsterde loopkevers in de monsters behorende tot het beheerexperiment. (K=Kampina, S=Strabrechtse heide, B= Blauwe Bos, O=Oosthoek) (Hoofdstuk 8).

Soortnaam	KA	KB	KC	SA	SB	SC	B	O
<i>Acupalpus brunnipes</i>	1		1					
<i>Acupalpus dubius</i>	19	11	1		9	2	2	
<i>Acupalpus flavicollis</i>								2
<i>Acupalpus dorsalis</i>		1	1					
<i>Agonum fuliginosum</i>		2	16					13
<i>Agonum marginatum</i>		81						
<i>Agonum muelleri</i>							2	3
<i>Agonum sexpunctatum</i>	64	100	120			8	5	13
<i>Agonum viduum</i>		1	4					1
<i>Amara aenea</i>		1		2	3	1	6	
<i>Amara communis</i>	3	3	11	1	10		28	5
<i>Amara equestris</i>				13	1			
<i>Amara familiaris</i>							1	
<i>Amara lunicollis</i>	9	7	68	154	54	23	578	28
<i>Amara plebeja</i>							2	1
<i>Amara similata</i>	1							
<i>Amara spreta</i>							1	
<i>Anisodactylus binotatus</i>	4	14	6		1	1	26	13
<i>Badister bipustulatus</i>							1	1
<i>Bembidion bruxellense</i>		1						
<i>Bembidion genei</i>		2						
<i>Bembidion lampros</i>	5	8	4	65	18	18	112	
<i>Bembidion lunulatum</i>			1					
<i>Bembidion obliquum</i>		1						
<i>Bembidion properans</i>	4	14	9	4	3	4	15	
<i>Bembidion quadrimaculatum</i>	1	7	5	1			20	1
<i>Bradycellus harpalinus</i>	1		1	2	2	2		1
<i>Bradycellus ruficollis</i>		1						
<i>Calathus erratus</i>				215	47	4		
<i>Calathus fuscipes</i>				122	12		1	
<i>Calathus melanocephalus</i>			1	393	14		4	
<i>Calathus micropterus</i>					1			
<i>Carabus arcensis</i>				243	392	337		
<i>Carabus clatratus</i>				24	66	151		
<i>Carabus coriaceus</i>								11
<i>Carabus granulatus</i>	2	2	3					
<i>Carabus nemoralis</i>	1			111	136	46	10	2
<i>Carabus nitens</i>	9	7	5	5	31	27		
<i>Carabus problematicus</i>	7	8	4	96	34	4	293	9
<i>Cicindela campestris</i>	3	3		15	21	21	56	
<i>Cicindela hybrida</i>				1			4	
<i>Cicindela sylvatica</i>				8	1			
<i>Clivina collaris</i>						1		
<i>Clivina fossor</i>	2		1		12	6	6	1
<i>Cychrus caraboides</i>	1		1				14	1
<i>Cymindis humeralis</i>				2				

