



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Tussenrapport Insectenmonitoring Buitenland van Rhooon - 2023

Iryna Litovska, Fons van der Plas & David Kleijn

Leerstoelgroep Plantenecologie en Natuurbeheer, Wageningen University & Research. Droeendaalsesteeg 3a, 6708 PB, Wageningen



Inhoudsopgave

Inleiding.....	3
Methoden.....	3
2.1 Grond- en vegetatie-bewonende insecten en spinnen.....	3
2.2 Wilde bijen.....	4
2.3 Analyse	5
3 Voorlopige resultaten.....	5
3.1 Grond- en vegetatie-bewonende insecten en spinnen.....	5
3.1.1 Insecten op akkers vergeleken met insecten in half-natuurlijke habitats	5
3.1.2 Relaties tussen insecten, beheer en omgevingsfactoren op akkers	7
3.1.3 Relaties tussen insecten, beheer en omgevingsfactoren in half-natuurlijke habitats	8
3.2 Wilde bijen.....	9
3.2.1 Verschillen tussen habitats in wilde bijen	9
4 Voorlopige discussie	11
5 Literatuur	13

Inleiding

De reguliere werkzaamheden in het Buitenland van Rhooon die vallen onder de Raamovereenkomst “Rhooon natuurrijk - Landbouw, natuur, cultuurhistorie en recreatie waardevol verbinden” richten zich op (1) het adviseren van de Gebiedscoöperatie over hoe de benoemde doelen en doelsoorten uit het streefbeeld te realiseren zijn en welke maatregelen daarvoor nodig zijn, (2) het adviseren van leden over hun bedrijfsvoering om het realiseren van de doelen te combineren met een rendabele bedrijfsvoering, (3) het doen van onderzoek en monitoring van de praktijk en (4) kennisontwikkeling en kennisdeling met de Gebiedscoöperatie. Insecten en spinnen spelen een cruciale functionele rol bij de realisering van het streefbeeld. Insecten kunnen schade toebrengen aan landbouwgewassen, maar natuurlijke vijanden van plaaginsecten kunnen het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen overbodig maken. Wilde insecten zijn belangrijke bestuivers van fruit- en oliegewassen (Kleijn et al., 2015) en zeldzame soorten akkerflora. Insecten en spinnen vormen tenslotte een belangrijk voedselbron voor veel van de soorten broedvogels waar het beheer in het gebied zich op richt. Het monitoren van insecten zoals dat tot 2021 heeft plaatsgevonden in de Zegenpolder is onvoldoende om te kunnen leren van het beheer.

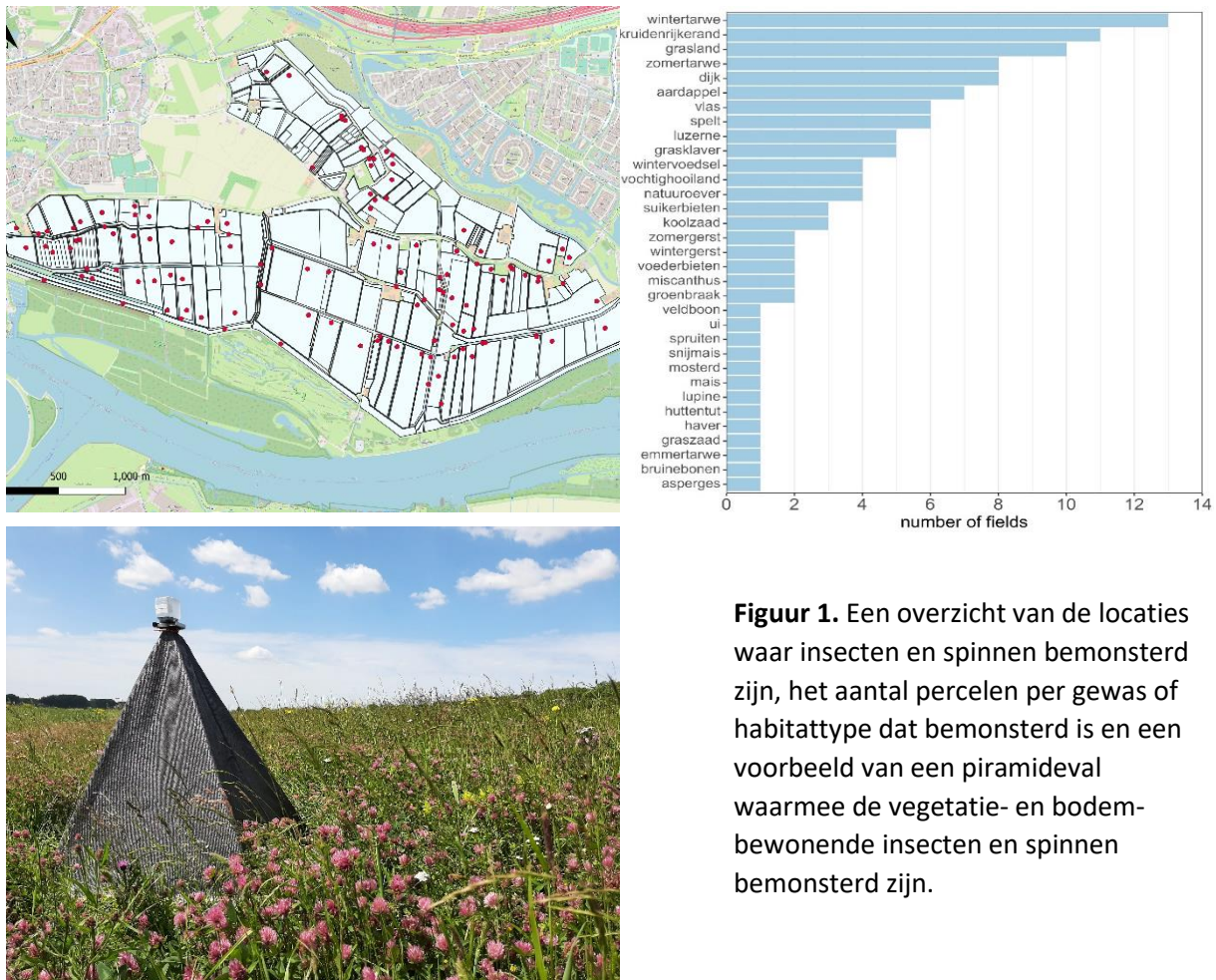
De gebied coöperatie ‘ Buitenland van Rhooon’ heeft daarom promotieonderzoek door de WUR (mede) gefinancierd waarmee op betrouwbare wijze antwoorden verkregen kunnen worden op vragen zoals ‘Welke habitattypen en beheersvormen dragen het meest bij aan een toename van de insectenstand in het gebied?’, ‘Wat is de relatie tussen insecten en natuurlijke plaagbestrijding of bestuiving van landbouwgewassen?’, ‘Wat zijn de effecten op opbrengst?’ en ‘Hoe dragen toegenomen insectenpopulaties bij aan het behoud van biodiversiteit in het algemeen en akkervogelpopulaties in het bijzonder?’

