



Het belang van wilde bestuivers voor de landbouw en oorzaken voor hun achteruitgang

J.A. Scheper, R.J.M. van Kats, M. Reemer en D. Kleijn

Het belang van wilde bestuivers voor de landbouw en oorzaken voor hun achteruitgang

J.A. Scheper¹, R.J.M. van Kats¹, M. Reemer² en D. Kleijn¹

1 Alterra

2 EIS Kenniscentrum Insecten

Dit onderzoek is uitgevoerd door Alterra Wageningen UR in opdracht van en gefinancierd door het Ministerie van Economische Zaken, in het kader van het Beleidsondersteunend onderzoekthema 'Natuur en Regio' (projectnummer BO-11-011.01-011).

Alterra Wageningen UR
Wageningen, december 2014

Alterra-rapport 2592
ISSN 1566-7197

Scheper, J.A., R.J.M. van Kats, M. Reemer en D. Kleijn, 2014. *Het belang van wilde bestuivers voor de landbouw en oorzaken voor hun achteruitgang*. Wageningen, Alterra Wageningen UR (University & Research centre), Alterra-rapport 2592. 52 blz.; 9 fig.; 10 tab.; 71 ref.

Wilde bestuivers zoals bijen en zweefvliegen leveren een belangrijke bijdrage aan de productie van insect-bestoven landbouwgewassen. Wat de bijdrage van wilde bestuivers is ten opzichte van de diensten geleverd door de honingbij is momenteel onbekend in Nederland. De huidige studie had tot doel meer inzicht te krijgen in (1) welke wilde bestuivers tot soorten behoren die voor de - Nederlandse - landbouw relevant kunnen worden geacht, (2) wat bekend is van hun populatieontwikkelingen en wat waarschijnlijk belangrijke factoren zijn die hun achteruitgang kunnen verklaren en (3) indien de achteruitgang van voedselplanten een belangrijke factor zou zijn bij de achteruitgang van wilde bestuivers, welke (natuur)beheermaatregelen dan eventueel denkbaar zijn om de beschikbaarheid van voedselplanten te bevorderen.

Trefwoorden: Bestuiving, Bijen, Ecosysteemdiensten, Landbouw, Populatietrends, Rode Lijst, Zweefvliegen

Dit rapport is gratis te downloaden van www.wageningenUR.nl/alterra (ga naar 'Alterra-rapporten' in de grijze balk onderaan). Alterra Wageningen UR verstrekt *geen* gedrukte exemplaren van rapporten.

© 2014 Alterra (instituut binnen de rechtspersoon Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek), Postbus 47, 6700 AA Wageningen, T 0317 48 07 00, E info.alterra@wur.nl, www.wageningenUR.nl/alterra. Alterra is onderdeel van Wageningen UR (University & Research centre).

- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking van deze uitgave is toegestaan mits met duidelijke bronvermelding.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor commerciële doeleinden en/of geldelijk gewin.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor die gedeelten van deze uitgave waarvan duidelijk is dat de auteursrechten liggen bij derden en/of zijn voorbehouden.

Alterra aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Alterra-rapport 2592 | ISSN 1566-7197

Foto omslag: David Kleijn

Inhoud

	Woord vooraf	5
	Samenvatting	7
	Summary	9
1	Inleiding	11
2	Methoden	13
	2.1 Belang bijen voor de Nederlandse landbouw	13
	2.1.1 Analyse bloembezoek op gewassen	13
	2.1.2 De belangrijkste wilde bijen op enkele belangrijke landbouwgewassen	13
	2.1.3 Analyse pollendieet polylectische bijen	14
	2.1.4 Stuifmeel verzameld door bijen in appel- en perenboomgaarden	15
	2.2 Populatietrends	15
	2.3 Mogelijke factoren die populatietrends beïnvloeden	17
3	Resultaten	20
	3.1 Belang bijen voor de Nederlandse landbouw	20
	3.1.1 Bloembezoek op gewassen	20
	3.1.2 De belangrijkste wilde bijen op enkele belangrijke landbouwgewassen	21
	3.1.3 Analyse pollendieet polylectische bijen	24
	3.1.4 Stuifmeel verzameld door bijen in appel- en perenboomgaarden	26
	3.2 Populatietrends	30
	3.3 Mogelijke factoren die populatietrends beïnvloeden	33
4	Discussie	35
	4.1 Het belang van wilde bijen voor de landbouw	35
	4.2 Populatietrends en mogelijke oorzaken van achteruitgang	37
	4.3 Maatregelen om de beschikbaarheid van voedselplanten te bevorderen	39
	Literatuur	41
	Bijlage 1 Door bijen bestoven gewassen	45
	Bijlage 2 Lijst van in dit rapport genoemde of onderzochte bijensoorten	50

Woord vooraf

Mede naar aanleiding van een rapport van Blaqui re *et al.* (2009) heeft de toenmalige minister van LNV per brief aan de Tweede Kamer haar visie op de honingbijenproblematiek uiteengezet (Minister van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit 2009). Daarin geeft ze aan het van belang te vinden om factoren te identificeren en aan te pakken die het aantal honingbijen en hun volken en andere bestuivers negatief beïnvloeden. Zij kondigt daartoe driejarig (jaarlijks) onderzoek/'monitoring' aan teneinde de feitelijke situatie van populaties in ons land en de hiervoor relevante factoren vast te stellen, mogelijke oorzaken te kunnen analyseren en indien nodig daarop te kunnen anticiperen. In aanvulling op cofinanciering voor onderzoek naar de varroa-mijt in het kader van de EU-honingrichtlijn, werd daarvoor in totaal circa één miljoen euro extra beschikbaar gesteld. Verder stelt de minister dat zij het verbeteren van het aanbod van diverse drachtplanten, zowel in agrarische als stedelijke gebieden nodig acht. Zij geeft daarbij - in relatie tot honingbijen en andere relevante bestuivers - aan onder meer mogelijkheden te zien of verbetering te verwachten voor of door inzet op akkerranden, de verdere 'uitrol' van de EHS, realisatie van een Groenblauwe dooradering en bermbeheer (o.a. door Rijkswaterstaat, Prorail, waterschappen, provincies en gemeenten).

De extra onderzoeksinspanning heeft vorm gekregen in het BIJ-1 project waarin Bijen@WUR (Plant Research International, Wageningen UR), het Nederlands Centrum voor Bijenonderzoek (NCB), Alterra, Wageningen UR en EIS-Nederland samenwerkten om de onderzoeksvragen van de minister te beantwoorden. Bijen@WUR en NCB hielden zich daarbij vooral bezig met de honingbijenproblematiek en Alterra en EIS-Nederland voornamelijk met de problematiek rond de wilde bestuivers. Het huidige rapport geeft de resultaten weer van het deelonderzoek aan wilde bestuivers. Het is een samenvatting van drie jaar onderzoek, waarvan deelaspecten (ook) elders gepubliceerd zijn (zie Scheper *et al.*, 2011; Van der Steen en Blom, 2011; Reemer en Kleijn, 2012; Reemer *et al.*, 2012). Het onderzoek aan wilde bestuivers kon profiteren van de inzichten van parallel lopend onderzoek van het door de EU gefinancierde STEP-project ('Status and Trends of European Pollinators', 7e Kaderprogramma) waarin Alterra, samen met buitenlandse onderzoeksgroepen, studie doet naar de effectiviteit van maatregelen om wilde bestuivers te bevorderen.

Aan de totstandkoming van dit onderzoek hebben veel mensen meegeholpen. Speciale dank gaat uit naar Dhr. Baggerman, Dhr. S. Bruisten, Dhr. G. de Jong, Dhr. E. de Keijzer, Dhr. J. van Kessel, Dhr. Merks, Dhr. Verbruggen, Dhr. Verhoeven, Dhr. van Westreenen en Dhr. Wildemans voor het mogen bemonsteren van hun boomgaarden. Ivo Raemakers, Tim Faasen en Anne Jan Loonstra voor hun hulp bij de bemonsteringen van de boomgaarden en/of het determineren van wilde bijen. Voor hun hulp bij het uitvoeren van het praktische werk zijn we Giel van der Linden en Nick Hofland dankbaar. De begeleidingscommissie van het onderzoeksprogramma BIJ-1 en het Ministerie van EZ wordt bedankt voor hun begeleiding en kritische input: Koos Biesmeijer, Puck Bonnier, Marie José Duchateau, Edo Knegtering, Willem Jan de Kogel, Sabine Pronk en Annet Zweep. Ten slotte dank aan alle mensen of instituten die een bijdrage hebben geleverd aan dit onderzoek maar die we vergeten zijn te noemen.

Samenvatting

Ecosysteemdiensten zijn de baten die de natuur levert aan de mens. Bestuiving van landbouwgewassen door bloembezoekende insecten is een ecosysteemdienst bij uitstek. Niet alleen honingbijen, maar ook wilde bestuivers zoals bijen en zweefvliegen leveren een belangrijke bijdrage aan de productie van insect-bestoven landbouwgewassen. Welke wilde bestuivers daarbij in Nederland van belang zijn was nog onbekend, evenals hun relatieve bijdrage ten opzichte van de diensten die door honingbijen worden geleverd. Wel lijkt de rol van wilde bestuivers de komende jaren belangrijker te worden, omdat de aantallen Nederlandse honingbijvolken momenteel door een reeks van factoren achteruitgaan. Wilde bestuivers hebben het echter ook zwaar in Nederland. Van de in totaal 357 Nederlandse soorten wilde bijen staat ongeveer 50% op de Rode Lijst.

De huidige studie werd uitgevoerd in het kader van breder driejarig onderzoek naar zowel honingbijen als wilde bestuivers (BIJ-1) en had tot doel meer inzicht te krijgen in (1) welke wilde bestuivers tot soorten behoren die voor de - Nederlandse - landbouw relevant kunnen worden geacht, (2) wat bekend is van hun populatieontwikkelingen en wat waarschijnlijk belangrijke factoren zijn die hun achteruitgang kunnen verklaren en (3) indien de achteruitgang van voedselplanten een belangrijke factor zou zijn bij de achteruitgang van wilde bestuivers, welke (natuur)beheermaatregelen dan eventueel denkbaar zijn om de beschikbaarheid van voedselplanten te bevorderen?

Het identificeren van wilde bijen met mogelijke betekenis voor de Nederlands landbouw en een eerste inschatting van hun relatieve bijdrage is op een aantal verschillende manieren onderzocht. Ten eerste zijn de bloembezoekgegevens in de bijendatabase van EIS-Nederland geanalyseerd. Ten tweede is een analyse gemaakt van het pollendieet van een groot aantal polylectische bijensoorten (weinig gespecialiseerde soorten die van meerdere soorten waardplanten gebruik maken) op basis van aanwezig stuifmeel op bijen in entomologische collecties van natuurhistorische musea. Ten derde zijn met behulp van veldstudies de wilde bestuivers op appel-, peren- en koolzaadbloesems in kaart gebracht. Deze behoren in termen van areaal tot de belangrijkste insectbestoven gewassen in ons land. Tenslotte is een analyse gemaakt van stuifmeelmonsters van wilde bijen verzameld in de appel- en perenboomgaarden.

De analyse van de bloembezoekgegevens uit de database liet zien dat 263 (78%) van de Nederlandse wilde bijensoorten de bloemen van één of meerdere landbouwgewassen (of aanverwante soorten) bezoekt en daarmee potentieel een rol kan spelen bij de bestuiving van landbouwgewassen. Zowel de analyses van het stuifmeel uit entomologische collecties als die uit het veldonderzoek in appel- en perenboomgaarden maakten duidelijk dat een belangrijk deel van de bijen (34-52% van de individuen) ook daadwerkelijk stuifmeel verzamelt op gewasbloesems. Tenslotte bleek uit de gecombineerde resultaten van het veldonderzoek in appel- en perenboomgaarden en van dat in koolzaadvelden, dat wilde bijen en zweefvliegen, in aanvulling op honingbijen, een significant deel van het bloembezoek voor hun rekening nemen in drie van de belangrijkste Nederlandse insect-bestoven gewassen. Het aandeel wilde bijen aan het totale bloembezoek door bijen varieerde bijvoorbeeld tussen de 8 (koolzaad) en 84% (peer). Het merendeel van het bloembezoek kwam op rekening van een handvol zeer algemene soorten zoals aardhommel, grasbij, meidoornzandbij of goudpootzandbij. Bloembezoek staat overigens niet gelijk aan bestuiving. Desondanks geldt voor Nederlandse gewassen in grote lijnen dat de meest frequent waargenomen bijensoorten ook de grootste bijdrage aan bestuiving zullen leveren, omdat een eventueel lagere efficiëntie van de bestuiving wordt gecompenseerd door het numerieke overtal.

Uit de resultaten volgt dus dat we voor het eerst inzicht hebben in welke soorten wilde bijen potentieel een rol spelen in het bestuiven van gewassen in Nederland en ook dat de bijdrage van wilde bestuivers aan de Nederlandse landbouw tot dusver sterk lijkt te zijn onderschat.

De in dit onderzoek uitgevoerde trendanalyses aan alle in Nederland voorkomende soorten wilde bijen laten zien dat er meer bijensoorten zijn afgenomen tussen de perioden vóór 1970 en 1970-1989 dan tussen de perioden 1970-1989 en vanaf 1990. Deze resultaten suggereren dat de afname van de Nederlandse bijendiversiteit tot stilstand is gekomen en duidt mogelijk op herstel van bijenpopulaties na een magere periode. Meer gedetailleerde analyses aan een subset van bijen lieten zien dat

- Sociaal nestelende soorten een sterkere afname vertoonden dan solitair nestelende soorten;
- Soorten met een grote lichaamsgrootte een sterkere afname lieten zien dan soorten met een kleinere lichaamsgrootte;
- Ondergronds nestelende soorten sterker af namen dan bovengronds nestelende soorten;
- De populatietrend van wilde bijen positief gerelateerd was aan het aantal plantensoorten waarop bijen stuifmeel verzamelen;
- Het begin van de vliegperiode binnen een seizoen de belangrijkste factor was die de populatietrend van soorten verklaarde: waar de allervroegst-vliegende soorten gemiddeld een licht positieve trend lieten zien, vertoonden laat-vliegende soorten een sterk negatieve trend.

Deze resultaten suggereren dat nestgelegenheid een belangrijke beperkende factor is in de populatiedynamiek van ondergronds nestelende bijensoorten en dat soorten die een sterke voorkeur hebben voor specifieke waardplanten kwetsbaarder zijn dan minder kieskeurige soorten. De sterke achteruitgang van laat-vliegende soorten kan te maken hebben met veranderingen in het landgebruik. De afgelopen decennia neemt het bloemaanbod in het landschap in de loop van het groeiseizoen sterk af omdat, na de bloei van de voorjaarsflora, de zomerflora in bermen, slootkanten en graslanden intensief gemaaid of beweid wordt. De resultaten van dit onderzoek suggereren daarmee dat een verminderd aanbod van voedselplanten een belangrijke oorzaak is voor de achteruitgang van wilde bestuivers, waarbij voor veel soorten vooral in de tweede helft van het seizoen het gebrek aan voedsel problematische proporties lijkt aan te nemen.

