Akkerranden in de Hoeksche Waard

Effect op biodiversiteit en natuurlijke plaagbestrijding

2017-2022

Interreg North-West Europe
FABulous Farmers
European Regional Development Fund

Akkerranden in de Hoeksche Waard:

Effect op biodiversiteit en natuurlijke plaagbestrijding

2017-2022

Paul van Rijn (IBED/UvA) (auteur)
Hilfred Huiting (WPlR)
Kees Kooistra (WPlR)
Sander Elzerman (HWL/Stadsnatuur)
Theo Schuurmans (HWL)
Mellany Klompe (CCHW)
en vele vrijwilligers van HWL

Deze studie is onderdeel van het Interreg NWEurope project “FABulous Farmers” dat als doel heeft Functionele Agrobiodiversiteit te stimuleren en daarmee de duurzaamheid van landbouw in NW Europa te vergroten. Het Hollandse deel van het project is voor 40% gecofinancierd door: Gemeente Hoeksche Waard (onderdeel van gebiedsprogramma Zuid-Holland), Provincie Noord Holland, Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, LTO Noord, BASF Nederland B.V. en Rabobank Coöperatief Dividend.

Inhoud

Inhoud 3
Samenvatting 5
Inleiding 6
Methoden 8
Selectie monitoringslocaties 8
Monitoring akkerranden 9
Scouting: monitoring plagen en natuurlijke vijanden in het gewas (D) 10
Vragenlijst: gebruik gewasbeschermingsmiddelen tegen plaaginsecten (E) 10
Monitoring macrofauna in sloten (F) 10
Data-verwerking en -analyse 11
Resultaten 13
1. Typen akkerranden en hun samenstelling 13
2. Insecten in de akkerranden 16
3. Invloed van de vegetatie op de insecten in de akkerranden 20
Bladluisetende zweefvliegen 21
Andere natuurlijke vijanden 21
Weekschildkevers 21
Wilde bijen 21
Vlinders 24
Libellen 24
Insectendiversiteit 24
Effect storende variabelen 24
4. Plagen en natuurlijke vijanden in het gewas 26
Natuurlijke vijanden 27
Bladluizen 27
Coloradokevers 29
5. Gebruik van insecticiden door betrokken akkerbouwers 31
6. Monitoring macrofauna in sloten met en zonder akkerranden 32
Discussie 33
Conclusies 36
Literatuur 37

Samenvatting

In het akkerbouwgebied van de Hoeksche Waard liggen ca. 550 km aan aangelegde akkerranden die deels zijn samengesteld om de functionele agrobiodiversiteit (FAB) en daarmee de natuurlijke plaagbestrijding en de bestuiving in het gebied te ondersteunen. Om de effectiviteit van deze akkerranden te onderzoeken en om de akkerbouwers beter gebruik te laten maken van de FAB, heeft gedurende 6 jaren een brede monitoring plaatsgevonden, de laatste 4 jaren als onderdeel van het Interreg NW Europa project "FABulous Farmers".

Bij de monitoring waren verschillende organisaties betrokken: CCHW zorgde voor de contacten met de akkerbouwers, IBED (onderdeel van de UvA) selecteerde de percelen en deed de vegetatieopnamen, vrijwilligers van vereniging HoekscheWaards Landschap (HWL) telde drie keer per seizoen de insecten in de akkerranden en Wageningen Plant Research (WPLR) telde de plagen en natuurlijke vijanden in de akkers zelf. Dit gebeurde jaarlijks op minimaal 30 locaties, waarbij de laatste vier jaren hoofdzakelijk percelen met aardappel als gewas zijn geselecteerd en waarbij jaarlijks een zo groot mogelijke diversiteit aan typen en leeftijden van akkerranden werd meegenomen.

Een- en meerjarige akkerranden hadden in het jaar van aanleg een vergelijkbare hoeveelheid bloemen die geschikt waren voor bestrijders en bestuivers, maar deze hoeveelheid liep in de meerjarige randen na enkele jaren duidelijk terug. Kort na het maaien zijn nog maar weinig bloemen te vinden en ook na 1 of 2 maanden is het aantal bloemen dat geschikt is voor met name bestrijders nog steeds gereduceerd.

De Hoeksche akkerranden bieden voedsel en een leefgebied voor veel insecten van veel verschillende taxa. Met name luis-etende zweefvliegen en hommels zijn er relatief talrijk. Met de leeftijd van de akkerranden nemen deze waarden (door de vergrassing) wel snel af.

De hoeveelheid bloemen blijkt allesbepalend te zijn voor de hoeveelheid bijen, zweefvliegen en andere natuurlijke vijanden in de akkerranden. Hoewel de akkerrandplanten al deels zijn geselecteerd op geschiktheid voor natuurlijke vijanden, blijkt de hoeveelheid 'functionele' bloemen toch een betere voorspeller dan de totale hoeveelheid bloemen als het gaat om zweefvliegen en andere natuurlijke vijanden. Functionele bloemen zijn bloemen die door hun vorm nectar bieden dat ook toegankelijk is voor insecten met een korte tong.

In aardappelpercelen naast akkerranden blijkt de afname van de bladluizen sneller te gaan als er meer natuurlijke vijanden zoals zweefvliegen in de akkerranden zitten. In alle jaren en op alle percelen, ook waar geen insecticide was gebruikt, werden eind juli geen of alleen nog hele lage aantallen bladluizen aangetroffen.

Op één uitzondering na is op geen van de aardappelpercelen een chemische bestrijding van bladluizen nodig gebleken, nog uitgevoerd. De laatste vier jaar is wel op 60% van de onderzochte aardappelpercelen een insecticide-bespuiting uitgevoerd gericht op de bestrijding van coloradokever. Dit insecticide-gebruik had geen verband met de kwaliteit van de akkerranden, de aanwezigheid van natuurlijke vijanden of de ontwikkeling van plagen in het gewas.

Inleiding

Voor het pilotgebied HW was de doelstelling via een brede monitoring van akkers met akkerranden meer inzicht te krijgen in de effecten van akkerranden op biodiversiteit en ecosysteem-diensten, met nadruk op de natuurlijke plaagbestrijding en waterkwaliteit. Dit onderzoek vormde daarmee een belangrijke uitbreiding van de monitoring die op vergelijkbare wijze in 2017 en 2018 zijn gedaan (zie Van Rijn et al. 2018). Meer evidentie over de werking van akkerranden kan de agrarier helpen bij het maken van keuze wel of geen akkerranden aan te leggen. Bovendien kan dit onderzoek inzicht geven in welke type akkerrand en welk beheer de beste resultaten geeft.

Eerdere studies hebben duidelijk gemaakt dat bloemen in akkerranden een belangrijke rol kunnen spelen bij de ondersteuning van natuurlijke plaagbestrijding en bestuiving (Blaauw & Isaacs 2015, Pywell et al. 2015, Tschumi et al. 2016, van Rijn & Wäckers 2016), doordat ze voedsel bieden - in de vorm van nectar en stuifmeel - die belangrijk zijn voor de overleving en voorplanting van vliegende natuurlijke vijanden en bestuivers (van Rijn et al. 2013, Holland et al. 2015). Voorwaarde is wel dat de bloemen nectar bieden dat toegankelijk is voor belangrijke natuurlijke vijanden en bestuivers. Voor natuurlijke vijanden betekent dat de nectar niet te diep in de bloemen mag zitten, omdat deze insecten maar een korte tong hebben om de nectar op te nemen (van Rijn & Wäckers 2016). Om deze reden worden in de Hoeksche Waard veel akkerranden ingezaaid met de bloemrijke mengsels die afgestemd zijn op de behoeften van nuttige insecten. Het Collectief Hoeksche Waard (CCHW) heeft hiertoe diverse beheerspakketten voor ANlB gedefinieerd met elk hun eigen voorwaarden en financiële beloningen. De belangrijkste typen zijn:

1. Eenjarige 'Bloemenranden' (B, in 2021: 18%), bestaande uit mengsel van eenjarige kruiden met bloemen die deels geschikt zijn natuurlijke vijanden en deels voor bijen en hommels. Deze mogen pas in oktober gemaaid en opgeruimd worden.
2. Meerjarige 'Gras-Kruidenranden' (GK, 61%), hoofdzakelijk bestaande uit mengsel van meerjarige kruiden met bloemen die deels geschikt zijn natuurlijke vijanden en deels voor bijen en hommels, aangevuld met eenjarige soorten (voor bloei in het eerste jaar) en langzaam groeiende grassen (voor bodemstevigheid en onderdrukking van andere grassen en onkruiden). Deze mogen jaarlijks na 1 juli gemaaid worden.
3. Grasranden (G, 16%), met uitsluitend grassen*. Deze hebben geen beperkingen tav het maaien.

De grasranden dienen in dit onderzoek als controle (referentie). Verder zijn een beperkt aantal randen gemonitord met mengsels gericht op andere functies, zoals Vogelakkers en Patrijzenakkers. Tevens zijn als referentie de laatste 3 jaar ook enkele vegetaties langs akkers gemonitord die puur een natuurbeheers-functie hebben. Dit zijn kruidenrijke grasvegetaties bij kreken die door het HWL worden beheerd.

De insectenmonitoring was erop gericht om op voldoende locaties data over de volgende aspecten te verzamelen en aan elkaar te kunnen koppelen (zie ook tabel 1):

A. Aanleg en beheer akkerrand: Type/mengsel, jaar van inzaaien en moment van maaien
B. Vegetatie akkerrand: soorten samenstelling: bedekking en hoeveelheid bloei per plantensoort.

C. Insecten in akkerrand: Het aantal insecten per groep, met nadruk op plaag-onderdrukkende en bestuivende insecten.
D. Insecten in het akkergewas, met nadruk op plaagvormende en plaagonderdrukkende insecten.
E. Behandeling van akkergewas: gebruik insecticiden.

Deze rapportage is erop gericht de relaties tussen al deze aspecten vast te stellen. De belangrijkste onderzoeksvragen die we daarbij willen beantwoorden zijn:

1. Hoe beïnvloedt de aanleg en het beheer van de akkerrand de plantensamenstelling en daarmee in de hoeveelheid bloemen die geschikt zijn voor bestrijders en bestuivers? Hier gaat het allereerst op de invloed van type en ouderdom van de akkerrand en van het maaien.
2. Wat is de invloed van aanleg en het beheer van de akkerrand op de insectenfauna die akkerranden bezoeken, en met name op de aantallen bestrijders en bestuivers?
3. Welke aspecten van de vegetatie- en bloem-samenstelling van de akkerranden zijn het meest bepalend voor deze verschillen in (functionele) insectenfauna?
4. Wat is de ontwikkeling van plagen en hun natuurlijke vijanden in de aangrenzende aardappelpercelen en hoe hangt deze samen met gemeten eigenschappen van de akkerranden (insecten, vegetatie en beheer) en het gebruik van insecticiden?
5. Wat is het insecticide-gebruik van de bedrijven op deze percelen, hoe is deze beïnvloed door de eigenschappen van de akkerranden en de aantallen plaagdieren en natuurlijke vijanden in het gewas?

Tabel 1. Vijf soorten informatie verzameld op alle geselecteerde locaties. Statistische relaties zijn allereerst vastgesteld tussen aangrenzende kolommen, maar ook tussen kolommen die verder van elkaar af liggen.

Aspect	A. Akkerrand: Aanleg/beheer	B. Akkerrand: Vegetatie	C. Akkerrand: Insecten	D. Gewas: Plaagverloop	E. Gewas: Behandeling
Bron	GIS data	Transect, 50m	Transect, 50m, 20 min.	Scouten, 150 bladeren	Bevraging akkerbouwer
Keer /jaar	1 x	3 x	3 x	4 x	1 x
Informatie betreft:	Type/Mengsel Leeftijd Maaien	Bedekking Bloei Functionaliteit	Aantallen Bestuivers Bestrijders Libellen	Bladluizen Coloradokevers Bestrijders	Insecticiden

Verder is er, los van bovengenoemd onderzoek, voor een kleiner aantal locaties gekeken naar de macrofaunasamenstelling van sloten die al dan niet ingesloten zijn door akkerranden.

Methoden

Selectie monitoringslocaties

Om de effecten van het type en de bloemensamenstelling van akkerranden te kunnen vaststellen, zijn jaarlijks locaties geselecteerd met zoveel mogelijk verschillende typen akkerranden. Terwijl er in de voorafgaande jaren (2017-2018) zowel percelen met wintertarwe als met consumptie-aardappel zijn geselecteerd, zijn in de uitvoeringsperiode van het FABulous Farmers project uitsluitend locaties met één type gewas geselecteerd; dit ongewenste variatie in omstandigheden zoveel mogelijk te vermijden. Hierbij is voor aardappel gekozen, omdat aardappel voor akkerbouwers financieel een belangrijker gewas is dan tarwe en er nog veel minder agro-ecologisch onderzoek aan heeft plaatsgevonden. Daarnaast zijn zo mogelijk enkele percelen meegenomen met bonen, omdat dit gewas kan profiteren van de bestuiving door bijen en hommels (tuinbonen, bruine bonen en sojabonen) die op de akkerranden afkomen. Ter vergelijking met de akkerranden zijn de laatste 3 jaren ook vier niet-agrarische vegetaties langs kreken gemonitord die vanwege hun natuurwaarde worden beheerd door HWL.

Vanwege de teeltwisseling die de akkerbouwers aanhouden moest de selectie van percelen elk jaar opnieuw gebeuren. Voor deze selectie is gebruik gemaakt van het GIS-bestand met de akkerranden van CCHW en van de teeltplannen aangeleverd door de ca 20 akkerbouwers die deel uitmaken van ons leernetwerk. Bij de jaarlijkse selectie zijn de volgende uitgangpunten gehanteerd:

- Een evenredige vertegenwoordiging van diverse typen akkerranden (eenjarige bloemenranden, graskruidenranden van uiteenlopende ouderdom, grasranden),
- Een goede ruimtelijke spreiding over de Hoeksche Waard,
- Akkerranden moeten minimaal langs één lange zijde van het perceel aanwezig zijn, maar bij voorkeur aan meerdere zijden.

Figuur 1. De akkerranden van het collectief CCHW in 2019, met in kleur de akkerranden met de percelen die dat jaar zijn gemonitord.

Het soort akkerrand is direct af te lezen uit de jaarlijkse GIS-bestanden van CCHW. De ouderdom van de akkerranden is deels achterhaald door de GIS-bestanden van de opeenvolgende jaren te vergelijken. Deels is de ouderdom afgeleid uit de samenstelling van de akkerranden: zo is het bloeien van veel tweejarige planten, zoals wilde peen en honingklaver, een duidelijk teken dat de rand in het jaar ervoor is ingezaaid. Indien er slechts restanten van tweejarigen zijn terug te vinden is de rand waarschijnlijk een jaar ouder.

Het aantal jaarlijks geselecteerde aardappelpercelen en de verdeling over de verschillende typen akkerranden is te zien in tabel 2. In de jaren 2017-2018 zijn ook veel percelen met (winter)tarwe gemonitord; in 2019-2022 zijn jaarlijks enkele percelen met bonen gemonitord.

Tabel 2. Het aantal monitoringslocaties per jaar opgesplitst naar het type akkerrand en het soort gewas (aardappel of ander gewas).

	Bij aardappelperceel			Bij ander gewas (graan, bonen)				
Jaar / Rand	**Eenjarig**	**Meerjarig**	**Gras**	**Eenjarig**	**Meerjarig**	**Gras**	**Natuur-lijk**	**Totaal**
2017	4	7	1	6	11	3		32
2018	6	9	2	4	16	2		39
2019	6	15	4	0	4			29
2020	8	16	3	1	1		4	33
2021	8	12	2	1	4		4	31
2022	3	15	1	0	2		4	25
Totaal	**35**	**74**	**13**	**12**	**38**	**5**	**12**	**189**

Monitoring akkerranden

De akkerranden zijn gemonitord over een 50-meter lang transect aan de lange zijde van het perceel, waarvan het beginpunt minimaal 50 meter van de ingang of de hoek van het perceel ligt. Deze monitoringslocaties zijn via QGIS ingetekend op de kaart (zie Figuur 1), welke samen met de adresgegevens en de gps-coördinaten van de veldtoegang, beschikbaar zijn gesteld aan alle monitorders.