Dit onderzoek is op 1 november 2021 begonnen met de aanstelling van Iryna Litovska, die vier jaar lang onderzoek zal uitvoeren in het Buitenland van Rhooon om bovengenoemde vragen op betrouwbare wijze te beantwoorden. Het huidige tussenrapport beschrijft het onderzoek dat is uitgevoerd in het jaar 2022 en presenteert de voorlopige resultaten, waarna zeer kort wordt ingegaan op wat dit betekent, onder andere voor de realisatie van het streefbeeld van het Buitenland van Rhooon.

Methoden

2.1 Grond- en vegetatie-bewonende insecten en spinnen

Insecten en spinnen die zich in de vegetatie ophouden en die tijdens de bemonsteringsperiode uit de bodem kruipen zijn geïnventariseerd met behulp van piramidevallen (Fig. 1). In 2021 is een quickscan monitoring uitgevoerd in het gebied met behulp van dezelfde bemonsteringsmethode. In dat jaar zijn de negen meest algemeen voorkomende gewassen en habitattypen bemonsterd. Uit de voorlopige resultaten van dat jaar bleek dat er weinig significante relaties werden gevonden met de manier waarop de percelen beheerd werden (bemesting, grondbewerking, gebruik gewasbeschermingsmiddelen). Een mogelijke verklaring hiervoor zou kunnen zijn dat er weinig variatie in het beheer van de bemonsterde percelen was omdat percelen met hetzelfde gewas over het algemeen op dezelfde wijze beheerd worden. Om relaties met beheer zo betrouwbaar mogelijk te kunnen vaststellen is er daarom in 2022 voor gekozen om het aantal te bemonsteren percelen te vergroten en alle in het Buitenland van Rhooon voorkomende gewassen te bemonsteren ook als die maar op een enkel perceel werden verbouwd. In 2022 zijn daarom piramidevallen geplaatst op 120



Figuur 1. Een overzicht van de locaties waar insecten en spinnen bemonsterd zijn, het aantal percelen per gewas of habitattypen dat bemonsterd is en een voorbeeld van een piramideval waarmee de vegetatie- en bodembewonende insecten en spinnen bemonsterd zijn.

locaties en zijn in totaal 33 verschillende gewassen of habitattypen bemonsterd (Fig. 1). Elke locatie is op drie verschillende momenten bemonsterd, in de periode april-juli.

De gevangen insecten en spinnen zijn geteld op ordeniveau (dat wil zeggen spinnen, loopkevers, dansmuggen, zweefvliegen enz.). Om grip te krijgen op de variabelen die het voorkomen van insecten bepalen, zijn op elke locatie tijdens het bemonsteren van de insecten en spinnen een aantal omgevingsvariabelen geschat of gemeten waaronder vegetatiebedekking, vegetatiehoogte en stikstofgehalte en organisch stofgehalte van de bodem. Na afloop van het veldwerk zijn beheergegevens verzameld middels interviews bij de boeren, waaronder type grondbewerking en datum van de meest recente grondbewerking voor de insectenbemonstering, het gebruik van meststoffen en van gewasbeschermingsmiddelen.

2.2 Wilde bijen

Wilde bijen zullen geïnventariseerd worden met behulp van transect-tellingen omdat deze soortengroep niet goed kan worden bemonsterd met behulp van piramidevallen en omdat hiermee aangesloten kan worden op de methode die in eerdere jaren gebruikt is in de Zegenpolder door EIS. De vijf verschillende habitattypen met een permanente grazige vegetatie die zijn bemonsterd zijn:

