

Springstaartgemeenschappen (Hexapoda: Collembola) als indicator voor blauwgraslandbodems rond de Moerputten

Roel F.H.M. van Bezouw
Irma Wynhoff
Frank van Langevelde
Matty P. Berg

TREFWOORDEN

Bodemfaunagemeenschappen, habitatkwaliteit, *Lepidocyrtus ruber*, mesofauna, *Parisotoma notabilis*

Entomologische Berichten 76 (2): 69-79

In het kader van onderzoek naar de ontwikkeling van blauwgraslanden in de omgeving van Den Bosch is een vijftal blauwgraslanden bemonsterd op springstaarten. Deze blauwgraslanden hebben een goede natuurkwaliteit maar verschillen in bodemtype en -vochtigheid. De verzamelde gegevens dragen in grote mate bij aan de kennis over de springstaartgemeenschappen van blauwgraslanden, die vanwege hun kwetsbaarheid weinig bemonsterd worden. Er werden 42 soorten waargenomen. Twee soorten, *Lepidocyrtus ruber* en *Parisotoma notabilis*, besloegen samen ruim zestig procent van het totale aantal aangetroffen individuen. De aantallen van deze soorten in onze monsters zijn opmerkelijk. Daarom is van beide soorten in dit artikel een ecologische beschrijving gegeven. Op basis van het voorkomen in de hier onderzochte gebieden en aanvullend literatuuronderzoek bevestigen we het beeld van *L. ruber* als specialistische soort van vochtige (half) natuurlijke graslanden. *Parisotoma notabilis* bleek binnen deze studie een sterke indicatorsoort te zijn voor de droge, zandige percelen. Buiten het studiegebied is zijn waarde als indicatorsoort echter twijfelachtig, omdat het een zeer eurytope soort is. De dichtheid aan springstaarten in de drogere, weinig verstoorde gebieden is bijzonder hoog te noemen voor graslanden, namelijk zo'n 80.000 individuen per m². Dit is een indicatie voor een goede bodemontwikkeling. Uit het onderzoek komen groepen springstaarten naar voren die binnen deze graslanden indicatief zijn voor de mate van verdroging, verstoring en bodemtype. De hier verzamelde gegevens kunnen worden ingezet in monitoringprojecten om natuurontwikkeling in nieuwe blauw- en schraalgraslanden te volgen.

Inleiding

Halfnatuurlijke graslanden behoren tot de meest diverse biotopen van Nederland. Sinds de jaren 1950 is het areaal halfnatuurlijke graslanden drastisch geslonken onder invloed van de intensivering van de landbouw. Dit geldt in het bijzonder voor de matig voedselrijke en schrale graslanden die vallen onder de blauwgraslanden, waarvan meer dan 99% verdwenen is sinds de Tweede Wereldoorlog. Tegenwoordig is er veel aandacht voor het herstel van de natuurwaarden en levensgemeenschappen in kwetsbare graslanden (zie o.a. Fagan et al. 2008, Nijssen & Van Noordwijk 2015, WallisDeVries et al. 2002). Insecten worden daarbij steeds vaker gebruikt als groepen waaruit indicatorsoorten worden herleid die gebruikt worden om de natuurwaarde en -ontwikkeling van deze herstelprojecten te monitoren en te beoordelen (bijv. Van Swaay & Van Strien 2005, Turin et al. 2014). Bodemfaunagemeenschappen zijn minder populair om ingezet te worden als indicatorsoorten,

hoewel daar de laatste jaren meer aandacht voor is (Berg & Hemerik 2004, Turin et al. 2014). Juist bodemfauna wordt steeds vaker gezien als een belangrijke spil in het goed functioneren van ecologische voedselwebben in graslanden en de samenstelling van bodemfauna kan als indicator dienen voor bodemeigenschappen en -kwaliteit (Hopkin 1997, De Deyn et al. 2003, Berg & Bengtsson 2007, Kardol & Wardle 2010).

Ondanks dat halfnatuurlijke graslanden rijk zijn aan Collembola en andere bodemfauna, wordt deze groep slechts sporadisch ingezet om natuurherstel te monitoren (Sterzyńska & Ernsberger 2005). Dit heeft onder andere te maken met het feit dat springstaarten door de meeste ecologen vanwege hun geringe grootte vaak als moeilijke groep worden weggezet. Springstaarten kunnen juist voor schraalgraslanden een interessant studieobject zijn. In halfnatuurlijke, extensief gebruikte graslanden kunnen springstaarten zeer hoge dichtheden bereiken, tot meer dan 50.000 individuen per vierkante meter



1. Een impressie van een blauwgrasland uit de omgeving van de Moerputten. De bruine waas wordt veroorzaakt door de aanwezigheid van struisgrassen (*Agrostis*), die duiden op enige verdroging. Foto: Laurianne Ollivier

1. An impression of a fen meadow around 'de Moerputten'. The brown haze is caused by the presence of *Agrostis* species, which indicate effects of drought.



2. Bodemonsters klaar voor extractie in een Tullgrenn trechter. De alcoholreservoirs zijn duidelijk zichtbaar onder de trechters. Locatie: Vrije Universiteit Amsterdam. Foto: Irma Wynhoff

2. Soil samples ready for extraction in a Tullgrenn Funnel. The soil samples are inversely shoved into the metal sieves at the top. The reservoirs filled with alcohol are clearly visible. Location: VU University, Amsterdam.

(hierna ind/m^2) (Sterzyńska 1990, Ponge et al. 2003, Sterzyńska & Ernsberger 2005, Chauvat et al. 2007). De soortensamenstelling is erg gevoelig voor veranderingen in de chemische samenstelling van de bodem (Shaw 2003, Fountain & Hopkin 2004). Omgekeerd bieden blauwgraslanden een kans voor de ontdekking en het in kaart brengen van zeldzame springstaarten, omdat halfnatuurlijke graslanden weinig zijn onderzocht op soorten (zie Berg et al. 2015). Op dit moment zijn de Collembola met zo'n 240 soorten in de Nederlandse fauna vertegenwoordigd (www.nederlandsesoorten.nl). Hierbij dient opgemerkt te worden dat de afgelopen 20 jaar het aantal in Nederland waargenomen soorten met 25% is toegenomen, als gevolg van toegenomen waarnemingsinspanningen (Noordijk & Koomen 2011). Wanneer zeldzame soorten op zouden duiken, zouden deze eventueel kunnen profiteren van natuurbeschermingsinspanningen of zelfs opgenomen kunnen worden in beheerdoelen (Hopkin 1997).

Om meer inzicht te krijgen in het effect van bodemkwaliteit op springstaartlevensgemeenschappen in blauwgraslanden hebben we veldwerk uitgevoerd in natuurgebied de Moerputten. Deze voormalige stroomvlakte is in de vroege twintigste eeuw tot landbouwgrond omgevormd, waarbij als gevolg van hooien en beweiding matig voedselrijke, natte tot vrij droge graslanden zijn ontstaan. Hieruit ontwikkelden zich, afhankelijk van de lokale grondwaterstand, blauwgraslanden, glanshaverhooilanden en heischrale gronden. Na de Tweede Wereldoorlog is het gebruik van deze graslanden geïntensiveerd, met als gevolg dat veel natuurwaarde in het gebied verloren ging. De resterende graslanden zijn vanaf 1953 in beheer van verschillende natuurorganisaties zoals Staatsbosbeheer en Natuurmonumenten (Giesberts 2012), alhoewel de achteruitgang in het gebied tot het jaar 2000 doorzette. De nog aanwezige blauwgraslanden behoren tot de best bewaard gebleven blauwgraslandpercelen van Nederland, kennen nog altijd een hoge

Tabel 1. Beschrijving van de vijf bemonsterde gebieden. Alle gebieden zijn voor wat betreft soortensamenstelling en vegetatiestructuur goed ontwikkelde blauwgraslanden, ze worden allen gedomineerd door typische blauwgrasland soorten. DBW en KBW verschillen van de overige gebieden met name in bodemtype en vochtigheid, wat zich ook vertaalt in de vegetatiesamenstelling. In DBW en KBW wordt de vegetatie gedomineerd door droogtetolerante grassen, wat enige verdroging indiceert. pH en vegetatiehoogte zijn gebaseerd op 6 metingen per gebied en standaarddeviaties zijn gegeven waar dat van toepassing is. DBW: de Bijenwei, KBW: de kleine Bijenwei, MNH: de Noordelijke hooilanden, MPW: de Westelijke hooilanden, HvB: het Hooiland van Bijnen.

Table 1. Description of the five sites that have been sampled in this study. All areas are well developed in terms of vegetation structure and species composition and are dominated by very typical fen meadow species. DBW and KBW are two very well developed fen meadows in terms of vegetation structure and species composition. Soil moisture and soil type are distinct for these meadows and these two areas are dominated by grasses that prefer slightly drier conditions. pH values and vegetation height are based on 6 in field measurements per area and standard deviations are given wherever applicable. DBW: de Bijenwei, KBW: de kleine Bijenwei, MNH: de Noordelijke hooilanden, MPW: de Westelijke hooilanden, HvB: het Hooiland van Bijnen.