Vegetatie (B)

De vegetatiesamenstelling van de geselecteerde akkerranden is elk jaar drie keer (in juni, juli en augustus) door IBED gemonitord langs de hierboven genoemde transecten. Hierbij is de soortensamenstelling van de akkerrandvegetatie vastgesteld, en is per soort de relatieve bedekking (in % van het oppervlak) geschat. De som van de bedekkingen kan kleiner zijn dan 100% als een deel van de bodem kaal is, en groter door planten in verschillende lagen over elkaar heen kunnen groeien. Verder is per soort de hoeveelheid bloei genoteerd. Dit is de geschatte hoeveelheid bloemen als % van de maximaal mogelijke hoeveelheid bloemen, maal de eerdergenoemde bedekking van de soort.

Insecten (C)

De monitoring van akkerranden op insecten en vogels is uitgevoerd door leden van de vlinderwerkgroep het HoekscheWaards Landschap (HWL). Deze hebben eind 2016 een korte cursus gekregen in het herkennen van bijen en zweefvliegen en andere natuurlijke vijanden. Elk jaar is in juni, direct voor de eerste monitoring, een bijeenkomst georganiseerd, waarbij de methode van monitoring weer is uitgelegd en de herkenning van de belangrijkste insectgroepen is doorgenomen.

Voor de herkenning van deze bestuivers en bestrijders zijn bovendien zoekkaarten en een handleiding gemaakt. Elke vrijwilliger kreeg een aantal akkerranden toegewezen die dat jaar drie keer moesten worden gemonitord in dezelfde perioden als de vegetatieopnamen. Sommige waarnemers werkten in duo's.

De 50-meter-lange transecten zijn daarbij aan de kant van het gewas gedurende 20 minuten afgelopen, waarbij de insecten over een breedte van 1 meter zijn geobserveerd. Alle waargenomen insecten zijn op een speciale monitoringsformulier genoteerd (zie bijlage 2), voorzover deze tot de aangegeven doelgroepen behoren (bijen, zweefvliegen en verwante vliegen, andere natuurlijke vijanden, libellen en vlinders). Indien de soort eenvoudig in het veld te herkennen is, is de soortnaam genoteerd; anders is een hogere eenheid (geslacht of familie) aangestreept. Geadviseerd is de waarnemingen indien mogelijk in de ochtend (voor 14 uur) uit te voeren op een windluwe (< 4 Bf), warme (> 15°C) en zonnige dag. Indien akkervogels tijdens de monitoring in of nabij de akkerrand zijn waargenomen zijn deze ook genoteerd.

Scouting: monitoring plagen en natuurlijke vijanden in het gewas (D)

Gedurende juni en juli, de belangrijkste groeiperiode van het gewas, is om de twee weken een 'scouting' uitgevoerd in de aardappelpercelen door deskundigen van de WUR (open teelten), om het niveau en de ontwikkeling van plagen en hun natuurlijke vijanden vast te stellen. Hierbij is gebruik gemaakt van het protocol en schadedrempels die in het FAB2-project voor scouting zijn ontwikkeld (Visser et al. 2011). Dit betekent in aardappelgewas langs twee spuitpaden zijn geïnspecteerd. Indien de spuitpaden evenwijdig aan de gemonitorde akkerrand lagen werden zo mogelijk het eerste en de derde spuitpad gebruikt, die typisch op 15 en 80 meter van de rand liggen. Per perceel werden 150 bladeren geïnspecteerd verdeeld over 50 planten. Hierbij zijn op een score formulier het aantal individuen van elke bladluissoort en van de Coloradokever genoteerd. Ook zijn het aantal en het stadium van alle potentiële natuurlijke vijanden genoteerd, zoals zweefvliegen, gaasvliegen, lieveheersbeestjes, roofwantsen en spinnen.

De resultaten zijn steeds binnen enkele dagen naar de betrokken akkerbouwers gestuurd, waarbij ook is aangegeven of de tellingen al dan niet aanleiding geven aanvullende gewasbeschermings-maatregelen te nemen.

Vragenlijst: gebruik gewasbeschermingsmiddelen tegen plaaginsecten (E)

In het laatste jaar van de monitoring (2022) zijn alle deelnemende akkerbouwers aangeschreven met het verzoek door te geven wanneer ze insecticiden ze op de betreffende aardappelpercelen hebben toegepast.

Monitoring macrofauna in sloten (F)

Om de invloed van akkerranden op het waterleven in de akkersloten te onderzoeken, zijn in de periode 2017-2021 jaarlijks acht watergangen bemonsterd; vier sloten met aan beide zijden akkerranden en vier zonder akkerranden. Binnen beide groepen lagen steeds twee sloten op kleigrond en twee op veengrond. Voor de vergelijkbaarheid zijn de andere waarneembare eigenschappen zoveel mogelijk gelijk gehouden. Zo moesten de sloottrajecten tussen 1,5 en 3 meter breed zijn en niet in de buurt van drainagebuizen liggen. Elk jaar zijn steeds een deel van de monsterlocaties vervangen door nieuwe locaties.

De geselecteerde sloten zijn elk jaar twee keer bemonsterd: (in juli/augustus en in oktober/november) door leden van de Aquatische werkgroep van het HWL. Hierbij is elke sloot over

een traject van 100 meter op 5 plekken gedurende 10 minuten bemonsterd met RAVON-schepnetten met een maaswijdte van 3 mm. De opgeschepte macrofauna en kleine gewervelden zijn daarna in platte bakken overgegooid en zoveel mogelijk in het veld gedetermineerd tot soort (soms kon alleen het geslacht of de familie worden aangeduid). Kleine exemplaren zijn soms meegenomen om later met een binoculair beter te kunnen bekijken.

Data-verwerking en -analyse

De data van macrofauna zijn door de macrofaunawerkgroep zelf verzameld in een dataset en verwerkt. Van elk ander type monitoring zijn centraal door IBED de data verzameld en samengebracht in een specifieke dataset, dus één voor vegetatie, één voor insecten (en vogels) in de akkerranden en één voor insecten in de gewassen. Elke dataset bevat behalve de gemeenschappelijke locatie-code informatie over de omstandigheden tijdens de monitoring (tijdstip, weer, waarnemers) en zichtbaar beheer (zoals recent gemaaid) als ook de bedekking of het aantal individuen van elk soort of soortsgroep (taxon) die is waargenomen. Dit betrof 135 plantensoorten en 65 insecten taxa. Aan elke dataset zijn 20-30 indices toegevoegd die samenvattende karakteristieken van de opname weergeven, zoals totale bedekking, bedekking of aantal per familie of orde of functionele groep, biodiversiteit, enz.

Om relaties tussen de flora en de fauna in de akkerranden te kunnen leggen, zijn de data van de eerste twee soorten monitoring samengevoegd op basis van locatie en maand; elk record (waarvan in totaal ca. 600) bevat dus de data die binnen een periode (maand) op een locatie is verzamend. Hierbij zijn niet alle individuele soorten of taxa meegenomen maar alleen de samenvattende indices.

Om ook relaties tussen de akkerranden en het gewas te kunnen leggen, is bovengenoemde dataset weer samengevoegd met die van het gewas op basis van locatie en jaar. Hierbij zijn de 3 tellingen binnen een jaar van een akkerrand niet opgenomen als aparte records, maar achter elkaar geplaatst als kolommen binnen een record. Hetzelfde geldt voor de 4 tellingen in het gewas. Zodoende is het mogelijk samenvattende indices voor elke locatie over het hele jaar te berekenen, zoals de maximale bedekking aan functionele bloemen en de groeisnelheid van de bladluizen-populatie in het gewas.

De eerste gecombineerde dataset is geanalyseerd in R met lineaire mixed-effect modellen (lmer), waarbij jaar en locatie als random-effecten zijn opgenomen. Hierdoor wordt er o.a. mee rekening gehouden dat verschillende observaties gedurende het jaar op een locatie (akkerrand) niet onderling

onafhankelijk zijn. De tweede gecombineerde dataset, waar de verschillende observaties op een locatie al zijn samengevoegd in één record, werd bedrijf als random-effect toegevoegd, om voor systematische verschillen tussen bedrijven in gewas-behandelingen te corrigeren.

In elke analyse waar insectentellingen een rol speelde, is naast de verklarende variabelen waar we specifiek in geïnteresseerd zijn, aanvankelijk ook de volgende variabelen als 'fixed-effects' in het statistische model opgenomen: maand (6, 7 of 8), gemaaid (niet, recent of langer geleden), waarnemer (13 personen en duo's), streek (8 regio's), uur van de dag, temperatuur en windkracht. Vervolgens zijn een-voor-een de omgevingsvariabelen verwijderd die (volgens de log-likelihood ratio test) geen significant bijdrage levert aan de verlaging van de AIC, tot het meest spaarzame model is gevonden, ofwel het model dat met de minste variabelen het meeste van de variantie verklaard.

De gebruikte statistische toetsen vereisen dat de effectvariabelen bij benadering een normale verdeling volgen. Dit kon bereikt worden door van de aantallen insecten de logaritme (log(x +1)) te nemen en door van de bedekkingen (van planten en bloemen, in %) de vierkantswortel te nemen.

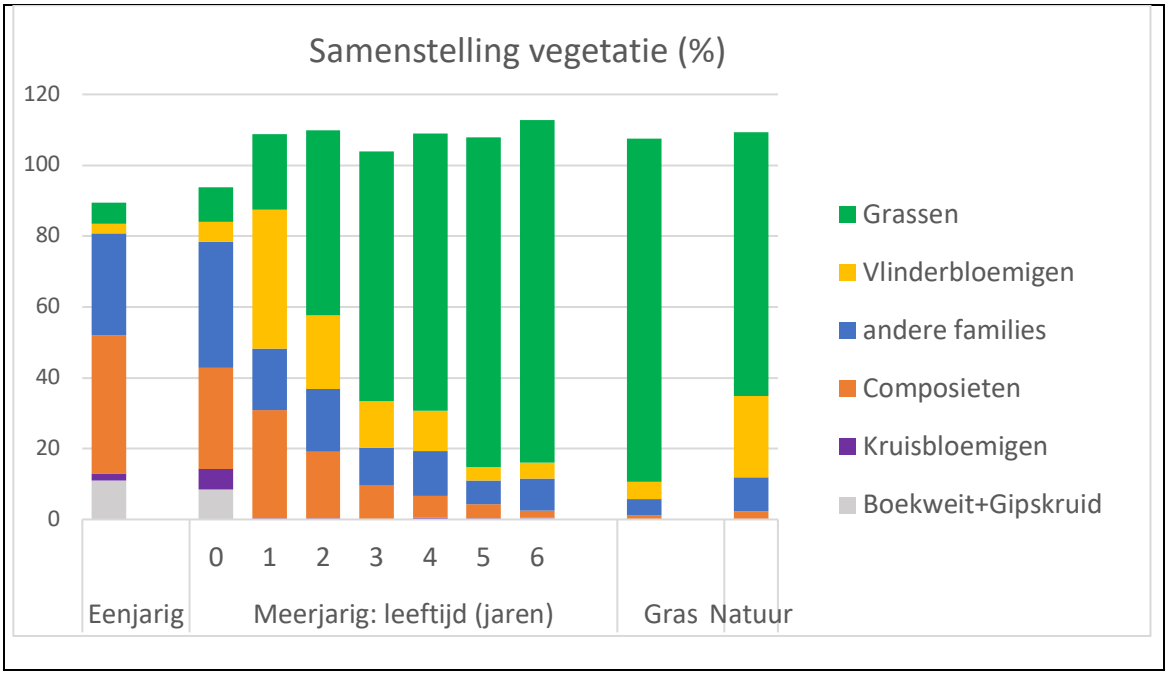
Resultaten

1. Typen akkerranden en hun samenstelling

Bij de monitoring van de Hoeksche akkerranden zijn minimaal 130 verschillende plantensoorten aangetroffen, waarvan 83 op meer dan 5% van de locaties. Per monitoring werden gemiddeld 13,6 soorten herkend, maar met grote verschillen tussen de diverse soorten akkerranden.

Het agrarisch collectief dat in de Hoeksche Waard de aanleg en financiering van de akkerranden coördineert (CCHW) onderscheidt een aantal soorten akkerranden, elk met hun eigen zaadmengsel en beheervoorschriften: eenjarige bloemenranden (B, 18%), meerjarige gras-kruidenranden (GK, 61%) en grasranden (G, 16%). Verder zijn er op enkele bredere akkerranden wintervogelranden (WV, 1%) of een patrijzenakkers (PA, 4%) aangelegd, of zijn meerdere type randen naast elkaar gelegd (combiranden, 1%). Ook binnen de gras-kruidenranden (GK) zijn grote verschillen aan te treffen, doordat de gebruikte zaadmengsels in de verschillende jaren wat zijn veranderd, maar vooral doordat door successie de plantensamenstelling met het ouder worden van de randen sterk veranderd.

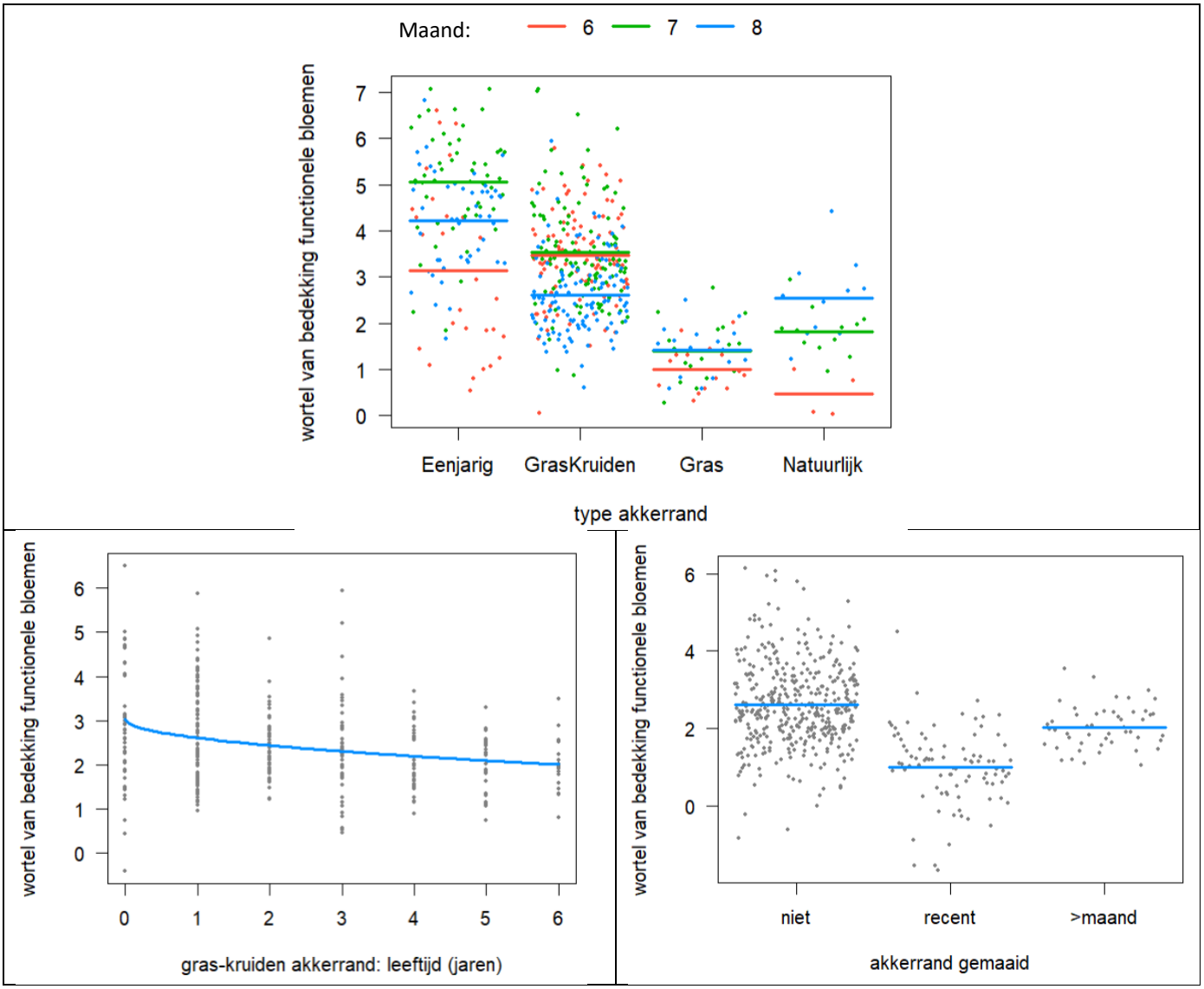
In figuur 3 zijn de effecten van type en leeftijd op de samenstelling van de akkerranden getoond. Duidelijk is dat in het jaar van inzaaien een meerjarige rand nog erg lijkt op een eenjarige rand (dus met veel bloemrijke kruiden). Na 1 jaar nemen de vlinderbloemigen (vooral klavers) sterk toe, terwijl in de jaren daarna de grassen steeds meer gaan overheersen, hetgeen ten koste gaat van de (bloemrijke) kruiden. Hoewel de natuurlijke kreekvegetatie er al 10 of meer jaar ligt is hier het aandeel grassen beperkt, mogelijk door het verschralingsbeheer, waarbij het maaisel steeds wordt afgevoerd. De eenjarige randen hebben gemiddeld over de 3 maanden een lagere bedekking, omdat bij de eerste telling in juni de ingezaaide planten nog niet de bodem volledige bedekken.