dijken, extensief grasland, kruidenrijke randen, geplagde en ingezaaide landschapselementen (de in het gebied voorkomende natuuroevers en nat hooiland) en, als controle, gangbaar beheerde, niet ingerichte akkerzomen (meestal steile slootkanten). Van elk van deze habitattypen werden er negen bemonsterd, zodat een totaal van 45 locaties is bemonsterd op het voorkomen van bijen. In een transect van 100m x 3m werd gedurende 10 minuten alle wilde bijen geteld. Soorten die in het veld op naam konden worden gebracht werden uitsluitend geteld. Soorten die niet geïdentificeerd konden worden, werden gevangen met een vlindernet, gedood en meegenomen naar het lab om daar op naam te worden gebracht. Transect tellingen werden uitgevoerd tussen 9:00 en 17:00 uur, op dagen zonder neerslag, weinig wind en temperaturen boven 15°C (Westphal et al., 2008). Aanvullend aan de bijeninventarisatie werd in elk transect de bloembedekking en soortenrijkdom aan bloeiende planten geschat volgens de methode beschreven door Scheper et al., (2015). Het oppervlak kale grond werd geschat omdat veel soorten solitaire bijen graag in spaarzaam begroeide vegetaties nestelen. Ook werd de temperatuur en de bewolking genoteerd.

2.3 Analyse

De relaties tussen de aantallen insecten en spinnen enerzijds en het type gewas en het gevoerde beheer anderzijds zijn geanalyseerd met behulp van zogenaamde 'Generalized Linear Mixed Models' en een 'model averaging' benadering (zie onder andere Mei et al., (2023)). Respons variabelen waren het aantal getelde insecten en spinnen. Verklarende variabelen waren type gewas/habitat, en de verzamelde omgevings- en beheer variabelen vegetatiebedekking, vegetatiehoogte, stikstofgehalte en organisch stofgehalte van de bodem, aantal dagen tussen bemonstering en de laatste grondbewerking, de hoeveelheid gebruikte meststoffen in 2022 voor het bemonsteren van de insecten (uitgedrukt in kg N/ha) en de frequentie van het gewasbeschermingsmiddelengebruik in de 21 dagen voor het bemonsteren van de insecten. Ook werd bemonsteringsdatum (aantal dagen na 1 januari) meegenomen in deze analyses omdat de indruk bestond dat het aantal insecten gedurende het seizoen toenam. Bemonsteringsronde werd meegenomen als een zogenaamde 'random factor' omdat elke locatie drie keer bemonsterd werd en deze niet als onafhankelijke waarnemingen mogen worden beschouwd.

De relaties tussen aantal getelde bijen zijn ook geanalyseerd met behulp van zogenaamde 'Generalized Linear Mixed Models' en een 'model averaging' benadering. Hier waren de responsvariabelen het aantal en de soortenrijkdom van de waargenomen bijen. De verklarende variabelen waren het type habitat, de soortenrijkdom van de vegetatie en de soortenrijkdom en bedekking van de bloemen, percentage kale grond, bemonsteringsdatum, temperatuur en bewolking.