Namen	Grootte (ha)	Zuurgraad (pHH ₂ O)	Vochtigheid	Bodemtype (cm)	Beschrijving (per m ²)	Vegetatie hoogte	Soorten	Dominante plantensoorten
DBW	1,7	4,7 [0,08]	Matig vochtig	Zandbodem	Zeer goed ontwikkeld blauwgrasland	19,6 [3,45]	11,5 [2,43]	<i>Festuca rubra</i> , <i>Succisa pratensis</i> , <i>Sanguisorba officinalis</i>
KBW	0,4	4,9 [0,20]	Matig vochtig	Zandbodem	Qua vegetatie en structuur sterk gelijkend op DBW	32,1 [8,81]	12,5 [4,68]	<i>Agrostis stolonifera</i> , <i>Sanguisorba officinalis</i> , <i>Succisa pratensis</i>
MNH	1,5	4,7 [0,39]	Vochtig	Venige klei	Hoge grondwaterstand. Grasland in ontwikkeling. Periodieke inundatie.	34,3 [18,80]	14,8 [3,97]	<i>Agrostis canina</i> , <i>Carex panicea</i> , <i>Sanguisorba officinalis</i>
MPW	7,1	4,8 [0,08]	Zeer vochtig	Venige klei	Hoge grondwaterstand. Grasland in staat van in ontwikkeling. Periodieke inundatie.	40,7 [15,63]	13,0 [2,61]	<i>Agrostis canina</i> , <i>Carex acuta</i> , <i>Sanguisorba officinalis</i> , <i>Carex panicea</i>
HvB	6,0	5,0 [0,19]	Vochtig	Venige klei	Grasland in staat van verdere ontwikkeling.	28,8 [7,35]	12,2 [2,86]	<i>Agrostis canina</i> , <i>Carex panicea</i> , <i>Succisa pratensis</i> , <i>Festuca rubra</i>

natuurwaarde en zijn buiten extensief beheer relatief ongemoeid gelaten. Tevens komt hier de enige populatie van het bedreigde pimpernelblauwtje (*Phengaris teleius* (Bergsträsser)) in Nederland voor (Wynhoff 2001). Om deze redenen is men rond de Moerputten bezig met grootschalige natuurherstelprojecten, waarbij de toplaag van voormalige landbouwgronden is afgegraven. Op deze afgravingen dienen blauwgraslanden te worden gerealiseerd om het bestaande areaal uit te breiden. De ontwikkeling van deze blauwgraslanden, die een specifieke samenstelling van planten en dieren bevat, biedt een kans om meer inzicht te krijgen in specifieke bodemfaunalevensgemeenschappen die sterk afhankelijk zijn van bodemkwaliteit. Hiermee kunnen we de aandacht vestigen op bodemfauna als toegevoegde waarde bij de ontwikkelingsmonitor.

Het doel van dit artikel is daarom om te onderzoeken welke gebiedsvariabelen effect hebben op de soortensamenstelling van springstaarten. Daarnaast krijgen we door dit onderzoek meer inzicht in welke springstaartsoorten specifiek zijn voor blauwgraslanden. Hier is nog weinig over bekend (Sterzyńska 1990, Sterzyńska & Ernsberger 2005). Deze inzichten kunnen worden gebruikt om de ontwikkeling van nieuwe schraalgraslanden te monitoren en te beoordelen.

Materiaal en Methoden

Voor het onderzoek zijn vijf blauwgraslanden bemonsterd die verspreid liggen rond de veenmoerassen van de Moerputten (Noord-Brabant, AC 145-411): de Bijenwei (DBW), de kleine Bijenwei (KBW), de Noordelijke hooilanden (MNH), de Westelijke hooilanden (MPW) en het Hooiland van Bijnen (HvB). Deze graslanden zijn begin vorige eeuw niet geïntensiveerd en bodemstructuur en vegetatie zijn in de afgelopen 25 jaar nauwelijks veranderd. Deze graslanden met een hoge natuurkwaliteit zijn een afspiegeling van hoe het gebied er in het

verleden uit moet hebben gezien (figuur 1). De vegetatie in al deze gebieden kenmerkt zich als een typische blauwgrasland vegetatie, met algemene soorten als grote pimpernel (*Sanguisorba officinalis*), blauwe knoop (*Succinea pratensis*), blauwe zegge (*Carex panicea*) en pijpenstrootje (*Molinia caerulea*), maar ook de zeldzame spaanse ruiter (*Cirsium dissectum*) en melkviooltje (*Viola persicaria*).

Per gebied zijn de volgende gebiedsparameters onderzocht: bodemvochtigheid, oppervlakte, pH_{H₂O}, vegetatiehoogte, vegetatiebedekkingsgraad, bodemtype en de soortensamenstelling van planten. Informatie over oppervlakte, bodemvochtigheid en bodemtype komen uit interne archieven en beheerplannen van De Vlinderstichting en Staatsbosbeheer. Vegetatiebedekkingsgraad en soortensamenstelling van planten is gemeten aan de hand van kwadranten van één vierkante meter om de steekplaats van de bodemmonsters heen. Vegetatiehoogte is gemeten met behulp van een piepschuimen schijf die langs een liniaal viel, waarbij elk datapunt uit vijf onafhankelijke metingen bestaat en vervolgens één gemiddelde waarde gaf. pH_{H₂O} is bepaald door 10 gram van het bodemmonster op te lossen in gedemineraliseerd water en vervolgens door te meten met behulp van een pH-elektrode. Per bemonsteringskwadrant zijn twee onafhankelijke pH monsters gemeten.

De springstaartlevensgemeenschappen zijn in september 2013 bemonsterd door in elk gebied zes bodemkolommen van 10 cm diameter bij 6 cm hoog te steken. Door extractie met behulp van Tullgren trechters kunnen bodemdieren gemakkelijk verzameld worden (Van Straalen & Reijnen 1982, figuur 2). Bodemkolommen worden omgekeerd in een zeef geplaatst, waarna een hitte-droogte-gradiënt wordt gecreëerd door de monsters aan de bovenkant te verwarmen (30 °C) en aan de onderkant te koelen (5 °C). Hierdoor kruipen alle fauna naar beneden, totdat deze via een trechter in een buisje met alcohol (70%) valt. Tot 90% van de fauna kan op deze manier

Tabel 2. Soortenoverzicht van de springstaarten met het gemiddelde aantal springstaarten uit alle bodemmonsters per gebied met de standaard deviatie tussen haakjes. Specificiteit is berekend door gebruik van variantieanalyses (ANOVAs) op de log-getransformeerde data. NS = Niet significant, * = $p < 0,05$, ** = $p < 0,01$, *** = $p < 0,001$, - = onvoldoende data. Voor afkortingen van de locatienamen, zie tabel 1.

Table 2. Species overview of the springtails with the average number of springtails per species from all soil samples per area without brackets and the standard deviation between brackets. Specificity is calculated by applying an ANOVA of the log-transformed data. NS = not significant, * = $p < 0,05$, ** = $p < 0,01$, *** = $p < 0,001$ - = not enough data. For abbreviations of the location names, see table 1.