Figuur 3. De gemiddelde samenstelling (op familieniveau) van de vegetatie in de akkerranden in relatie tot het type akkerrand en de tijd sinds de (meerjarige) rand is ingezaaid.

Naast de samenstelling van de vegetatie is ook de hoeveel bloeiende planten vastgesteld. De bedekking bloeiende planten, vooral als je kijkt naar de bloemen die functioneel zijn voor natuurlijke

vijanden, is veel hoger in de daarvoor ontworpen eenjarige bloemen- en meerjarige gras-kruiden-randen dan in de grasranden of de natuurlijke vegetatie van de kreken (zie Fig. 4A). In de eenjarige randen ligt de hoeveelheid bloemen in juni gemiddeld nog wat lager dan in andere maanden, doordat de eenjarige planten na het inzaaien tijd nodig hebben om in bloei te komen. In (1 jaar oude) meerjarige randen ligt de hoeveelheid functionele bloemen in juli en augustus al lager dan in de eenjarige randen en bij oudere randen loopt dit verder terug (zie Fig. 4B). Het maaien van de meerjarige akkerranden (vanaf begin juli) heeft een groot direct effect op de hoeveelheid (functionele) bloemen, maar na een tot twee maanden treedt wel gedeeltelijk herstel op.

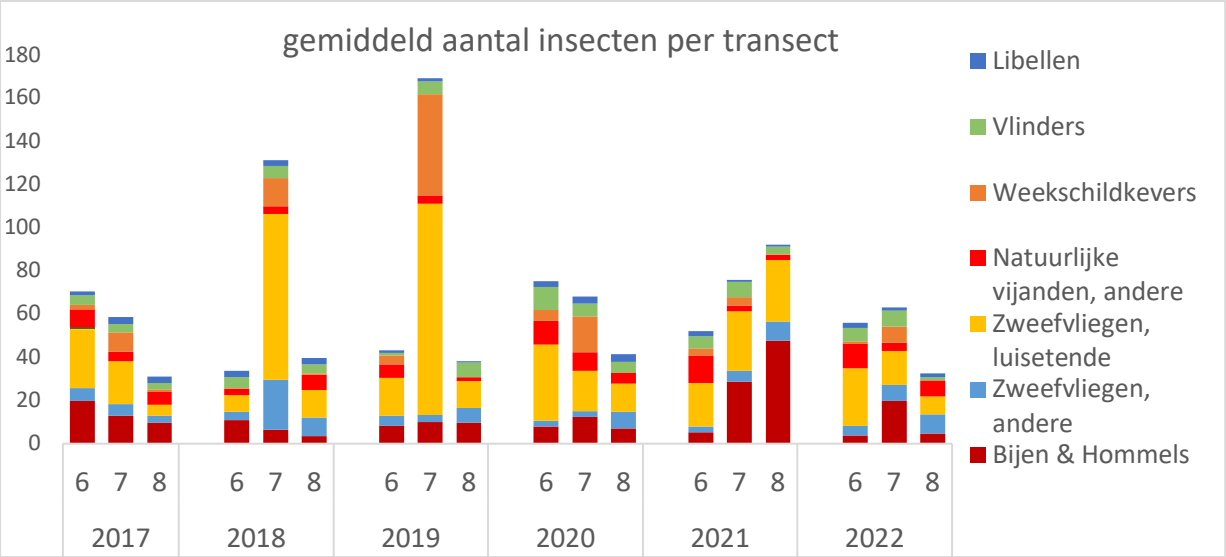


Figuur 4. De hoeveelheid functionele bloemen in relatie tot (A) het type akkerrand (χ^2=95,6, df=10, p<0,001), de maand (χ^2=160.3, df=11, p<0,001) en hun interactie (χ^2=70,1, df=8, p<0,001), (B) de tijd sinds de graskruidenrand is ingezaaid (χ^2=48,9, df=1, p<0,001), en (C) het maaien van de akkerrand (χ^2=82,2, df=2, p<0,001). De verticale as geeft de vierkantswortel van de bedekking weer (zo staat 4 voor een bedekking van 16%). Resultaten van een lineair mixed-effect model (lmer) met locatie en jaar als random effecten, en bovengenoemde variabelen en streek als vaste effecten.

Voorbeelden van enkele groepen insecten algemeen in akkerranden: Akkerhommel op citroengele honingklaver, Groene Gaasvlieg op gele ganzenbloem, Zevenstip en larve van Aziatisch lieveheersbeestje op zonnebloem, Snorzweefvlieg op scherpe boterbloem, Bleekgele Weekschildkever op boekweit en Witte Halvemaanzweefvlieg op venkel (laatste 2 foto's van Sander van der Linde en Yolanda ten Thije, overige van Paul van Rijn).

2. Insecten in de akkerranden

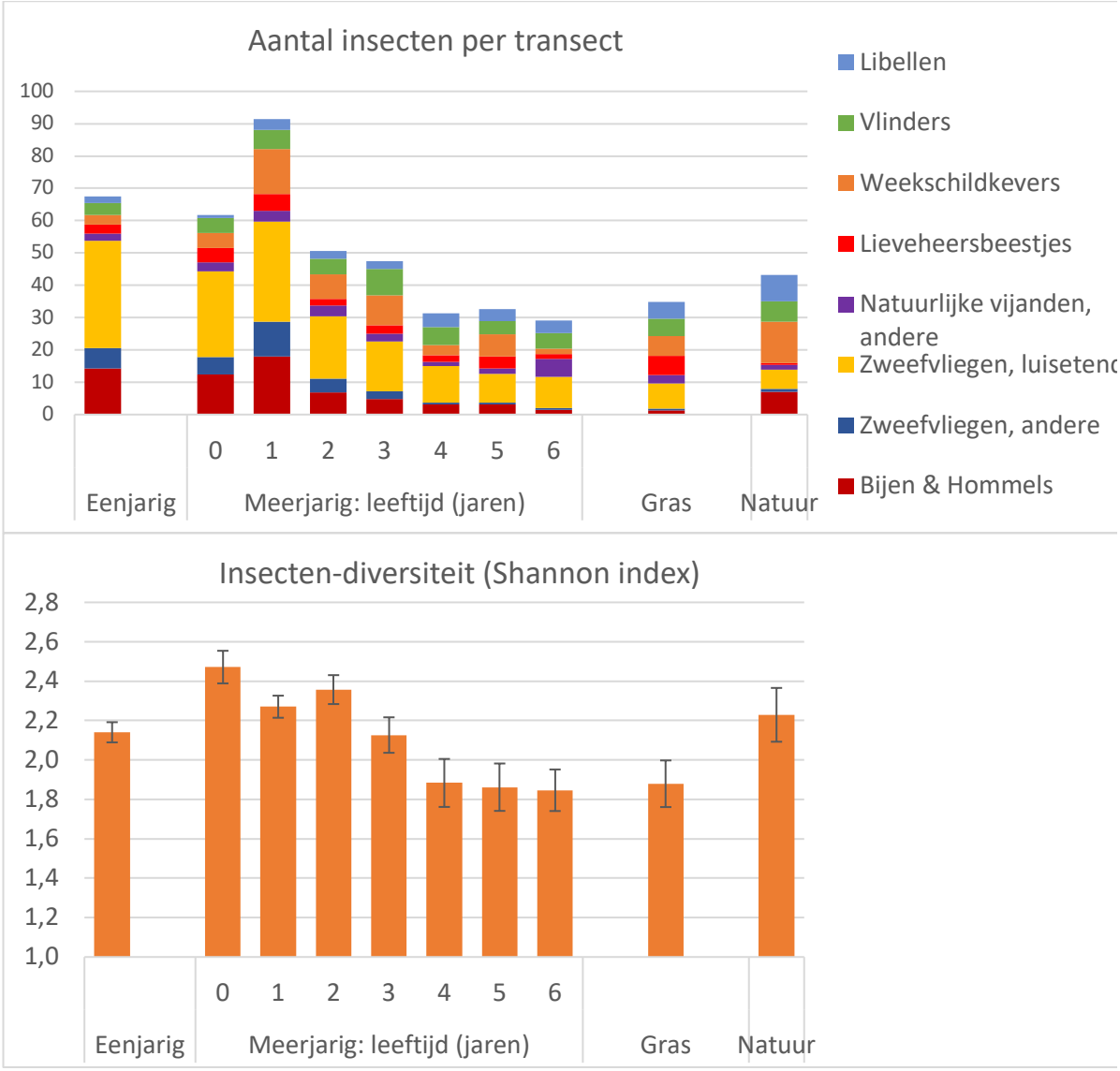
In de 6 jaren zijn 191 transecten elk 3 keer gemonitord, waarvan 121 in de laatste 4 jaren. In bijlage 2 is aangegeven welke insecten bij de monitoring in de akkerranden zijn waargenomen en in welke aantallen. Het gaat in de laatste 4 jaren in totaal om 1908 honingbijen, 3711 hommels, 500 solitaire bijen, 7677 luis-etende zweefvliegen, 1159 andere zweefvliegen, 934 lieveheersbeestjes, 2272 soldaatjes, andere natuurlijke vijanden waaronder 252 gaasvliegen, 210 wantsen en 162 sluipwespen, en tenslotte 984 libellen en 1932 vlinders. In totaal zijn er bij de insecten 76 soort(groep)en onderscheiden, waaronder 28 vlindersoorten en 10 libellesoorten.



Figuur 5. Het aantal waargenomen insecten per groep in de verschillende jaren en maanden. Om de invloed van de leeftijd van de akkerranden te beperken, zijn alleen data van een- en meerjarige randen tot 3 jaar oud meegenomen. Net gemaaide randen zijn niet meegenomen.

In figuur 5 is te zien dat het aantal insecten per groep sterk tussen de maanden en de jaren kunnen verschillen. Hierbij valt bijv. op dat het aantal zweefvliegen en weekschildkevers in juli 2018 en 2019 veel hoger ligt dan in de andere jaren. Bijen en hommels zijn vooral veel in 2021 waargenomen, terwijl de speciale zandhommel-randen die dat jaar in het westen van de Hoeksche Waard zijn aangelegd niet in deze data zijn opgenomen.

Onze 2e onderzoeksvraag was de invloed van het type akkerrand op de diverse insectengroepen. In figuur 6 is het aantal waargenomen insecten per groep aangegeven voor de verschillende akkerrand-typen. De meeste insecten worden geteld in de graskruiden-randen in hun 2^{e} jaar, vooral bijen, zweefvliegen en weekschildkevers worden hier veel aangetroffen. Dit is mogelijk het gevolg van het hoge aandeel bloemen in deze randen en het al vroeg verschijnen van de bloemen. Bij de eenjarige randen treedt de eerste bloei pas veel later op, waardoor bij de eerste tellingen nog niet veel insecten worden waargenomen, wat het jaargemiddelde drukt. Bij grasranden en oudere graskruiden-randen liggen de aantallen lager door het lagere aandeel bloemen.



Figuur 6. Het aantal individuen per groep (A) en de diversiteit (B) van de insectenfauna in de akkerranden in relatie tot het type akkerrand en de tijd sinds de (meerjarige) rand is ingezaaid. Net gemaaide randen zijn niet meegenomen.

Tabel 3A: Bijdrage van type, ouderdom en maaien van akkerrand aan de verklaarde variantie in het aantal waargenomen insecten uit betreffende groep (χ^2-waarde). Vetgedrukte χ^2-waarden geven een significant effect aan (p<0.05). Op basis van het meest spaarzame (lmer) mixed-effect model met de dezelfde storende variabelen als aangegeven in Tabel 4. Ouderdom is alleen opgenomen is bij gras-kruidenranden is daarom genest in type rand. Bij wilde bijen is het effect van type rand verschillend per maand is de interactie meegenomen in de aangegeven χ^2-waarde.