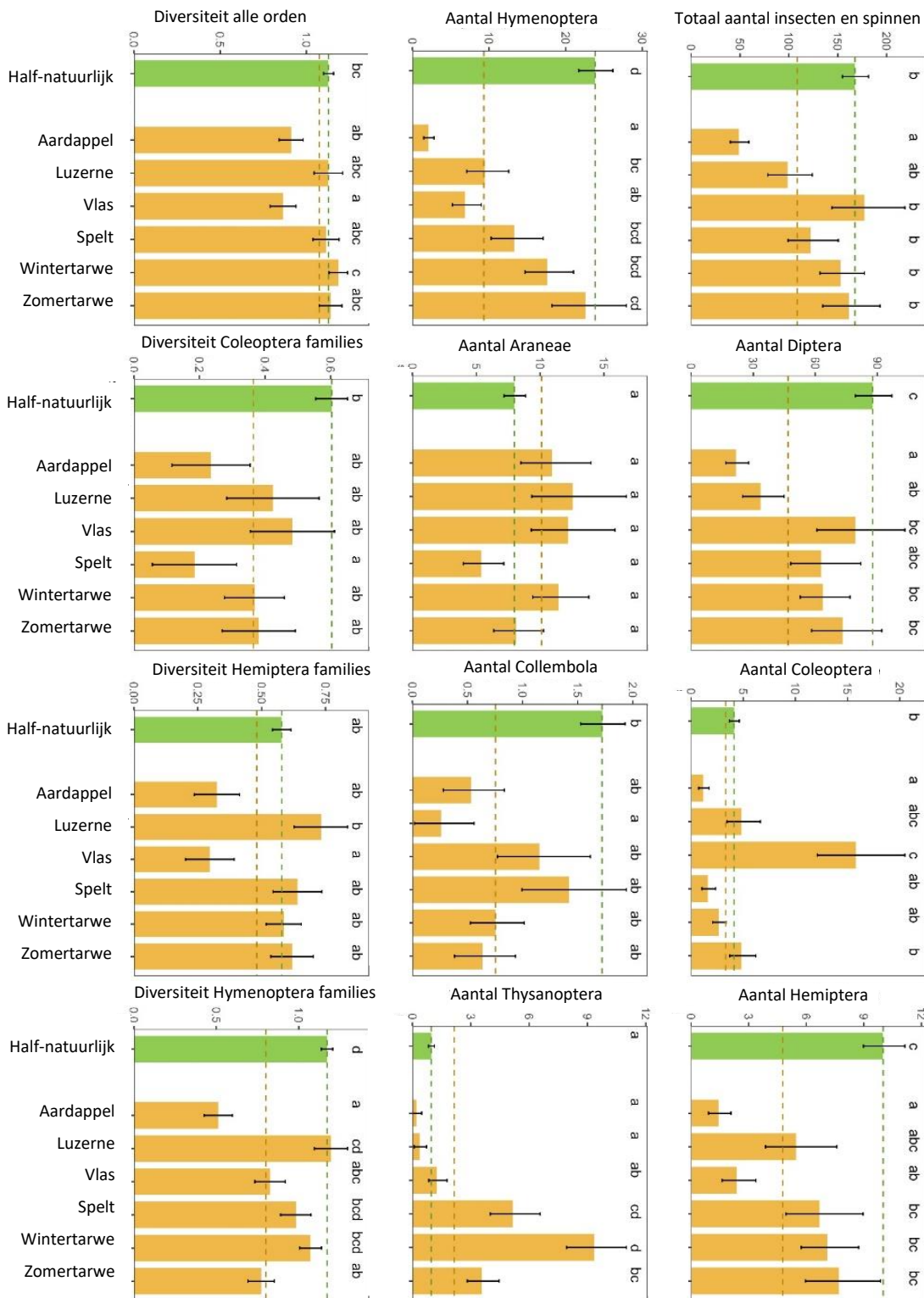
3 Voorlopige resultaten

3.1 Grond- en vegetatie-bewonende insecten en spinnen

3.1.1 Insecten op akkers vergeleken met insecten in half-natuurlijke habitats

In een eerste set van analyses werden insecten en spinnen in half-natuurlijke habitats vergeleken met insecten en spinnen in de gewassen die op minimaal vijf percelen in het gebied voorkwamen

(Fig. 2). De meest in het oog springende resultaten zijn dat gemiddeld genomen het totaal aantal insecten en spinnen in half-natuurlijke habitats weliswaar ruim 30% hoger licht dan gemiddeld in akkers, maar dat dit gemiddelde uitsluitend significant verschilt met dat van aardappels. De

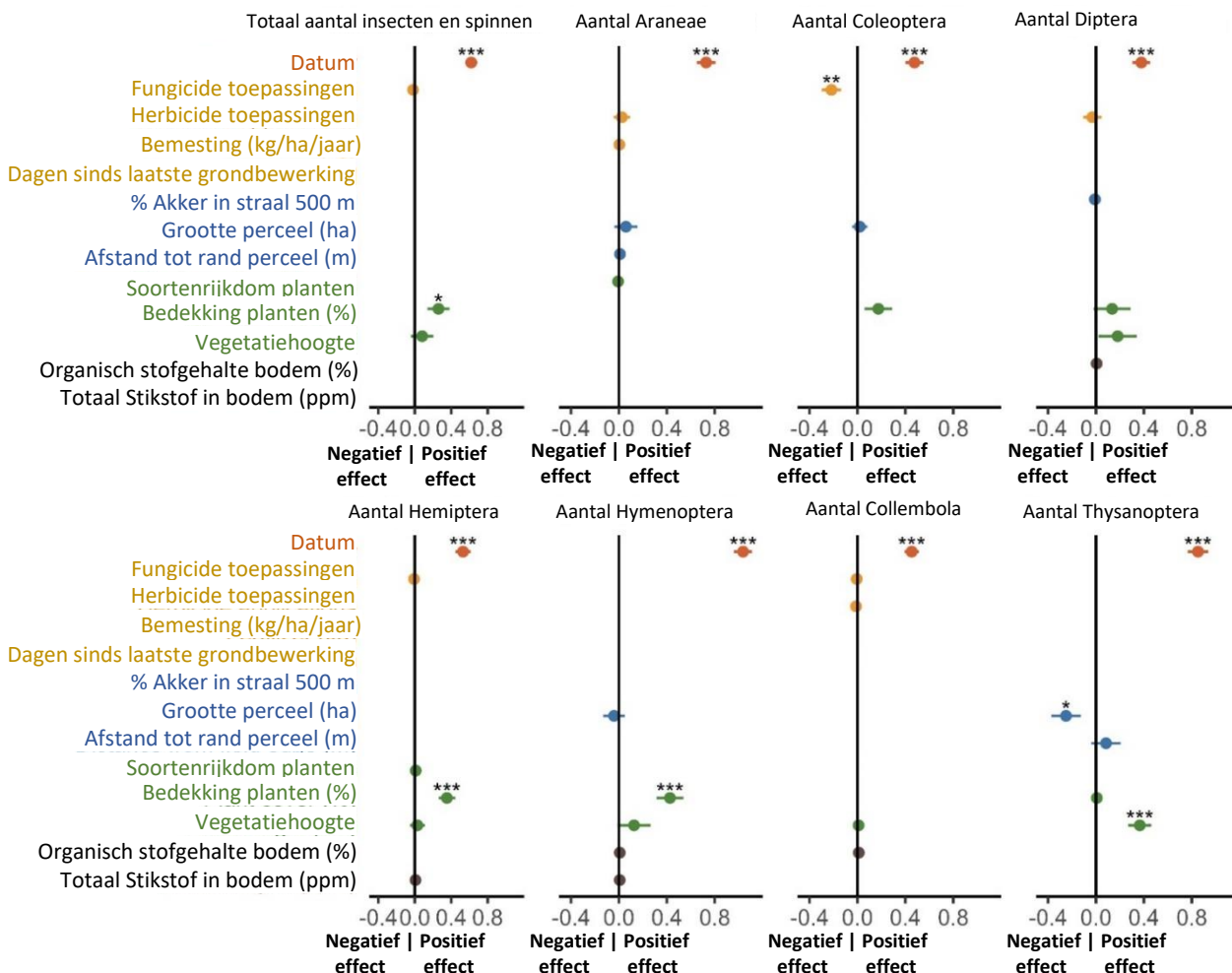


Figuur 2. Verschillen in aantallen en diversiteit van de verschillende groepen insecten en spinnen tussen half-natuurlijke habitats (kruidrijke randen, dijken, natuurvriendelijke oevers, extensief grasland) en akkers met de meest frequent voorkomende gewassen. Weergegeven zijn gemiddelden \pm standaardfout. Staafjes met verschillende letters verschillen statistisch significant van elkaar.