Familie	Genus	DBW	KBW	MNH	MPW	HvB	Specificiteit
Isotomida	<i>Parisotoma notabilis</i> Bagnall	228 [88,5]	301,2 [261,9]	26 [38,7]	31,3 [73,8]	26,5 [25,6]	**
Entomobryidae	<i>Lepidocyrtus ruber</i> Schött sensu Mateos (2008)	178,5 [112,9]	135,8 [41,6]	24 [20,2]	45,2 [32,1]	210,3 [74,3]	***
Isotomidae	<i>Folsomia quadrioculata</i> Tullberg	27,7 [40,2]	54 [86]	-	51,3 [83,8]	5,2 [6,7]	NS
Isotomidae	<i>Isotomiella minor</i> Schäffer	11,8 [21,2]	29,5 [38,2]	19,7 [24]	20 [20,9]	3,8 [3,2]	NS
Neanuroidea	<i>Friesea claviveta</i> Axelson	3,5 [7,2]	15 [9,2]	22,5 [15,5]	16,7 [12]	9,2 [8,2]	*
Sminthurididae	<i>Sphaeridia pumilis</i> Linnaniemi	22 [16,2]	12,2 [4,4]	4 [6,6]	19 [17,5]	2 [1,6]	***
Onychiuridae	<i>Protaphorura armata</i> Tullberg	9,5 [13,7]	7,7 [8]	6,8 [8,1]	23,3 [24,8]	10,2 [9,4]	NS
Brachystomellidae	<i>Brachystomella parvula</i> Schäffer	16,7 [14,9]	26 [26,1]	8,5 [7,7]	0,5 [0,8]	3,5 [2,4]	***
Entomobryidae	<i>Entomobrya nicoleti</i> Lubbock	24,3 [15,2]	11,8 [8,4]	2,7 [4,6]	0,2 [0,4]	2,5 [3,5]	***
Entomobryidae	<i>Lepidocyrtus cyaneus</i> Tullberg	21,3 [15,8]	13,2 [15,1]	1,7 [3,6]	3,2 [7,3]	-	***
Neelidae	<i>Megalothorax minimus</i> Willem	14,7 [6,4]	18,2 [17,8]	1,7 [3,6]	-	2,3 [2,9]	***
Tullbergiidae	sp	10 [10,8]	6,5 [6,3]	10,2 [14,4]	0,2 [0,4]	-	**
Sminthurididae	<i>Sminthurides malmgreni</i> Tullberg	-	0,3 [0,8]	15 [33,4]	10 [7,8]	0,2 [0,4]	**
Isotomidae	<i>Isotoma riparia</i> Nicolet	-	-	0,3 [0,8]	13,7 [19,1]	10 [21,6]	**
Katiannidae	<i>Sminthurinus aureus</i> Lubbock	3,8 [2,9]	11,5 [10,6]	5,8 [10,1]	0,5 [0,8]	0,3 [0,5]	***
Sminthurididae	<i>Sminthurides schötti</i> Axelson	4,2 [8,8]	-	4,5 [3,7]	5,7 [9]	2,2 [3,9]	NS
Isotomidae	<i>Isotomurus fucicolus</i> Schött	2,3 [5,7]	0,7 [1,6]	12,2 [26]	-	-	NS
Dycertomidae	<i>Dicyrtomina minuta</i> O. Fabricius	4 [4,3]	5 [5,6]	0,2 [0,4]	2,2 [3,9]	2,5 [2,1]	NS
Hypogastruridae	<i>Ceratophysella denticulata</i> 'groep' Bagnall	10,8 [13,1]	-	-	-	-	-
Arrhopalitidae	<i>Arrhopalites pygmaeus</i> 'groep' Wankel	1,7 [3,2]	0,3 [0,5]	1,2 [2,4]	4,8 [3,1]	2 [2,8]	NS
Isotomidae	<i>Folsomia candida</i> Willem	-	8,8 [21,6]	-	-	-	-
Tomoceridae	<i>Pogonognathellus flavescens</i> Tullberg	2,5 [2,7]	4,8 [7,3]	-	-	0,2 [0,4]	*
Isotomidae	<i>Isotomurus plumosus</i> Bagnall	-	0,2 [0,4]	2,5 [3,5]	3,7 [7,1]	0,2 [0,4]	NS
Isotomidae	<i>Isotomurus unifasciatus</i> Börner	3,7 [8,5]	2 [4]	-	-	-	NS
Katiannidae	<i>Sminthurinus niger</i> Lubbock	-	-	3,8 [4]	1,3 [2,3]	0,2 [0,4]	**
Isotomidae	<i>Isotoma anglicana</i> Lubbock	-	-	-	4,3 [7,3]	-	-
Isotomidae	sp	-	0,2 [0,4]	1,7 [4,1]	1 [2,5]	0,3 [0,5]	NS
Isotomidae	<i>Isotomurus graminis</i> Fjellberg	-	-	-	-	1,8 [4]	-
Entomobryidae	sp	-	1,7 [1,9]	-	-	-	-
Isotomidae	<i>Isotomurus palustris</i> Müller	-	-	0,3 [0,8]	1 [2]	-	-
Entomobryidae	<i>Entomobrya multifasciata</i> Tullberg	0,5 [0,8]	0,3 [0,8]	-	-	-	-
Hypogastruridae	<i>Willemia cf anophthalma</i> Börner	-	-	-	-	0,7 [1,2]	-
Neanuroidea	<i>Anurida granaria</i> Nicolet	-	-	-	0,7 [1,6]	-	-
Sminthuridae	<i>Sminthurus nigromaculatus</i> Tullberg	-	-	0,7 [1,2]	-	-	-
Bourletiellidae	<i>Heterosminthurus claviger</i> Gisin	0,2 [0,4]	0,2 [0,4]	-	-	-	-
Isotomidae	<i>Isotoma viridis</i> Bourlet	0,2 [0,4]	0,2 [0,4]	-	-	-	-
Bourletiellidae	<i>Heterosminthurus insignis</i> Reuter	0,2 [0,4]	-	-	-	-	-
Entomobryidae	<i>Heteromurus major</i> Moniez	0,2 [0,4]	-	-	-	-	-
Entomobryidae	<i>Pseudosinella alba</i> Packard	-	-	-	-	0,2 [0,4]	-
Isotomidae	<i>Anurophorus laricis</i> Nicolet	-	-	0,2 [0,4]	-	-	-
Neanuroidea	<i>Micranurida pygmaea</i> Börner	-	-	-	-	0,2 [0,4]	-
Neelidae	<i>Neelides minutus</i> Caroli	-	-	-	-	0,2 [0,4]	-

worden geëxtraheerd uit een bodemkolom (Van Straalen & Reijnincks 1982, Hopkin 1997). De dieren zijn in 70% alcohol bewaard en zoveel als mogelijk tot op soortniveau gedetermineerd met de werken van Hopkin (2007) en Fjellberg (1998, 2007). De nomenclatuur voor springstaarten volgt deze werken.

De structuur van faunagemeenschappen is af te meten aan de dominantie van bepaalde soorten. Dominantie is volgens Sterzyńska (1990) in vier klassen op te delen: zeer dominantie (>10%), dominant (5%-10%), subdominant (1%-5%) en niet dominant (<1%), welke een afnemende invloed van de soort op de totale gemeenschap representeert. Analyse van de structuur van de levensgemeenschap kan een potentiële bijdrage leveren door soorten te ontdekken welke indicatief zijn voor de beoogde natuurwaarde. Deze kunnen vervolgens gebruikt kunnen worden in kwaliteitsmonitoring.

De gemeenschappen zijn geanalyseerd met behulp van de Sørensen-, Shannon- en Evenness-indexen. De Sørensen-

similariteitindex berekent similariteit (schaal 0-1) tussen de levensgemeenschappen van steeds twee gebieden, waarbij hoge waarden een hogere overeenkomstigheid representeren. De Shannon-index geeft de biodiversiteitswaarde per gebied weer, op basis van het totale aantal soorten en de abundantie van elke individuele soort. Weinig soorten en scheve verhoudingen tussen de dominanties van soorten geven lagere waarden. De Evenness-index geeft aan hoe gebalanceerd de faunagemeenschap is, waarbij op een fictieve levensgemeenschap van 50 dieren en twee soorten hoge waarden worden toegekend wanneer de populatie van beide soorten ongeveer 25 bedraagt. Wanneer van één soort één dier aanwezig is, heeft de Evenness lage waarden en is er sprake van een scheve verhouding tussen de soorten. Voor alle indexen is steeds het totale aantal soorten en individuen per soort gebruikt.

Voor het bepalen van verschillen in gebiedsparameters is gebruik gemaakt van variantieanalyse (ANOVA), opgevolgd een Tukey HSD post-hoc analyse om significante effecten tussen

Kader 1

Dominante soorten: *Parisotoma notabilis* en *Lepidocyrtus ruber*



1-1. De isotomide *Parisotoma notabilis* onder boomschors uit de Nieuwkoopse Plassen. De inzet toont een verzameld tweede exemplaar van dezelfde locatie. Foto's: Jan van Leeuwen
1-1. The isotomid *Parisotoma notabilis* under bark at the Nieuwkoopse Plassen. The insert shows a sampled specimen from the same location.

Het sterke voorkomen van *Parisotoma notabilis* en *Lepidocyrtus ruber* in het onderzoeksgebied is opmerkelijk. Beide soorten definiëren min of meer de springstaartgemeenschappen in de drogere gebieden en zijn dominant tot zeer dominant in de overige gebieden. Over deze twee soorten wordt doorgaans weinig geschreven en van *L. ruber* is maar weinig bekend. Omdat dit vanuit het oogpunt van ecologie, natuurwaarde en kwaliteitmonitoring een interessante waarneming is wordt dieper ingegaan op het ecologische profiel van beide soorten.