Soortnaam	KA	KB	KC	SA	SB	SC	B	O
<i>Dyschirius aeneus</i>	2	2						
<i>Dyschirius globosus</i>	666	244	167	272	927	823	154	18
<i>Dyschirius politus</i>	5		1					
<i>Elaphrus riparius</i>		15	4					
<i>Harpalus aeneus</i>				1	1			
<i>Harpalus anxius</i>				1	1	1		
<i>Harpalus distinguendus</i>				24	3	2		
<i>Harpalus laevipes</i>				1			1	
<i>Harpalus latus</i>		1		47	62	2	80	1
<i>Harpalus rubripes</i>				1	1		1	
<i>Harpalus smaragdinus</i>				1				
<i>Harpalus fuliginosus</i>				8	5		9	
<i>Harpalus tardus</i>						1		
<i>Leistus ferrugineus</i>					1			
<i>Loricera pilicornis</i>		3	4				3	4
<i>Masoreus wetterhallii</i>				3				
<i>Nebria brevicollis</i>	6	6	17		1	10	59	15
<i>Nebria salina</i>	1	24	13	15	37	23		
<i>Notiophilus aquaticus</i>	4	20	3	1	1	4		
<i>Notiophilus palustris</i>				1			2	
<i>Notiophilus substriatus</i>	1							
<i>Olisthopus rotundatus</i>					1	1		
<i>Omophron limbatum</i>		1						
<i>Oodes helopioides</i>								1
<i>Oxypselaphus obscurus</i>		11	4	26	1135	703		20
<i>Dromius linearis</i>				1				
<i>Poecilus cupreus</i>		1						
<i>Poecilus lepidus</i>		6	2	52	37	39	246	
<i>Poecilus versicolor</i>	36	40	27	157	106	43	916	3
<i>Pseudoophonus rufipes</i>				5	5	4	25	2
<i>Pterostichus diligens</i>	305	697	650	113	971	1243	331	114
<i>Pterostichus melanarius</i>	2	1	2			1	119	28
<i>Pterostichus minor</i>	2	4	8			4		53
<i>Pterostichus niger</i>	1	7	6			2	112	22
<i>Pterostichus nigrita</i>	1	5	12			17	1	8
<i>Pterostichus oblongopunctatus</i>			1				2	
<i>Pterostichus angustatus</i>			1					
<i>Pterostichus rhaeticus</i>		1			1	4	1	24
<i>Pterostichus vernalis</i>	1			1			4	
<i>Stenolophus mixtus</i>		1	1					1
<i>Stenolophus teutonus</i>		7	8					
<i>Stomis pumicatus</i>	1						1	10
<i>Syntomus foveatus</i>		1	1	8	3		1	
<i>Syntomus truncatellus</i>				13			1	
<i>Synuchus nivalis</i>				8			5	
<i>Trichocellus placidus</i>			1		10	3	1	2
Totaal	1171	1373	1196	2237	4177	3586	3262	432

Bijlage 4.2: Overzicht van in de potvallen bemonsterde spinnen in de Zuid-Nederlandse monsters behorende tot het beheerexperiment. (K=Kampina, S=Strabrechtse heide)(Hoofdstuk 8).

Soortnaam	KA	KB	KC	SA	SB	SC
<i>Aelurillus v-insignitus</i>				1		
<i>Agroeca dentigera</i>					3	5
<i>Agroeca lusatica</i>					2	1
<i>Agroeca proxima</i>		1	2		5	2
<i>Alopecosa barbipes</i>						1
<i>Alopecosa cuneata</i>				9	5	3
<i>Alopecosa pulverulenta</i>	7	6	4	4	7	1
<i>Antistea elegans</i>	18		1		2	3
<i>Aphileta misera</i>	1	3				
<i>Araeoncus crassiceps</i>		1				13
<i>Araeoncus humilis</i>		2	1		2	4
<i>Arctosa figurata</i>			1			
<i>Arctosa leopardus</i>	7	16	10			10
<i>Arctosa perita</i>				1		
<i>Atypus affinis</i>				1		
<i>Bathyphantes gracilis</i>		1	3			
<i>Bathyphantes parvulus</i>			3			
<i>Centromerita concinna</i>		1				
<i>Centromerus brevipalpus</i>				1		
<i>Centromerus dilutus</i>	5	25	23	5	19	9
<i>Centromerus semiater</i>		1				
<i>Centromerus sylvaticus</i>						1
<i>Cercidia prominens</i>					2	
<i>Clubiona comta</i>				1		
<i>Clubiona subtilis</i>	2		4	1	3	
<i>Dicymbium nigrum</i>		1				
<i>Dolomedes fimbriatus</i>	1	1				
<i>Drassodes cupreus</i>	3	1	1		9	2
<i>Drassodes pubescens</i>				10	8	2
<i>Drassyllus lutetianus</i>	3	4	3			5
<i>Drassyllus praeficus</i>				1		
<i>Drassyllus pusillus</i>	2	2	2	1	5	8
<i>Enoplognatha caricis</i>			1			
<i>Enoplognatha thoracica</i>				1		
<i>Erigone dentipalpis</i>					1	1
<i>Euophrys frontalis</i>			2		1	
<i>Euryopis flavomaculata</i>		1			15	5
<i>Evarcha michailovi</i>					1	
<i>Gongylidiellum latebricola</i>	4	5	4	4	9	1
<i>Gongylidiellum murcidum</i>	2	4	1			5
<i>Gongylidiellum vivum</i>	4	3	2	1	1	5
<i>Hahnia helveola</i>		2	1	1	1	
<i>Hahnia montana</i>	4		1			
<i>Hahnia nava</i>	7	1			6	3
<i>Haplodrassus signifer</i>		1		8	7	
<i>Heliophanus flavipes</i>		1				
<i>Hygrolycosa rubrofasciata</i>	11	19	33		17	14
<i>Lasaola prona</i>				1	1	1
<i>Malthonica picta</i>	1		3	1		
<i>Meioneta affinis</i>		2				
<i>Meioneta rurestris</i>					1	1
<i>Mermessus trilobatus</i>	2	3	2	2	5	1
<i>Metopobactrus prominulus</i>	6				1	6
<i>Micaria pulicaria</i>		1			1	
<i>Micrargus herbigradus</i>		1				
<i>Minyriolus pusillus</i>			4			