gemiddelde aantal insecten en spinnen in vlas en zomertarwe is zelfs vergelijkbaar met dat van half-natuurlijke habitats. Als we inzoomen op de individuele insectenorden dan blijkt dat verschillende orden een duidelijk verschillende respons hebben. Coleoptera (kevers) kwamen in verreweg de hoogste aantallen voor in vlas, Thysanoptera (thripsen) in wintergraan en Collembola (springstaarten) in half-natuurlijk habitat. Behalve tussen de gewassen met de hoogste en laagste aantallen waren de verschillen echter zelden statistisch significant, vermoedelijk door de grote variatie tussen percelen waarop hetzelfde gewas geteeld werd. Qua gewassen was aardappel een negatieve uitschieter en scoorde, met uitzondering van de Araneae (spinnen), altijd laag.

3.1.2 Relaties tussen insecten, beheer en omgevingsfactoren op akkers

In een tweede set van analyses werd het aantal waargenomen insecten en spinnen op akkers gerelateerd aan een reeks van beheersmaatregelen en omgevingsfactoren. Hierbij werden de vallen in half-natuurlijke habitats dus buiten beschouwing gelaten en in deze analyse werd type gewas niet als factor meegenomen omdat gewas sterk gecorreleerd is met het beheer op akkers. Het meest

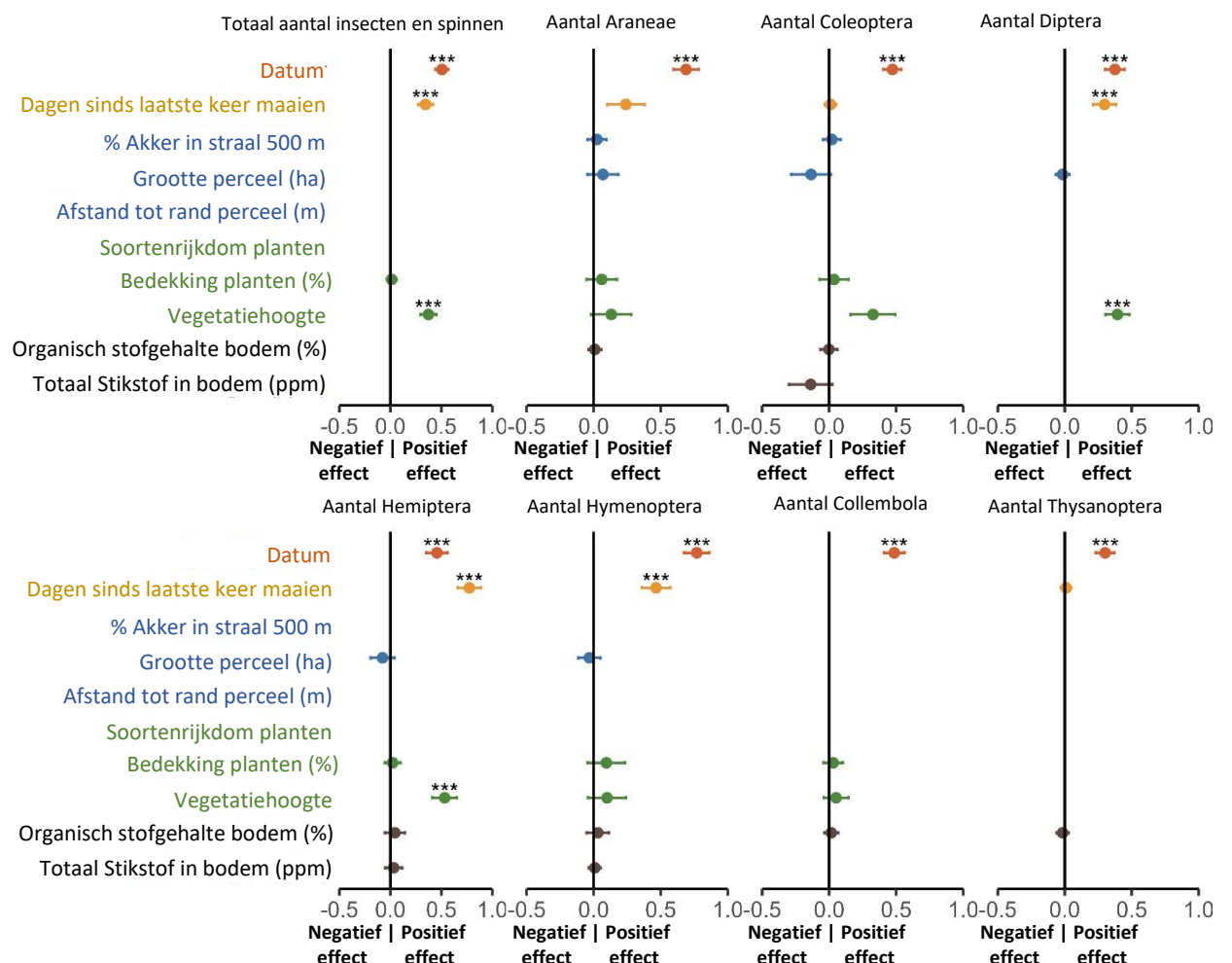


Figuur 3. Het effect van verschillende landbouwpraktijken en omgevingsvariabelen op het aantal insecten en spinnen van verschillende orden en families op akkers in het Buitengebied van Rhoon. Weergegeven is de grootte van het effect; positieve effecten geven een positieve relatie aan en negatieve effecten geven een negatieve relatie aan. Asterisken geven aan of relaties statistisch significant en daarmee betrouwbaar zijn; * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$.