Afgaand op bovenstaande relaties en bestaande kennis, zouden maatregelen om populaties wilde bijen te bevorderen dan ook vooral gezocht moeten worden in het vergroten van het bloemaanbod in het Nederlandse landschap in de tweede helft van de lente en in de zomer. Dat kan relatief eenvoudig door meer gefaseerd te maaien bij het beheer van wegbermen, slootkanten en akkerzoomvegetaties die nu doorgaans uit oogpunt van efficiëntie in hun geheel en gelijktijdig worden gemaaid. Ook graslanden in natuurterreinen zouden, voor zover dat al niet gebeurt, zoveel mogelijk gefaseerd gemaaid moeten worden. Daarnaast kan het bloemaanbod in agrarische landschappen vergroot worden door implementatie van agrarische natuurbeheersmaatregelen zoals bijvoorbeeld ecologisch graslandbeheer of het inzaaien van bloemenstroken op akkers. Vooral relatief algemeen voorkomende, generalistische bijensoorten profiteren van maatregelen op boerenland en ook de honingbij kan van dit soort maatregelen volop profiteren. Dergelijke maatregelen zijn daarmee zonder meer bevorderend voor de bestuivende diensten die grotendeels door algemene soorten bestuivers worden geleverd. Het biedt echter weinig soelaas voor zeldzamere soorten wilde bestuivers. Voor deze groep van soorten moeten meer gerichte maatregelen genomen worden toegesneden op de hogere eisen die deze soorten aan hun habitat stellen.

Summary

Ecosystem services are the benefits provided to humans by nature. Crop pollination is a clear example of an ecosystem service. Besides honey bees, wild pollinators such as bees and hover flies can through pollination make significant contributions to the production of insect-pollinated crops. So far it was unknown which wild pollinator species contribute most to crop pollination in Dutch agricultural landscapes. Also, no information was available on the role wild pollinators play relative to that of honey bees in the Netherlands. Wild pollinators seem to become more important for pollination of Dutch crops because honey bee health is suffering from a number of major environmental pressures. However, wild bees themselves are doing poorly and have been declining for decades now. Of the 357 species of wild bees occurring in the Netherlands, about 50% is listed on the Dutch Red Data Book.

The current study was done in the framework of a larger three-year 'BIJ-1' project funded by the Dutch Ministry of Economic Affairs which examined both honey bees and wild bees. Focussing on wild bees, the main objectives of this study were to examine (1) which species are important pollinators of Dutch insect-pollinated crops, (2) what is known about the population trends and what are the likely factors affecting these trends and (3) if the decline of floral resources is a factor contributing to the decline of bees, what (nature conservation) measures can be implemented to enhance the availability of floral resources?

The identification of bee species that may contribute to crop pollination in the Netherlands has been done using a number of different approaches. First, we analysed the flower visitation data in an extensive bee database that is being managed by EIS-Netherlands. Second, we analysed the pollen used by a large number of polylectic bee species on the basis of pollen present on bees in entomological collections of Dutch Natural History Museums. Third, by means of field studies we surveyed wild bees and hover flies on flowers of apple, pear and oil seed rape. On the basis of acreage these three crops are amongst the most important insect-pollinated crops in the Netherlands. Finally we analysed the species composition of the pollen collected by wild bees that were caught in the apple and pear orchards.

The analysis of the flower visitation data showed that 263 (78% of the total number of species) Dutch wild bee species was observed on flowers of one or more insect-pollinated crops (or related plant genera) suggesting they could potentially contribute to the pollination of these crops. Both the analyses of the pollen from bee specimens in entomological collections and those from the field study in the apple and pear orchards showed that an important part of the bees (34-52% of the specimens) indeed collected pollen on crop flowers. Finally, the results from the field studies in apple, pear and oil seed rape showed that wild bees and hoverflies, in addition to honey bees, contributed a significant part of the flower visitation in these crops. For example, the contribution of wild bees to the total flower visitation rate ranged between 8% (2012 oil seed rape) and 84% (2010 pear). The majority of the flower visits were made by a small number of common species such as *Bombus terrestris*, *Andrena flavipes*, *A. carantonica* or *A. chrysoceles*.

Flower visitation is not the same as pollination. Nevertheless, the most frequently observed bee species are most likely to make the most important contribution to pollination because a possible lower pollination efficiency will be compensated by larger numbers. These results represent the first quantitative assessment of the potential contribution of wild bees species to the pollination of Dutch insect-pollinated crops. They suggest that, so far, the pollination contribution of wild bees to Dutch agriculture has been seriously underestimated.

The analyses of the population trends of all Dutch bee species suggest that more species have declined between the periods pre-1970 and 1970-1989 than between the periods 1970-1989 and post-1990. These findings suggest that the decline of the Dutch bee fauna has come to a standstill

and could indicate a recovery of some bee populations after an exceptionally poor period. More detailed analyses on a subset of polylectic species showed that

- Socially nesting species have declined more strongly than solitary nesting species;
- Large-bodied species showed a stronger decline than small-bodied species;
- Ground-nesting species have declined more strongly than cavity-nesting species;
- The population trend of wild bees was positively related to the number of plant species from which they collected pollen;
- The annual starting date of the flight season was the most important factor determining the population trend of bees: where the earliest flying species showed on average a slightly positive trend, late-flying species showed a pronounced negative trend.

These results suggest that nest site availability is an important factor restricting the population dynamics of ground-nesting species and that species with strong preferences for floral host plants are more vulnerable than species that are less picky. The pronounced decline of late-flying species may have been caused by land-use change. The last few decades, the availability of floral resources declines strongly during the flight season of bees because, after the spring flora has finished flowering, the summer flora in field boundaries, ditch banks and roadside verges are intensively mown or grazed. Our findings therefore suggest that a reduced availability of floral resources, particularly in the second half of the flying season, may be an important cause for the decline in wild bees.

Based on the findings of this study and existing information in the literature, measures to promote wild bees in Dutch agricultural landscapes should preferentially be targetted at increasing floral resources in the summer period. This may be achieved relatively easily by phased mowing of roadside verges, ditch banks or field boundaries that are now generally mown completely over large areas in a short time-frame. Similarly, grasslands in nature reserves need to be mown or grazed in steps. Additionally, floral resources in agricultural landscapes can be enhanced by implementing agri-environment schemes such as flower strips on arable land. Mostly common, generalist wild pollinator species, but also the honey bee, will benefit from these measures in agricultural landscapes. These measures may therefore promote the ecosystem services delivered by these common pollinator species. Such measures offer, however, little benefits for vulnerable or rare pollinator species that require more specific measures targetted to the more stringent habitat requirements of these species.

1 Inleiding

Ecosysteemdiensten zijn de baten die de natuur levert aan de mens (Millennium Ecosystem Assessment, 2005), en bestuiving van landbouwgewassen door bloembezoekende insecten is een ecosysteemdienst bij uitstek. In Europa wordt 80% van de plantensoorten door insecten bestoven en profiteert maar liefst 84% van de soorten landbouwgewassen van bestuiving door insecten (Williams, 1994). De economische waarde van bestuiving van voedselgewassen door insecten wordt in Europa op € 22 miljard geschat (Gallai *et al.*, 2009), in Nederland op circa € 1,1 miljard (Blacquièrè *et al.*, 2009). Daarnaast bestuiven insecten verreweg het grootste deel van de wilde plantensoorten (Ollerton *et al.*, 2011), waarmee zij een belangrijke schakel vormen in de instandhouding van biodiverse plantengemeenschappen, die op hun beurt weer belangrijk zijn voor de levering van ecosysteemdiensten (Isbell *et al.*, 2011).

Hoewel ook andere bloembezoekende insecten (zoals bijvoorbeeld (zweef)vliegen, vlinders, wespen en kevers) effectieve bestuivers kunnen zijn, dragen de bijen (honingbijen en wilde bijen) van alle bloembezoekende insecten veruit het meest bij aan de bestuiving van landbouwgewassen (Free, 1993; Williams, 1994). Bijen zijn zowel in het volwassen als larvale stadium volledig gespecialiseerd op door bloemen verschaft voedselbronnen zoals pollen (bron van eiwit en mineralen) en nectar (energievoorziening). De meeste andere bloembezoekende insecten zijn alleen in het volwassen stadium van bloemen afhankelijk voor hun voedselvoorziening. Vanwege hun foerageergedrag, hun afhankelijkheid van bloemen voor het voortbrengen van nageslacht en hun morfologische aanpassingen om efficiënt pollen te verzamelen en te transporteren, worden bijen ten opzichte van andere bloembezoekers als superieure bestuivers beschouwd (Free, 1993). De gedomesticeerde honingbij wordt over het algemeen als de belangrijkste bestuiver van insectbestoven landbouwgewassen beschouwd (Blacquièrè *et al.*, 2009). Echter, ook wilde bijensoorten dragen bij aan de bestuiving van landbouwgewassen (O'Toole, 1993) en recente studies suggereren dat het belang van wilde bijen voor de bestuiving van gewassen tot op heden is onderschat (Breeze *et al.*, 2011; Garibaldi *et al.*, 2011, 2013). In het licht van de toenemende sterfte van honingbijvolken en de dalende aantallen imkers in Nederland (Dijkstra en Kwak, 2007; Potts *et al.*, 2010), rijst de vraag in hoeverre de rol van de honingbij als bestuiver van gewassen kan worden overgenomen door wilde bestuivers, maar ook hoe het met de achteruitgang van wilde bijen is gesteld.

Over de relevantie van wilde bijensoorten voor de bestuiving van Nederlandse landbouwgewassen is echter weinig bekend. Welke soorten wilde bijen kunnen bijdragen aan bestuiving van welke gewassen was tot nu toe onbekend. Bovendien zijn de bijengemeenschappen in het Nederlandse agrarisch gebied tegenwoordig sterk verarmd (Kleijn *et al.*, 2001), is de soortenrijkdom van wilde bijen sterk achteruit gegaan (Biesmeijer *et al.*, 2006) en als gevolg daarvan staat van de in totaal 357 Nederlandse bijensoorten meer dan de helft op de Rode Lijst (Peeters en Reemer, 2003; Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, 2004).

Onderzoek van Biesmeijer *et al.* (2006) heeft aangetoond dat de soortenrijkdom van bijen in Nederland ná 1980 is achteruitgegaan ten opzichte van de periode vóór 1980. In hun onderzoek werd echter niet ingegaan op de populatieontwikkelingen van de afzonderlijke Nederlandse bijensoorten. Het meest recente overzicht van de voor- en achteruitgang per soort is gegeven in de Rode Lijst van de Nederlandse bijen (Peeters en Reemer, 2003; Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, 2004). Dit overzicht is nu tien jaar oud en inmiddels is een grote hoeveelheid nieuwe gegevens beschikbaar over de verspreiding van de Nederlandse bijensoorten. Het databestand is sindsdien met 65% gegroeid en er is heel wat veranderd in de Nederlandse bijenfauna. Er zijn diverse soorten voor het eerst in Nederland gevonden, enkele verloren gewaande soorten zijn herontdekt, bepaalde soorten breiden zich uit, terwijl andere juist lijken weg te kwijnen. In het kader van het huidige door het Ministerie van (destijds) EL&I geïnitieerde onderzoek naar bestuivers in Nederland zijn met behulp van de huidige data nieuwe trendanalyses uitgevoerd.

Zowel Biesmeijer *et al.* (2006) als Peeters & Reemer (2003) meldden een achteruitgang van de bijendiversiteit in Nederland. In beide onderzoeken worden mogelijke verklaringen voor deze achteruitgang bediscussieerd. Biesmeijer *et al.* (2006) suggereerden een verband met de achteruitgang van de flora, mogelijk veroorzaakt door veranderingen in landschap, klimaat en het gebruik van bestrijdingsmiddelen in de landbouw. Ook Peeters & Reemer (2003) noemden verarming van de flora en landschappelijke veranderingen (schaalvergroting en versnippering) als belangrijke oorzaken, met daarnaast vermisting als belangrijke factor. Het werkelijke verband tussen deze oorzaken en de populatieontwikkelingen van de Nederlandse wilde bijen is echter nog onvoldoende onderzocht.

Om de belangrijkste oorzaken van de achteruitgang van de Nederlandse bijen te achterhalen, is het nodig om soortspecifieke ecologische eigenschappen van alle soorten te analyseren in samenhang met hun trendgegevens. Binnen het huidige project zijn zulke analyses voor het eerst gedaan. Op basis van het meest actuele databestand van de Nederlandse bijen (in beheer bij EIS-Nederland) zijn nieuwe trendanalyses uitgevoerd. De uitkomsten hiervan zijn vervolgens gebruikt om het belang van verschillende soortspecifieke eigenschappen voor het voorspellen van areaaltrends te onderzoeken. Mogelijk belangrijke eigenschappen in dit verband zijn bijvoorbeeld nestelwijze, mate van specialisatie in bloembezoek en lichaamsgrootte. Een deel van deze gegevens is met de publicatie van het boek *De Nederlandse bijen* (Peeters *et al.*, 2012) recent overzichtelijk ontsloten. Gegevens over een ander deel van de onderzochte soortspecifieke eigenschappen (bijvoorbeeld lichaamsgrootte) zijn speciaal in het kader van dit onderzoeksproject verzameld. De uitkomsten van dit onderzoek zullen van nut zijn bij het opstellen van adviezen voor maatregelen om de achteruitgang van bijen een halt toe te roepen.

Het in dit rapport beschreven onderzoek had tot doel meer inzicht te krijgen in het belang van wilde bijen voor de bestuiving van Nederlandse landbouwgewassen. Daarnaast had het onderzoek tot doel de verandering van de bijenfauna op soortniveau te kwantificeren en de belangrijkste veroorzakers van die veranderingen te identificeren. Specifieke onderzoeksvragen¹ waren:

- Welke wilde bestuivers behoren tot soorten die voor de - Nederlandse - landbouw relevant kunnen worden geacht?
- Wat is bekend van hun populatieontwikkelingen en wat zijn waarschijnlijk belangrijke factoren voor achteruitgang?
- Indien de achteruitgang van voedselplanten een belangrijke factor zou zijn bij de achteruitgang van wilde bestuivers, welke (natuur)beheermaatregelen zijn dan eventueel denkbaar om de beschikbaarheid van voedselplanten weer te bevorderen en kunnen daarvan tegelijk ook honingbijen profiteren?

¹ De bij aanvang van dit onderzoek gestelde vraag 'Zijn er ziekten die honingbijen parten spelen die zich ook manifesteren bij wilde bestuivers (met name *Nosema* bij hommels)?' is al eerder in een separate rapportage beantwoord (van der Steen & Blom, 2011).

2 Methoden

2.1 Belang bijen voor de Nederlandse landbouw

De relevantie van wilde bijen voor de Nederlandse landbouw is op een aantal manieren onderzocht. Allereerst zijn de bloembezoekgegevens in de bijendatabase van EIS-Nederland onderzocht. Daarnaast is een analyse gemaakt van het pollendieet van een groot aantal polylectische bijensoorten (weinig gespecialiseerde soorten die van meerdere soorten waardplanten gebruik maken) op basis van aanwezig stuifmeel op bijen in entomologische collecties van natuurhistorische musea. Al eerder is in het kader van voorliggend onderzoek gerapporteerd over de bijen en zweefvliegen die op appel- en perenbloesems zijn waargenomen in commerciële boomgaarden (Reemer en Kleijn, 2012). Hier wordt een nadere analyse gemaakt van stuifmeelmonsters van wilde bijen verzameld in deze appel- en perenboomgaarden, de qua areaal belangrijkste twee insect-bestoven gewassen in Nederland. Tenslotte wordt nog kort een vergelijking gemaakt tussen de wilde bijenfauna van de bovengenoemde appel- en perenboomgaarden en koolzaadvelden die in het kader van een ander onderzoek in 2011 en 2012 op wilde bijen onderzocht zijn (Scheper *et al.*, ongepubliceerde data).