Soortnaam	KA	KB	KC	SA	SB	SC
<i>Myrmarachne formicaria</i>	1				1	1
<i>Neon reticulatus</i>	3	5	3	2	4	1
<i>Neon valentulus</i>				3	1	1
<i>Oedothorax fuscus</i>	3		2			
<i>Oedothorax retusus</i>	1	6	3			
<i>Pachygnatha clercki</i>	1	1	2			
<i>Pachygnatha degeeri</i>				1		
<i>Palliduphantes ericaeus</i>	19	9	26		43	12
<i>Pardosa agrestis</i>				1		
<i>Pardosa amentata</i>		3				
<i>Pardosa lugubris</i>					1	
<i>Pardosa monticola</i>				11	1	2
<i>Pardosa nigriceps</i>	65	48	25	58	110	59
<i>Pardosa palustris</i>	5	9	8	10	6	9
<i>Pardosa prativaga</i>		39	15			3
<i>Pardosa proxima</i>		1	1			
<i>Pardosa pullata</i>	427	260	159	255	216	510
<i>Pardosa sphagnicola</i>	1	5	25	1	3	60
<i>Peponocranium ludicrum</i>				3	1	2
<i>Phaeocedus braccatus</i>	1					
<i>Pholcomma gibbum</i>			1			
<i>Phrurolithus festivus</i>	4	3	3	7	1	5
<i>Pirata piraticus</i>		3	3			
<i>Pirata piscatorius</i>	1	2	1			4
<i>Pirata tenuitarsis</i>	2	9	7			11
<i>Pirata uliginosus</i>	81	119	44		1	21
<i>Piratula hygrophila</i>	26	13	10			2
<i>Piratula latitans</i>	205	54	24			1
<i>Pisaura mirabilis</i>					1	
<i>Pocadicnemis juncea</i>	2		1			
<i>Pocadicnemis pumila</i>				12	4	2
<i>Porrhomma pygmaeum</i>			1			
<i>Prinerigone vagans</i>		1				
<i>Rilaena triangularis</i>	1	1				
<i>Robertus lividus</i>	1	6	1		3	1
<i>Saaristoa abnormis</i>	1					
<i>Savignia frontata</i>					1	
<i>Sibianor laeae</i>	1	1				
<i>Silometopus incurvatus</i>		1				
<i>Talavera aequipes</i>	1	1				
<i>Tallusia experta</i>		2	5		1	1
<i>Tapinocyba praecox</i>				2		
<i>Taranucnus setosus</i>	5	1	3			
<i>Tenuiphantes mengei</i>	28	33	16	8	68	25
<i>Tenuiphantes tenuis</i>		1				1
<i>Thanatus striatus</i>				4	1	1
<i>Tibellus oblongus</i>		1				
<i>Tiso vagans</i>		1			2	
<i>Trichopterna cito</i>						1
<i>Trichopternoides thorelli</i>						1
<i>Trochosa ruricola</i>	3	1	3	2	1	1
<i>Trochosa spinipalpis</i>			6			
<i>Trochosa terricola</i>	54	87	51	61	72	23
<i>Walckenaeria alticeps</i>	30	11	11	14	13	14
<i>Walckenaeria cucullata</i>				3	1	
<i>Walckenaeria cuspidata</i>				1		
<i>Walckenaeria dysderoides</i>				2	5	1
<i>Walckenaeria nudipalpis</i>	3	3	9			1
<i>Xerolycosa nemoralis</i>					1	