opvallende resultaat is dat de aantallen insecten niet sterk gerelateerd waren aan beheersmaatregelen en de meeste omgevingsvariabelen. De aantallen insecten en spinnen van alle orden en families namen toe naarmate het seizoen vorderde (Fig. 3; significant positief effect van datum). In aanvulling daarop was het totaal aantal insecten en het aantal Hemiptera (wantsen, bladluizen en cicaden) en Hymenoptera (wespen, bijen en mieren) significant positief gerelateerd aan de plantbedekking. Dit komt er voor deze groepen op neer dat naarmate het gewas zich verder sluit er meer individuen deze groepen geteld werden. De aantallen Thysanoptera (thripsen) waren positief gerelateerd aan vegetatiehoogte. De enige groep die een significant verband liet zien met beheersmaatregelen waren de Coleoptera (kevers) die negatief gerelateerd waren aan het aantal fungicide toepassingen in de drie weken voor de telling.

3.1.3 Relaties tussen insecten, beheer en omgevingsfactoren in half-natuurlijke habitats

In een derde set van analyses werd onderzocht of het voorkomen van insecten en spinnen in de half-natuurlijke landschapselementen werd beïnvloedt door het beheer of door een aantal omgevingsvariabelen waarvan bekend is dat deze insecten kunnen beïnvloeden. In deze analyse



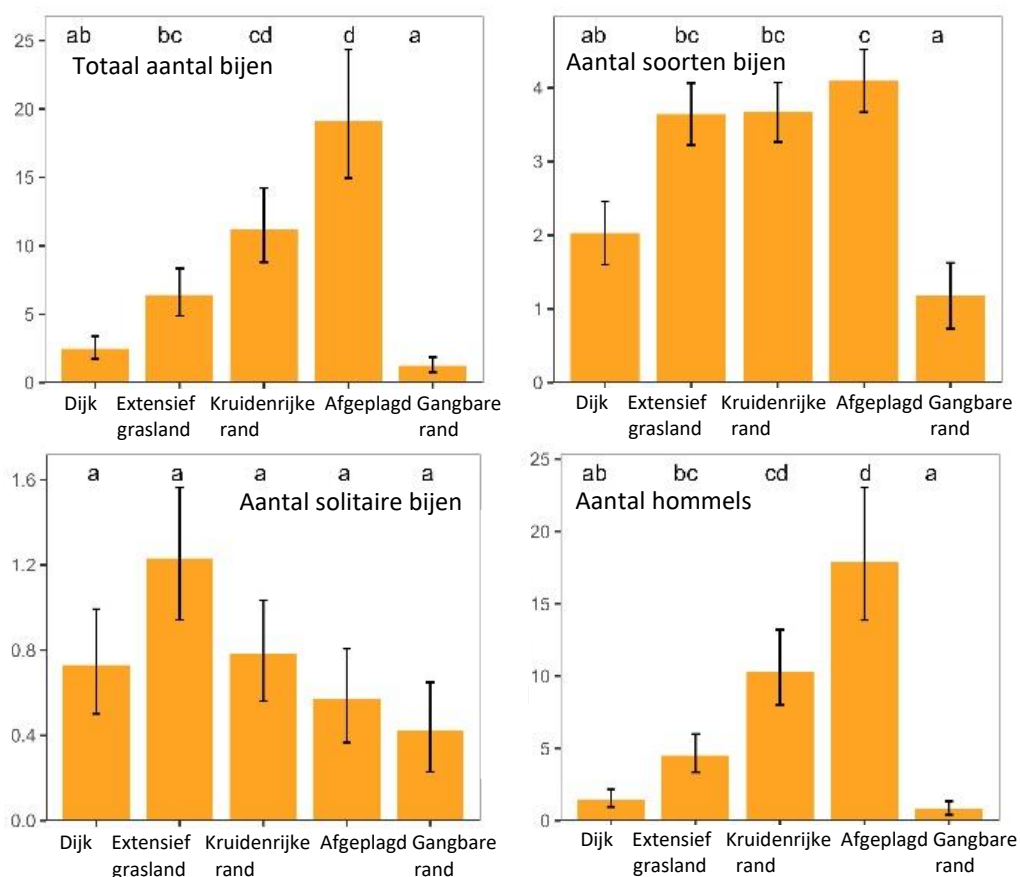
Figuur 4. Het effect van verschillende landbouwpraktijken en omgevingsvariabelen op het aantal insecten en spinnen van verschillende orden en families op half-natuurlijke habitats in het Buitenland van Rhoon. Half-natuurlijke habitats zijn dijken, kruidenrijke randen, extensief grasland, afgeplagde en ingezaaide natuuroevers en hooilanden. Weergegeven is de grootte van het effect: positieve effecten geven een positieve relatie aan en negatieve effecten geven een negatieve relatie aan. Asterisken geven aan of relaties statistisch significant en daarmee betrouwbaar zijn; * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$.

werd data afkomstig van akkers buiten beschouwing gelaten. Ook het aantal spinnen en insecten in graslanden was sterk positief gerelateerd aan de bemonsteringsdatum, met hogere aantallen naarmate het seizoen vorderde. Het aantal individuen van de Diptera, Hemiptera en Hymenoptera, en daarmee ook het totaal aantal insecten en spinnen, was daarnaast sterk gerelateerd aan het aantal dagen sinds de laatste keer dat een habitat gemaaid werd. In lijn daarmee was het aantal Hemiptera, Diptera en het totaal aantal insecten significant positief gerelateerd aan de vegetatiehoogte. Geen enkele andere factor beïnvloedde de aantallen waargenomen insecten en spinnen.