2.1.1 Analyse bloembezoek op gewassen

Op basis van literatuuronderzoek (Free, 1993; O'Toole, 1993; Williams, 1994; Hensels, 2000; Blacquièrre *et al.*, 2009) is een lijst opgesteld van voor de Nederlandse landbouw relevante insect-bestoven gewassen (Bijlage 1). Deze lijst omvat gewassen uit de akkerbouw, groenteteelt, fruitteelt en sierteelt die potentieel door wilde bestuivers bestoven kunnen worden. Bestuiving speelt bij de vermelde gewassen een rol bij de teelt voor hun (schijn)vrucht en/of voor hun zaad (als grondstof, voeding, olie, etc. of voor veredelings en vermeerderingsdoeleinden). De nutswaarde van bestuiving voor de gewassen varieert hierbij van essentieel (tweehuizige en grotendeels zelf-incompatibele gewassen) en belangrijk (deels zelf-incompatibele gewassen) tot bevorderlijk (zelf-fertiele maar niet compleet autonoom zelf-bestuivende gewassen).

Bij het opstellen van de gewassenlijst is de potentiële rol van bestuiving door wilde bijen voor gewassen breed opgevat: de lijst omvat zowel open-teeltgewassen als gewassen die in Nederland alleen in kassen geteeld worden, zoals bijvoorbeeld paprika. Hoewel bestuiving door wilde bestuivers bij bedekte teelten geen directe rol speelt, geeft informatie over bloembezoek van wilde bijensoorten op de plantengenera waartoe deze bedekte teelt gewassen behoren wel een indicatie welke wilde bijensoorten eventueel in aanmerking komen om gekweekt te worden voor inzet in kassen.

Bij de analyse van het bloembezoek en het pollendieet van de bijen is gekeken naar de genera (geslachten) waartoe de in de gewassenlijst vermelde gewassoorten behoren, in het vervolg aangeduid met 'gewasgenera'. Hierbij is de aanname gemaakt dat als een bepaalde bijensoort is waargenomen op een plantensoort uit het genus waartoe een bepaalde gewasoort behoort, de bijensoort voor pollen en/of nectar ook vliegt op de betreffende gewasoort. De relevantie van bestuiving door wilde bijen is onderzocht voor alle 155 verschillende gewasgenera (43 plantenfamilies) waartoe de gewassoorten uit de gewassenlijst behoren. Daarnaast is in meer detail gekeken naar de acht qua areaal belangrijkste (> 500 ha) insectbestoven open-teeltgewasgenera in Nederland.

Voor het analyseren van bloembezoek van wilde bijensoorten op gewasgenera is gebruik gemaakt van bloembezoekdatabase van EIS-Nederland, die 19.838 waarnemingen bevat (gedaan tussen 1818 en 2009) van bloembezoek van mannetjes en vrouwtjes van 339 soorten bijen.

2.1.2 De belangrijkste wilde bijen op enkele belangrijke landbouwgewassen

Bovenstaande analyse van het aantal soorten bijen dat waargenomen is op landbouwgewassen en aanverwante soorten geeft een goede indruk van het potentieel belang van wilde bijen als bestuivers

van landbouwgewassen. Het geeft daarnaast een indruk in hoeverre landbouwgewassen van belang kunnen zijn als voedselbron voor wilde bestuivers. Het relatieve belang van verschillende soorten bestuivers kan er echter slecht uit afgeleid worden omdat de bijen niet op een systematische manier verzameld zijn en bijen ook niet gericht op landbouwgewassen verzameld zijn. Om hier meer inzicht in te verkrijgen is voor appel en peer, qua areaal de twee belangrijkste insect-bestoven gewassen, geïnventariseerd welke bijen en zweefvliegen er op de bloesems voorkwamen (zie Reemer en Kleijn 2012). Daarnaast is onderzocht welke soorten wilde bijen belangrijk zijn voor de bestuiving van koolzaad, na appel, peer en aardbei, het qua oppervlak vierde insect-bestoven gewas in Nederland (Tabel 4) en belangrijkste eenjarige insect-bestoven akkerbouwgewas, en is gekeken hoe de bijengemeenschap op koolzaad zich verhoudt tot die op appel en peer. Inventarisatie van bloembezoek op koolzaad is uitgevoerd in het kader van het 7^e kader EU project STEP ('Status and Trends of European Pollinators') waarbij in 2011 acht en in 2012 zes percelen met koolzaad zijn bemonsterd. In elk perceel zijn tijdens de bloeiperiode van koolzaad bijen geïnventariseerd in twee transecten van 150m lengte (één langs de rand van het perceel en één in het centrum van het perceel). Per transect zijn gedurende 15 minuten bijen bemonsterd met behulp van vlindernetten. In 2011 zijn zes percelen twee keer bezocht, bij één perceel is tijdens het tweede bezoek alleen het randtransect bemonsterd en één perceel is slechts één keer bezocht. In 2012 zijn alle zes percelen twee keer bezocht.

2.1.3 Analyse pollendieet polylectische bijen

Bloembezoek staat niet noodzakelijkerwijs gelijk aan effectieve bestuiving (Michener, 2007) en het enkel analyseren van de bloembezoekdatabase kan leiden tot het overschatten van het belang van de wilde bijensoorten voor bestuiving van gewassen; het aantal waargenomen soorten bijen op gewasgenera geeft slechts aan welke bijensoorten potentieel van belang kunnen zijn voor de gewassen.

In aanvulling op de analyse van de bloembezoekdatabase zal daarom het pollendieet van een selectie van wilde bijensoorten worden onderzocht om het aandeel gewasgenera in de pollendiëten te bepalen. Analyse van het pollendieet van wilde bijensoorten, dat aan de hand van aanwezig stuifmeel aan de verzamelapparaten van bijen kan worden verkregen, geeft informatie over van welke gewasgenera daadwerkelijk stuifmeel is verzameld en getransporteerd, en geeft een complementair beeld van het potentiële belang van de bijensoorten voor bestuiving van de gewassen. Een probleem hierbij is echter dat veel wilde bijensoorten tegenwoordig zeldzaam zijn geworden in landbouwgebieden en buiten natuurgebieden niet of nauwelijks meer worden aangetroffen. Hierdoor is het moeilijk een inschatting te maken welke waardplanten wilde bijen bij voorkeur bezoeken en in hoeverre daar landbouwgewassen bij horen. Dit probleem kan worden omzeild door te onderzoeken van welke gewasgenera bijen stuifmeel verzamelden vóórdat de bijen (en eventuele waardplanten) zeldzaam werden (Kleijn en Raemakers, 2008).

Op basis van atlasgegevens (Peeters *et al.*, 1999) zijn 75 polylectische bijensoorten geselecteerd (Bijlage 2) die tot en met 1950 algemeen of vrij algemeen voorkwamen in Nederland, en waarvan de vrouwtjes het verzamelde stuifmeel extern aan hun lichaam transporteren. In natuurhistorische musea zijn de entomologische collecties van deze soorten onderzocht op de aanwezigheid van vrouwtjesbijen die vóór 1950 gevangen zijn, en waarvan pollen aanwezig waren aan het verzamelapparaat (achterpoten of buikschuier). Stuifmeel dat op het lichaam van een bij aanwezig was, werd met behulp van een genitaalpincet van het verzamelapparaat van de bij geplukt/geschraapt en opgevangen op een schone strook papier, waarna het werd overgebracht in een steriel, afsluitbaar 2 ml plastic buisje. In het laboratorium zijn preparaten van de pollenmonsters gemaakt. Hiertoe werden de pollenmonsters aangebracht op dekglasjes, waarna ze werden behandeld met diethylether om pollenkit en andere substanties te verwijderen die identificatie van de pollen kunnen bemoeilijken. Vervolgens werd een druppel glycerine gelatine, gekleurd met basisch fuchsine, toegevoegd en werd het preparaat afgesloten met een dekglasje. De pollen in de preparaten werden gedetermineerd met behulp van een lichtmicroscop (400 x vergroting), waarbij gebruik wordt gemaakt van een referentiecollectie en determineersleutel in Van der Ham *et al.* (1999). In totaal zijn resultaten van 2183 stuifmeelmonsters gebruikt in de analyse van het aandeel gewasgenera in het pollendieet van de onderzochte bijensoorten.

2.1.4 Stuifmeel verzameld door bijen in appel- en perenboomgaarden

In 2010 en 2011 is door EIS-Nederland onderzoek gedaan naar wilde bestuivende insecten in appel- en perenboomgaarden. In zes appel- en zes perenboomgaarden en aangrenzende rivierdijken zijn bijen- en zweefvliegsoorten geïnventariseerd door middel van transectstudies (zie voor meer informatie Reemer en Kleijn, 2012). Om te onderzoeken of de in de transecten verzamelde bijensoorten ook daadwerkelijk fungeren als bestuivers van appel- en perenbloesems, zijn monsters genomen van stuifmeel dat de verzamelde bijen bij zich droegen (zie bovenstaande paragraaf voor methoden). De mate waarin stuifmeel van appel- en perenbomen aanwezig is in de pollenmonsters geeft een indicatie van de rol van de verzamelde bijensoorten in de bestuiving van appel- en perenbloesems.

2.2 Populatie-trends

Voor het onderzoeken van de populatieontwikkelingen van de Nederlandse bijen is gebruik gemaakt van het Databestand Nederlandse bijen, dat wordt beheerd door EIS-Nederland. Dit databestand bevat 186.147 gegevens, daterend van 1809 tot en met 2011. Gedurende de laatste decennia groeide het aantal gegevens steeds sterker, met 81.817 De gegevens zijn grotendeels afkomstig uit natuurhistorische collecties: 157.573 gegevens, wat neerkomt op 85%. Een uitgebreidere beschrijving van het databestand is te vinden in Peeters *et al.* (2012).

Trendanalyses

In het onderzoek zijn voor de trendanalyses soortspecifieke trends bepaald op basis van de volgende drie belangrijke uitgangspunten.

1. De trendbepaling vindt plaats op basis van 5x5-kilometerhokken. Het aantal gegevens per soort speelt in de analyses dus geen rol. Dit heeft als voordeel dat het verzamelgedrag van bijenvangers minder bepalend is voor de resultaten. In de analyses wordt niet de talrijkheid als maat genomen, maar de grootte van het Nederlandse areaal.
2. In de vergelijkingen tussen de onderzoeksperioden is alleen gebruik gemaakt van gegevens uit 5x5-kilometerhokken die in alle (twee of drie) perioden onderzocht zijn. De vergelijkingen tussen de perioden zijn dus steeds op precies dezelfde hokken gebaseerd.
3. Voor de trendanalyse zijn uitsluitend collectiegegevens gebruikt. Vroeger was het gebruikelijk om alleen gegevens van in collecties bewaarde exemplaren op te nemen in het databestand, maar in recente jaren is het aandeel veldwaarnemingen gestegen. Aangezien veldwaarnemingen relatief vaak algemene en makkelijk herkenbare soorten betreffen, zouden deze soorten oververtegenwoordigd zijn in de recente dataset wanneer deze gegevens gebruikt worden in een trendbepaling. Door alleen collectiegegevens te gebruiken speelt dit probleem geen rol.

Tabel 1 geeft een overzicht van de aantallen 5x5-kilometerhokken en basisgegevens die gebruikt zijn voor de verschillende trendanalyses. De trendberekening per soort is uitgevoerd met twee verschillende periode-indelingen: 1. op basis van een vergelijking tussen twee perioden en 2. op basis van een vergelijking tussen drie perioden. Voor de twee-periodenanalyse zijn verspreidingsgegevens van vóór en vanaf 1990 met elkaar vergeleken. Voor de drie-periodenanalyse is de periode vóór 1970 vergeleken met de periode 1970-1989, en de periode 1970-1989 met de periode vanaf 1990.

Tabel 1

Overzicht van aantallen 5x5-kilometerhokken en basisgegevens gebruikt voor de trendanalyses. De gegevens vermeld in de bovenste rijen zijn verdeeld in twee periodes (vóór en vanaf 1990) en gebruikt voor de twee-periodenanalyse van de soortspecifieke trendbepaling. De gegevens in de onderste rijen zijn gebruikt in de drie-periodenanalyse van de soortspecifieke trendbepaling.

Voor en na 1990			
Aantal 5x5-kmhokken in beide periodes onderzocht	Aantal basisgegevens periode voor 1990	Aantal basisgegevens periode vanaf 1990	
858	77.920	68.491	
Voor 1970; 1970-1990; na 1990			
Aantal 5x5-kmhokken in alle drie de periodes onderzocht	Aantal basisgegevens periode voor 1970	Aantal basisgegevens periode 1970-1989	Aantal basisgegevens periode vanaf 1990
558	48.109	26.824	56.365

De resultaten van de twee-periodenanalyse zijn gebaseerd op het grootste aantal gegevens en daarom het meest betrouwbaar. Aan de andere kant geven deze resultaten slechts een zeer grof beeld van de trend van soorten, omdat ze twee zeer lange perioden met elkaar vergelijken. Om het beeld dat uit de twee-periodenanalyse komt enigszins te kunnen nuanceren, is ook de drie-periodenanalyse uitgevoerd. De drie-periodenanalyse kan mogelijk inzicht bieden of het progressieve natuurbeleid en -beheer dat vanaf 1990 plaatsvond, ook op landelijk niveau effect heeft gehad op wilde bijen in Nederland.

Voor toetsing van de verschillen in aantallen hokken tussen de perioden is gebruik gemaakt van de *Likelihood Ratio*-test. Deze test is gebaseerd op de verhouding tussen de gevonden vindkansen (aantal hokken met soort/totaal aantal hokken) in periode 1 en 2. Hoe groter het verschil tussen beide perioden, hoe groter of kleiner deze verhouding wordt. De verhouding volgt bij benadering een zogenaamde X^2 -kansverdeling, waarmee afgeleid kan worden welke verhoudingen (dat wil zeggen welke verschillen tussen periode 1 en 2) statistisch significant zijn (Sokal en Rohlf, 1995).

Voorafgaand aan elke toetsing is het aantal hokken gecorrigeerd voor de onderzoeksintensiteit (geschat als het aantal basisgegevens (records) per periode). Dit is gedaan door per soort het aantal bezette hokken in de meest recente van de twee vergeleken perioden te vermenigvuldigen met het quotiënt van het aantal records in periode 1 / periode 2. Onder de aanname dat de onderzoeksintensiteit één op één gerelateerd is met de vindkans van een soort, zorgt deze correctie voor een eerlijke vergelijking van de verspreiding van soorten in de twee perioden. De gecorrigeerde aantallen zijn terug te vinden in Bijlage 3 van Peeters *et al.* (2012).

Het percentage areaalverandering zoals per soort weergegeven in Peeters *et al.* (2012; Bijlage 3) is berekend op basis van het aantal uurhokken in de eerdere periode en het gecorrigeerde (zie voorgaande paragraaf) aantal uurhokken in de latere periode. Het berekende percentage areaalverandering op basis van het aantal uurhokken vóór en na 1990 is gebruikt om te onderzoeken welke factoren de populatietrends van de verschillende bijensoorten kunnen verklaren (zie 2.3).

Voor afgenomen soorten geldt:

$$\% \text{ areaalverandering} = \frac{(\text{aantal hokken periode A}) - (\text{aantal hokken periode B})}{(\text{aantal hokken periode A})} \times 100\%$$

Voor toegenomen soorten geldt:

$$\% \text{ areaalverandering} = \frac{(\text{aantal hokken periode B}) - (\text{aantal hokken periode A})}{(\text{aantal hokken periode B})} \times 100\%$$

Tabel 2

Trendcategorieën zoals onderscheiden voor de resultaten van de twee-periodenanalyse van de soortspecifieke trendbepaling.