Soortnaam	KA	KB	KC	SA	SB	SC
<i>Xysticus cristatus</i>		1		3	2	1
<i>Xysticus erraticus</i>				12	2	1
<i>Xysticus kochi</i>					1	
<i>Zelotes electus</i>				3	1	
<i>Zelotes latreillei</i>	6	8	1	8	10	13
<i>Zelotes longipes</i>				2		
<i>Zelotes petrensis</i>	1	1	1	31	5	5
<i>Zora spinimana</i>	2	7	1		9	3
<i>Agroeca sp.</i>	1	1			4	
<i>Alopecosa sp.</i>	2					
<i>Araneae sp.</i>	1		1		3	
<i>Araneidae sp.</i>				1		
<i>Clubiona sp.</i>		2				2
<i>Drassodes sp.</i>	1				1	
<i>Gnaphosidae sp.</i>				2	3	1
<i>Hahnia sp.</i>	1	1	1			1
<i>Hahniidae sp.</i>		1				
<i>Haplodrassus sp.</i>		1	1	4	3	7
<i>Linyphiidae sp.</i>	81	62	53	13	95	22
<i>Lycosidae sp.</i>	12	11	8	35	6	9
<i>Neon sp.</i>					1	1
<i>Pardosa sp.</i>	14	11	3	4	10	18
<i>Pirata sp.</i>	3	4	1		1	2
<i>Theridiidae sp.</i>	1	1		4		
<i>Tibellus sp.</i>					2	
<i>Trochosa sp.</i>	19	32	13	50	28	9
<i>Xerolycosa sp.</i>					4	
<i>Zelotes sp.</i>	2	2		17	19	8
<i>Zora sp.</i>						1
Totaal	1213	997	665	705	913	994

Bijlage 4.3: Overzicht van in de potvallen bemonsterde loopkevers in de monsters behorende tot de beheer evaluaties (KA= Kampina, KV= Kogelvanger, SB= Strabrechtse Heide) (Hoofdstuk 12).

Soort	KA1	KAC	SB1	SB2	SBC	KV1	KV2
<i>Acupalpus dubius</i>					4		
<i>Amara communis</i>	1	1					
<i>Amara lunicollis</i>	3	6	13	12	9	4	
<i>Anisodactylus binotatus</i>	1			1			
<i>Bembidion lampros</i>	5		1	4		2	2
<i>Calathus erratus</i>				12			
<i>Calathus fuscipes</i>	2						
<i>Calathus melanocephalus</i>	3			6	1		
<i>Carabus arvensis</i>			3	1	1		
<i>Carabus clatratus</i>			7				
<i>Carabus nemoralis</i>							1
<i>Carabus nitens</i>	2	1	1	3			
<i>Carabus problematicus</i>	13	17		5	1		
<i>Clivina fossor</i>					2		
<i>Cychrus caraboides</i>		2					
<i>Dyschirius globosus</i>	16	18	30	22	69	19	6
<i>Harpalus rufipes</i>				1			
<i>Masoreus wetterhallii</i>				1			
<i>Nebria salina</i>				2			1
<i>Notiophilus aquaticus</i>	22			5			
<i>Notiophilus substriatus</i>						1	
<i>Oxypselaphus obscurus</i>	1		1		79		
<i>Poecilus lepidus</i>	40			2			
<i>Poecilus versicolor</i>	39		14	22	6	1	1
<i>Pterostichus diligens</i>	3	5	11	13	74		1
<i>Pterostichus melanarius</i>			2			1	1
<i>Pterostichus niger</i>		1			6		
<i>Pterostichus vernalis</i>			1			1	
<i>Stenolophus teutonius</i>							1
<i>Syntomus foveatus</i>	2			2			
<i>Syntomus truncatellus</i>	1						
Totaal	154	51	84	114	252	29	14

Bijlage 4.4: Overzicht van in de potvallen bemonsterde spinnen in de monsters behorende tot de beheer evaluaties (KA= Kampina, KV= Kogelvanger, SB= Strabrechtse Heide) (Hoofdstuk 12).