3.2 Wilde bijen

3.2.1 Verschillen tussen habitats in wilde bijen

Er waren duidelijke verschillen in de aantallen wilde bijen die werden waargenomen in de verschillende typen half-natuurlijke habitats (Fig. 5). Afgeplagde natte hooilanden en natuuroevers herbergden significant meer wilde bijen dan gangbare akkerranden, dijken en extensief grasland. Kruidenrijke randen verschilden niet significant van natuuroevers en natte hooilanden maar herbergden wel significant hogere aantallen wilde bijen dan gangbare akkerranden en dijken. Extensief grasland was significant beter dan gangbare randen maar niet dan dijken. Deze verschillen



Figuur 5. Verschillen in aantallen wilde bijen tussen verschillende typen half-natuurlijke habitats Weergegeven zijn gemiddelden \pm standaardfout. Staafjes met verschillende letters verschillen statistisch significant van elkaar.

werden volledig veroorzaakt door de hommels, die verreweg de grootste aantallen uitmaakten van de getelde bijen. Solitaire bijen maakten slechts een zeer klein deel uit van alle wilde bijen en de aantallen verschilden niet significant tussen de vijf onderzochte habitattypen. De soortenrijkdom van de wilde bijen, tenslotte, was significant hoger in afgeplagde natte hooilanden en natuuroevers dan in dijken en gangbare akkerranden. Wilde bijen soortenrijkdom was ook significant hoger in extensief grasland en kruidenrijke randen dan in gangbare akkerranden.

4 Voorlopige discussie

De voorlopige resultaten van een jaar intensief bemonsteren van de insecten en spinnen die voorkomen in de meest frequent geteelde gewassen en aanwezige habitattypen in het Buitenland van Rhooon laten een aantal opmerkelijke bevindingen zien. Allereerst lijkt het aantal bodem- en vegetatie-bewonende insecten en spinnen niet altijd lager te zijn op de akker dan in half-natuurlijke habitats met een permanente vegetatie. Behalve aardappel scoorde geen enkel gewas significant lager dan het gemiddelde van de half-natuurlijke habitats. De gemiddelde aantallen getelde individuen in tarwe en vlas waren zelfs vergelijkbaar met die in half-natuurlijke habitats. Veelal wordt aangenomen dat de half-natuurlijke habitats de bron van de insecten zijn die in de akkers worden aangetroffen en dat de aantallen dus ook stelselmatig hoger zijn in permanente vegetatie dan in akkers. Desondanks is ook in een eerdere studie in Nederland, uitgevoerd in wintertarwe, gevonden dat dit zeker niet geldt voor alle groepen insecten en spinnen en dat het sterk afhangt van het type half-natuurlijke vegetatie (Mei et al., 2021). Het gebruik van insecticiden was verwaarloosbaar op de onderzochte akkers in het Buitenland van Rhooon. Het is onduidelijk in hoeverre dit de resultaten heeft beïnvloedt.

Op de akkers werden verbazingwekkend weinig significante relaties gevonden met beheersmaatregelen of omgevingsfactoren. (Silva-Monteiro et al., 2022) vonden in een studie dat het aantal getelde insecten en spinnen significant toenam met de productiviteit van de vegetatie en op basis daarvan zou verwacht mogen worden dat bemesting een positief effect zou hebben op het aantal insecten en spinnen. De analyse van (Silva-Monteiro et al., 2022) omvatte echter een veel grotere gradiënt in productiviteit en was gebaseerd op zowel data uit natuurlijke onbemeste habitats zoals hoogvenen en vennen in Estland als zwaar bemeste boerengraslanden in Nederlanden. Alle akkers in het buitenland van Rhooon zijn hoog productief. Het kan dus zijn dat binnen deze veel kleinere gradiënt iets meer of iets minder bemesting onvoldoende verschil maakt om te leiden tot duidelijke relaties met insecten en spinnenaantallen. De enige uitzondering was een negatieve relatie tussen de frequentie van het fungicidegebruik en de aantallen kevers. Het is voorsnog onduidelijk waar die relatie door veroorzaakt kan worden maar negatieve effecten van fungiciden op insecten worden regelmatig waargenomen (Boff et al., 2022).

In de grazige half-natuurlijke landschapselementen bleek het aantal insecten vooral bepaald te worden door de hoeveelheid vegetatie die op een plek stond. Er werden positieve relaties gevonden tussen het aantal getelde insecten en het aantal dagen sinds de laatste maaibeurt en ook de hoogte van de vegetatie, hoewel niet voor alle insectengroepen. Dit komt overeen met het eerder genoemde positieve verband tussen productiviteit van de vegetatie en het aantal insecten en spinnen wat gevonden werd door (Silva-Monteiro et al., 2022). Die verklaarden hun resultaten aan de hand van de hypothese dat een productievare vegetatie meer voedingsstoffen biedt en daardoor grotere aantallen insecten kan herbergen, zowel direct als indirect via de hoeveelheid plantbiomassa. In het Buitenland van Rhooon zullen de relaties vooral via de hoeveelheid plantenbiomassa lopen (zie bijvoorbeeld (Haddad, Haarstad, & Tilman, 2000) omdat de productiviteit niet veel zal verschillen binnen het gebied.