χ^2-waarde	zweef-vliegen	andere natuurlijke vijanden	weekschild-kevers	wilde bijen	vlinders	libellen
Type rand(4)	**42.3**	4.0	**13.4**	**49.6**	**8.3**	**13.2**
Ouderdom rand	**27.6**	0.9	0.1	**24.1**	1.3	3.4
Rand gemaaid (3)	**71.9**	**43.3**	**32.2**	**22.9**	**38.0**	**45.9**

Tabel 3B: Effect type akkerrand en maaien op aantal insecten in elke groep: gemiddelden van log(aantal+1) bij de medium waarde van de overige factoren (op basis van 'visreg' van het meest spaarzame 'lmer' model). Dit betekent dat bij de gras-kruidenranden de waarden gelden voor 1-jaar-oude randen. Waarden in gekleurde cellen wijken significant af van waarden in cellen met een andere kleur binnen hetzelfde kader (groen voor hoge, oranje voor lage waarden); ongekleurde vakjes wijken van geen van de andere waarden af.

coefficient	zweef-vliegen	andere natuurlijke vijanden	weekschild-kevers	wilde bijen	vlinders	libellen
Type akkerrand:						
Eenjarig	1.01	0.44	0.73	0.36	0.70	0.41
Meerjarig gras-kruiden (jaar 1)	1.20	0.50	0.86	0.59	0.81	0.42
Gras	0.61	0.30	0.91	0.07	0.76	0.59
Natuurlijk	0.65	0.35	1.01	0.47	0.90	0.70
Rand gemaaid:						
niet	1.15	0.51	0.86	0.78	0.80	0.43
recent	0.63	0.20	0.57	0.45	0.51	0.18
> 1 maand	0.99	0.49	0.86	0.60	0.65	0.19

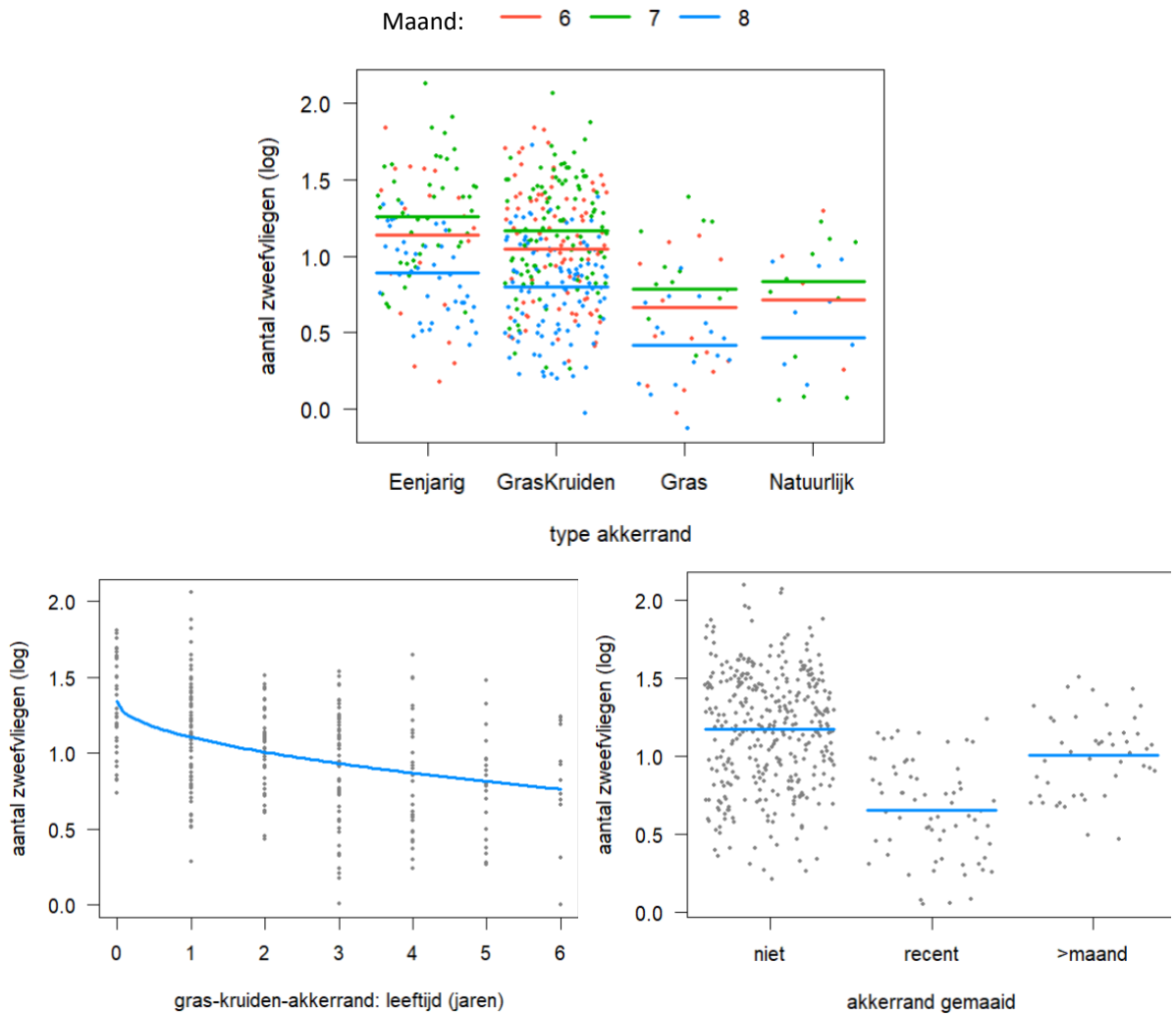
De resultaten van mixed-effect modellering tonen aan dat invloed van het type akkerrand verschilt per groep insecten (Tabel 3B). Zo worden bijen en zweefvliegen (zie ook Figuur 7A) meer gevonden in de kruidenrijke akkerranden (eenjarig en meerjarig) dan in grasranden en natuurlijke vegetatie. De andere natuurlijke vijanden vertonen dezelfde trend zonder dat dit significant is. De weekschildkevers en libellen worden juist minder in de kruidenrijke akkerranden gevonden en meer in de natuurlijke vegetatie. Bij vlinders zijn de verschillen tussen de type randen klein en niet significant.

Voor de meerjarige kruidenranden heeft de leeftijd invloed op alle groepen insecten, maar de negatieve effecten zijn alleen groot en significant bij zweefvliegen en bijen (Tabel 3A, Figuur 7B). Het maaien van de meerjarige kruiden- en grasranden heeft een nog grotere negatieve invloed op bijna alle groepen insecten (Tabel 3A, Figuur 7C). Recent (< 1 maand geleden) gemaaide akkerranden hebben significant minder insecten uit alle groepen dan ongemaaide randen (Tabel 3B). Als de rand tussen de 1 en 2 maanden geleden is gemaaid liggen de aantallen zweefvliegen, weekschildkevers en andere natuurlijke vijanden alweer bijna op het niveau van ongemaaide randen. Bijen en vlinders

zijn dan nog steeds (bijna significant) minder talrijk dan in ongemaaide randen. Libellen zijn ook in minder recent gemaaide randen aanzienlijk minder talrijk dan in ongemaaide randen.

Het type akkerrand en de leeftijd van meerjarige randen hebben ook invloed op de insecten-diversiteit. In figuur 6B is te zien dat de Shannon-index voor biodiversiteit het hoogst ligt bij jonge meerjarige akkerranden in het 2^{e} jaar, maar, zoals verwacht, is deze ook hoog bij de meer natuurlijke vegetatie in de kreken.

De oorzaken van bovengenoemde verschillen worden verder geanalyseerd in de volgende paragraaf door de vegetatie-samenstelling in beschouwing te nemen.



Figuur 7. De hoeveelheid luisetende zweefvliegen in relatie tot (A) het type akkerrand (χ^2 =47,9, df=3, p<0.001) en de maand (χ^2 =56,1, df=2, p<0.001), (B) van de graskruidenrand de tijd sinds deze is ingezaaid (χ^2 =32,1, df=1, p<0.001) en (C) het maaien van de akkerrand (χ^2 =66,3, df=2, p<0.001). De verticale as geeft het log-getransformeerde aantal zweefvliegen weer. Resultaten van een lineair mixed-effect model met locatie en jaar als random effecten, en bovengenoemde variabelen, tijd van de dag en waarnemer als vaste effecten.

3. Invloed van de vegetatie op de insecten in de akkerranden

De verwachting vooraf was dat bovengenoemde verschillen in insecten-fauna vooral veroorzaakt worden door verschillen in de vegetatie van de akkerranden en in het bijzonder de hoeveelheid en samenstelling van de bloemen. Om deze reden is bij de vegetatieopnamen ook een schatting gemaakt van de hoeveelheid bloeiende planten per plantensoort. Deze bloemen zijn vervolgens ingedeeld op aantrekkelijkheid voor bestuivers zoals honingbijen en hommels, op basis van gegevens van imkers (Van Hoorde et al. 1996, drachtplanten.nl). Ook zijn ze ingedeeld op geschiktheid ('functionaliteit') voor zweefvliegen en andere natuurlijke vijanden op basis van eerder onderzoek (Wäckers & van Rijn 2012; van Rijn & Wäckers 2016, van Rossum et al. 2022). Deze indeling is gebruikt om indices te berekenen waarbij de mate waarin de bedekking van bloemen meetelt afhangt van hun geschiktheid voor de betreffende insectengroep.

Wisselende omstandigheden tijdens het tellen van insecten in de akkerranden kunnen voor extra variatie in de monitoringsresultaten zorgen, waardoor het effect van de vegetatie vertroebeld wordt. Doordat diverse storende factoren tijdens het tellen zijn genoteerd, kon hiervoor worden gecorrigeerd. Doordat sommige storende factoren onderling enigszins gecorreleerd zijn zal bij het zoeken naar het minimale set aan verklarende variabelen vaak maar één van de variabelen opgenomen worden (zie tabel 4). Zo zijn, Bewolking en Windkracht (r=-0.31) en Bewolking en Temperatuur (r=+0.27) onderling gecorreleerd, terwijl ook de klassen van Streek (8) en Waarnemer (13) deels overlappen.

*Tabel 4: Minimum set aan verklarende variabelen voor aantal waargenomen insecten uit betreffende groep: bij alle factoren die significant bijdragen (mixed-effect model ($p<0.05$) is de **F-waarde** aangegeven; hoe groter deze is, groter in invloed van de betreffende variabele (zwart indien de factor een positief effect heeft, rood indien negatief). R^2_m is de marginale R^2, welke aangeeft welk deel van de variantie wordt verklaard door de vaste effecten.*

Verklarende variabele (aantal klassen)	zweef-vliegen	andere natuurlijke vijanden	weekschild-kevers	wilde bijen	vlinders	libellen
Bedekking (vierkantswortel van):						
Bloemen totaal			56,3	133,9	20,7	
Bloemen functioneel	331,4	64,8				
Grassen						8,6
overige variabelen (aantal klassen):						
Rand gemaaid (3)	26,6	11,7	11,2	3,1	6,8	24,1
interactie met Bedekking						4,9
Maand (3)	37,7	24,3	113,8	4,1	4,0	3,9
interactie met Bedekking		9,3	3,2		5,5	
Tijd van de dag	22,8		9,3	4,2	10,8	
Windkracht	3,1	2,1		12,6		7,6
Bewolking		13,9				
Temperatuur					10,1	
Streek (8)			2,8			2,7
Waarnemer (13)	3,9	3,8	7,4			
R^2_m	0,520	0,301	0,459	0,390	0,181	0,183

Bladluisetende zweefvliegen

Voor bladluisetende zweefvliegsoorten (de meest talrijk groep in de akkerranden) bleek de hoeveelheid bloemen veruit de meest verklarende factor. Hierbij was de hoeveelheid functionele bloemen een nog betere maat dan de totale hoeveelheid bloemen (zie Tabel 4). Dit bevestigt de verwachting dat deze korttongige beestjes veel selectiever zijn in het benutten van bloemen voor pollen en nectar dan bijvoorbeeld bijen. De relatie tussen bloembedekking en de logaritme van het aantal bloembezoekende insecten blijkt eerder de vorm van een wortelfunctie te volgen dan een lineaire functie (zie Fig. 5). Andere factoren die van belang zijn (en in het model zijn meegenomen) zijn: de maand, de tijd van de dag, de waarnemer en of de akkerrand recent gemaaid is (zie tabel 3). Nog los van de random effecten (jaar en locatie) kan met deze factoren 55% van de variatie worden verklaard (R^2_m =0.551).

Andere natuurlijke vijanden

De overige natuurlijke vijanden die zijn aangetroffen in de akkerranden (dit zijn hoofdzakelijk lieveheersbeestjes, gaasvliegen, roofwanten en sluipwespen) worden ook meer in bloemrijke akkerranden aangetroffen, waarbij de hoeveelheid functionele bloemen weer een betere maat lijkt dan de totale hoeveelheid bloemen (tabel 4). Er is een significante interactie tussen bedekking en maand: dit betekent dat het effect van bloembedekking verschillend is tussen de drie maanden (zie Fig. 8C): alleen in juni is er een duidelijk effect van de bedekking. Naast bloembedekking en maand zijn ook gemaaid, bewolking (Fig. 8D) en wind nog significante factoren. De door de factoren verklaarde variantie ligt met ca. 30% bij deze groep wel een stuk lager dan bij de zweefvliegen en bijen. Dit komt deels door de lagere aantallen, maar waarschijnlijk ook door de heterogeniteit van de groep. Een analyse van aantallen in de deelgroepen (zoals gaasvliegen) is, door hun afwijking van een normale verdeling (ook na transformatie), echter niet mogelijk met de gebruikte statische methode.

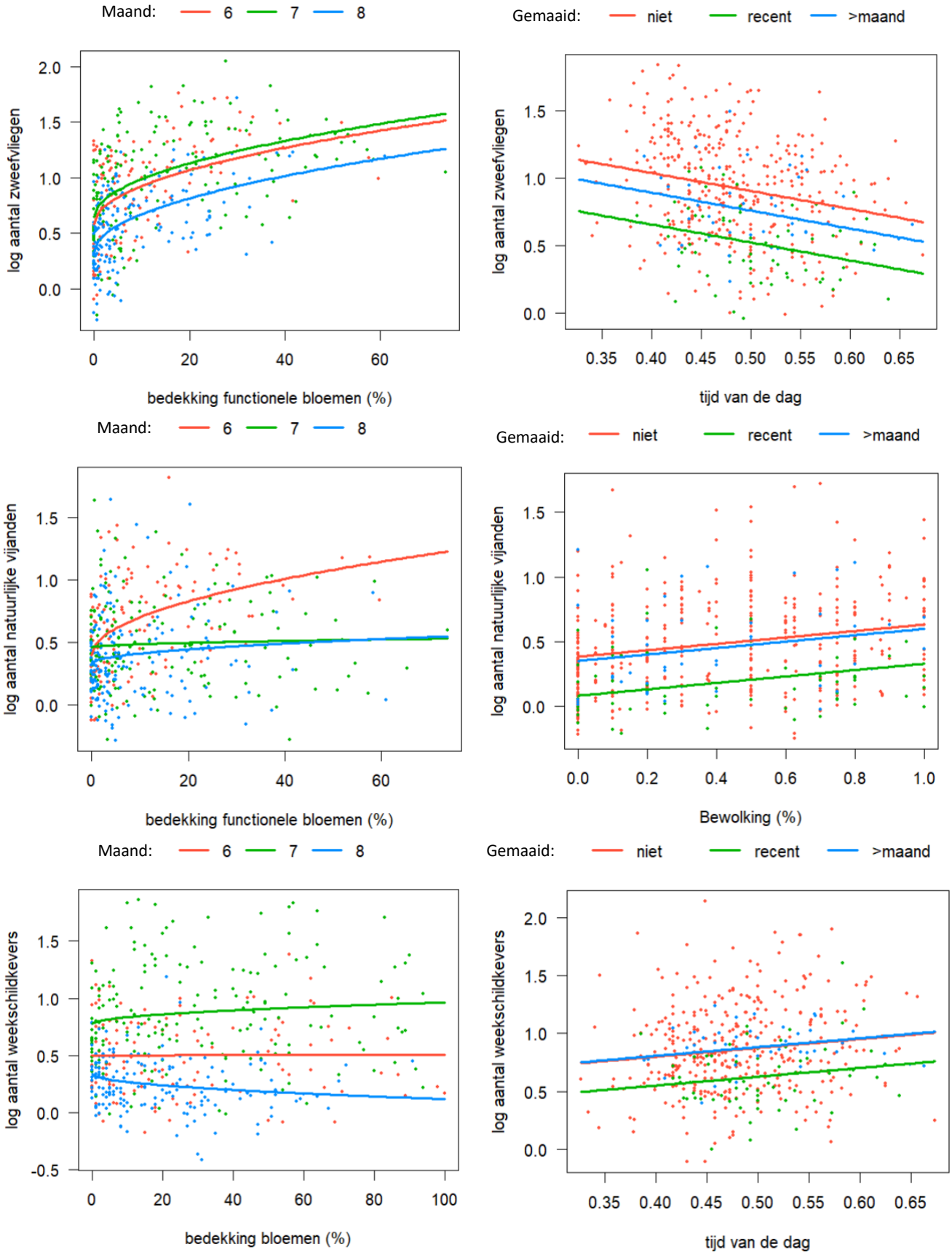
Weekschildkevers

De aantallen weekschildkevers (of 'soldaatjes') verschillen sterk per maand met veruit de hoogste aantallen in juli. De significant interactie tussen maand en de bedekking aan bloemen (Tabel 3) geeft aan dat de bloemen alleen in juli een positief effect hebben; in de andere maanden is deze neutraal of zelfs negatief (Fig. 8E). Verder zijn ook gemaaid, de waarnemer, tijd van de dag (Fig. 8F) en de streek van invloed. Alles bij elkaar kan hierdoor 46% van de variantie worden verklaard.