Categorie	Uitleg
verdwenen	geen vondsten vanaf 1990, afname significant
mogelijk verdwenen	geen vondsten vanaf 1990, afname niet significant
sterk afgenomen	areaalverandering >50%, afname significant
afgenomen	areaalverandering <50%, afname significant
geen trend	geen significante toe- of afname
toegenomen	areaalverandering <50%, toename significant
sterk toegenomen	areaalverandering >50%, toename significant
mogelijk verschenen	geen vondsten voor 1990, toename niet significant
verschenen	geen vondsten voor 1990, toename significant

Het is niet gebruikelijk om de areaalverandering voor toegenomen soorten anders te berekenen dan voor afgenomen soorten. Toch is hiervoor gekozen omdat de percentages areaalverandering op deze manier beter te vergelijken zijn tussen toe- en afgenomen soorten. Wanneer voor beide typen soorten de eerste formule wordt gebruikt, is er geen maximum aan het percentage toename, terwijl afnames nooit meer dan 100% kunnen bedragen. Dit maakt het lastig om de trends (zoals in de volgende paragraaf wordt gedaan) in te delen in vergelijkbare categorieën. Met de huidige methode bedraagt de maximale afname -100% en de maximale toename 100%.

De trendcategorieën zoals vermeld in Tabel 2 zijn gebruikt voor de resultaten van de twee-periodenanalyse. Voor de drie-periodenanalyse zijn slechts drie categorieën onderscheiden: afgenomen, toegenomen en geen trend. In de eerste twee categorieën zijn de soorten met significante trends ondergebracht, in de derde categorie alle overige soorten (dus inclusief mogelijk verdwenen en verschenen soorten).

2.3 Mogelijke factoren die populatietrends beïnvloeden

Om een vinger te krijgen achter de belangrijkste oorzaken voor de achteruitgang van soorten is het nuttig om meer kwantitatief te onderzoeken of en welke eigenschappen van soorten gerelateerd zijn aan populatietrends. Voedselbeschikbaarheid en waardplantvoorkeur zijn factoren waarvan wordt aangenomen dat deze een belangrijke rol spelen bij de achteruitgang van bijen (Rasmont, 1988; Goulson en Darvill, 2004; Goulson *et al.*, 2005; Kleijn en Raemakers, 2008). Daarom is deze analyse toegespitst op de bijensoorten waarvoor de waardplantvoorkeur kon worden vastgesteld op basis van het stuifmeel dat ze verzameld hadden (paragraaf 2.1.3). Van 61 van de 75 onderzochte bijensoorten konden voldoende pollenmonsters genomen worden (pollenladingen van minimaal 15 individuen) om uitspraken te kunnen doen over hun pollendieet. Voor deze 61soorten is de relatie tussen waardplantvoorkeur (het aantal verschillende taxa in het pollendieet gecorrigeerd voor het aantal pollenmonsters per bijensoort) en het percentage areaalverandering onderzocht. Waardplantvoorkeur is echter niet de enige eigenschap die de populatietrends van bijen mogelijk kan beïnvloeden. Ook andere soortspecifieke eigenschappen die de populatietrend van bijen zouden kunnen beïnvloeden zijn in deze analyse meegenomen. Hieronder volgt per eigenschap een korte beschrijving van de relevantie hoe de eigenschap bepaald is.

Areaalgrens: Om eventuele effecten van de opwarming van het klimaat op de bijenfauna te onderzoeken, is van elke bijensoort bepaald of er een grens van het Europese areaal (verspreidingsgebied) door Nederland loopt. Dit is 'handmatig' gedaan aan de hand van informatie over de Nederlandse vindplaatsen en het Europese areaal zoals ontsloten in het boek *De Nederlandse bijen* (Peeters *et al.*, 2012). Een geautomatiseerde bepaling van de areaalgrens is niet mogelijk, aangezien er onvoldoende databestanden van Europese verspreidingsgegevens beschikbaar zijn. Er is onderscheid gemaakt tussen noord(west)-, west- en zuidgrenzen. Een soort met een zuidgrens bereikt

in Nederland dus de zuidelijke rand van zijn verspreidingsgebied. Ook zijn er natuurlijk soorten die geen areaalgrens in Nederland hebben, maar ook in alle ons omringende landen voorkomen.

Nestelwijze: Voor de eigenschap 'Nestelwijze' wordt onderscheid gemaakt tussen ondergronds (*endogeïsch*) en bovengronds (*hypergeïsch*) nestelende soorten. Ondergronds nestelende soorten, zoals zandbijen *Andrena*, graven zelf hun nest in de bodem. Bovengronds nestelende soorten doen dit niet, maar maken gebruik van allerlei bestaande holten, zoals door kevers geknaagde gangen in dor hout, holle takjes, muurspleten en lege slakkenhuisjes. Bij enkele soorten komen beide nestelwijzen voor.

Parasitisme: Onder de eigenschap 'Parasitisme' is aangegeven of de betreffende soort er een parasitaire levenswijze op na houdt. Bij de meeste bijensoorten draagt een vrouwtje zelf zorg voor de bouw van het nest en het verzamelen van voedsel voor haar larven. Parasitaire bijen doen dit niet, maar profiteren van het werk van andere soorten. Ze leggen hun ei stiekem in het nest van een andere bij en maken zich dan snel uit de voeten, net als een koekoek. Deze parasitaire soorten worden daarom ook wel koekoeksbijen genoemd. De larve van de koekoeksbij ontwikkelt zich vervolgens in het nest van de 'gastheer', zich voedend met het daar verzamelde voedsel, meestal nadat hij de gastheerlarve heeft gedood.

Levenswijze: De grote meerderheid van de Nederlandse wilde bijensoorten leeft solitair. Dit houdt in dat een vrouwtje in haar eentje een nest bouwt en dit van proviand voor de larven voorziet. Een klein aantal soorten leeft echter sociaal: meerdere vrouwtjes bouwen gezamenlijk een nest en zorgen samen voor de voedselvoorziening van het nageslacht. Het bekendste voorbeeld van een bijensoort met deze levenswijze is de honingbij. Ook de meeste hommels en enkele andere bijen leven sociaal.

Waardplantspecialisatie: Bijensoorten verschillen in de mate van specialisatie in het stuifmeel dat zij verzamelen voor hun larven. Sommige soorten verzamelen alleen stuifmeel van één bepaalde plantenfamilie, één genus of zelfs maar één soort. Deze soorten noemen we *oligolectisch*. Andere soorten zijn niet zo kieskeurig en verzamelen stuifmeel van verschillende plantenfamilies. Als 'tussencategorie' onderscheiden we *beperkt polylectisch* voor soorten die weliswaar op verschillende plantenfamilies stuifmeel kunnen verzamelen, maar wel een duidelijke voorkeur hebben.

Begin en lengte van vliegtijd: Wanneer en hoe lang bijen gedurende het seizoen voorkomen verschilt per soort. Voor alle onderzochte bijensoorten is het begin en de lengte van de vliegtijd van de vrouwtjesbijen bepaald. Hierbij zijn, aangezien het pollendieet van de onderzochte bijensoorten is bepaald op basis van pollengebruik vóór 1950 (zie 2.1.3), alleen waarnemingen van vóór 1950 gebruikt. Datums van waarnemingen zijn uitgedrukt in het aantal dagen sinds 31 december waarna, na correctie voor extreme waarden, de vliegtijden voor de onderzochte soorten zijn berekend.

Lichaamsgrootte: Van alle onderzochte soorten is de lichaamsgrootte bepaald aan de hand van de inter-tegulaire afstand (ITA). Deze maat, gemeten als de kortste afstand tussen de tegulae aan weerszijden van het borststuk van een bij, blijkt een goede indicatie te geven van de lichaamsgrootte (Cane, 1987) en lichaamsgrootte blijkt sterk gerelateerd te zijn aan fourageerafstand van bijen (Greenleaf *et al.*, 2007). De ITA is gemeten aan tien exemplaren van elke solitaire bijensoort en aan 20 exemplaren (alleen werksters) van elke hommelssoort (vanwege de grotere intraspecifieke variatie bij hommels).

Aantal generaties per jaar: Bijen die hun levenscyclus binnen een jaar één maal voltooien, hebben één generatie per jaar (*univoltien*). De volwassen bijen zijn gedurende één aaneengesloten periode aanwezig, waarna ze sterven en hun nakomelingen zich ontwikkelen. Deze nakomelingen zijn pas weer in het daarop volgende jaar als volwassen bijen actief. Sommige soorten doorlopen deze cyclus twee maal per jaar en hebben dus twee generaties (*bivoltien*). Bij een klein aantal soorten treedt de tweede generatie alleen onder bepaalde omstandigheden op. Voor deze soorten is het aantal generaties op 1,5 gesteld. Dit is ook gedaan voor enkele soorten die een wat ingewikkelder levenscyclus hebben, met aparte generaties voor werksters en zich voortplantende 'geslachtsdieren'.

Om te kijken welke factoren van invloed zijn op de populatietrends van de verschillende bijensoorten is gebruik gemaakt van meervoudige lineaire regressie. Hierbij kunnen de effecten van meerdere verklarende variabelen op de responsvariabele worden onderzocht, waarbij het model de algemene vorm heeft:

$$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_iX_i$$

met Y = responsvariabele, X_i = verklarende variabele i , b_i regressiecoëfficiënt voor verklarende variabele i , en a = constante. Met behulp van stapsgewijze meervoudige regressie is onderzocht welke van bovengenoemde factoren significant gerelateerd zijn aan het percentage areaalverandering van de bijensoorten. Daarnaast zijn gestandaardiseerde regressiecoëfficiënten (Beta-coëfficiënten) berekend om inzicht te krijgen in het relatieve belang van de onderzochte factoren. De factoren areaalgrens (wel vs. geen areaalgrens in Nederland), nestelwijze (ondergronds nestelend vs. bovengronds of onder- en bovengronds nestelend), levenswijze (solitair vs. sociaal) en aantal generaties (univoltien vs. (partieel) bivoltien) zijn als binaire variabelen meegenomen in de regressieanalyse. In totaal waren data voor de onderzochte factoren beschikbaar voor 57 bijensoorten.

3 Resultaten

3.1 Belang bijen voor de Nederlandse landbouw

3.1.1 Bloembezoek op gewassen

In de bloembezoekdatabase van EIS-Nederland zijn op 90 (58%) van 155 geselecteerde gewasgenera wilde bijen aangetroffen (totaal 6165 waarnemingen). Deze 90 gewasgenera behoren tot 32 plantenfamilies. In Tabel 3 zijn de 20 gewasgenera weergegeven waarop de meeste soorten bijen zijn aangetroffen. Veruit de meeste soorten bijen zijn aangetroffen op het genus *Rubus* (braam, framboos): maar liefst 132 soorten bijen, meer dan een derde deel van het totaal aantal Nederlandse wilde bijensoorten, zijn op *Rubus* waargenomen.

Tabel 4 laat de aantallen soorten bijen zien die aangetroffen zijn op de gewasgenera van de belangrijkste open teeltgewassen in Nederland (CBS, 2010). Op *Malus* (appel), het genus van het qua areaal belangrijkste open teeltgewas in Nederland, zijn 16 bijensoorten waargenomen. De meeste soorten bijen zijn gevonden op *Brassica*, het genus waartoe koolzaad behoort. De bijensoorten die op de meeste gewasgenera uit Tabel 4 zijn aangetroffen zijn rosse metselbij (aangetroffen op alle gewasgenera in Tabel 4 behalve op *Pyrus*), roodgatje (aangetroffen op *Malus*, *Brassica*, *Ribes* en *Vaccinium*), tuinhommel (aangetroffen op *Malus*, *Brassica*, *Vicia* en *Ribes*), akkerhommel (aangetroffen op *Malus*, *Brassica*, *Vicia* en *Vaccinium*) en aardhommel (aangetroffen op *Malus*, *Brassica*, *Ribes* en *Vaccinium*).

Tabel 3

De 20 gewasgenera in de bloembezoekdatabase waarop de meeste soorten wilde bijen zijn aangetroffen.

Gewasgenus	Belangrijk gewas	Aantal bijensoorten
Rubus	braam, framboos	132
Lotus	rolklaver	79
Trifolium	klaver	71
Prunus	kers, pruim	65
Centaurea	korenbloem	60
Brassica	koolzaad, raapzaad, zwarte mosterd	60
Campanula	klokjessoorten	59
Echium	slangenkruid	54
Reseda	tuinreseda	50
Vaccinium	bosbessoorten	48
Veronica	ereprijs	45
Daucus	wortel (peen)	43
Chrysanthemum	chrysan, margriet, ganzenbloem	34
Medicago	luzerne	33
Angelica	engelwortel	28
Vicia	tuinboon, veldboon, wikke	28
Allium	ui, prei, bieslook	27
Melilotus	honingklaver	26
Anthriscus	kervel	23
Ribes	zwarte bes, rode bes, kruisbes	23

Tabel 4

Aantallen in de bloembezoekdatabase aangetroffen soorten wilde bijen op de gewasgenera van de qua areaal (>500 ha in 2009) belangrijkste open teeltgewassoorten in Nederland. In Nederland zijn de arealen open teelten voor groentezaden (totaal 766 ha), bloemzaden (totaal 317 ha) en kruiden (35 ha) beperkt.

Gewassoort	Areaal gewas ¹ (ha)	Gewasgenus	Aantal bijensoorten
appel	9129	Malus	16
peer	7800	Pyrus	2
aardbei	3055	Fragaria	7
koolzaad	2634	Brassica	60
tuinboon, veldboon	2189	Vicia	28
blauwmaanzaad	679	Papaver	12
zwarte bes	530	Ribes	23
blauwe bes	526	Vaccinium	48

¹ Centraal Bureau voor de Statistiek, 2010

Tabel 5

De 20 bijensoorten in de bloembezoekdatabase die op de meeste gewasgenera zijn aangetroffen en de zeldzaamheidsklasse en de bedreigde status van de betreffende bijensoorten.