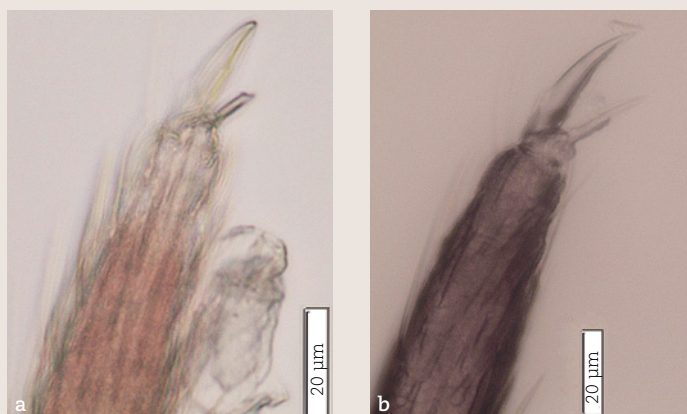
Parisotoma notabilis is een eurytope, hemi-edaphische soort van circa 1 mm lang en heeft een kenmerkend vierkant oog, bestaande uit vier ocellen. Het volwassen dier is meestal lichtgrijs, soms donkergrijs, gepigmenteerd (figuur 1-1) en is de meest voorkomende springstaart van Nederland (gegevens EIS-werkgroep Collembola). De soort komt voornamelijk op of in de bodem voor, maar hij is ook in naaldbomen (Shaw *et al.* 2007) en onder boomschors aangetroffen (eigen waarnemingen). Waar zijn leefgebied een extensief gebruik kent, bereikt deze soort zeer hoge dichtheden en behoort dan consequent tot de dominante soorten in goed ontwikkelde graslanden (Sterzyńska 1990, Ponge *et al.* 2003, Sterzyńska & Ehrnsberger 2005, Chauvat *et al.* 2007). Hoge aantallen van *P. notabilis* komen voor in bodems met een goede structuur die tevens matig tot zeer voedselrijk is. In DBW en KBW komt de soort omgerekend met 30.000 dieren per vierkante meter voor, terwijl in de overige drie graslanden de soort beduidend minder voorkomt, met zo'n 3.200-4.000 dieren per vierkante meter. Een oorzaak voor deze verschillen is waarschijnlijk dat de omstandigheden in de overige drie gebieden te nat en/of te dynamisch zijn, waardoor de populatieontwikkeling van deze soort geremd wordt. Ondanks dat *P. notabilis* een eurytope (voorkomend op veel plaatsen) soort is, komt hij in deze studie toch relatief vaker voor op de drogere, relatief onverstoorde en zandige percelen. Het is echter zeer onwaarschijnlijk dat *P. notabilis* als algemene indicatorsoort voor ontwikkeling van blauwgraslanden te gebruiken aangezien zijn generalistische voorkomen juist zijn kenmerk is (Popatov 2001).

Lepidocyrtus ruber is een epedaphische, mogelijk specialistische, soort die qua morfologie sterk van *P. notabilis* verschilt en tot 2 mm groot wordt. In Nederland komen zeven soorten van het geslacht *Lepidocyrtus* voor die relatief sterk op elkaar lijken



1-2. *Lepidocyrtus* sp, waarschijnlijk *L. lignorum*, maar het is onmogelijk deze soort betrouwbaar van *L. ruber* te onderscheiden van een foto. Foto: Jan van Leeuwen
1-2. *Lepidocyrtus* sp, probably a *L. lignorum*, but it is impossible to reliably distinguish it from *L. ruber* from a photograph.

(figuur 1-2, Berg & Heijerman 2002). *Lepidocyrtus ruber* is bedekt met schubben en is licht tot donker goudkleurig (Mateos 2008). Ze is alleen van de verwante soort *L. lignorum* te onderscheiden door het afgeknotte empodium (figuur 1-3), is dikwijls donkerder gekleurd en heeft een steviger postuur. Waarnemingen van *L. ruber* in Nederland zijn zeer zeldzaam. Vanwege de sterke gelijkenis met *L. lignorum* is het mogelijk dat *L. ruber* algemener voorkomt dan op basis van de hoeveelheid waarnemingen vermoed kan worden. De schaarse literatuur over deze soort geeft een voorkeur voor vochtige graslanden aan (Sterzyńska 1990, Russell *et al.* 2011). Bijzonder is dat *L. ruber* op de hooilanden van de Moerputten een zeer abundante soort is en dat wekt de indruk dat ze een indicatorsoort kan zijn voor vochtige hooilanden. Toekomstige waarnemingen van *L. ruber* zullen zijn positie als graslandindicator waarschijnlijk bevestigen en is daarom een soort om in de gaten te houden.



1-3. Voetcomplex van (a) *Lepidocyrtus ruber* met afgeknott empodium en (b) *Lepidocyrtus lignorum* met een spits toelopend empodium. Dit is het meest betrouwbare kenmerk om beide soorten van elkaar te onderscheiden. Foto's zijn gemaakt met behulp van een 400× vergroterende lichtmicroscop. Foto's: Roel van Bezouw
1-3. The foot complex of (a) *Lepidocyrtus ruber* with a sharply angled empodium and (b) *Lepidocyrtus lignorum* with a tapered empodium. This is the most reliable characteristic between the two species. The photographs are made with a 400× magnifying light microscope.

Tabel 3. Structurele eigenschappen van de springstaartgemeenschappen. * Indiceert significant hogere aantallen dieren per monster na Tukey HSD post-hoc analyse in de gebieden DBW en KBW ($p < 0,05$) vergeleken met de andere gebieden. Standaarddeviatie is gegeven tussen haken, waar deze toepasbaar is. Voor afkortingen van de locatienamen, zie tabel 1.

Table 3. Structural characteristics of the collembolan communities. * Indicates significantly higher number of specimen per soil sample after applying Tukey HSD post-hoc analysis for the areas DBW and KBW ($p < 0.05$) when compared to the other areas. Wherever applicable, the standard deviation is given between brackets. For abbreviations of the location names, see table 1.

	DBW	KBW	MNH	MPW	HvB	Totaal
Totaal aantal dieren	3613	4003	1056	1558	1779	12.009
Gem. aant. dieren per monster	602,2* [103,46]	667,2* [263,48]	176,0 [84,71]	259,7 [206,8]	296,5 [76,70]	400,5
Totaal aantal soorten	25	26	24	23	25	42
Gem. aant. soorten per monster	15,0 [2,37]	15,8 [1,17]	13,5 [2,26]	13,8 [0,98]	13,6 [2,16]	14,3
Individuën / m ²	77.650	88.470	22.240	33.300	37.770	51.886
Shannon Diversiteit (H')	1,95	1,91	2,62	2,44	1,29	2,23
Evenness (E)	0,61	0,59	0,82	0,78	0,40	0,60

gebieden te bepalen. Voor het bepalen van gebiedsgebonden soorten is steeds aangehouden dat de soort in tenminste vier potten en minimaal verspreid over twee gebieden aanwezig moet zijn. De steekproefgrootte van ieder grasland is steeds zes. De springstaartendata is \log^{10} - getransformeerd om aan de voorwaarden van normaliteit en gelijke variantie voor het uitvoeren van ANOVAs te voldoen.

Resultaten

Gebiedskarakteristieken

De onderzochte gebieden zijn op te delen in twee groepen: DBW en KBW worden gekenmerkt door een zandige, wat drogere bodem terwijl de overige drie gebieden bestaan uit venige klei en deze zijn vochtiger (tabel 1). De vegetatiebedekking in alle percelen was 100% en de vegetatie in de gebieden was overal zo'n 30 tot 50 cm hoog. De vegetatiehoogte, soortenrijkdom en de zuurgraad waren niet significant verschillend, hoewel de vegetatiehoogte in DBW gemiddeld meer dan half zo laag is als die van MPW. In DBW en KBW is veel *Agrostis stolonifera* te aangetroffen, welke de daar aanwezige drogere omstandigheden benadrukt. De vegetatie in alle vijf de gebieden is karakteristiek voor blauwgraslanden, behorende tot het verbond *Junco-Molinion*. In alle gebieden vonden we in verschillende dichtheden de soorten: Spaanse ruiters (*Cirsium dissectum*), blauwe zegge (*Carex panicea*), biezenknoppen (*Juncus conglomeratus*), blauwe knoop (*Succisia praetense*) en grote pimpernel (*Sanguisorba officinalis*).