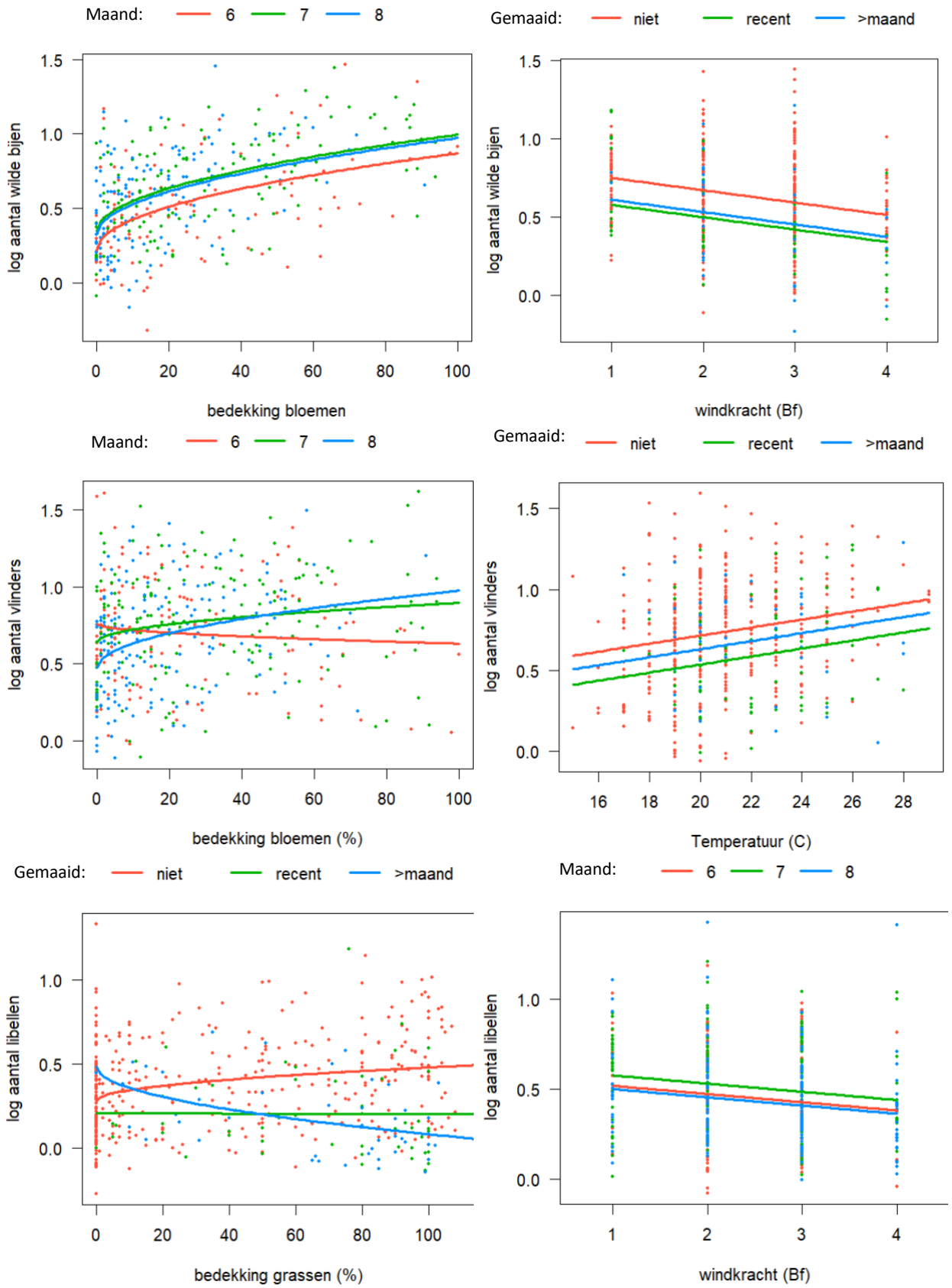
Wilde bijen

Voor wilde bijen, inclusief hommels, bleek de hoeveelheid bloemen, zoals verwacht, veruit de belangrijkste factor (zie Fig. 9). Andere factoren zijn de tijd van de dag en of de akkerrand recent gemaaid is (hoewel die factor natuurlijk niet onafhankelijk is van de hoeveelheid bloemen). Ook wind bleek een belangrijke factor. Met deze factoren kan bijna 39% van de variantie verklaard worden.

Hierbij bleek de totale hoeveelheid bloemen een betere voorspeller dan het hoeveelheid bloemen van bijenplanten, hommelplanten of functionele (zweefvlieg)planten (tabel 4). Dit geldt ook als je de hommels apart bekijkt. Voor de solitaire bijen daarentegen blijkt de hoeveelheid functionele bloemen de beste voorspeller (data niet getoond).



Figuur 8. Het aantal luisetende zweefvliegen (boven), andere natuurlijke vijanden (midden) en weekschildkevers (onder) in akkerranden in relatie tot de hoeveelheid bloemen, de maand, de tijd van de dag of de bewolking en het effect van maaien. Resultaten van mixed-effect models met locatie en jaar als random effecten. Voor verdere uitleg zie hoofdtekst.



Figuur 9. Het aantal wilde bijen (boven), vlinders (midden) en libellen (onder) in akkerranden in relatie tot o.a. de hoeveelheid bloemen in de akkerranden. Resultaten van mixed-effect models met locatie en jaar als random effecten. Voor verdere uitleg zie hoofdtekst.

Vlinders

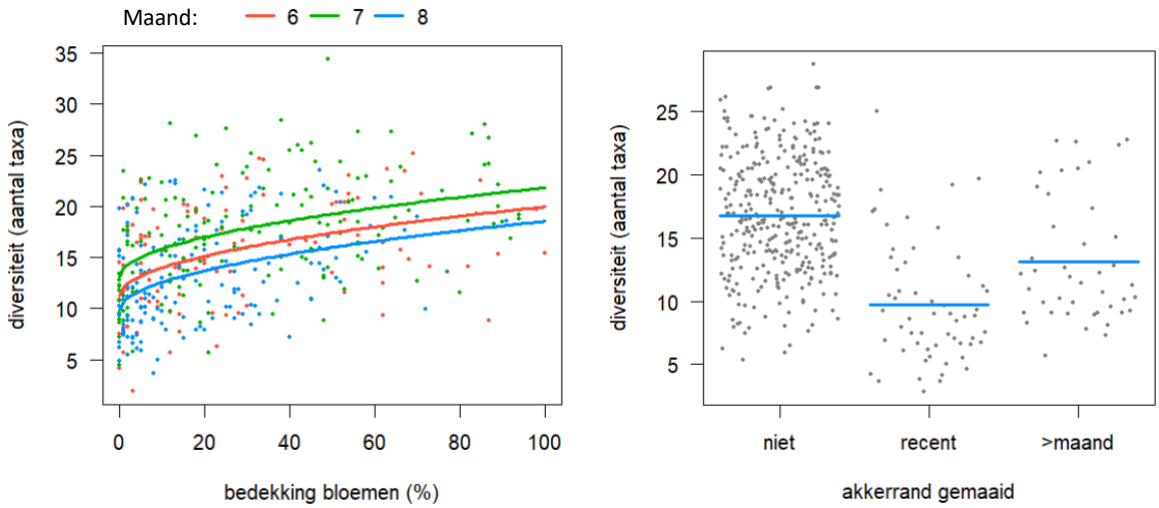
Ook voor vlinders bleek de hoeveelheid bloemen de belangrijkste factor (Tabel 4). Toch is het effect minder groot als bij bovenstaande groepen en bovendien vertoont de factor een interactie met maand, omdat de relatie alleen positief is in juli en augustus (zie Fig. 9C). Andere factoren zijn de tijd van de dag, de temperatuur (Fig. 9D), de waarnemer en of de akkerrand recent gemaaid is, waarmee in totaal slechts 18% van de variantie is verklaard.

Libellen

Libellen zijn de enige van de genoemde groepen insecten die niet gebruik maken van stuifmeel of nectar als voedsel. Het is ook de enige groep waarvan de aantallen geen positieve relatie met de hoeveelheid bloemen laten zien. Wel is er een sterk effect van maaien en een relatie met de bedekking aan grassen. Dit suggereert dat de structuur van de vegetatie wel van belang is voor de libellen. Verder is de streek en de windkracht van invloed en wordt in totaal maar 16% van de variantie verklaard.

Insectendiversiteit

Het aantal waargenomen taxa binnen bovengenoemde groepen insecten hangt ook in sterke mate af van de hoeveelheid bloemen in de akkerrand (Fig. 10A), terwijl ook het gemaaid zijn nog een additioneel negatief effect heeft (Fig. 10B). Verder blijkt de maand een effect te hebben (Fig. 10) met de hoogste diversiteit in juli.



Figuur 10. Het aantal taxa als maat voor de diversiteit in relatie tot (A) de hoeveelheid bloemen (χ^2=49,6, df=1, p<0.001) en de maand (χ^2=28,5, df=2, p<0.001) en (B) het maaien van de akkerrand (χ^2=59,6, df=2, p<0.001).

Effect storende variabelen

Het **maaien** van de akkerrand heeft op alle genoemde groepen insecten direct een groot negatief effect, bovenop het effect via de hoeveelheid bloemen. De mate van herstel na een tot twee maanden verschild per groep: terwijl bij weekschildkevers en overige natuurlijke vijanden de aantallen dan weer (bijna) op hetzelfde niveau zitten als in ongemaaide akkerranden (Fig. 8D en 5F), is bij zweefvliegen en vlinders dan pas een deel van de aantallen teruggekeerd (Fig. 8B en 6D). Bij wilde bijen is dan nog nauwelijks sprake van herstel (Fig. 9B).

De **maand** van monitoring bleek van invloed op alle groepen insecten. Maar waar de overige natuurlijke vijanden vooral in juni veel werden geteld, waren weekschildkevers, zweefvliegen en libellen gemiddeld in juli het talrijkst (Fig. 8F). Wilde bijen bleven na juli ook in augustus nog hoog, net als vlinders in meer bloemrijke akkerranden (Fig. 9C).

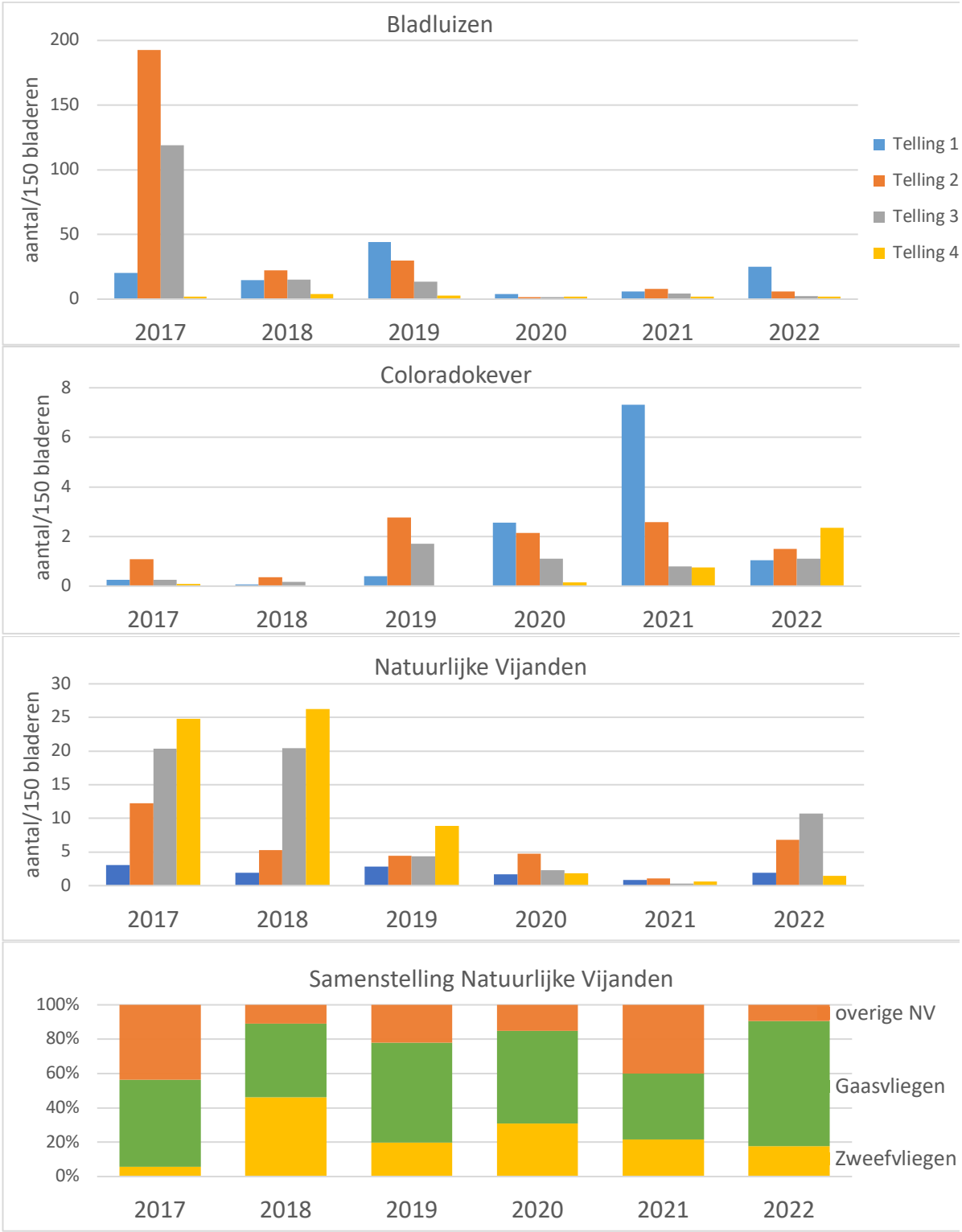
Hoewel 95% van de waarnemingen gestart zijn tussen 9 uur en 14 uur heeft de **tijd van de dag** bij veel groepen toch invloed op het aantal waargenomen insecten. Zweefvliegen zijn, zoals verwacht, aan het begin van de ochtend meer waargenomen dan later op de dag. Voor andere groepen was dit juist andersom: weekschildkevers, wilde bijen en vlinders namen juist toe in de loop van de dag (Fig. 5B).

Ook de **wind** (variërend tussen windkracht 1 en 4) bleek bij veel groepen een negatieve invloed te hebben op de tellingen. Bij wilde bijen en libellen was de invloed vrij groot (Fig. 9BF), bij zweefvliegen en andere natuurlijke vijanden wat kleiner, terwijl het effect bij weekschildkevers en vlinders niet significant was.

De **bewolking** had alleen invloed op overige natuurlijke vijanden; bij een meer bedekte hemel werden meer van deze insecten waargenomen (Fig. 8D). De **temperatuur** had alleen een significante en positieve invloed op het aantal vlinders (Fig. 9D). Hierbij moet worden bedacht dat deze variabelen onderling gecorreleerd zijn (Bewolking en Windkracht r=-0.31; Bewolking en Temperatuur r=+0.27), zodat de effecten deels ook door variatie in de andere variabelen kan zijn veroorzaakt.