Nederlands naam	Wetenschappelijke naam	Aantal gewasgenera	Voorkomen en status bijensoort ¹
tuinbladsnijder	<i>Megachile centuncularis</i>	32	algemeen, geen trend
rosse metselbij	<i>Osmia bicornis</i>	28	zeer algemeen, toegenomen
gewone maskerbij	<i>Hylaeus communis</i>	26	zeer algemeen, toegenomen
akkerhommel	<i>Bombus pascuorum</i>	24	zeer algemeen, geen trend
gewone geurgroefbij	<i>Lasioglossum calceatum</i>	23	zeer algemeen, toegenomen
steenhommel	<i>Bombus lapidarius</i>	22	zeer algemeen, geen trend
aardhommel	<i>Bombus terrestris</i>	21	zeer algemeen, geen trend
tuinmaskerbij	<i>Hylaeus hyalinatus</i>	21	algemeen, geen trend
weidehommel	<i>Bombus pratorum</i>	18	zeer algemeen, geen trend
roodpotige groefbij	<i>Halictus rubicundus</i>	18	zeer algemeen, geen trend
grasbij	<i>Andrena flavipes</i>	16	zeer algemeen, sterk toegenomen
tuinhommel	<i>Bombus hortorum</i>	16	algemeen, geen trend
blauwe metselbij	<i>Osmia caerulea</i>	16	vrij algemeen, geen trend
roodgatje	<i>Andrena haemorrhoa</i>	15	zeer algemeen, toegenomen
grote wolbij	<i>Anthidium manicatum</i>	15	vrij algemeen, geen trend
parkbronsgroefbij	<i>Halictus tumulorum</i>	15	zeer algemeen, toegenomen
grote bladsnijder	<i>Megachile willughbiella</i>	15	algemeen, toegenomen
zwartbronzend zandbij	<i>Andrena nigroaenea</i>	14	algemeen, geen trend
veldhommel	<i>Bombus lucorum</i>	14	algemeen, afgenomen
heidebronsgroefbij	<i>Halictus confusus</i>	14	vrij algemeen, geen trend

¹ Peeters et al., 2012

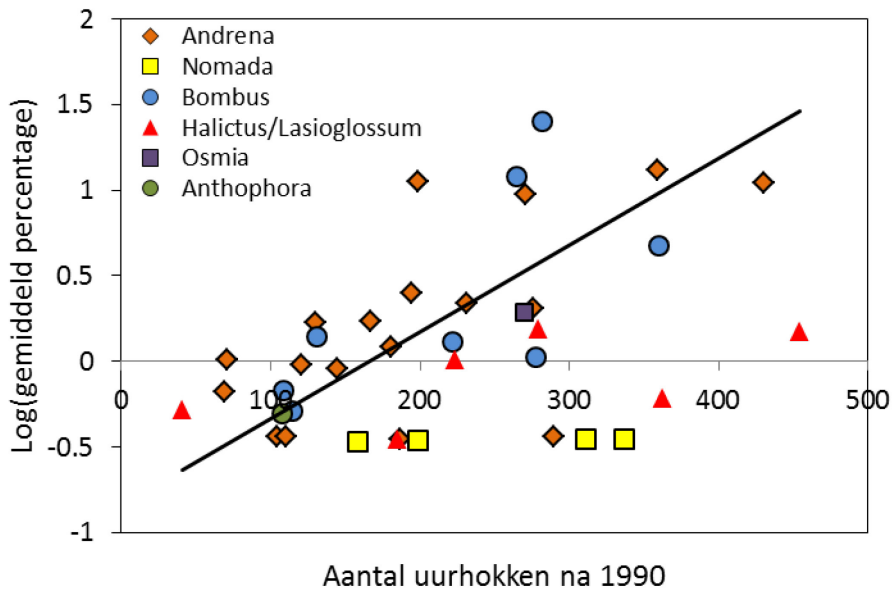
Van de 339 opgenomen soorten bijen in de bloembezoekdatabase zijn 263 bijensoorten (78%) op tenminste één gewasgenus aangetroffen. In Tabel 5 zijn de 20 (polylectische) bijensoorten weergegeven die op het grootste aantal gewasgenera zijn waargenomen. Alle soorten bijen in Tabel 5 komen (vrij) algemeen voor en zijn momenteel niet bedreigd.

3.1.2 De belangrijkste wilde bijen op enkele belangrijke landbouwgewassen

In Tabel 6 staan de soorten wilde bijen die zijn waargenomen op bloemen van appel, peer en koolzaad tijdens veldstudies in de periode 2010-2012. Elk gewas is in twee opeenvolgende jaren bemonsterd. In totaal zijn 1551 individuen van slechts 38 soorten waargenomen. Wat opvalt zijn de grote

verschillen in waargenomen aantallen wilde bijen. Dit is waarschijnlijk gerelateerd aan verschillen in weersomstandigheden tussen de jaren. Het voorjaar van 2010 was koud terwijl het voorjaar van 2011 juist warm en droog was, wat bijzonder gunstig is voor bijen. Het voorjaar van 2012 was koud en vooral erg nat. In 2012 viel in de periode 1 april tot en met 31 mei zo'n 3,5 keer zo veel neerslag als in dezelfde periode in 2011 (<http://www.weerstatistieken.nl>). De bijdrage van wilde bestuivers relatief ten opzichte van het bloembezoek door honingbijen verschilde ook aanzienlijk van jaar tot jaar en van gewas tot gewas. Wilde bijen maakten bijvoorbeeld 84% van bezoek door bijen aan perenboomgaarden in 2010 maar slechts 8% aan koolzaad in 2012. In koolzaad in 2011 namen wilde bijen daarentegen 48% van het totale bloembezoek door bijen voor hun rekening.

Het merendeel van de bloemen van de drie onderzochte gewassen werd bezocht door algemene soorten wilde bijen met een relatief groot formaat, vooral hommels (*Bombus* spp.) en zandbijen (*Andrena* spp.). Slechts twee soorten, de groepjesgroefbij *Lasioglossum malachurum* en de weidebij *Andrena gravida*, beide gevonden in fruitboomgaarden en aangetroffen met een of twee individuen, waren vrij zeldzaam. De bijengemeenschappen op de verschillende soorten gewassen werden veelal gedomineerd door dezelfde soorten. Zo werden soorten als de aardhommel/veldhommel *Bombus terrestris/lucorum* (de werksters van deze twee soorten zijn vrijwel niet te onderscheiden), steenhommel *B. lapidarius*, akkerhommel *B. pascuorum*, grasbij *A. flavipes*, roodgatje *A. haemorrhhoa* op alle drie de gewassen in minimaal 1 van beide onderzoeksjaren dominant (>5% van het totale bloembezoek) aangetroffen (Tabel 6).



Figuur 1 De relatie tussen de mate van algemeenheid (uitgedrukt als het aantal uurhokken waarin de soort na 1990 is waargenomen) en de gemiddelde bijdrage aan het bloembezoek van drie insect-bestoven landbouwgewassen door wilde bestuivers in zes veldstudies in de periode 2010-2012.

Tabel 6

Een overzicht van de wilde bijen die zijn aangetroffen op drie belangrijke Nederlandse insect-bestoven gewassen. % wn - het percentage van het totaal aantal waarnemingen van wilde bijen dat een individuele soort bijdraagt. Voor uitgebreidere informatie over de bijen die zijn aangetroffen op appel en perenboomgaarden zie Reemer en Kleijn (2012). De status van de elke soort is aangegeven middels kleurcodering en is afgeleid van Peeters et al. (2012). Voor Nederlandse soortnamen, zie Bijlage 2.

Eerste studiejaar

Appel 2010 (n = 165)		Peer 2010 (n =150)		Koolzaad 2011 (n=312)	
Soort	% wn	Soort	% wn	Soort	% wn
Andrena flavipes	22.4	Andrena carantonica	23.3	Bombus terrestris/lucorum	55.0
Andrena haemorrhoea	15.2	Andrena chrysoseles	16.0	Bombus lapidarius	33.2
Bombus terrestris/lucorum	14.5	Andrena flavipes	15.3	Bombus pascuorum	2.9
Andrena carantonica	11.5	Andrena haemorrhoea	13.3	Andrena nitida	1.6
Bombus pascuorum	7.9	Bombus terrestris/lucorum	9.3	Onbekende soort 3	1.3
Bombus lapidarius	6.1	Bombus pascuorum	4.7	Andrena dorsata	1.0
Andrena chrysoseles	4.2	Lasioglossum calceatum	3.3	Andrena flavipes	1.0
Osmia bicornis	4.2	Andrena dorsata	3.3	Andrena haemorrhoea	1.0
Andrena fulva	3.0	Bombus lapidarius	2.7	Andrena barbilabris	0.6
Bombus hypnorum	1.8	Andrena fulva	1.3	Bombus pratorum	0.4
Bombus pratorum	1.8	Andrena minutula	1.3	Andrena angustior	0.3
Lasioglossum calceatum	1.2	Lasioglossum morio	1.3	Andrena fucata	0.3
Andrena dorsata	1.2	Andrena nitida	1.3	Andrena nigroaenea	0.3
Bombus hortorum	1.2	Andrena gravida	0.7	Andrena chrysoseles	0.3
Andrena minutula	1.2	Bombus hypnorum	0.7	Andrena tibialis	0.3
Andrena cineraria	0.6	Anthophora plumipes	0.7	Onbekende soort 1	0.3
Andrena nitida	0.6	Bombus pratorum	0.7	Onbekende soort 2	0.3
Anthophora plumipes	0.6	Bombus vestalis	0.7		
Halictus tumulorum	0.6				

Tweede studiejaar

Appel 2011 (n =297)		Peer 2011 (n = 285)		Koolzaad 2012 (n=64)	
Soort	% wn	Soort	% wn	Soort	% wn
Andrena flavipes	21.2	Andrena chrysoseles	30.2	Bombus terrestris/lucorum	37.5
Bombus terrestris/lucorum	20.5	Andrena haemorrhoea	21.1	Andrena haemorrhoea	12.5
Bombus lapidarius	16.8	Andrena flavipes	13.3	Andrena nitida	9.4
Andrena haemorrhoea	7.7	Bombus terrestris/lucorum	9.5	Bombus lapidarius	4.7
Bombus pascuorum	6.4	Andrena carantonica	5.6	Andrena flavipes	4.7
Andrena chrysoseles	5.7	Bombus lapidarius	5.3	Andrena cineraria	4.7
Andrena carantonica	5.7	Andrena fulva	2.8	Onbekende soort A	3.1
Andrena fulva	3.4	Andrena dorsata	2.1	Andrena fulva	3.1
Bombus hortorum	2.4	Bombus pascuorum	1.8	Lasioglossum sexstrigatum	3.1
Bombus hypnorum	1.7	Lasioglossum sexstrigatum	1.1	Andrena nigroaenea	1.6
Andrena dorsata	1.7	Osmia bicornis	0.7	Andrena subopaca	1.6
Osmia bicornis	1.7	Lasioglossum calceatum	0.7	Andrena carantonica	1.6
Bombus pratorum	1.3	Lasioglossum malachurum	0.7	Andrena dorsata	1.6
Lasioglossum calceatum	0.7	Andrena minutula	0.7	Andrena labiata	1.6
Bombus jonellus	0.7	Lasioglossum morio	0.7	Andrena tibialis	1.6
Nomada marshamella	0.3	Andrena nitida	0.7	Osmia bicornis	1.6
Nomada fabriciana	0.3	Nomada flava	0.4	Onbekende soort B	1.6
Lasioglossum malachurum	0.3	Bombus hortorum	0.4	Onbekende soort C	1.6
Anthophora plumipes	0.3	Lasioglossum leucopus	0.4	Onbekende soort D	1.6
Andrena nitida	0.3	Nomada marshamella	0.4	Onbekende soort E	1.6
Andrena minutula	0.3	Anthophora plumipes	0.4		
Andrena cineraria	0.3	Andrena praecox	0.4		
		Nomada ruficornis	0.4		
		Andrena tibialis	0.4		
		Bombus vestalis	0.4		

zeer algemeen

algemeen

vrij algemeen

vrij zeldzaam

De gemiddelde bijdrage van een soort aan het bloembezoek van landbouwgewassen door wilde bestuivers was dan ook sterk gerelateerd aan hoe algemeen een soort was (Figuur 1; $F_{1,36} = 8,01$, $P = 0,008$). De wespbijen *Nomada* spp. en groefbijen *Lasioglossum* spp. en *Halictus* spp., die allebei vooral bestaan uit kleinere soorten, weinig behaarde bijen, droegen echter nauwelijks bij aan deze relatie.

3.1.3 Analyse pollendieet polylectische bijen

In totaal zijn in de stuifmeelladingen van de onderzochte bijensoorten uit entomologische collecties ruim 195 verschillende 'stuifmeeltaxa' aangetroffen. Een stuifmeeltaxon bestaat uit een groep van nauwe verwante plantensoorten waarvan het stuifmeel eenzelfde vorm en structuur heeft en die dus niet op soortniveau is te onderscheiden. Om de resultaten overzichtelijk te houden is hier uitsluitend voor de belangrijkste gewasgenera geanalyseerd welke bijen in entomologische collecties stuifmeel hiervan op hun lichaam droegen. In Tabel 7 staat voor de onderzochte 75 soorten wilde bijen welke gewasgenera zijn aangetroffen bij welke soorten bijen. Hier is uitsluiten aan-/afwezigheid aangegeven omdat verschillende soorten in verschillende frequenties bemonsterd zijn. Het aantal individuen dat stuifmeel bij zich droeg zou daarmee een vertekend beeld geven van het belang van bijensoorten voor de gewassen en vice versa.

Wat opvalt is dat st uifmeel van de stuifmeeltaxa Brassicaceae (waaronder koolzaad *Brassica napus*) en *Rubus* (waaronder braam *Rubus fruticosus* en framboos *R. idaeus*) bij (ruim) meer dan de helft van de bijensoorten is aangetroffen (Tabel 7). Stuifmeel van *Prunus* (waaronder pruim *Prunus domestica* en kers *Prunus avium*), *Malus* (appel *Malus domestica*) en *Vaccinium* (o.a. bosbes *Vaccinium myrtillus*) werden in de stuifmeelladingen van redelijk wat soorten aangetroffen. Stuifmeel van de overige gewasgenera werden slechts sporadisch aangetroffen op exemplaren van de 75 onderzochte soorten bijen (Tabel 7). Ook gewasgenera die voor 1950 algemeen voorkwamen, zoals *Pyrus* (peer *Pyrus communis*) en *Linum* (lijnzaad *Linum usitatissimum*) werden in stuifmeelladingen van slechts enkele bijensoorten aangetroffen.

Bijen die op een breed spectrum van gewasgenera werden aangetroffen waren de gebruikelijke algemene kandidaten aardhommel (*Bombus terrestris*), rosse metselbij (*Osmia bicornis*), tuinbladsnijder (*Megachile centuncularis*) en gewone geurgroefbij (*Lasioglossum calceatum*) die ook in de eerdere overzichten bovenaan stonden (vergelijk Tabel 7 met Tabel 5, 6). Echter hier duiken ook weer nieuwe soorten op die stuifmeel van een groot aantal gewasgenera bij zich droegen zoals variable zandbij *Andrena varians* en witbaardzandbij *Andrena barbilabris*. Interessant genoeg blijkt geen enkel onderzocht individu van de grasbij *A. flavipes*, een soort die stevast als een van de meest algemene soorten bijen op landbouwgewassen wordt waargenomen (Tabel 5), stuifmeel van gewasgenera bij zich te hebben gedragen (Tabel 7).

Tabel 7

Een overzicht van de genera met belangrijke landbouwgewassen waarvan stuifmeel is aangetroffen op bijen uit entomologische collecties die voor 1950 verzameld zijn. Voor Nederlandse soortnamen zie Bijlage 2.