Het is nog te vroeg om de vraag te beantwoorden hoe de verschillen in het aanbod insecten en spinnen zich vertalen naar de realisatie van het streefbeeld van het Buitenland van Rhooon, en met name wat de effecten zullen zijn op akkervogels als Kievit, gele kwikstaart en veldleeuwerik. Het aantal insecten en spinnen dat voorkomt op akkers en in half-natuurlijke habitat is namelijk maar de helft van het verhaal. De insecten moeten ook bereikbaar zijn voor de vogels. Als gewassen of graslandvegetaties een hele dichte structuur hebben, dan hebben de vogels geen toegang tot de

insecten, ongeacht de hoeveelheid die aanwezig is (Kleijn et al., 2010). Omdat relaties tussen voedselbeschikbaarheid en het voorkomen van vogels notoir moeilijk vast te stellen zijn en veel data vragen, zal deze vraag pas aan het eind van het project beantwoord worden als er drie jaar gegevens beschikbaar zijn van zowel het voorkomen van vogels als van insecten.

Het totaal aantal wilde bijen was duidelijk het hoogst in de afgeplagde natte hooilanden en natuuroevers. Deze relatie werd vooral veroorzaakt door hommels, vermoedelijk omdat de hooilanden en natuuroevers relatief veel bloeiende klaverachtigen herbergen (zie bijvoorbeeld de foto in Fig. 1), een favoriete groep van waardplanten van deze groep bijen (Wood et al., 2021). Solitaire bijen hadden een veel minder sterke voorkeur voor de verschillende habitattypen, mogelijk omdat het voorkomen van deze minder mobiele groep van bijen veel sterker beïnvloedt wordt door het voorkomen van nestgelegenheid in de nabijheid. Een conclusie die wel getrokken kan worden is dat de gangbare akkerranden in alle gevallen het slechts scoorden (hoewel dus niet altijd significant). Het lijkt er dus op dat de aanleg van de half-natuurlijke habitats een duidelijk positief effect heeft op deze belangrijke en aarbare soortengroep.

5 Literatuur

- Boff, S., Conrad, T., Raizer, J., Wehrhahn, M., Bayer, M., Friedel, A., . . . Lupi, D. (2022). Low toxicity crop fungicide (fenbuconazole) impacts reproductive male quality signals leading to a reduction of mating success in a wild solitary bee. *Journal of Applied Ecology*, 59(6), 1596-1607. doi:10.1111/1365-2664.14169
- Haddad, N. M., Haarstad, J., & Tilman, D. (2000). The effects of long-term nitrogen loading on grassland insect communities. *Oecologia*, 124(1), 73-84. doi:10.1007/s004420050026
- Kleijn, D., Schekkerman, H., Dimmers, W. J., Van Kats, R. J. M., Melman, D., & Teunissen, W. A. (2010). Adverse effects of agricultural intensification and climate change on breeding habitat quality of Black-tailed Godwits *Limosa l. limosa* in the Netherlands. *Ibis*, 152(3), 475-486. doi:10.1111/j.1474-919X.2010.01025.x
- Mei, Z. L., de Groot, G. A., Kleijn, D., Dimmers, W., van Gils, S., Lammertsma, D., . . . Scheper, J. (2021). Flower availability drives effects of wildflower strips on ground-dwelling natural enemies and crop yield. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 319. doi:10.1016/j.agee.2021.107570
- Mei, Z. L., Scheper, J., Bommarco, R., de Groot, G. A., Garratt, M. P. D., Hedlund, K., . . . Kleijn, D. (2023). Inconsistent responses of carabid beetles and spiders to land-use intensity and landscape complexity in north-western Europe. *Biological Conservation*, 283. doi:10.1016/j.biocon.2023.110128
- Scheper, J., Bommarco, R., Holzschuh, A., Potts, S. G., Riedinger, V., Roberts, S. P. M., . . . Kleijn, D. (2015). Local and landscape-level floral resources explain effects of wildflower strips on wild bees across four European countries. *Journal of Applied Ecology*, 52(5), 1165-1175. doi:10.1111/1365-2664.12479
- Silva-Monteiro, M., Scheper, J., Pehlak, H., Kurina, O., Timonen, S., Pessa, J., . . . Kleijn, D. (2022). Invertebrate abundance increases with vegetation productivity across natural and agricultural wader breeding habitats in Europe. *Biological Conservation*, 273. doi:10.1016/j.biocon.2022.109670
- Westphal, C., Bommarco, R., Carre, G., Lamborn, E., Morison, N., Petanidou, T., . . . Steffan-Dewenter, I. (2008). MEASURING BEE DIVERSITY IN DIFFERENT EUROPEAN HABITATS AND BIOGEOGRAPHICAL REGIONS. *Ecological Monographs*, 78(4), 653-671. doi:10.1890/07-1292.1
- Wood, T. J., Ghisbain, G., Rasmont, P., Kleijn, D., Raemakers, I., Praz, C., . . . Michez, D. (2021). Global patterns in bumble bee pollen collection show phylogenetic conservation of diet. *Journal of Animal Ecology*, 90(10), 2421-2430. doi:10.1111/1365-2656.13553