Het effect van de streek en van de waarnemer zijn niet geheel los van elkaar te zien, omdat veel waarnemers zoveel mogelijk de locaties in de buurt van hun huis kregen toegewezen. Terwijl 5 mensen of duo's alle jaren insecten tellingen hebben gedaan, zijn er ook 4 die drie jaren hebben meegedaan en 4 anderen die maar één jaar hebben gemonitord. Bij drie groepen bleek de **waarnemer** een significante invloed te hebben (Tabel 4): zweefvliegen, andere natuurlijke vijanden en weekschildkevers. De **streek** bleek een invloed te hebben op het aantal libellen, en nogmaals op de weekschildkevers (Tabel 4).

4. Plagen en natuurlijke vijanden in het gewas



Figuur 12. Gemiddelde populatieontwikkeling van plagen (A en B) en hun natuurlijke vijanden (C) en de samenstelling van de natuurlijke vijanden (D) in aardappelpercelen in de 6 jaren van het project. De tellingen zijn steeds in juni en juli om de 2 weken uitgevoerd. De start van de tellingen verschilde per jaar op basis van de gewasontwikkeling en vond achtereenvolgens plaats in week 23, 24, 24, 25, 26 en 24. De schadedrempel ligt voor (wegedoorn)bladluizen op 5 per samengesteld blad, ofwel 750 per scouting. Voor coloradokever ligt deze op 1 (grote) larve per plant, ofwel 50 per scouting.

In de aardappelpercelen zijn elk jaar vier scoutingen uitgevoerd in de maanden juni en juli met tussenposen van 2 weken. Het aantal aangetroffen bladluizen (hoofdzakelijk wegedoornluis) vertoonde grote verschillen tussen de jaren (zie Fig. 12A). De schadedrempel van 5 per blad is slechts één keer op een perceel in 2017 overschreden. In alle jaren was bij de laatste telling (eind juli) het aantal waargenomen bladluizen zeer laag. Het aantal natuurlijke vijanden liep in deze periode vaak geleidelijk op (zie Fig. 12B), maar liep in jaren met weinig bladluizen bij de laatste tellingen alweer terug. Het aantal waargenomen Coloradokevers was de eerste twee jaren nog laag maar lag vanaf 2019 duidelijk hoger met 2021 als piekjaar. Opvallend is dat dit patroon het spiegelbeeld is van dat van de natuurlijke vijanden. Dit doet vermoeden dat deze natuurlijke vijanden ook een rol spelen bij de onderdrukking van Coloradokevers. Hieronder wordt verder onderzocht welke factoren mogelijk de aantallen natuurlijke vijanden, bladluizen en Coloradokevers beïnvloeden.

Natuurlijke vijanden

De natuurlijke vijanden die in het gewas geteld zijn, worden vooral gevormd door (hoofdzakelijk eieren van) zweefvliegen en gaasvliegen (zie Fig. 12D), maar ook door diverse stadia lieveheersbeestjes en enkele roofwantsen. Om te bekijken welke groepen natuurlijke vijanden een relatie vertonen met de aantallen bladluizen en coloradokevers zijn de gemiddelden over alle tellingen genomen. Vanwege de grote verschillen per jaar is de interactie met jaar meegenomen in het mixed-effect model. De resultaten daarvan (Tabel 5) laten een associatie zien tussen natuurlijke vijanden en bladluizen in de percelen. Deze associatie is het sterkst voor zweefvliegen en gaasvliegen in het gewas en minder voor andere natuurlijke vijanden. Ook het aantal coloradokevers is geassocieerd met het aantal natuurlijke vijanden, maar niet zozeer met zweefvliegen en gaasvliegen als wel met de andere natuurlijke vijanden, hetgeen hoofdzakelijk lieveheersbeestjes zijn (Tabel 5). In veel gevallen is de interactie tussen plaagaantallen en jaar significant, hetgeen betekent dat in sommige jaren de relatie positief is en in andere jaren neutraal of negatief.

Tabel 5. Mate waarin verschillende groepen natuurlijke vijanden in het gewas samenhangen met het voorkomen van bladluizen en Coloradokevers: χ^2-waarden van lmer inclusief interactie met jaar (df=6). Vetgedrukte waarden geven significante effecten aan (p<0.05).

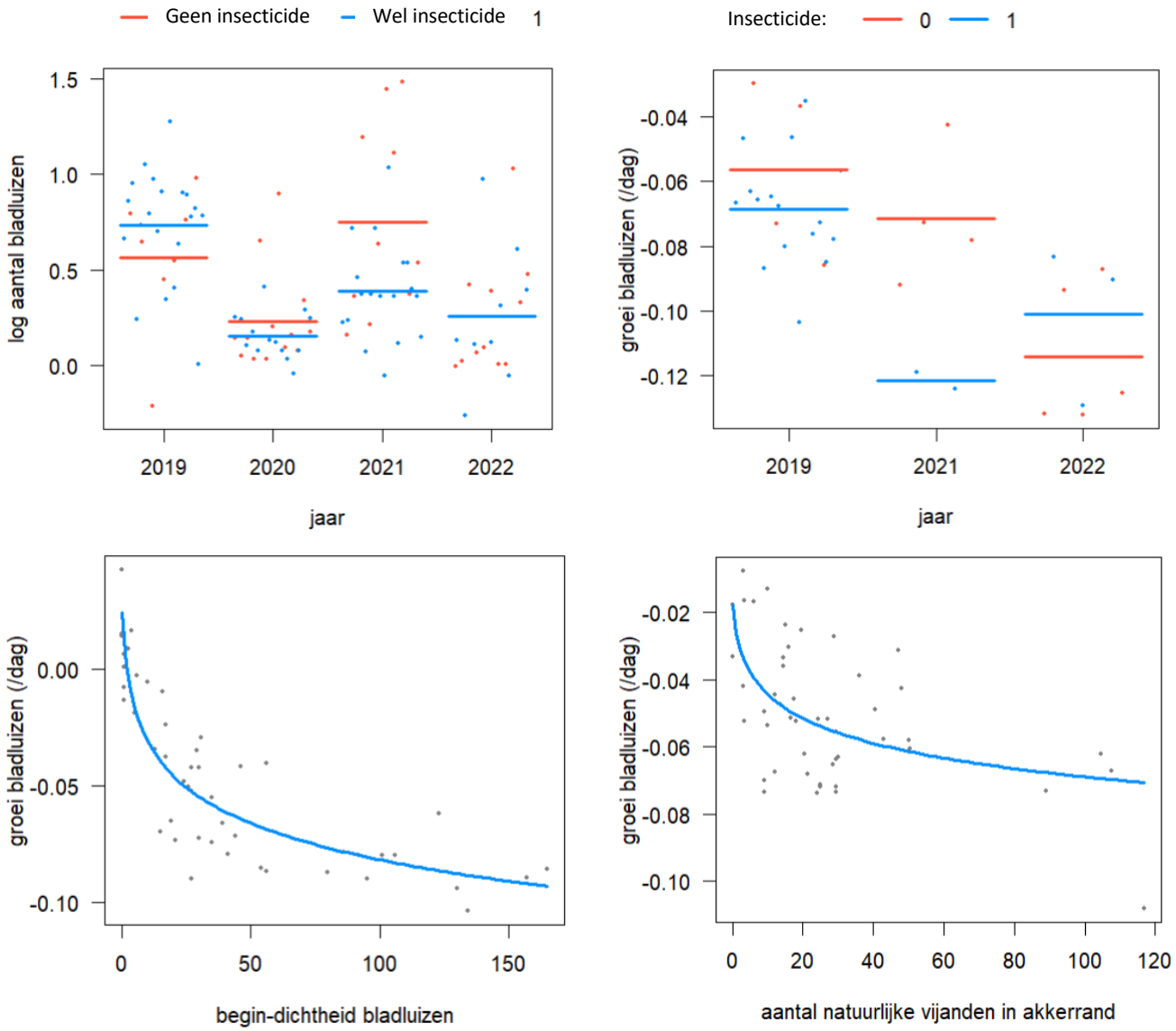
χ^2-waarde	alle natuurlijke vijanden samen	zweefvliegen	gaasvliegen	andere natuurlijke vijanden
Bladluis	**29,7**	**24,2**	**28,7**	11,8
Coloradokever	**13,8**	4,6	7,9	**28,1**

Geen van de andere factoren had significante invloed op het aantal natuurlijke vijanden in het gewas, ook niet de hoeveelheid functionele bloemen in de akkerranden of het gebruik van een insecticide.

Bladluizen

Op een deel van de onderzochte aardappelpercelen heeft in betreffende jaar een insecticide-behandeling plaatsgevonden, vaak rondom de eerste telling. Hoewel de middelen ingezet zijn tegen Coloradokevers (meestal Gazelle) kunnen ze ook een nevenwerking hebben gehad tegen bladluizen. Om een mogelijk effect van een behandeling vast te kunnen stellen is het aantal bladluizen gemiddeld over de laatste 3 tellingen. Dit gemiddelde bleek inderdaad beïnvloed door insecticide gebruik, maar wel in interactie met het jaar, hetgeen betekent dat de effecten per jaar verschilden.

In figuur 13A is te zien dat alleen in 2021 het insecticide-gebruik geassocieerd is met minder bladluizen. In 2019 waren er gemiddeld juist meer bladluizen aanwezig op percelen waar was gespoten, terwijl er in de andere jaren geen significante verschillen waren. In 2019 zijn de behandelingen echter pas na de 2^{e} telling uitgevoerd.
Het aantal natuurlijke vijanden in de akkerranden had, misschien tegen de verwachting, geen statistisch effect had op het gemiddeld aantal bladluizen. Belangrijk is te realiseren dat bladluizen (o.a. door aantrekking) een positief effect kunnen hebben op het aantal predatoren, terwijl in een andere fase de aangetrokken predatoren de bladluizen kunnen helpen onderdrukking. Of je een positieve, neutrale of negatieve correlatie tussen aantallen predatoren en bladluizen vindt, hangt dus o.a. af van het stadium waarin de predator-prooi cyclus zich bevindt.



Figuur 13. (A) Aantal bladluizen in het gewas in relatie tot (eenmalig) insecticide-gebruik in interactie met jaar (χ^2=11,5, df=4, p=0,022). De relatieve groeisnelheid van bladluizen in relatie tot: (B) insecticide-gebruik in interactie met jaar (χ^2=12,5, df=5, p=0,029), (C) het aantal bladluizen bij de eerste telling (χ^2=42,2 df=1, p<0,001) en (D) het gemiddelde aantal zweefvliegen en andere natuurlijke vijanden in de akkerrand in juni en juli (χ^2=12,1, df=1, p<0,001). De effecten van insecticide-gebruik zijn alleen getoond voor de jaren 2019-2022 waarin betrouwbare gegevens

beschikbaar zijn. De groeisnelheid is alleen bepaald als er in het perceel minimaal25 bladluizen zijn geteld. In 2020 vielen daardoor alle percelen af.

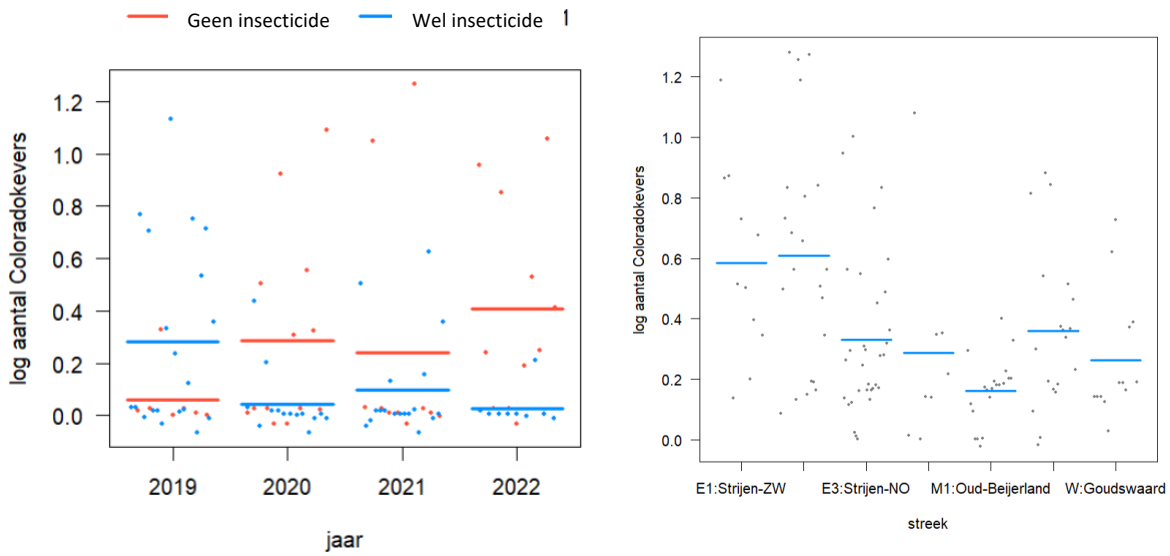
Om dit probleem te omzeilen kan in plaats van naar de gemiddelde aantallen bladluizen, gekeken worden naar de relatieve veranderingen in de tijd. Als maat daarvoor hebben we de relatieve groeisnelheid berekend op basis van de opeenvolgende tellingen per perceel. De relatieve groeisnelheid wordt bepaald als de richtingscoëfficiënt *r* van de (exponentiele) regressielijn: $\log N_t = \log N_0 + rt$, waarbij *N* de aantallen bladluizen zijn en *t* de tijd in dagen. In ons geval is meestal sprake van een afnemende populatie en is r dus meestal negatief. Om *r* met enige betrouwbaarheid te kunnen bepalen, moesten er bij de 4 tellingen op een perceel minimaal 25 luizen geteld zijn. Indien bij de laatste twee tellingen 0 bladluizen waren geteld, is alleen de eerste 0 meegenomen in de regressie. In 2020 waren er zo weinig bladluizen dat voor geen van de percelen een *r*-waarde kon worden berekend.
De relatieve groeisnelheid van de bladluizen in aardappel blijkt beïnvloed te zijn door condities in het gewas zelf, maar ook door die de akkerrand. De groeisnelheid vertoonde geen significante relatie met het aantal natuurlijke vijanden dat in het gewas geteld is. Wel had het aantal bladluizen bij de eerste telling een groot effect op de groeisnelheid, allereerst omdat bij meer bladluizen de afname groter kan zijn (Fig. 13C). Het gebruik van een insecticide had ook een effect op de groeisnelheid van de bladluizen (Fig. 13B) vergelijkbaar met die op de gemiddelde aantallen (zie Fig. 13A): alleen in 2021 was sprake van een significante verlaging.

Om de invloed van de akkerrand te bepalen is zowel naar de relatie met de hoeveelheid (functionele) bloemen gekeken als met het aantal natuurlijke vijanden in de akkerranden. De hoeveelheid bloemen hadden geen significant effect op de groeisnelheid van de bladluizen, maar het aantal natuurlijke vijanden wel: zowel het aantal luisetende zweefvliegen (χ^2=12,4), als het aantal overige natuurlijke vijanden (χ^2=9,9), als de som van die twee (χ^2=18,9). In figuur 13D is de relatie met de totale hoeveelheid natuurlijke vijanden (dus incl. zweefvliegen) weergegeven: bij meer natuurlijke vijanden in de akkerrand is sprake van een snellere afname van de bladluizenpopulatie.

Coloradokevers

Om het effect van een insecticide-behandeling vast te kunnen stellen, is weer het gemiddelde over de drie laatste tellingen genomen. Deze waarde bleek (net als bij de bladluizen) beïnvloed door de interactie tussen insecticide-gebruik en jaar (zie Fig. 14A): in de drie laatste jaren bevatten de behandelde percelen significant minder kevers, terwijl in 2019 er gemiddeld meer kevers zaten in percelen die behandeld waren. In 2019 zijn de behandelingen echter pas na de 2^{e} telling uitgevoerd.