Soort	Brassicaceae/Koolzaad	Rubus/Braam	Prunus/Pruim&Kers	Malus/Appel	Vaccinium/Bosbes	Pisum/Erwt	Medicago/Luzerne	Lupinus/Lupine	Linum/Lijnzaad	Helianthus /Zonnebloem	Fagopyrum/Boekweit	Daucus/Peen	Ribes/Aalbes	Cichorium/Witlof	Cucurbitacea/Courgette	Pyrus/Peer	Aantal gewassen
<i>Andrena barbilabris</i>	1	1	1	1		1			1								6
<i>Osmia bicornis</i>	1	1		1		1	1				1						6
<i>Andrena varians</i>			1	1	1								1			1	5
<i>Anthophora plumipes</i>	1	1	1	1									1				5
<i>Bombus pratorum</i>	1	1		1	1			1									5
<i>Bombus terrestris</i>	1				1		1	1		1							5
<i>Halictus rubicundus</i>	1	1		1		1				1							5
<i>Lasioglossum calceatum</i>	1	1		1					1					1			5
<i>Lasioglossum sexnotatum</i>	1				1		1				1				1		5
<i>Megachile centuncularis</i>	1						1		1	1				1			5
<i>Andrena carantonica</i>	1	1	1	1													4
<i>Andrena dorsata</i>	1	1	1	1													4
<i>Andrena fulva</i>	1		1	1									1				4
<i>Lasioglossum leucozonium</i>		1							1	1				1			4
<i>Andrena bicolor</i>	1	1									1						3
<i>Andrena minutula</i>	1	1										1					3
<i>Andrena nitida</i>	1	1	1														3
<i>Andrena ovatula</i>	1					1		1									3
<i>Andrena subopaca</i>	1	1										1					3
<i>Bombus humilis</i>		1			1		1										3
<i>Bombus jonellus</i>	1	1			1												3
<i>Bombus lapidarius</i>	1	1						1									3
<i>Bombus pascuorum</i>	1	1			1												3
<i>Bombus soroeensis</i>	1				1		1										3
<i>Halictus confusus</i>	1	1	1														3
<i>Lasioglossum fulvicorne</i>		1	1										1				3
<i>Lasioglossum quadrinotatum</i>	1	1						1									3
<i>Lasioglossum sexstrigatum</i>	1	1	1	1													3
<i>Lasioglossum zonulum</i>	1	1				1											3
<i>Osmia caerulea</i>						1	1	1									3
<i>Andrena argentata</i>		1	1														2
<i>Andrena chrysoceles</i>	1											1					2
<i>Andrena cineraria</i>	1		1														2
<i>Andrena fucata</i>	1	1															2
<i>Andrena fulvida</i>	1	1															2
<i>Andrena haemorrhoa</i>	1		1														2
<i>Andrena labiata</i>		1							1								2
<i>Andrena nigriceps</i>	1									1							2
<i>Andrena nigroaenea</i>	1		1														2

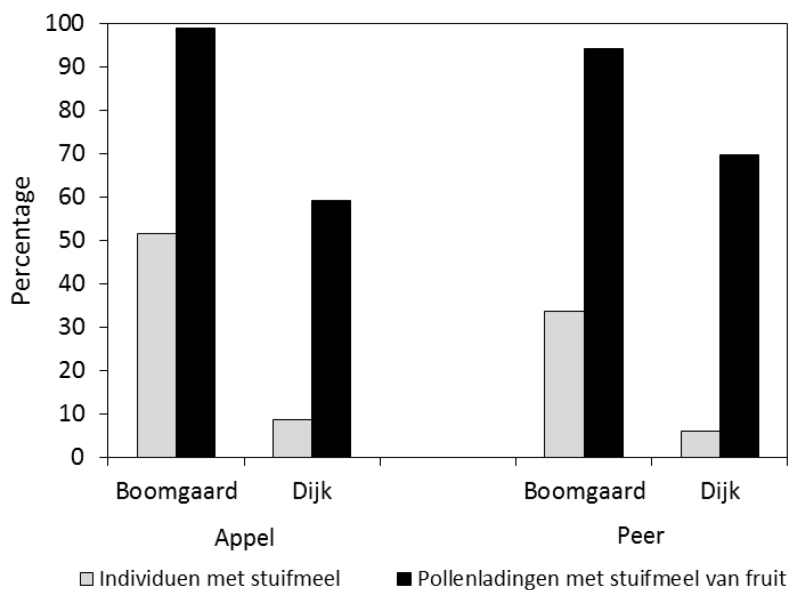
Soort	Brassicaceae/Koolzaad	Rubus/Braam	Prunus/Pruim&Kers	Malus/Appel	Vaccinium/Bosbes	Pisum/Erwt	Medicago/Luzerne	Lupinus/Lupine	Linum/Lijnzaad	Helianthus /Zonnebloem	Fagopyrum/Boekweit	Daucus/Peen	Ribes/Aalbes	Cichorium/Witlof	Cucurbitacea/Courgette	Pyrus/Peer	Aantal gewassen
<i>Andrena pilipes</i>	1											1					2
<i>Andrena semilaevis</i>	1											1					2
<i>Andrena tibialis</i>	1	1															2
<i>Anthidium manicatum</i>	1	1															2
<i>Anthophora retusa</i>	1					1											2
<i>Bombus ruderatus</i>	1							1									2
<i>Bombus sylvarum</i>		1			1												2
<i>Halictus tumulorum</i>	1								1								2
<i>Hoplitis claviventris</i>		1									1						2
<i>Lasioglossum leucopus</i>	1			1													2
<i>Lasioglossum nitidiusculum</i>	1	1															2
<i>Lasioglossum parvulum</i>	1	1															2
<i>Lasioglossum prasinum</i>		1			1												2
<i>Lasioglossum punctatissimum</i>		1			1												2
<i>Megachile leachella</i>		1				1											2
<i>Osmia cornuta</i>	1		1														2
<i>Andrena angustior</i>	1																1
<i>Andrena bimaculata</i>	1																1
<i>Andrena gravida</i>	1																1
<i>Anthophora quadrimaculata</i>							1										1
<i>Bombus hortorum</i>								1									1
<i>Halictus sexcinctus</i>	1																1
<i>Lasioglossum albipes</i>	1																1
<i>Lasioglossum morio</i>		1															1
<i>Lasioglossum rufitarse</i>		1															1
<i>Lasioglossum villosulum</i>				1													1
<i>Megachile lignisecca</i>										1							1
<i>Andrena flavipes</i>																	0
<i>Andrena fuscipes</i>																	0
<i>Anthidium strigatum</i>																	0
<i>Anthophora bimaculata</i>																	0
<i>Anthophora furcata</i>																	0
<i>Megachile analis</i>																	0
<i>Megachile circumcincta</i>																	0
<i>Megachile maritima</i>																	0
<i>Megachile versicolor</i>																	0
<i>Megachile willughbiella</i>																	0
Totaal aantal soorten	47	37	15	13	11	8	8	8	6	6	4	5	4	3	1	1	

3.1.4 Stuifmeel verzameld door bijen in appel- en perenboomgaarden

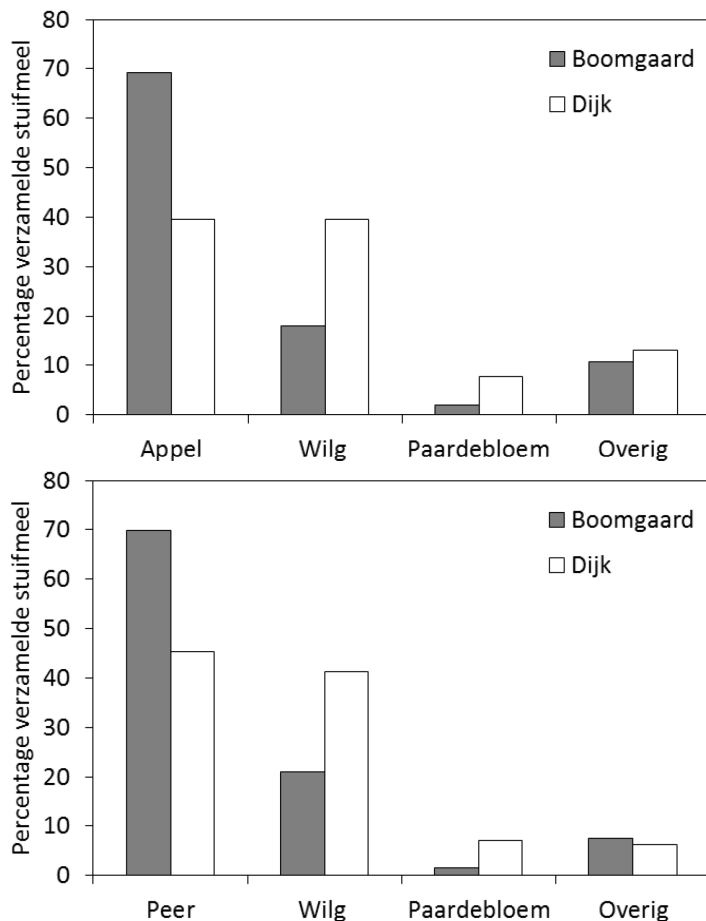
Iets meer dan de helft van de wilde bijen die in boomgaarden op appelbloesems foerageerden droeg stuifmeel op het lichaam terwijl in perenboomgaarden ongeveer een derde van de wilde bijen stuifmeel bij zich had (Figuur 2). Nagenoeg alle stuifmeelladingen van wilde bijen in de onderzochte fruitboomgaarden bevatten stuifmeel van appel of peer (Figuur 2). Op dijken grenzend aan de fruitboomgaarden had een veel kleiner deel van de bijen stuifmeel bij zich. Op minder dan 10% van

de exemplaren werden stuifmeelladingen aangetroffen. De meerderheid van deze ladingen bevatte overigens wel stuifmeel van fruitbomen. Negenenvijftig procent van de bijen met stuifmeel die gevangen waren op dijken naast appelboomgaarden had stuifmeel van appel bij zich. Voor peer was deze 69% (Figuur 2). Dit geeft aan dat bijen die in de dijken nestelen veel de boomgaarden in gaan om stuifmeel te verzamelen.

Het belang van de fruitboomgaarden werd ook weerspiegeld in de samenstelling van de stuifmeelladingen. De samenstelling van de stuifmeelladingen in de twee typen fruitboomgaarden was sterk vergelijkbaar (Figuur 3). In de boomgaarden bestond ongeveer 70% van alle stuifmeelkorrels uit de fruitsoort waarop de bijen gevangen waren. Zo'n 20% bestond was afkomstig van wilg (*Salix* spp.) en een kleine twee procent uit paardenbloem (*Taraxacum officinalis*). Alle andere stuifmeeltaxa maakten minder dan 1,5% uit van het totaal aan verzameld stuifmeel. Van de op de dijken gevangen bijen was het belang van de fruitboomgaarden iets minder groot (Figuur 3). Hier bestonden de samenstelling van het stuifmeel uit gelijke delen fruit en wilg, beide ongeveer 40%. Paardenbloem werd iets vaker aangetroffen en alle andere aangetroffen taxa droegen tezamen ongeveer 10% bij aan de totale stuifmeellading.



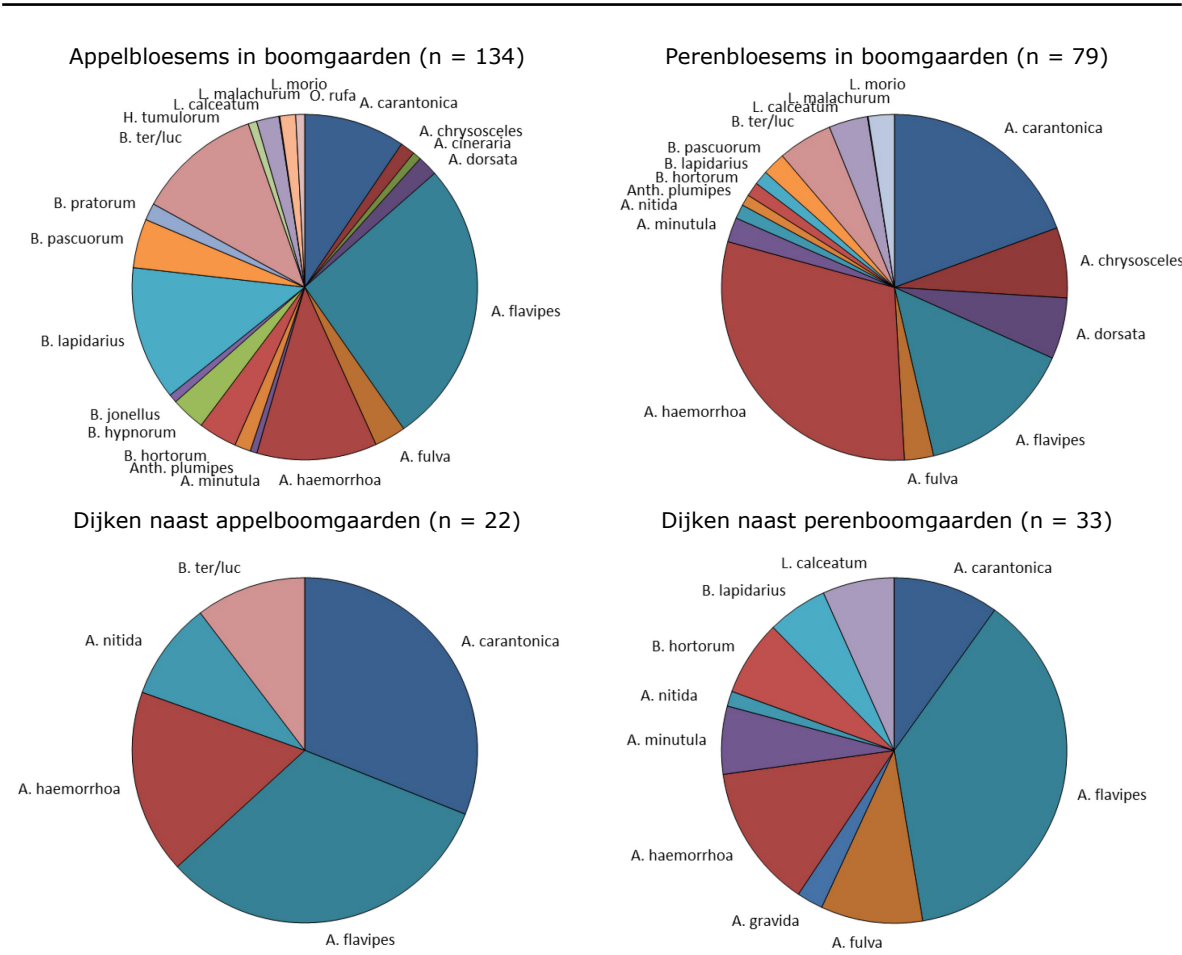
Figuur 2 Het percentage waargenomen wilde bijen dat stuifmeel bij zich had en het percentage van de pollenladingen waarin stuifmeel van appel of peer werd aangetroffen in appel- en perenboomgaarden en de aangrenzende dijkvlakken. De figuur geeft een samenvatting van de gegevens van 2010 en 2011.



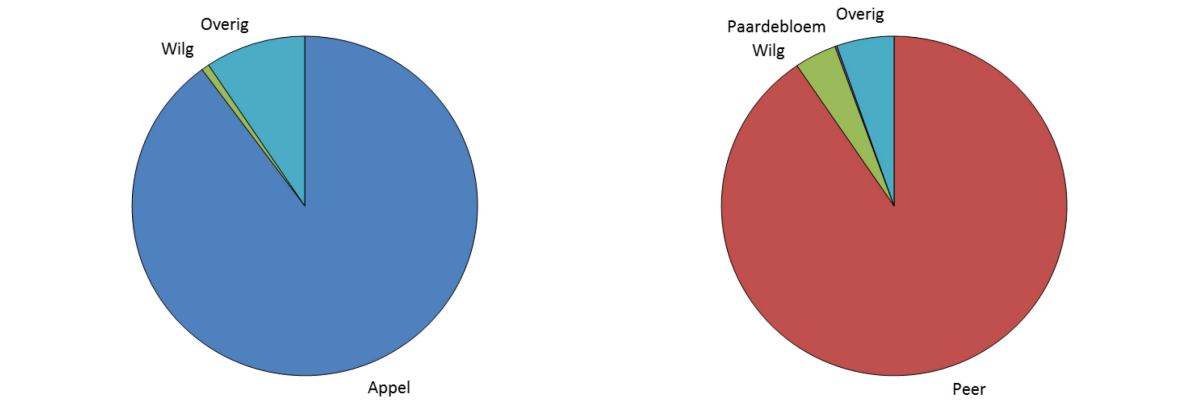
Figuur 3 Het percentage van het totaal aan stuifmeel dat is aangetroffen op wilde bijen in appel- (bovenste paneel) en perenboomgaarden (onderste paneel) dat afkomstig is van verschillende soorten planten.