Soortnaam	KA1	KAC	KV1	KV2	SB1	SB2	SBC
<i>Aelurillus v-insignitus</i>						2	
<i>Agroeca dentigera</i>							1
<i>Agroeca proxima</i>							4
<i>Agyneta rurestris</i>						1	
<i>Alopecosa barbipes</i>	1						
<i>Alopecosa cuneata</i>	2	1					
<i>Alopecosa pulverulenta</i>	26	18	9	1			
<i>Arctosa leopardus</i>				1			
<i>Bathypantes gracilis</i>		1		1	1		1
<i>Centromerita concinna</i>			1		1	1	
<i>Centromerus brevipalpus</i>			1				
<i>Centromerus dilutus</i>		2					
<i>Ceratinella brevis</i>	1						
<i>Clubiona subtilis</i>			1				
<i>Cnephalocotes obscurus</i>				1			
<i>Drassodes cupreus</i>		2					
<i>Drassodes pubescens</i>	2	2			1		1
<i>Drassyllus pusillus</i>	3	1				2	1
<i>Enoplognatha thoracica</i>	1						
<i>Erigone atra</i>	1		2	1			
<i>Erigone dentipalpis</i>	2		1	4			
<i>Euophrys frontalis</i>		1	1	2			
<i>Euryopis flavomaculata</i>							5
<i>Gongylidiellum latebricola</i>	1	1	4		1	4	
<i>Gongylidiellum vivum</i>			1	1			
<i>Hahnia montana</i>					3		2
<i>Hahnia nava</i>	1					1	
<i>Haplodrassus signifer</i>	7			1	1	14	
<i>Heliophanus flavipes</i>				1			
<i>Hygrolycosa rubrofasciata</i>		3	2				9
<i>Lasaola prona</i>						2	
<i>Malthonica picta</i>				1			
<i>Mermessus trilobatus</i>	4		1	1			
<i>Metopobactrus prominulus</i>						1	
<i>Myrmarachne formicaria</i>	1						
<i>Neon reticulatus</i>			1			1	2
<i>Neon valentulus</i>							1
<i>Oedothorax fuscus</i>			1				
<i>Pachygnatha degeeri</i>				1		1	
<i>Palliduphantes ericaeus</i>		1	7	3			
<i>Pardosa amentata</i>			1				
<i>Pardosa lugubris</i>			1			1	1
<i>Pardosa nigriceps</i>	1	12			7	1	11
<i>Pardosa palustris</i>	7		1			1	
<i>Pardosa pullata</i>	80	56		13	99	41	38
<i>Pardosa sphagnicola</i>		1					
<i>Phrurolithus festivus</i>	2		9	2	10	8	
<i>Pirata uliginosus</i>		2	9	2	9		29
<i>Piratula hygrophila</i>				1	2		1
<i>Piratula latitans</i>				1	2		1
<i>Pocadicnemis juncea</i>		1					
<i>Pocadicnemis pumila</i>			2	2			
<i>Robertus lividus</i>	1					1	3
<i>Scotina gracilipes</i>						1	
<i>Tenuiphantes menzei</i>		2		1	4		2
<i>Tiso vagans</i>	2					1	

Soortnaam	KA1	KAC	KV1	KV2	SB1	SB2	SBC
<i>Trochosa terricola</i>	21	11	40	20	16	10	6
<i>Typhochrestus digitatus</i>	1						
<i>Walckenaeria acuminata</i>				1			
<i>Walckenaeria alticeps</i>					3		7
<i>Walckenaeria atrotibialis</i>					1	1	
<i>Walckenaeria dysderoides</i>					1	1	
<i>Walckenaeria nudipalpis</i>					1		1
<i>Xerolycosa miniata</i>	2						
<i>Zelotes electus</i>						4	
<i>Zelotes latreillei</i>	6	9		7	4	2	6
<i>Zelotes longipes</i>						4	1
<i>Zelotes petrensis</i>	9	5	2	3	6	21	3
<i>Zelotes subterraneus</i>			1				
<i>Zora spinimana</i>			1				2
<i>Agroeca sp.</i>						1	1
<i>Alopecosa sp.</i>	11	12		1	1		1
<i>Araneae sp.</i>					1		2
<i>Gnaphosidae sp.</i>					1	1	
<i>Haplodrassus sp.</i>				1	3		
<i>Linyphiidae sp.</i>	6	1	1	2	7		2
<i>Lycosidae sp.</i>	52	2	3	1	9		
<i>Ozyptila sp.</i>				2			
<i>Pardosa sp.</i>	1	1	3	5	5		1
<i>Pirata sp.</i>		1					
<i>Theridiidae sp.</i>						1	
<i>Trochosa sp.</i>	25	33	44	34	38	35	17
<i>Xerolycosa sp.</i>			1				
<i>Xysticus sp.</i>	1	1					
<i>Zelotes sp.</i>	26	2		5	3	14	13
Totaal	307	185	152	124	241	180	176