De analyse van de natuurlijke vijanden in het gewas liet zien dat deze geassocieerd zijn met de aanwezigheid van coloradokever; dit betrof met name andere natuurlijke vijanden (dan zweefvliegen en gaasvliegen) zoals lieveheersbeestjes. Bij de analyse van het aantal coloradokevers zijn echter geen significante effecten van het aantal natuurlijke vijanden, in het gewas danwel in de akkerrand, gevonden. Ook andere karakteristieke van de akkerrand, zoals de hoeveelheid bloemen, had geen effect op de hoeveelheid coloradokevers. Het gemiddelde over alle tellingen bleek, behalve door het jaar alleen nog door de streek beïnvloed, met hogere aantallen in het zuidoosten van de Hoeksche Waard (Fig. 14B).

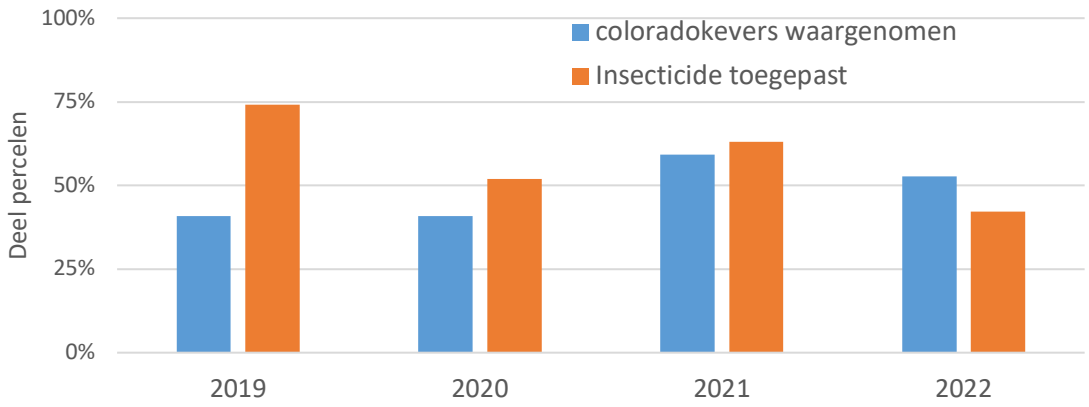


Figuur 14. Het aantal Coloradokeverlarven in het gewas in relatie tot: (A) insecticide-gebruik in interactie met jaar (χ2= 23,7, df= 6, p<0,001) en (B) de streek (gerangschikt van oost naar west) (χ2= 23,7, df= 6, p<0,001). Bij A is per perceel het gemiddelde over alle tellingen genomen, bij B over de laatste 3 tellingen.

5. Gebruik van insecticiden door betrokken akkerbouwers

De akkerbouwers die betrokken waren bij dit onderzoek zijn steeds kort na het scouten geïnformeerd over de resultaten, zodat ze hun gewasbeschermings-activiteiten daarop af konden stemmen. De aantallen bladluizen die bij de scouting in de 133 aardappelpercelen zijn geteld zijn zover bekend slechts één keer (in 2017) een reden geweest een insecticide toe te passen. In veel meer gevallen bleken Coloradokevers hier de aanleiding voor. Over de periode 2019-2022 zijn de data over het gebruik van insecticiden systematisch opgevraagd. Hieruit bleek dat gemiddeld op 60% van de percelen een insecticide tegen Coloradokever is toegepast, maar met significante verschillen tussen de jaren (χ^2=8.7, df=5, p=0.03). In 2019 was het % percelen dat behandeld is nog duidelijk hoger dan het % percelen waar Coloradokevers waren waargenomen. Het laatste jaar (2022) is er echter op minder percelen gespoten dan waar Coloradokevers waren waargenomen (zie Fig. 13). In de meeste gevallen is met Gazelle gespoten, terwijl in 2019 is op vijf percelen Coragen toegepast en in 2020 2 keer Karate Zeon. Het toepassen van een insecticide kon niet worden gerelateerd aan het voorkomen van Coloradokevers of bladluizen in het perceel, nog met eigenschappen van de akkerrand.

De verwachting is dat, aangezien de betrokken akkerbouwers op deze percelen niet hebben gespoten tegen bladluis, het gebruik van insecticiden toch lager lag dan op vergelijkbare aardappelpercelen elders.



Figuur 15. Het percentage van de gemonitorde percelen waarop 1 of meer coloradokever-larven zijn waargenomen en het percentage van de percelen waarop een insecticide is toegepast.

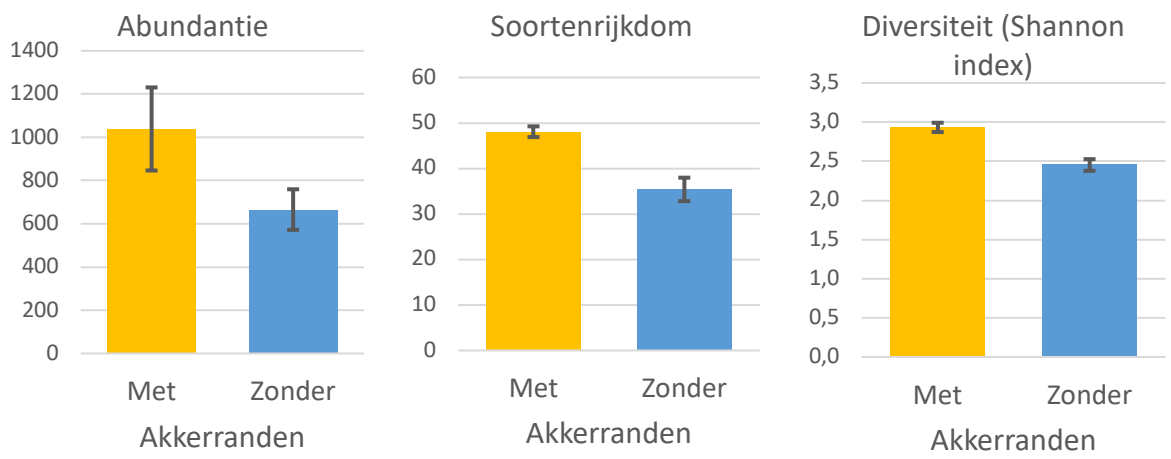
6. Monitoring macrofauna in sloten met en zonder akkerranden

Een uitgebreid verslag van de macrofauna-tellingen is al in 2021 uitgebracht (Schuurman, 2021). Hier wordt alleen een samenvatting gemaakt van de belangrijkste resultaten voor wat betreft de effecten van akkerranden op sloot-macrofauna.

Er zijn in de 5 jaren 20 verschillende sloten bemonsterd, deels op klei en deels op veen, deels met akkerranden (aan beide kanten) en deels zonder akkerranden. De bemonsterde sloten waren verder zoveel mogelijk vergelijkbaar. Vier akkerranden zijn jaarlijks bemonsterd, vier zijn gedurende 3 jaren bemonsterd, de overige zijn gedurende 1 jaar bemonsterd. Per jaar werd de sloot twee keer bemonsterd.

De macrofauna van de bemonsterde sloten werd gedomineerd door wantsen, slakken, vissen en (in mindere mate) kevers, in kleisloten aangevuld met libellelarven en in veensloten met vliegen- en muggenlarven. Er zijn in totaal 146 taxa onderscheiden. Typische waterkwaliteits-indicatoren als haftenlarven, kokerjuffers en vlokreefjes werden alleen in lage aantallen aangetroffen.

Om de effecten van akkerranden samen te vatten zijn naar 3 variabelen gekeken (zie Fig. 16) die alle drie significant hoger lagen bij de sloten naast akkerranden dan bij de sloten zonder akkerranden: het totaal aantal beestjes per monster (de abundantie), en twee maten voor de biodiversiteit: het aantal gevonden taxa per monster (soortenrijkdom) en de Shannon index (die ook rekening houdt met het aantal beestjes per taxum). De resultaten geven aan dat akkerranden een positieve invloed hebben op de aquatische biodiversiteit en daarmee op de biologische waterkwaliteit.



Figuur 16. Het gemiddelde en de standaardfout van: (A) het totaal aantal beestjes, (B) het aantal taxa per monster ('soortenrijkdom') en (C) de Shannon index in sloten met en zonder akkerranden. De verschillen zijn steeds significant (met een p-waarde van respectievelijk 0.046, 0.0002 en 0.00003; t-toets).

Discussie

De resultaten geven aan dat de hoeveelheid bloemen in akkerranden die functioneel zijn voor natuurlijke vijanden een grote invloed hebben de hoeveelheid zweefvliegen en andere natuurlijke vijanden (de functionele biodiversiteit) in die akkerranden en dat die natuurlijke vijanden weer invloed hebben op de onderdrukking van bladluizen in de aanliggende aardappelpercelen. Hiermee wordt aangetoond dat akkerrranden, indien van de juiste samenstelling, de plaagbestrijding op akkers kunnen ondersteunen.

Deze studie voegt daarmee belangrijke informatie toe aan de bestaande wetenschappelijke kennis. Een recente meta-analyse van 40 studies (Crowther et al. 2023) laat ook zien dat met bloemrijke akkerranden de onderdrukking van plagen over het algemeen sneller of beter gaat in vergelijking met bloemarme akkerranden, maar laat tevens zien dat er grote verschillen zijn tussen studies onderling. Het is belangrijk te achterhalen waardoor deze verschillen ontstaan, zodat we beter weten wanneer welke maatregelen het meest effectief zijn.

Deze studie legt voor het eerst een relatie met de vegetatiesamenstelling van de akkerranden en nog meer in het bijzonder met de bloeiende vegetatie. Verder is ook de invloed van beheer, randtype en leeftijd bekeken. Hierdoor kan de studie worden gebruikt om tot betere en effectievere mengsels en beheersvormen te komen.

Maaien bleek zoals verwacht een direct en sterk negatief effect te hebben op alle groepen insecten, (tabel 3). Bij alle groepen, m.u.v. de libellen, heeft maaien invloed via de sterke reductie van de hoeveelheid (functionele) bloemen. Zodra je ook de hoeveelheid bloemen meeneemt in de analyse (Tabel 4) wordt namelijk een veel kleiner deel van de variantie verklaard door de factor maaien (vergelijk Tabel 3A met Tabel 4). Randen die wel dit seizoen maar langer dan een maand geleden zijn gemaaid laten wel herstel zien, zowel in het aantal bloemen (Fig. 4C) als in het aantal insecten (Tabel 3B). Bij zweefvliegen, weekschildkevers en andere natuurlijke vijanden is het aantal dan alweer significant hoger dan kort na het maaien. Bij bijen en vlinders is dat nog niet het geval. Bij libellen is er geen enkel herstel te bespeuren, maar voor deze groep speelt de hoeveelheid bloemen dan ook geen rol. Mogelijk is voor deze groep de hoogte van vegetatie van belang, welke zich na 1 of 2 maanden nog lang niet hersteld heeft.

Effect randtype. De een- en meerjarige akkerranden die zijn ingezaaid met bloemvormende kruiden bevatten veel meer functionele bloemen dan grasranden of stroken natuurlijke vegetatie. Deze randen vertonen dan ook meer zweefvliegen en andere natuurlijke vijanden. Tussen de een- en meerjarige kruidenranden zijn er wel opvallende verschillen. De meerjarige (gras-kruiden) randen randen bevatten in juli en augustus duidelijk minder functionele bloemen dan de eenjarige randen, maar dit vertaalt zich niet naar veel minder zweefvliegen. Mogelijk hebben meerjarige randen een voordeel voor zweefvliegen dat los staat van de bloemensamenstelling.

Met de **ouderdom** van gras-kruiden randen neemt het aandeel (functionele) bloemen sterk af en die afname is ook terug te zien in de aantallen zweefvliegen en wilde bijen (Tabel 3A). Voor de andere insectgroepen lijkt de ouderdom van deze randen geen belangrijke variabele.

Een groot deel van bovengenoemde effecten wordt bepaald door de hoeveelheid en de samenstelling van de **bloemen** in de akkerranden. Ondanks de aanwezigheid van de vele storende factoren, wordt het aantal zweefvliegen en andere natuurlijke vijanden voor een groot deel bepaald door de bedekking van de functionele bloemen (zie Tabel 4). Dat voor deze groepen de hoeveelheid functionele bloemen een betere voorspeller is dan de totale hoeveelheid bloemen, bevestigt dat de wijze waarop bloemen worden ingedeeld op geschiktheid voor natuurlijke vijanden (Van Rijn &

Wäckers 2016) een correcte basis heeft en bruikbaar is in de praktijk. Dat neemt niet weg dat deze indeling vast nog kan worden verbeterd en meer kan worden gespecificeerd voor verschillende natuurlijke vijanden. De uitgebreide dataset die in dit project is opgebouwd biedt de mogelijkheid later nieuwe en meer specifieke indelingen te testen op bruikbaarheid.

Binnen de wilde bijen blijkt ook het aantal solitaire bijen het beste door de bedekking van de functionele bloemen te worden voorspeld. Binnen de wilde bijen zijn echter de hommels het meest talrijk, en voor hommels is niet het aantal functionele maar het totaal aantal bloemen de beste voorspeller (fig. 9). Dat laatste geldt ook voor vlinders en voor het aantal taxa dat aangetroffen is, een maat voor de insecten-diversiteit (fig. 10). Voor libellen blijkt de relatie met bloemen juist negatief, en positief met de hoeveelheid grassen. Dit en het langdurig effect van maaien suggereert dat voor libellen hoog opgaande vegetatie een belangrijk criterium is om de akkerrand uit te kiezen voor een bezoek. Helaas is vegetatiehoogte niet vaak genoeg genoteerd om deze hypothese direct te kunnen testen.

Het noteren van veel andere storende variabelen is waardevol gebleken bij de analyse van de data. Door invloedrijke storende variabelen op te nemen in het verklarende model werd de relatie met de stuurbare variabelen vaak sterker.

Het aantal bladluizen dat is geteld verschilde sterk per jaar en per veld, maar kwam nooit (op 1 uitzondering na) in de buurt van de schadedrempel. Ook nam het aantal in alle gevallen in juli weer af, vaak tot zo'n laag niveau dat tijdens de scouting geen luizen meer zijn aangetroffen. Dit gebeurde ongeacht het gebruik van een insecticide of de kwaliteit van de akkerrand. Omdat op dat moment het gewas nog steeds geschikt is voor bladluizen, duidt dit erop dat er voldoende natuurlijke vijanden in het hele gebied aanwezig zijn om de bladluizen te kunnen onderdrukken. Wel blijkt de snelheid van afname verband te houden met de hoeveelheid natuurlijke vijanden in de akkerranden, dat op zijn beurt weer verband houdt met de hoeveelheid functionele bloemen in de akkerrand. Dit duidt erop dat akkerranden met veel functionele bloemen kunnen bijdragen aan de effectiviteit van natuurlijke plaagbestrijding.

Het aantal natuurlijke vijanden in het aardappelgewas had geen relatie met de kwaliteit van de akkerranden, terwijl dat aantal ook geen relatie vertoonde met de afnamesnelheid van de bladluizen. Dit misschien niet wat je direct zou verwachten, maar is wel in overeenstemming met ecologische theorie. Als de omstandigheden voor predatoren wordt verbeterd, bijvoorbeeld door de aanleg van een bloemenrand, zal allereerst hun overleving worden vergroot. Als er gelijktijdig prooi in de vorm van plaag in het gewas aanwezig is zal tevens hun reproductie worden verhoogd waardoor er meer predatoren (larven in dit geval) in het gewas verschijnen. Deze zullen de groei van de plaag afremmen en, als deze predatoren voldoende effectief zijn, uiteindelijk ook de plaag reduceren. Dit zal vervolgens ook de reproductie van de predatoren afremmen of doen stoppen. Het uiteindelijke resultaat is een lagere plaagdichtheid maar niet meer predatoren in het gewas.