In 2010 en 2011 werd in appelboomgaarden stuifmeel van appel aangetroffen op 21 verschillende soorten bijen; in perenboomgaarden werd perenstuifmeel gevonden op 16 verschillende soorten (Figuur 4). De meest algemene soorten droegen logischerwijs ook het sterkst bij aan de verspreiding van het stuifmeel van appels en peren (Figuur 4). Dit waren vooral grasbij *A. flavipes*, roodgatje *A. haemorrhoea*, meidoornzandbij *A. carantonica*, aard/veldhommel *B. terrestris/lucorum* en steenhommel *B. lapidarius*. Toch werd ook op soorten die slechts met enkele individuen werden waargenomen, zoals de vroege zandbij *A. precox* of de groepjesgroefbij *L. malachurum* stuifmeel van appel op peer aangetroffen. Op de dijken naast de boomgaarden werden veel minder soorten bijen met stuifmeel aangetroffen (Figuur 4) maar het is onduidelijk of dit veroorzaakt werd door de kleinere steekproefomvang of dat er een ecologische verklaring aan ten grondslag ligt.

Honingbijen in boomgaarden hadden vrijwel uitsluitend stuifmeel van appel of peer bij zich (Figuur 5). Honingbijen werden in relatief lage aantallen aangetroffen op de dijken en deze dieren zijn niet nader onderzocht op voorkomen en samenstelling van het stuifmeel.



Figuur 4 De relatieve bijdrage van verschillende soorten wilde bijen aan het verzamelde stuifmeel van appels en peren in de boomgaarden zelf en op dijken naast boomgaarden. Tussen haakjes staat het aantal stuifmeelladingen met stuifmeel van de onderzochte fruitsoorten waarop de analyse gebaseerd is.



Figuur 5 De samenstelling van stuifmeelladingen verzameld door honingbijen in appelboomgaarden (linkerpaneel, n = 34) en perenboomgaarden (rechter panel, n = 28).

3.2 Populatietrends

De resultaten per soort staan weergegeven in Bijlage 3 van Peeters *et al.* (2012). In die bijlage staan ook de verschillende soortspecifieke eigenschappen. Tabel 8 geeft een overzicht van de aantallen soorten per trendcategorie, zowel voor de twee- als de drie-periodenanalyse. Uit de twee-periode blijkt dat er meer soorten zijn afgenomen (122) dan toegenomen (71) (mogelijk verdwenen en verschenen soorten niet meegerekend). Van alle bijensoorten met een significante trend is dus 63% afgenomen. Er zijn 34 soorten verdwenen (bijna 10% van de ooit in Nederland vastgestelde soorten). Toch hebben zich sinds 1990 ook acht soorten nieuw gevestigd en de groep 15 'mogelijk verschenen' soorten, eveneens na 1990 voor het eerst in Nederland gesignaleerd, telt ongetwijfeld ook een aantal blijvers.

Tabel 8

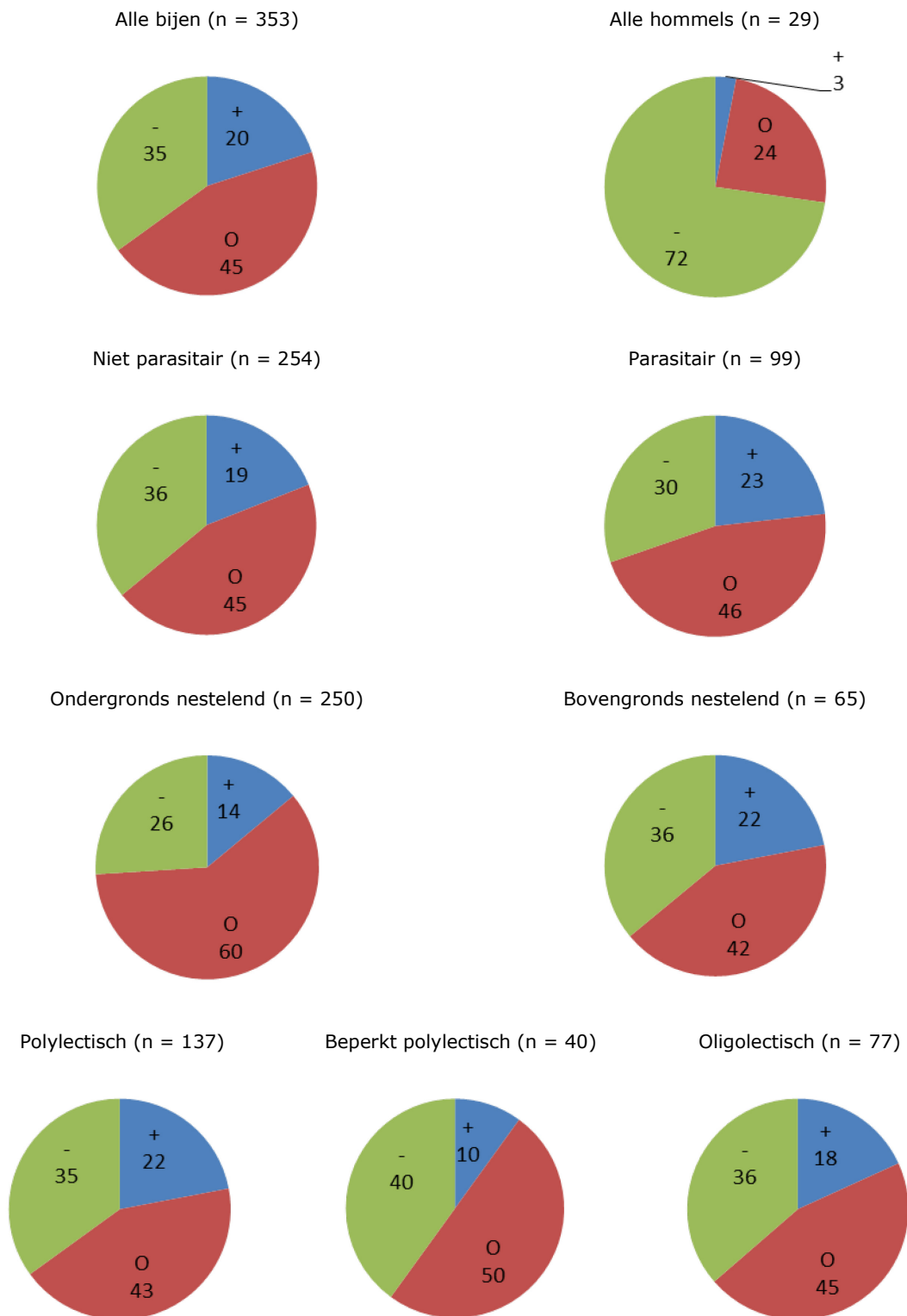
Aantal bijensoorten per trendcategorie. De aantallen in de eerste kolom zijn gebaseerd op de trendbepaling aan de hand van twee perioden (voor en vanaf 1990). De aantallen in de overige kolommen zijn gebaseerd op de trendbepaling aan de hand van drie perioden. Het eerste symbool duidt op het verschil tussen de periode voor 1970 en 1970-1989, het tweede symbool duidt op het verschil tussen 1970-1989 en de periode vanaf 1990. Een '-' duidt op een significante afname, een '+' op een significante toename en een '0' op geen significante trend. N.B.: Er zijn geen gegevens van de honingbij in de trendberekening gebruikt.

	twee-periodenanalyse	drie-periodenanalyse								
	aantal soorten analyse voor en vanaf 1990	-/-	-/0	0/-	-/+	0/0	+/-	+/0	0/+	+/+
verdwenen	34	2	24	3		5				
mogelijk verdwenen	16			1		15				
sterk afgenomen	59	6	36	7	1	7	2			
afgenomen	29		7	2	3	11	6			
geen trend	133		9	3	11	88	13	8	1	
toegenomen	41					8	4	18	8	3
sterk toegenomen	22				2	1		3	12	4
mogelijk verschenen	15					15				
verschenen	8					5			3	
TOTAAL	357	8	76	16	17	155	25	29	24	7

Tabel 9

Aantal bijensoorten per trendcategorie volgens de resultaten van de drie-periodenanalyse: vergelijking van de periode voor 1970 met 1970-1989 en van 1970-1989 met de periode vanaf 1990.

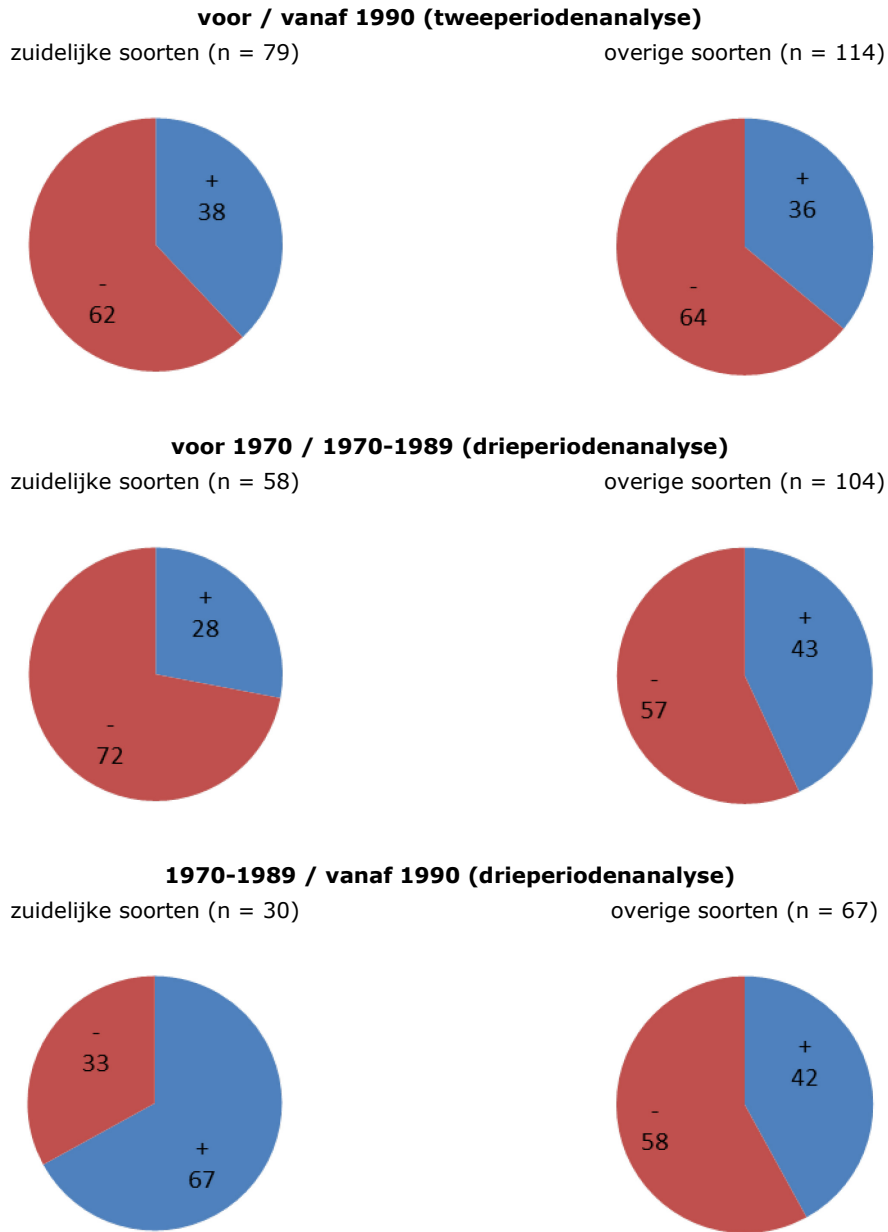
	voor 1970 / 1970-1989	1970-1989 / vanaf 1990
afgenomen	101	49
geen trend	191	247
toegenomen	61	48



Figuur 6 Een vergelijking van de populatietrends van bijensoorten met verschillende eigenschappen. + = toegenomen, 0 = geen significante populatietrend, - = afgenomen. Door afronding is de som van de percentages niet altijd 100%.

Figuur 6 laat zien dat er onder de hommels een dramatische achteruitgang heeft plaatsgevonden: 21 van de 29 Nederlandse hommelsorten is afgenomen, slechts één hommelm (de vierkleurige koekoekshommel *Bombus sylvestris*) is toegenomen. Van de bijensoorten die hun nest in de grond graven, vertoont circa eenderde een afname en heeft 42% geen significante trend. Onder de bovengronds nestelende soorten gaat slechts een kwart achteruit, terwijl 60% geen trend heeft. Het

lijkt er dus op dat bovengronds nestelende bijen in Nederland stabiel zijn in hun voorkomen dan ondergronds nestelende bijen. De trends van koekoeksbijen verschillen niet significant van de trends van de overige bijensoorten. Dit lijkt verklaarbaar door de sterke afhankelijkheid van deze broedparasieten van hun gastheren; als de gastheer afneemt dan zal de parasiet eveneens afnemen.



Figuur 7 Percentage soorten met een significante trend dat in verschillende onderzoeksperioden zijn toe- of afgenomen, waarbij onderscheid is gemaakt tussen zuidelijke en niet-zuidelijke soorten
+ = toegenomen, - = afgenomen.

Nederlandse bijen en het klimaat

Uit de twee-periodenanalyse, waarin de periode voor 1990 vergeleken wordt met de periode vanaf 1990, blijken geen duidelijke trendverschillen tussen 147 zuidelijke en 210 overige bijensoorten (Figuur 7). In beide categorieën bedraagt de verhouding tussen (significante) toegenomen en afgenomen soorten circa 0,6.

Uit de drie-periodenanalyse komt een ander beeld naar voren (Figuur 7). Van de periode voor 1970 naar de periode 1970-1989 is een groot deel (72%) van de zuidelijke soorten met significante trend

achteruitgegaan. Vervolgens is na 1990 weer 67% van de zuidelijke soorten met significante trend vóóruitgegaan. Het gaat hierbij om 20 zuidelijke soorten die een toename vertonen; dit is iets minder dan de helft van het totale aantal soorten dat toenam van de periode 1970-1989 naar de periode vanaf 1990 (Tabel 9).

Alle acht bijensoorten die sinds 1990 in Nederland verschenen zijn, zijn zuidelijke soorten. Van de 15 'mogelijk verschenen' soorten hebben er 12 een zuidelijke verspreiding. Onder de 34 verdwenen soorten zijn er 22 met een zuidelijke verspreiding. Dit lijken er veel, maar proportioneel (64%) zijn dit er duidelijk minder dan onder de verschenen soorten (100%). Onder de 16 mogelijk verdwenen soorten zijn er 10 met een zuidelijke verspreiding. De resultaten van de drie-periodenanalyse in Tabel 9 laten zien dat er meer bijensoorten zijn afgenomen in overgang 1 (van de periode voor 1970 naar 1970-1989) dan in overgang 2 (van 1970-1989 naar de periode vanaf 1990). Onder de soorten met een significante trend is het percentage afgenomen soorten 62% in overgang 1, terwijl er in overgang 2 ongeveer evenveel soorten voor- als achteruit zijn gegaan. Het lijkt er dus op dat de achteruitgang van de Nederlandse bijendiversiteit, zoals gevonden in de twee-periodenanalyse, voornamelijk heeft plaatsgevonden in de periode 1970-1989. Daarna is het aantal soorten dat afneemt ongeveer in evenwicht met het aantal soorten dat toeneemt. Deze resultaten suggereren dat de afname van de Nederlandse bijendiversiteit tot stilstand is gekomen.