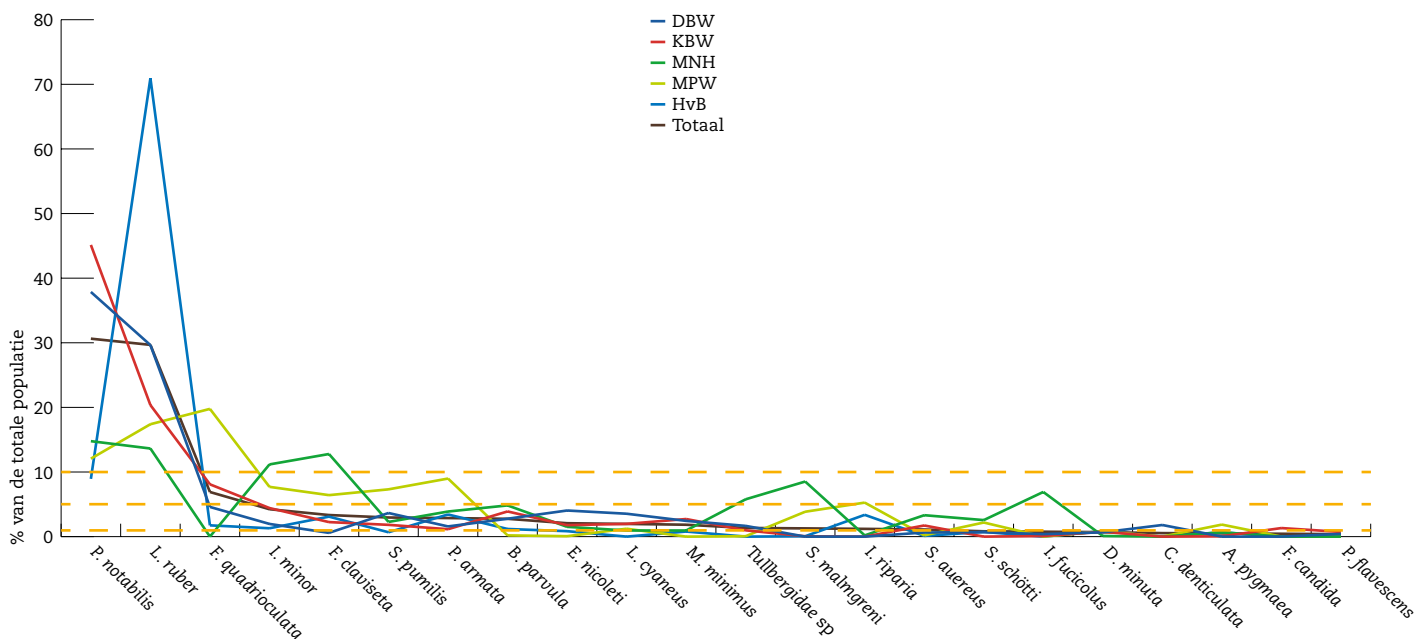
Uit interne gegevens van Staatsbosbeheer en De Vlinderstichting blijkt dat het grondwatervolume in de gebieden MPW en MNH in de winter soms enkele centimeters boven het maaiveld uit kan komen. Verder worden uit diezelfde gegevens DBW en KBW als blauwgraslanden van zeer hoge kwaliteit aangeduid, gemeten aan de voorkomende flora, fauna en vegetatiestructuur. MNH, MPW en HvB zijn beoordeeld als zijnde in staat van ontwikkeling, waarvan de huidige natuurwaarde bovendien al erg groot is. Deze beoordeling deels te maken met het op orde brengen van de gebieden als habitat voor het pimpernelblauwtje, waarbij de dichtheid van de in de grond levende waardmier *Myrmica scabrinodis* (Nylander) als maatstaf wordt gebruikt. Daarnaast wordt veel belang gehecht aan de aanwezigheid van

bijzondere en kwetsbare flora, zoals *Cirsium dissectum*, en speelt daardoor een grote rol in deze beoordeling.

Springstaartgemeenschappen

In dit onderzoek zijn 42 soorten en 12.009 individuele springstaarten gevonden uit een totaal van 30 bodemonsters (tabel 2). Acht soorten zijn aangetroffen in alle vijf de gebieden, twaalf soorten zijn steeds maar in één gebied gevonden en veelal zijn dit soorten waarvan maar één individu gevonden is. Het aantal dieren per pot verschilde sterk per gebied ($p < 0,001$), waarbij in bodemonsters uit KBW en DBW meer dan 600 dieren per bodemonster zijn aangetroffen. MNH, MPW en HvB tellen twee tot vier keer zo weinig dieren. Omgerekend zijn in DBW en KBW zo'n 80.000 ind/m² aan te treffen tegenover 22.000 tot 38.000 ind/m² in de andere gebieden (tabel 3). Het aantal soorten per gebied ligt consistent rond de 25, terwijl in de individuele bodemonsters gemiddeld 13 tot 16 soorten zijn aangetroffen. Het gemiddelde aantal soorten per monster verschilde niet significant tussen de onderzochte gebieden ($p = 0,175$) (tabel 3).

De dominantieanalyse geeft een duidelijke dominantie van *Parisotoma notabilis* en *Lepidocyrtus ruber* weer over de gebieden (figuur 3). Deze soorten maken over de hele gemeenschap 30,6% en 29,7% uit, voor een totaal van meer dan 60%. Opvallend is dat DBW en KBW in volgorde exact dezelfde top drie van zeer dominante soorten hebben, met naast de eerder genoemde twee dominante soorten *Folsomia quadrioculata* als derde soort. In MPW gaat *F. quadrioculata* echter beide soorten in aantallen voorbij en is een duidelijke overheersing van één of enkele soorten veel minder expliciet. In MNH zijn *P. notabilis* en *L. ruber* wel de meest voorkomende soorten, maar de abundantie van *Friesea claviseta* en *Isotomiella minor* is vrijwel even hoog. *Friesea claviseta* en *I. minor* komen in alle gebieden voor in middelgrote aantallen, meestal in de subdominante groep. In MNH- en MPW-gebieden komt een subdominante groep naar voren (figuur 3), terwijl een subdominante groep in KBW, DBW en HvB afwezig lijkt vanwege de hoge aantallen *P. notabilis* en *L. ruber* (figuur 3). In MNH, en in mindere mate in MPW, is dominantie van enkele soorten minder uitgesproken. De subdominante groep (5 – 10%) bestaat in beide gebieden uit 3-4 soorten en volgen dicht op de dominante soorten in abundantie.



3. Structuur van de springstaartgemeenschappen in de blauwgraslanden rond de Moerputten. Merk de sterke dominantie van *L. ruber* op in HvB. Alleen de 22 meest voorkomende soorten zijn weergegeven, gebaseerd op, en in volgorde van het totale voorkomen. het totale voorkomen. >10% = zeer dominant, 10% - 5% = dominant, 5% - 1% = subdominant, <1% = niet dominant. De limieten zijn weergegeven met de gele, onderbroken lijnen. Voor afkortingen van de locatienamen, zie tabel 1.

3. Structure of the springtail communities in the fen meadows around 'de Moerputten'. Notice the strong dominance of *L. ruber* in HvB. Only the 22 most abundant species are displayed, based on, and in order of their total abundance total abundance. >10% = very dominant, 10% - 5% = dominant, 5% - 1% = subdominant, <1% = niet dominant. The limits are represented by the yellow, dashed lines. For abbreviations of the location names, see table 1.

De Sørensen-index geeft een gemiddelde overeenkomstigheid van 44,73% tussen alle gebieden. De springstaartgemeenschappen van DBW en KBW lijken erg veel op elkaar (79,4%) (figuur 4). MNH staat wat betreft soortensamenstelling het verste af van de andere gebieden, met een Sørensen-score van lager dan 40% met de andere gebieden. Het gebied dat het meeste overeenkomt met MNH is MPW, die 55,8% gelijkens toont. De Evenness-index bevestigt dat de springstaartgemeenschappen bestaan uit enkele zeer abundante soorten en veel soorten die minder abundant zijn (tabel 3). De Shannon-Index voor de gebieden laat een soortgelijk beeld zien (tabel 3), waarbij MNH en MPW een hogere biodiversiteit kennen door gematigde verschillen in dominante soorten en HvB een lage biodiversiteit kent doordat maar één soort zeer dominant is.

Uit de variatieanalyse bleek dat veertien soorten significant gebonden zijn aan specifieke graslanden (tabel 4). Vier soorten doen het specifiek beter in DBW en KBW. Dit zijn *Parisotoma notabilis*, *Entomobrya nicoleti*, *Megalothorax minimus* en *Pogonognathellus flavescens* (tabel 4). Andere soorten die het beter doen in DBW en KBW zijn *Sphaeridia pumilis*, *Lepidocyrtus ruber*, *Lepidocyrtus cyaneus*, *Friesea claviseta* en *Sminthurinus aureus*, *Brachysotomella parvula* en soorten van de familie Tullbergidae, maar deze lijken naast DBW en KBW ook goed te gedijen in één of meer van de andere drie gebieden (tabel 4). Drie soorten kwamen vaker voor in de gebieden MNH en MPW. Het betreft hier *Sminthurinus niger* en twee vochtminnende soorten, namelijk *Isotoma riparia* en *Sminthurides malmgreni*. Deze drie soorten werden in DBW en KBW juist in lagere aantallen aangetroffen. HvB kende alleen een hogere dichtheid dan gemiddeld voor de soorten *F. claviseta* en *L. ruber*, terwijl van de overige twaalf onderscheidende soorten in het gebied consistent lagere aantallen gevonden werden.