Alleen door regelmatig te monitoren kan meer inzicht in dit onderliggende proces worden verkregen. Afhankelijk van de fase waarin de predator-prooi cyclus zich bevindt, vindt je dan tussen plaag en predator een positieve correlatie (meer plaag leidt tot meer reproductie) of een negatieve correlatie (meer predator leidt tot minder plaag) of een neutrale (in alle andere fases). Wij hebben de data niet van telling tot telling kunnen analyseren, maar (vanwege de lage nauwkeurigheid) steeds met gemiddelden over meerdere tellingen gerekend. Deze gemiddelde laten echter al grote verschillen tussen de jaren zien (tabel 5) waarbij de correlaties tussen predator en plaag variëren van positief via neutraal naar negatief. Dit zou kunnen komen doordat we van jaar tot jaar de cyclus in een ander fase hebben gemonitord.

Dat we significante, van jaar tot jaar wisselende, correlaties hebben aangetroffen (tabel 5), geeft aan dat er predator-plaag interacties plaatsvinden en welke groepen predatoren daarbij betrokken zijn. Van de drie groepen die nu hebben onderscheiden vertonen met name de zweefvliegen en de gaasvliegen een relatie met bladluizen. Voor coloradokevers blijkt er een duidelijke relatie met de derde groep natuurlijke vijanden waar ook lieveheersbeestjes deel van uitmaken. Terwijl het voor bladluizen al redelijk goed bekend is welke natuurlijke vijanden effectieve zijn, is dat voor de uitheemse coloradokever nog niet duidelijk. Van lieveheersbeestjes is bekend dat ze (eieren van) coloradokevers eten, maar populatie-dynamische interacties zijn buiten de VS nog niet beschreven. De waargenomen correlaties zijn een indicatie dat deze predatoren afkomen op velden met coloradokevers.

Dat er voor coloradokever nu geen heldere relaties uitkomen, komt mogelijk mede door beperkingen van de scoutingmethode. Doordat coloradokevers in het gewas veel meer in haarden voorkomen dan bladluizen, is de scoutingmethode die ontwikkeld is voor bladluizen (Visser et al. 2011) te onnauwkeurig voor coloradokevers. Voor een betere indicatie van de populatiegrootte moeten per veld meer planten worden bekeken. Door per plant alleen presentie vast te stellen, zonder de insecten te tellen, hoeft dit niet veel extra tijd te kosten.

Mogelijk hadden ook de akkerbouwers wel vertrouwen in de tellingen van bladluizen en niet in die van coloradokever. In ieder geval hebben bijna alle akkerbouwers in overeenstemming met de adviezen, afgezien van chemische bestrijding van bladluizen, terwijl veel akkerbouwers wel voor een bestrijding van coloradokever hebben gekozen, zonder dat dat enige relatie had met de tellingen van in het betreffende veld. Blijkbaar zijn ze hier afgegaan op hun eigen oordeel of op adviezen van anderen.

In deze studie hebben we ons geconcentreerd op de effecten van akkerranden. Akkerranden zijn echter maar een klein onderdeel van het landschap dat van invloed is op biodiversiteit en ecosysteem diensten zoals plaagbestrijding en bestuiving. Het is bekend dat ook andere, met name houtige, landschapselementen een aanvullende rol hebben bij het in stand houden van (nuttige) organismen (van Rijn 2016, Jonsson et al. 2015, van Rossum et al. 2022), bijvoorbeeld voor overwintering of het voeden van de voorjaarsgeneratie. Door van alle locaties ook de samenstelling van het omliggend landschap te kwantificeren zou dit landschapsaspect in een latere analyse ook meegenomen kunnen worden.

Conclusies

1. Een- en meerjarige akkerranden van de Hoeksche Waard hebben in het jaar van aanleg een vergelijkbare hoeveelheid bloemen die geschikt zijn voor bestrijders en bestuivers, maar deze hoeveelheid loopt in de meerjarige randen na enkele jaren duidelijk terug. Kort na het maaien zijn nog maar weinig bloemen te vinden en ook na 1 of 2 maanden is het aantal bloemen dat geschikt is voor met name bestrijders nog steeds gereduceerd.
2. De Hoeksche akkerranden bieden voedsel en een leefgebied voor veel insecten van veel verschillende taxa. Met name zweefvliegen en hommels zijn er relatief talrijk. De aantallen en diversiteit van de insecten zijn vergelijkbaar of (bij jonge meerjarige randen) zelfs hoger dan bij meer natuurlijke kruidenvegetaties langs akkers. Met de leeftijd van de akkerranden nemen deze waarden (door de vergrassing) wel snel af.
3. De hoeveelheid bloemen blijkt allesbepalend te zijn voor de hoeveelheid bijen, zweefvliegen en andere natuurlijke vijanden in de akkerranden. Hoewel de akkerrandplanten al deels zijn geselecteerd op geschiktheid voor natuurlijke vijanden, blijkt de hoeveelheid 'functionele' bloemen toch een betere voorspeller dan de totale hoeveelheid bloemen als het gaat om zweefvliegen en andere natuurlijke vijanden. Functionele bloemen zijn bloemen die door hun vorm nectar bieden dat ook toegankelijk is voor insecten met een korte tong.
4. In aardappelpercelen naast akkerranden blijkt de afname van de bladluizen sneller te gaan als er meer natuurlijke vijanden zoals zweefvliegen in de akkerranden zitten.
5. Op één uitzondering na is op geen van de aardappelpercelen een chemische bestrijding van bladluizen nodig gebleken, nog uitgevoerd. De laatste vier jaar is wel op 60% van de onderzochte aardappelpercelen een insecticide-bespuiting uitgevoerd gericht op de bestrijding van coloradokever. Dit insecticide-gebruik had geen verband met de kwaliteit van de akkerranden, de aanwezigheid van natuurlijke vijanden of de ontwikkeling van plagen in het gewas.
6. De meetbare effecten van de het insecticide-gebruik verschilden per jaar: in 3 van de 4 jaren werden er minder coloradokevers aangetroffen op percelen waar een insecticide was toegepast. In één van de 4 jaren gold dit ook voor bladluizen. In alle jaren en op alle percelen, ook waar geen insecticide was gebruikt, werden eind juli geen of alleen nog hele lage aantallen bladluizen aangetroffen.

Literatuur

Blaauw, B. R. and R. Isaacs (2015). "Wildflower plantings enhance the abundance of natural enemies and their services in adjacent blueberry fields." Biological Control 91: 94-103.

Crowther, L. I., Wilson, K., & Wilby, A. (2023). The impact of field margins on biological pest control: a meta-analysis. Biocontrol, 68(4), 387-396. doi:10.1007/s10526-023-10205-6

Garratt, M. P., D. J. Coston, C. L. Truslove, M. G. Lappage, C. Polce, R. Dean, J. C. Biesmeijer and S. G. Potts (2014). "The identity of crop pollinators helps target conservation for improved ecosystem services." Biol Conserv 169(100): 128-135.

Holland, J. M., B. M. Smith, J. Storkey, P. J. W. Lutman and N. J. Aebischer (2015). "Managing habitats on English farmland for insect pollinator conservation." Biological Conservation 182: 215-222.

Jonsson, M., Straub, C.S., Didham, R.K., Buckley, H.L., Case, B.S., Hale, R.J., . . . Wratten, S.D. (2015). Experimental evidence that the effectiveness of conservation biological control depends on landscape complexity. Journal of Applied Ecology 52(5):1274-1282.

Pywell, R. F., M. S. Heard, B. A. Woodcock, S. Hinsley, L. Ridding, M. Nowakowski and J. M. Bullock (2015). "Wildlife-friendly farming increases crop yield: evidence for ecological intensification." Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences 282(1816): 20151740.

Schuurmans, T. (2021). "Macrofauna en akkerranden. Eindverslag Onderzoek 2017-2021." Aquatische werkgroep HoekscheWaards Landschap, 38p.

Tschumi, M., M. Albrecht, C. Baertschi, J. Collatz, M. H. Entling and K. Jacot (2016). "Perennial, species-rich wildflower strips enhance pest control and crop yield." Agriculture Ecosystems & Environment 220: 97-103.

Van Rijn, P. C. J., J. Kooijman and F. L. Wackers (2013). "The contribution of floral resources and honeydew to the performance of predatory hoverflies (Diptera: Syrphidae)." Biological Control 67(1): 32-38.

van Rijn, P. C. J. (2016). Landschapscompletering voor een betere plaagbeheersing. Landschap, 33(1), 41-43.

Van Rijn, P. C. J. and F. L. Wäckers (2016). "Nectar accessibility determines fitness, flower choice and abundance of hoverflies that provide natural pest control." Journal of Applied Ecology 53(3): 925-933.

Van Rijn, P.C.J., M. Klompe, S. Elzerman, M.E.T. Vlaswinkel & H. Huiting (2018). Waarde van akkerranden in de Hoeksche Waard. Rapportage voor Ministerie van Infrastructuur & Milieu. 34p.

Van Rossum, Z. A., Wäckers, F. L., Janssen, A., & van Rijn, P. C. J. (2022). “Bevordering van nuttige organismen voor plaagbestrijding en bestuiving in open teelten.” IBED Amsterdam, in opdracht van LNV.

Visser, A., M.E.T. Vlaswinkel, E. van der Wal , J. Willemse & F.A.N. van Alebeek (2011). “FAB en gewasbescherming - Het belang van goed waarnemen.” FAB2 Brochure. DLO Wageningen. 38p.

Wäckers, F.L. and P.C.J. van Rijn (2012). Pick and mix: selecting flowering plants to meet the requirements of target biological control insects. In: G.M. Gurr, S.D. Wratten, W.E. Snyder & D.M.Y. Read (eds.). Biodiversity and Insect Pests: Key Issues for Sustainable Management. John Wiley & Sons, Chichester, UK, pp. 139-165.

Woodcock, B.A., Bullock, J.M., McCracken, M., Chapman, R.E., Ball,, S.L., Edwards M.E., . . . Pywell, R.F. (2016). Spill-over of pest control and pollination services into arable crops. Agriculture Ecosystems & Environment 231:15-23.

Zeegers, T. (2017). “Effecten van agrarisch natuurbeheer in de Hoeksche Waard op de diversiteit en abundantie van bloembezoekende insecten, in het bijzonder bestuivers.” EIS Kenniscentrum Insecten. 30p.

Tajmiri, P., Fathi, S. A. A., Golizadeh, A., & Nouri-Ganbalani, G. (2017). Effect of strip-intercropping potato and annual alfalfa on populations of *Leptinotarsa decemlineata* Say and its predators. International Journal of Pest Management, 63(4), 273-279. doi:10.1080/09670874.2016.1256513

Bijlage 1: Totaal aantal in de akkerranden waargenomen insecten en vogels.

	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Bijen	**1060**	**666**	**743**	**1121**	**1691**	**712**
Honingbij	497	187	297	540	814	257
Aardhommel(groep)		101	193	216	232	110
Steenhommel		90	56	112	180	94
Akkerhommel	419	114	77	82	157	89
Weidehommel		16	10	3	12	5
Moshommel				1	38	26
Zandhommel				0	36	14
Boomhommel				11	5	1
Tuinhommel				0	11	3
Hommel onbepaald		45	5	9	14	1
Grote bijen	100	50	54	64	72	27
Kleine bijen	44	63	51	82	120	30
Wespen	--	10	19	13	7	55
Afvaletende Zweefvliegen	**340**	**762**	**291**	**308**	**293**	**267**
Grote bijvliegen	183	176	156	192	153	165
Kleine bijvliegen	53	96	34	25	57	54
Pendelvliegen	18	22	24	27	51	22
Menuetzweefvlieg	86	468	77	64	32	26
Bladluisetende Zweefvliegen	**1311**	**2305**	**3845**	**1647**	**1322**	**863**
Bandzweefvliegen	56	61	271	46	37	35
Kommazweefvliegen	42	87	430	86	66	54
Snorzweefvlieg	406	543	1672	480	632	170
Langlijfjes	636	707	1095	694	468	259
Driehoeks-zv &Platvoetjes	132	872	244	262	104	284
Halvemaan-zweefvliegen	39	35	58	14	15	5
Zweefvliegen, onbepaald		11	75	65	27	56
Enkele andere vliegen						
Dansvliegen	--	56	44	91	39	28
Wapenvliegen	--	--	20	31	17	201
Natuurlijke Vijanden	**775**	**848**	**1519**	**1208**	**590**	**615**
Gaasvliegen, Groene	95	22	80	52	10	108
Gaasvliegen, Bruine	2			2		
Wantsen, Bloem-	16	17	10	18	19	6
Wantsen, overig	73	42	42	42	51	22
Sluipwespen, groot	62	57	29	43	13	11
Sluipwespen, klein	28	16	69	55	42	2
Lieveheersbeestje, 7stip	128	164	84	264	173	151
Lieveheersbeestje, Aziatisch	55	151	63	22	7	63
Lieveheersbeestje, Ruigte	--	--	6			
Lieveheersbeestjes, overig	19	11	55	39	6	1
Soldaatje, Roodzwart	218	314	1027	496	133	125
Soldaatjes, overig	54	33	54	175	136	126
Libellen	**184**	**260**	**160**	**317**	**314**	**193**
Gewone Oeverlibel	4	3	10	8	11	4
Bloedrode Heidelibel	23	37	6	16	5	4
Steenrode Heidelibel		2	7	5	4	
Heidelibel spec.	1			44	4	
Grote keizerlibel	1	4	1			1
Vroege glazenmaker		1			2	
waterjuffers						
Lantaarntje	151	194	127	227	258	153
Variabele waterjuffer		11	4	3	10	
Houtpantserjuffer		1			2	
Libelle overig	4	7	5	15	18	31

	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Vlinders	**342**	**486**	**411**	**811**	**355**	**355**
Zwartspriet-dikkopje	7	4	4	11	8	9
Koninginnepage				1		
Witjes	99	136	143	327	74	104
Oranje Luzernevlinder	1	1	2			1
Kleine Vuurvlinder	2	2				
Icarusblauwtje	16	19	10	6	5	12
Blauwtje		4		2	2	1
Bruin blauwtje				5		2
Vossen						
Distelvlinder	5	10	48		4	7
Kleine Vos	40	3	3	2	30	13
Atalanta	2	6	21	32	18	7
Dagpauwoog	6	10		22	20	43
Landkaartje	1	8				
Zandoogjes						
Bruin Zandoogje	32	43	29	80	41	56
Hooibeestje	22	12	10	28	6	9
Oranje Zandoogje	1	2	1	3	1	
Bont Zandoogje	3	1		1	9	2
Motten						
Gamma-uil	28	103	64	247	49	18
Grasmot	66	109	70	30	18	40
Stro-uil	3					
Bruine Daguil	2			2	3	
Koperuil	2	1				
Sint-Jansvlinder	10	7	2	6	2	
Klaverspanner		6				2
Weegbreemot		1			1	
Sint-Jacobsvlinder				4	7	
Koolmot					50	
Vlinders overig	1	2	4	15	7	29

	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Vogels	**73**	**33**	**106**	**51**	**27**	**22**
Fazant	16	2	1	3	2	3
Ringmus	28	17	35	12	1	
Gele kwikstaart	11	1	4	10	9	6
Kneu	5	3		1		2
Grasmus		8	5	1		
Putter	3	1	24	11	4	5
Rietgors	2	1				
Groenling	3					
Graspieper	2					1
Huismus	2		37		4	
Veldleeuwerik	1					1
Boerenzwaluw				10		
Kleine Karakiet				1	4	3
Rietzanger					1	
Blauwe reiger					2	
overig				3		1
aantal akkerranden	**32**	**38**	**33**	**33**	**31**	**24**

Bijlage 2: Statistiek