Discussie

De vijf onderzochte gebieden komen qua plantengemeenschap, vegetatiestructuur en zuurgraad sterk met elkaar overeen, waardoor de bodemgesteldheid, leeftijd en mate van verstoring een grotere rol spelen in de ontwikkeling van de springstaartgemeenschappen (zie ook Chauvat et al. 2007). Verschillen worden enkel gevonden in de vochtigheidsgraad, oppervlakte en bodemtype. De vochtigheidsgraad had ook een effect op de vegetatiesamenstelling, waarbij *Agrostis canina* domineert in de vochtigere gebieden MNH, MPW en HvB. Deze soort werd ingewisseld voor *A. stolonifera* en *Festuca rubra* in de drogere gebieden. De indeling die de terreinbeherende organisaties toekennen aan de vijf percelen komt overeen met de droog/zand tegen vochtig/klei scheiding op basis van de gemeten bodemeigenschappen.

De springstaartgemeenschappen worden duidelijk gedomineerd door *P. notabilis* en *L. ruber* (figuur 3). Omdat deze soorten weinig beschreven zijn, lichten we deze soorten uit in kader 1. Andere veelvoorkomende soorten zijn *F. quadrioculata*, *S. pumilis*, *F. claviseta* en *I. minor*, die ieder in meerdere gebieden een belangrijk deel uitmaken van de aanwezige springstaartgemeenschappen. Deze soorten zijn allen eurytoop en hebben een hemi-edaphische (half op, half in de bodem levende) levenswijze en kunnen in een groot aantal biotopen worden aangetroffen (Popatov 2001). In bodems die rijk zijn aan organisch materiaal bereiken deze soorten hoge aantallen. De meeste soorten die hier aangetroffen zijn worden geregeld waargenomen in verschillende soorten graslanden (Ponge et al. 2003, Ponge et al. 2006, Chauvat et al. 2007), maar komen daarnaast ook voor in andere biotopen zoals bossen, parken en houtwallen, en zijn hier dus niet specifiek aan gebonden. Naast *L. ruber* zijn er opvallend weinig voor graslanden indicatieve soorten gevonden, zoals de zeldzame *Isotomurus fucicola* (figuur 5). Sterzyńska (1990) meldt ook weinig typische graslandsoorten

DBW	100				
KBW	79,4	100			
MNH	28,9	29,5	100		
MPW	37,3	41,1	55,8	100	
HvB	54,3	42,0	35,8	43,2	100
	DBW	KBW	MNH	MPW	HvB

4. Sørensen Similariteit-diagram voor de springstaartgemeenschappen van de blauwgraslanden in de Moerputten. De kleuren (van groen = 'overeenkomstig' naar rood = 'meer onderscheidend') geven de mate van overeenkomstigheid tussen gebiedsparen aan. Voor afkortingen van de locatienamen, zie tabel 1.

4. Sørensen Similarity diagram of the springtail communities present in the fen meadows of Moerputten nature reserve. The colours (green 'very similar' to red 'more distinct') indicate an increasing dissimilarity between pairs of specific grasslands. For abbreviations of the location names, see table 1.

en zeldzaamheden in blauwgraslanden. Dit is opvallend en wijst erop dat abiotische kenmerken en vegetatiestructuur belangrijker zijn voor springstaarten dan het voorkomen van specifieke flora.

De blauwgraslanden van de Moerputten kennen een zeer hoge dichtheid aan springstaarten vergeleken met studies in soortgelijke biotopen. In deze studies varieert de waargenomen dichtheid springstaarten tussen 6.800 ind/m² tot 30.000 ind/m² (e.g. Sterzyńska 1990, Ponge et al. 2003, Chauvat et al. 2007). De dichtheden in DBW en KBW zijn vergeleken hierbij bijzonder te noemen (tabel 3). De dichtheden in MNH, MPW en HvB komen overeen met de door Chauvat et al. (2007) gevonden waarden: zo'n 22.000 tot 37.000 ind/m². Sterzyńska & Ehrnsbergher (2005) komen ook op 20.000 tot 30.000 ind/m² in de nog sterk in ontwikkeling zijnde blauwgraslanden in de Drentsche AA. Alle in dit onderzoek bemonsterde graslanden, inclusief MNH, MPW en HvB, bevatten meer soorten dan de graslanden in de Drentsche AA, namelijk gemiddeld 24 tegen 18 soorten. Dit heeft ermee te maken dat de blauwgraslanden rond de Moerputten ouder zijn, terwijl in de Drentsche AA de graslanden pas minder dan 35 jaar in ontwikkeling zijn. Tevens correleert het totale aantal soorten bodemspringstaarten doorgaans met de mate van successie (Shaw 2003, Sterzyńska & Ehrnsbergher 2005). Chauvat

et al. (2007) geven echter dat er een zwakke relatie bestaat tussen het aantal soorten en het stadium van successie, maar dat komt omdat de graslanden in die studie weinig contrasten tussen vegetatie, bodemtype en biochemische data vertonen. Deze conclusie vind zijn naslag in deze studie, waarbij het totale aantal soorten niet indicatief was voor de staat van de graslanden.

Sterzyńska (1990) meldt een gemiddelde overeenkomstigheid van zo'n 30% tussen de aangetroffen springstaartgemeenschappen in halfnatuurlijke graslanden in Polen, terwijl in deze studie een gemiddelde overeenkomst van zo'n 50% wordt gemeld, met een piek van 79,4% overeenkomst tussen DBW en KBW. Dispersieafstand zou hier de oorzaak van kunnen zijn, omdat de gebieden relatief dicht bij elkaar liggen (max 1,5 km, tussen MNH en MPW). Een verklaring in dispersie ligt niet helemaal voor de hand, omdat tussen deze twee percelen HvB ligt waar *P. notabilis* niet goed lijkt te gedijen. DBW en KBW zijn gelijk in mate van verstoordheid, natuurwaarde en de hier gemeten abiotische eigenschappen. Chauvat et al. (2007) komen ook tot een grote overeenkomst van 70-90% tussen springstaartgemeenschappen wanneer diezelfde factoren gelijk zijn.

Een verklaring voor het gebrek aan duidelijk dominante soorten (figuur 3) en lage dichtheden (tabel 3) in MPW en MNH kan worden gevonden in verstoring als gevolg van inundaties. Inundatie, al dan niet periodiek, heeft een negatief effect op de populatiegrootte in springstaartgemeenschappen en een positief effect op diversiteit. Dit is in overeenstemming met Russell et al. (2004) en Russell & Griegel (2006), die observeerden dat de algehele diversiteit groter was in springstaartgemeenschappen op Rijn oevers die af en toe inunderen. Soorten krijgen in zulke biotopen niet de kans blijvend te domineren doordat de populaties van terrestrische soorten steeds uitgedund worden als gevolg van verstoring door water, terwijl juist het gebrek aan water wanneer nieuwe inundatie langer op zich blijft wachten voor de waterminnende soorten nadelig is.

Naast bodemvochtigheid zou ook de venige kleibodem een factor van belang kunnen zijn in MPW, MNH en HvB. Venige klei is een ongunstig vestigingssubstraat voor veel edaphische (sterk aan bodem gebonden) en hemi-edaphische soorten als *P. notabilis*, *M. minimus* en *Brachystomella parvula*, die dan ook significant vaker zijn waargenomen in de zandige bodem van DBW en KBW. Een verklaring hiervoor kan worden gevonden in

Tabel 4. Soortspecificiteit per gebied. De letters geven significante verschillen in abundantie per soort tussen de gebieden aan ($p < 0.05$), waarbij A steeds de groep met de hoogste aantallen van de soort aangeeft. De donkergekleurde blokken met dikgedrukte letters geven een soortassociatie met een bepaald gebied aan (drogere of nattere percelen). De lichtgekleurde blokken geven mogelijke verbanden die wat minder eenduidig zijn. Zie tabel 2 voor de daadwerkelijke aantallen. Voor afkortingen van de locatienamen, zie tabel 1.

Table 4. Species specificity per area. Letters indicate statistical significant differences in abundances between areas ($p < 0.05$) where A refers to the areas with the highest abundance. De dark coloured blocks with letters in bold indicate associations between species and areas (drier and wetter areas). The light coloured blocks give possible associations that are less pronounced. See table 2 for true species numbers. For abbreviations of the location names, see table 1.

Soort	DBW	KBW	MNH	MPW	HvB
<i>Parisotoma notabilis</i>	A	A	B	B	B
<i>Entomobrya nicoleti</i>	A	A	B	B	B
<i>Megalothorax minimus</i>	A	A	B	B	B
<i>Pogonognathellus flavescens</i>	A	A	B	B	B
<i>Sphaeridia pumilis</i>	A	A	B	A	B
<i>Lepidocyrtus ruber</i>	A	A	B	B	A
<i>Lepidocyrtus cyaneus</i>	A	AB	BC	BC	C
<i>Friesea claviseta</i>	A	AB	B	B	AB
<i>Sminthurinus aureus</i>	AB	A	AB	B	B
<i>Brachystomella parvula</i>	A	AB	AB	C	BC
Tullbergidae sp.	A	A	A	B	B
<i>Sminthurinus Niger</i>	B	B	A	AB	B
<i>Sminthurides malmgreni</i>	B	B	AB	A	B
<i>Isotoma riparia</i>	B	B	AB	A	B



5. *Isotomurus fucicolus*; deze roodpaarse, zeldzame *Isotomurus* is in matig vochtige tot zeer vochtige graslanden en aan de oevers van stilstaand water aan te treffen. Dit dier is 2,4 mm. Foto: Roel van Bezouw

5. *Isotomurus fucicolus*; this red-purple, rare *Isotomurid* species is found in moist to wet meadows and along the shores of standing water. This specimen is 2,4 mm long.

studies die de compactheid van de bodem relateerden aan de samenstelling van springstaartgemeenschappen. Bij een hoge korreligheid van de bodem neemt het aantal bodemafhankelijke springstaarten af (Dittmer & Schrader 2000, Larsen *et al.* 2004). Zuurgraad wordt geregeld genoemd als bepalende factor voor het voorkomen van bodemlevende springstaarten (zie bijvoorbeeld Loranger *et al.* 2001). Hiervoor is in dit onderzoek geen effect gevonden, omdat de zuurgraad in alle gebieden gelijk bleek te zijn (tabel 1) en dit resultaat benadrukt dat vochtigheid en bodemtype ten grondslag liggen aan de hier gevonden verschillen.

De grootte van de populaties van *L. ruber* en *P. notabilis* lijkt sterk van invloed te zijn op de hier toegepaste Evenness- en Shannon-indexen. Dominantie van één van deze soorten geeft zeer lage waarden (HvB), terwijl wanneer beide soorten domineren de Evenness- en Shannon-indexen gemiddelde waarden geven (DBW, KBW). Wanneer geen van deze soorten duidelijk

domineert (MNH, MPW) zijn de Evenness- en Shannon-index waarden hoger. De verhouding tussen de Evenness-indexwaarden van de gebieden is min of meer gelijk als de verhouding tussen de Shannon-index waarden (tabel 2). Dit lijkt verband te houden met het feit dat tussen de gebieden het totale aantal soorten ook min of meer gelijk is (tabel 2) en dat de invloed van extra soorten op de totale biodiversiteit gering is door hun lage aantallen (tabel 3). Wanneer we de gemeenschappen in de Moerputten vergelijken met de springstaartgemeenschappen in de graslanden van de Drentsche AA, blijken laatstgenoemde gebalanceerder te zijn dan de hier onderzochte graslanden (Sterzyńska & Ehrnsberger 2005). Dit komt waarschijnlijk doordat de gemeenschappen daar sterker onder invloed staan van de dynamiek van successie en/of nog in ontwikkeling zijn waardoor er (nog) geen soorten zijn die zijn gaan domineren, zie ook de hiervoor genoemde invloed van inundatie op springstaartgemeenschappen.

Springstaarten kennen doorgaans een grote variabiliteit, ook binnen experimentele eenheden, zoals hier waar te nemen in de berekende standaarddeviaties die dikwijls het gemiddelde overstijgen (tabel 2). Aggregatie en verschillen in microhabitat zijn hier debet aan (Hopkin 1997). Sommige epedaphische (op de bodem levende) soorten lijken zich daarnaast zeer weinig aan te trekken van de bodem waarop zij leven. Dat we deze soorten in de Tullgren-bodemmonsters vinden is dan eerder het gevolg van willekeurige bijvangst, zoals *Dicyrtomina minuta* (figuur 6). Desondanks is er voor sommige soorten een patroon tevoorschijn gekomen waaruit een voorkeur voor habitat blijkt, waarvan vier soorten indicatief zijn voor de zandige, drogere percelen DBW en KBW. *Megalothorax minimus* en *P. flavescens* zijn echte climaxsoorten, terwijl *E. nicoleti* waarschijnlijk de drogere omstandigheden preferereert. Ook *P. notabilis* lijkt in deze studie indicatief te zijn voor DBW en KBW (tabel 3, kader 1). Deze uitkomst is waarschijnlijk moeilijk te extrapoleren naar situaties buiten deze studie, omdat de soorten juist gekenmerkt worden door hun wijdverbreide voorkomen (Popatov 2001). Desalniettemin geven deze resultaten aan dat de bodem in deze percelen erg gunstig is voor springstaarten, en daarmee ook andere bodemfauna, die essentieel zijn voor een goed functionerend ecologisch graslandstelsel. De soorten die niet significant vaker voorkomen in deze gebieden zijn *Isotoma riparia*, *Sminthurides malmgreni* en *Sminthurinus niger*, die allen tevens minder



6. (a) *Dicyrtomina minuta*, een grote (tot 3.5 mm) soort uit de orde der Symphypleona die aangetroffen is in de blauwgraslanden van de Moerputten. (b) Deze worden doorgaans in lage aantallen aangetroffen in bodemkernen vanwege hun doorgaans epedaphische levenswijze, zoals hier al klimmend afgebeeld op een paddestoel. Foto's: Jan van Leeuwen

6. (a) *Dicyrtomina minuta*, a big (up to 3.5 mm) epedaphic living species from the order of Symphypleona that is found in the fen meadows of 'De Moerputten'. (b) They are usually sparsely found in soil cores due to their epedaphic lifestyle, here displayed as climbing a mushroom.

indicatief zijn voor de kwaliteit van de bodem vanwege hun epedaphische levenswijzen. Hoge aantallen van *I. riparia* en *S. malmgreni* zouden echter wel een aanwijzing kunnen zijn dat de gebieden te nat zijn voor de ontwikkeling van een levensgemeenschap van springstaarten welke lijkt op de gebieden DBW en KBW (tabel 3).

Conclusie

De samenstelling van de springstaarten in de Moerputten wordt voornamelijk bepaald door verschillen in bodemvochtigheid en bodemtype. Voor andere factoren in dit onderzoek (zuurgraad, vegetatiestructuur, voorkomende flora) waren de gebieden min of meer gelijk. Een groep van vier soorten kwam als indicatief voor kwalitatief goede percelen naar voren uit de statistische analyses: *Parisotoma notabilis*, *Pogonognathellus flavescens*, *Megalothorax minimus* en *Entomobrya nicoleti*. Dit zijn allen geen specifieke graslandsoorten, maar profiteren wel van de gunstige bodemomstandigheden en relatieve onverstoorbaarheid in DBW en KBW. Daarnaast zijn opvallend hoge aantallen *Lepidocyrtus ruber* gevonden, waarvan waarnemingen in de literatuur schaars zijn. Deze observatie bevestigt het beeld dat de soort sterk gebonden is aan vochtige graslandbiotopen. Voor monitoringdoeleinden lijken deze vijf soorten indicatief te zijn voor een goede ontwikkeling van bodemfaunagemeenschappen in blauwgraslanden indien zij in relatief hoge aantallen aangetroffen worden aangetroffen. Dit geldt in het bijzonder

voor een dominant voorkomen van zowel *L. ruber* als *P. notabilis*. De in deze studie gevonden waarden voor springstaartsoorten kunnen worden gebruikt als referentie in toekomstige monitoringsonderzoeken van bestaande of in ontwikkeling zijnde gebieden. De relevantie en indicatorwaarde van deze soorten voor projecten buiten de natuurontwikkeling van de graslanden rond de Moerputten moet nog blijken en zou een onderwerp voor vervolgonderzoek kunnen zijn.

Dankwoord

Dit onderzoek maakte deel uit van een grootschalig project naar de kwaliteit van natuurgebieden in de Moerputten in Noord-Brabant door De Vlinderstichting, in samenwerking met Wageningen University en de Vrije Universiteit Amsterdam. Wij willen Jan van Leeuwen bedanken voor het beschikbaar stellen van zijn springstaartfoto's. Wij willen de medewerkers van de Vrije Universiteit bedanken voor het gebruik van hun laboratoria en apparatuur. Ook willen wij de hierbij betrokken medewerkers van De Vlinderstichting, daarbij in het bijzonder Sicco Ens, bedanken voor hun medewerking aan dit onderzoek en hun foto's. Tevens willen wij Staatsbosbeheer bedanken voor toestemming voor het onderzoek in hun gebieden. Het project is mede gefinancierd door de provincie Noord-Brabant en door een EU-subsidie (Code LIFE 11 NAT/NL/000770) in het kader van het Life project 'Blues in the marshes'.

Literatuur

- Berg MP & Bengtsson G 2007. Temporal and spatial variability in soil food web structure. *Oikos* 116: 1789-1804.
- Berg MP, Dimmers W, Wynhoff I, Van Langevelde F & Van Bezouw RFHM 2015. De springstaarten *Folsomides angularis* en *F. parvulus* nieuw voor de Nederlandse fauna (Hexapoda: Collembola: Isotomidae). *Nederlandse Faunistische Mededelingen* 45: 57-66.
- Berg MP & Heijerman Th 2002. De springstaart *Lepidocyrtus paradoxus* nieuw voor de Nederlandse fauna (Hexapoda: Collembola). *Nederlandse Faunistische Mededelingen* 16: 69-74.
- Berg MP & Hemerik L 2004. Secondary succession of terrestrial isopod, centipede, and millipede communities in grasslands under restoration. *Biology of Fertile Soils* 40: 163-170.
- Chauvat M, Wolters V & Dauber J 2007. Response of collembolan communities to land-use change and grassland succession. *Ecography* 30: 183-192.
- De Deyn GB, Raaijmakers CE, Zoomer HR, Berg MP, De Ruiter PC, Verhoef HA, Bezemer TM & Van der Putten WH 2003. Soil invertebrate fauna enhances grassland succession and diversity. *Nature* 422: 711-713.
- Dittmer S & Schrader S 2000. Longterm effects of soil compaction and tillage on Collembola and straw decomposition in arable soil. *Proceedings of Vth International Seminar on Apterygota, Cordoba 1998* *Pedobiologia* 44: 527-538.
- Fagan K, Pywell RF, Bullock JM & Marrs RH 2008. Are ants useful indicators of restoration success in temperate grasslands? *Restoration Ecology* 18: 373-379.
- Fjellberg A 1998. The Collembola of Fennoscandia and Denmark. Part i: Poduramorpha. *Fauna Entomologica Scandinavica* 35.
- Fjellberg A 2007. The Collembola of Fennoscandia and Denmark. Part ii: Entomobryomorpha and Symphypleona. *Fauna Entomologica Scandinavica* 42.
- Fountain MT & Hopkin SP 2004. Biodiversity of Collembola in urban soils and the use of *Folsomia candida* to assess soil 'quality'. *Ecotoxicology* 13: 555-572.
- Giesberts MGM 2012. Milieueffect rapport Natuurontwikkeling Vlijmens Ven en Honderdmorgen. Royal Haskoning D.H.V.
- Hopkin SP 1997. *Biology of the Springtails*. Oxford University Press.
- Hopkin SP 2007. *A key to the Collembola (Springtails) of Britain and Ireland*. AIDGAP.
- Kardol P & Wardle DA 2010. How understanding aboveground-belowground linkages can assist restoration ecology. *Trends in Ecology and Evolution* 25: 670-679.
- Larsen T, Schjønning P & Axelsen J 2004. The impact of soil compaction on euedaphic Collembola. *Applied Soil Ecology* 26: 273-281.
- Loranger G, Bandyopadhyaya I, Razaka B & Ponge JF 2001. Does soil acidity explain altitudinal sequences in collembolan communities? *Soil Biology & Biochemistry* 33: 381-393.
- Mateos E 2008. The European *Lepidocyrtus* Bourlet, 1839 (Collembola: Entomobryidae). *Zootaxa* 1769: 35-59.
- Nijssen ME & Van Noordwijk CGE 2015. Herstel van de rijke fauna van Limburgse kalkgraslanden. *De Levende Natuur* 116: 248-254.
- Noordijk J & Koomen P 2011. Geleedpotige diversiteit in Nederland: 1995 versus 2010. *Entomologische Berichten* 71: 172-180.
- Ponge JF, Gillet S, Dubs F, Fédoroff E, Haese L, Sousa JP & Lavelle P 2003. Collembolan communities as bioindicators of landuse intensification. *Soil Biology and Biochemistry* 35: 813-826.
- Ponge JF, Dubs F, Gillet S, Sousa JP & Lavelle P 2006. Diversity in soil springtail communities: the importance of dispersal and landuse history in heterogenous landscapes. *Soil Biology and Biochemistry* 38: 1158-1161.
- Potapov M 2001. Synopses on Palaearctic Collembola: Isotomidae. *Abhandlungen und Berichte des Naturkundemuseums Görlitz* 73(2): 1-603.
- Russell DJ, Hauth A & Fox O 2004. Community dynamics of soil collembola in floodplains of the Upper Rhine Valley. *Pedobiologia* 48: 527-536.
- Russell DJ & Griegel A 2006. Influence of variable inundation regimes on soil collembola. *Pedobiologia* 50: 162-175.
- Russell DJ, Schulz HJ, Hohberg K & Pfanz H 2011. Occurrence of collembolan fauna in mofette fields (natural carbon-dioxide springs) of the Czech Republic. *Soil Organisms* 83: 489-505.
- Shaw PJA 2003. Collembola of pulverished ash fuel sites near London. *European Journal of Soil Biology* 39: 1-8.
- Shaw PJA, Ozanne CMP, Speight M & Palmer I 2007. Edge effects and arboreal Collembola in coniferous plantations. *Pedobiologia* 51:287-293
- Sterzyńska M 1990. Springtails (Collembola) of moist meadows on the Mazovian Lowland. *Memorabilia Zoologica* 43: 61-81
- Sterzyńska M & Ehrnsberger R 2005. Collembola assemblages of fen meadows in the nature reserve Stroomdallandschap Drentsche Aa (Netherlands) – the preliminary study. *Osnabrücker Naturwissenschaftliche Mitteilungen* 30/31: 137-144.
- Turin H, Noordijk J, Van der Meer F & Boer P (2014). Hooiwagens, loopkevers en mieren in houtwallen in de Noardlike Fryske Wâlden. *Entomologische Berichten* 74: 219-229.

- Van Straalen NM & Rijninks PC 1982. The efficiency of Tullgren apparatus with respect to interpreting seasonal changes in age structure of soil arthropod populations. *Pedobiologia* 24:197-209.
- Van Swaay CAM & Van Strien AJ 2005. Using butterfly monitoring data to develop a European grassland butterfly indicator. In: Studies on the ecology and conservation of Butterflies in Europe. Vol. 1: general concepts and case studies (Kühn E, Thomas JA, Feldmann R, Settele J eds): 106-108. Pensoft.
- WallisDeVries MF, Poschold P & Willems JH 2002. Challenges for the conservation of calcareous grasslands in northwestern Europe: integrating the requirements of flora and fauna. *Biological Conservation* 104: 265-273.
- Wynhoff I 2001. At home on foreign meadows: the reintroduction of two *Maculinea* butterflies. Proefschrift Wageningen Universiteit.

Geaccepteerd: 16 maart 2016

Summary

Springtail communities (Hexapoda: Collembola) as soil quality indicators for fen meadow soils around nature reserve De Moerputten

Few data is available about the collembolan communities of the endangered habitats that belong to the fen meadows. To enhance our understanding of the role of soil fauna in the nature restoration, research was conducted to provide more insight in the presence and driving factors of collembolan communities at Nature Reserve 'De Moerputten', (province Noord-Brabant, the Netherlands). At five locations in this nature reserve, soil cores were collected and springtails were extracted from these soil cores using tullgrenn funnels. Abundance reached up to 87,000 individuals per square meter and 42 species were identified among the specimens gathered. A total of 23 to 26 species were encountered per meadow. More than 60% of all individuals found belonged to the species *Lepidocyrtus ruber* and *Parisotoma notabilis*. Several groups of springtail species were found to be indicative for soil type and moisture, which stresses the relevance of soil fauna as soil quality indicators. *Isotoma riparia*, *Sminthurides malmgreni* and *Sminthurinus niger* favoured wetter, clayey soils while *P. notabilis* and *Megalthorax minimus* preferred drier, sandy soils. However, most of these species belong to a group of eurytopic habitat generalists and are commonly encountered in other habitats as well. Therefore, the indicativeness of these species is difficult to put into a wider perspective, but their abundance proved to be a measure of soil parameters in this study. Some species encountered here belong to rare, putative specialist species such as *Isotomurus fucicolus*, but too few specimens of this category were found to give a proper assessment of their specificity. The vast number of the rarely reported *L. ruber* reported here is striking. Based on literature and our own findings, *L. ruber* is being described as an indicator species of moist meadows and its presence elsewhere deserves attention in future research. The data collected here can be used to monitor future restoration projects that aim to improve the quality of the fen meadows. This article contributes to our knowledge of springtail community composition in fully developed fen meadows.



R.F.H.M. van Bezouw
Marijkeweg 28 4C6
6709 PG Wageningen
roelvanbezouw@hotmail.com

Irma Wynhoff
De Vlinderstichting
Postbus 506
6700 AM Wageningen

Frank van Langevelde
Wageningen Universiteit
Leerstoelgroep Resource Ecology
Postbus 47
6700 AA Wageningen

M.P. Berg
Vrije Universiteit, Amsterdam
Afdeling Ecologische Wetenschappen
Sectie Dierecologie
De Boelelaan 1085
1081 HV Amsterdam