3.3 Mogelijke factoren die populatietrends beïnvloeden

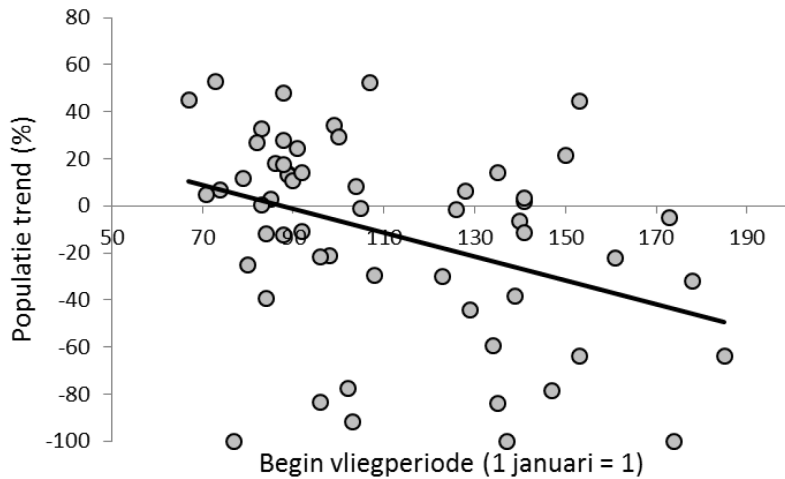
Van de 57 onderzochte bijensoorten is het areaal van 29 soorten (51%) na 1990 verminderd ten opzichte van de periode vóór 1990. Drie van deze soorten (kleine sachembij *Anthophora bimaculata*, grote tuinhommel *Bombus ruderatus* en zesbandgroefbij *Halictus sexcinctus*) zijn sinds 1990 uit Nederland verdwenen. Van de onderzochte bijen loopt de Europese areaalgrens van 11 soorten (19%) door Nederland, nestelen 38 soorten (67%) altijd ondergronds, hebben 13 soorten (23%) een sociale levenswijze en zijn 44 soorten (77%) univoltien. Het gemiddeld aantal taxa waarvan stuifmeel werd verzameld is 11,5, waarbij de biggenkruidgroefbij *Lasioglossum villosulum* het smalste dieet heeft (slechts 3 taxa) en de tuinbladsnijder *Megachile centuncularis* het breedste (21 taxa). De vliegtijd van de bijen begint gemiddeld op 21 april en duurt 112 dagen. De wimperflanzandbij *Andrena dorsata* is de vroegst vliegende soort (8 maart), de zilveren zandbij *Andrena argentata* de laatst vliegende soort (4 juli), de weidebij *Andrena gravida* heeft de kortste vliegtijd (46 dagen) en de aardhommel *Bombus terrestris* de langste (226 dagen). De intertegulaire afstand (ITA) is gemiddeld 3,1 mm en varieert van gemiddeld 1,6 mm voor heidebronsgroefbij *Halictus confusus* tot gemiddeld 4,8 mm voor de late hommel *Bombus soroeensis*.

De resultaten van de meervoudige regressieanalyse laten zien dat *begin van vliegtijd*, *levenswijze* (solitair/sociaal), *nestelwijze*, *lichaamsgrootte* en *breedte van pollendieet* significante verklarende factoren zijn voor het percentage areaalverandering van de onderzochte bijensoorten (Tabel 10). De factoren in het regressiemodel verklaren samen 46% van de variantie in populatietrends van bijen ($F_{5,51} = 8,705$; $P < 0,001$; $R^2 = 0,46$), waarbij het begin van de vliegtijd het sterkst gecorreleerd is met populatietrend (Tabel 10, Figuur 8). Het negatieve verband tussen het begin van de vliegtijd en de populatietrend van bijen impliceert dat naarmate bijensoorten later vliegen hun populaties harder achteruit gaan. Ook lichaamslengte heeft een negatief verband met populatietrend, waarbij grotere soorten over het algemeen harder achteruitgaan dan kleinere. De breedte van het pollendieet van bijensoorten heeft daarentegen zoals verwacht een positieve relatie met hun populatietrend. Dit impliceert dat soorten die van een breder spectrum aan waardplanttaxa gebruik maken een positievere trend hebben. Ook als in een enkelvoudige regressieanalyse puur gekeken wordt naar het verband tussen pollendieet en areaalverandering is het effect van pollendieet significant ($F_{1,55} = 6,339$; $P = 0,018$; Figuur 9). De respectievelijk negatieve en positieve relatie met levenswijze en nestelwijze duidt er op dat sociaal levende soorten harder achteruitgaan dan solitair levende soorten, en dat soorten die enkel ondergronds nestelen harder achteruitgaan dan soorten die (ook) bovengronds nestelen.

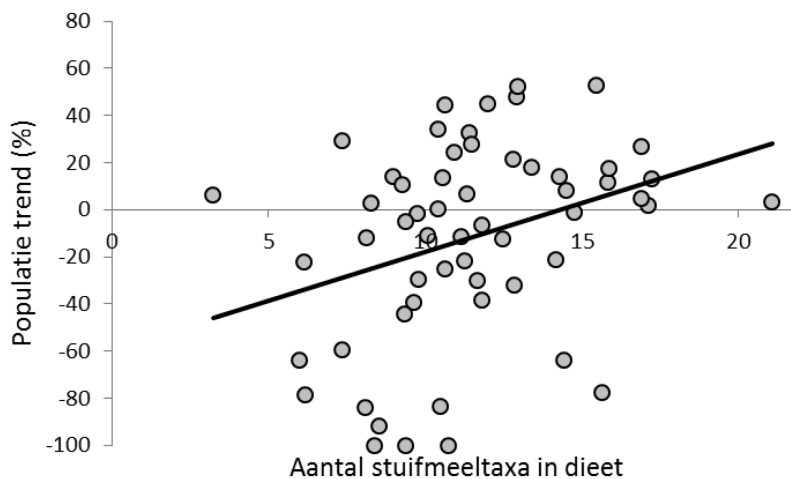
Tabel 10

Resultaten van de stapsgewijze meervoudige regressie-analyse van de relatie tussen percentage areaalverandering en onderzochte verklarende factoren. b = regressiecoëfficiënt, SE = standaardfout, β = gestandaardiseerd regressiecoëfficiënt, * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$; *** $P < 0,001$.

	b	SE b	β
Begin vliegtijd	-0.646	0.152	-0.482***
Levenswijze	-34.093	12.269	-0.345**
Nestelwijze	33.987	10.615	0.386**
Lichaamsgrootte (ITA)	-16.015	5.762	-0.349**
Breedte pollendieet	2.736	1.354	0.218*



Figuur 8 Verband tussen het begin van de vliegperiode van bijen en het percentage areaalverandering. De figuur laat de ongecorrigeerde relatie tussen pollendieet en areaalverandering zien waarbij de invloed van de overige variabelen niet is meegenomen ???meegenomen.



Figuur 9 Verband tussen de breedte van het pollendieet van bijen en het percentage areaalverandering. De figuur laat de ongecorrigeerde relatie tussen pollendieet en areaalverandering zien waarbij de invloed van de overige variabelen niet is meegenomen.

4 Discussie

4.1 Het belang van wilde bijen voor de landbouw

In dit onderzoek is aan de hand van een aantal verschillende methoden het potentiële belang van wilde bestuivers voor de bestuiving van gewassen in de Nederlandse landbouw onderzocht. Daarover was voor ons land tot voor kort bijzonder weinig bekend. De resultaten van de verschillende uitgevoerde deelstudies laten zien dat het merendeel van de Nederlandse wilde bijensoorten de bloemen van een of meerdere landbouwgewassen (of aanverwante soorten) bezoekt en daarmee potentieel een rol kan spelen bij de bestuiving van landbouwgewassen. Voorts liet onderzoek aan het stuifmeel dat bijen verzamelden voor 1950, toen het agrarisch landschap nog soorten- en bloemenrijk was (Kleijn en Raemakers, 2008), zien dat een belangrijk deel van de bijen ook daadwerkelijk stuifmeel verzamelt op gewasbloesems. Op 87% van de 75 onderzochte soorten polylectische bijen werd stuifmeel aangetroffen van een of meer landbouwgewassen (of aanverwante soorten). Tenslotte bleek uit veldonderzoek aan drie van de belangrijkste insect-bestoven gewassen dat wilde bijen en zweefvliegen in aanvulling op honingbijen een significant deel van het bloembezoek voor hun rekening nemen en dat wilde bijen de bloemen vooral bezoeken om stuifmeel op te verzamelen. Het aandeel wilde bijen aan het totale bloembezoek door bijen varieerde tussen de 8 (koolzaad) en 84% (peer). Uit de veldstudie naar het bloembezoek bij appel, peer en koolzaad bleek voorts dat het merendeel van het bloembezoek op rekening komt van een handvol zeer algemene soorten en dat een groot aantal toch ook algemene soorten wilde bijen slechts sporadisch werden waargenomen.

De bloembezoekdatabase van EIS-Nederland en de analyse van het stuifmeel van bijen uit entomologische collecties geven inzicht in welke bijen in potentie een bijdrage leveren aan de bestuiving van landbouwgewassen. De kracht van beide studies ligt in het grote aantal waarnemingen waarop deze gebaseerd zijn. De beperking is dat de resultaten sterk zijn beïnvloed door waarnemerseffecten. De bijen in entomologische collecties zijn niet op willekeurige plekken in Nederland verzameld maar zijn vermoedelijk vooral afkomstig van locaties uit de omgeving van de woonplaats van verzamelaars en van locaties die bekend stonden om hun soortenrijkdom of het voorkomen van zeldzame soorten. Dit geeft een enigszins vertekend beeld, maar zal vermoedelijk vooral leiden tot een onderschatting van het belang van bijen, omdat in het verleden verzamelaars waarschijnlijk niet vaak landbouwgewassen uitzochten om op te verzamelen. Dat een bepaalde bijensoort in de bloembezoekdatabase niet is waargenomen op gewasgenera wil daarom niet zeggen dat de bijensoort in kwestie geen van de gewassen bezoekt voor pollen en/of nectar. Dit wordt geïllustreerd door het beperkte aantal bijen uit entomologische collecties dat op peer is aangetroffen (Tabel 4, 7), terwijl uit de veldstudie in appel- en perenboomgaarden blijkt dat dit een zeer aantrekkelijk gewas is voor wilde bijen waarop in totaal 38 verschillende soorten werden aangetroffen (Tabel 6). Een verklaring hiervoor ligt vermoedelijk deels in het feit dat voor 1950 vooral hoogstam perenboomgaarden in Nederland voorkwamen (<http://www.hoogstamboomgaard.nl>). De perenbloesems lagen daarmee buiten het bereik van entomologen zodat in deze periode slechts bij uitzondering bijen gevangen werden op peer. De gebruikte methode kan leiden tot een overschatting voor die gewasgenera waarbij het onderscheid niet gemaakt kon worden tussen het gewas en nauwverwante wilde soorten. Dit is eigenlijk uitsluitend een probleem bij de kruisbloemen (Brassicaceae), een plantenfamilie met naast veel landbouwgewassen ook veel wilde soorten. Het is onbekend hoe soortspecifiek de voorkeur van wilde bijen is voor Brassicaceae.

De veldstudie naar het bloembezoek bij appel, peer en koolzaad geeft in detail weer welk spectrum aan bijen en zweefvliegen er kan worden aangetroffen op bloesems van gewassen en toont ook aan hoe de bijdrage van wilde bestuivers zich verhoudt tot die van honingbijen. Deze studie onderschat vrijwel zeker het aantal soorten bijen dat een bijdrage kan leveren aan de bestuiving van de onderzochte gewassen omdat de veldstudies beperkt zijn geweest tot twee regio's, de Betuwe (appel en peer) en de Achterhoek/Salland (koolzaad). Als de studie in een groter aantal regio's zou zijn uitgevoerd zou het aantal soorten bijen dat is aangetroffen waarschijnlijk navenant groter zijn

geweest. Desondanks heeft deze studie een paar belangrijke algemene inzichten opgeleverd. Allereerst is de bijdrage van een soort aan het bloembezoek door wilde bestuivers recht evenredig aan zijn algemeenheid (Fig. 1). Vooral zeer algemene soorten bijen worden in grote aantallen waargenomen op de gewasbloesems. Deze soorten lijken weinig kieskeurig te zijn en op een breed spectrum aan gewassen voor te komen (Tabel 6, Kleijn *et al.* in voorbereiding). Minder algemene soorten worden in lagere aantallen of helemaal niet aangetroffen op gewasbloesems. De bijdrage van een wilde bijensoort aan de bestuiving van gewassen lijkt dus vooral een functie te zijn van hoe algemeen de soort voorkomt in de onmiddellijke omgeving van de gewassen. Dit verklaart goed waarom verzamelaars in het verleden zoveel soorten op bloemen van gewassen hebben aangetroffen. Deze verzamelaars waren in een veel groter deel van het land actief, deels in een tijd dat veel van de gewassen wijdverspreider voorkwamen en veel soorten bijen nog veel talrijker waren op het Nederlandse platteland. De kans dat soorten die nu weinig algemeen zijn op een landbouwgewas worden aangetroffen was in het verleden simpelweg veel groter. Dit gaat natuurlijk niet op voor alle soorten bijen. Oligolectische soorten (soorten die gebruik maken van slechts één of enkele plantensoorten) die gespecialiseerd zijn op andere plantensoorten, -genera of -families dan waartoe het gewas behoort zullen vermoedelijk geen of slechts een zeer beperkte bijdrage leveren aan het bloembezoek op dat gewas. Een tweede belangrijk inzicht is dat het merendeel van de soorten die vliegen op de bloemen van gewassen ook daadwerkelijk stuifmeel verzamelen op die bloemen. Volgens Free & Williams (1972) maakt het gedrag van bijen die nectar verzamelen ze minder efficiënt als bestuivers dan bijen die stuifmeel verzamelen. Het grote aandeel wilde bijen dat stuifmeel op appel- en perenbloesems verzamelden vergroot daarmee de kans dat stuifmeel uitgewisseld wordt tussen verschillende rassen wat noodzakelijk is voor de vruchtzetting van kruisbestuivende appelfrassen en perenrassen en de kwaliteit van de appels bevordert bij zelfbestuivende appelfrassen.

De resultaten van dit onderzoek maken aannemelijk dat wilde bestuivers een belangrijk deel van het bloembezoek voor hun rekening nemen bij een breed scala aan insectbestoven landbouwgewassen in Nederland. Hoe groot die bijdrage precies is verschilt waarschijnlijk van gewas tot gewas en van jaar tot jaar. Bloembezoek staat overigens niet noodzakelijkerwijs gelijk aan bestuiving (Michener, 2007). Of bloembezoek op een bepaalde gewassoort leidt tot effectieve bestuiving hangt af van meerdere factoren, zoals bijvoorbeeld tot welke soort of soortengroep de bij behoort die het betreffende gewas bezoekt (Javorek *et al.*, 2002; Adler en Irwin, 2006; Michener, 2007), wat de sekse van de bezoekende bij is (Ne'eman *et al.*, 2006, Michener, 2007), en of de bij het gewas bezoekt voor pollen of nectar (Free en Williams, 1972; Thomson en Goodell, 2001; Young *et al.*, 2007). Het gelijkstellen van bloembezoek aan bestuiving van het betreffende gewas leidt allicht tot een overschatting van het belang van bijensoorten voor bestuiving van gewassen. Desondanks geldt in grote lijnen dat de meest frequent waargenomen soorten ook de grootste bijdrage aan bestuiving zullen leveren omdat een eventueel lagere efficiëntie van de bestuiving wordt gecompenseerd door het numerieke overtal (Madjidian *et al.*, 2008).

De bijdrage van wilde bestuivers aan de landbouw in Nederland is tot dusver onderschat. Recent nog stelden Blacquièr *et al.* (2009) dat honingbijen verreweg de belangrijkste bestuivers van cultuurgewassen in Nederland zijn, dat honingbijen onvervangbaar zijn en dat andere bestuivers kleine niches vervullen. Die stelling is niet meer verdedigbaar nu uit deze studie blijkt dat wilde bestuivers in het slechtste geval toch 8% en in het beste geval zelfs 84% van het bloembezoek van de qua oppervlak belangrijkste insect-bestoven landbouwgewassen voor hun rekening nemen. De resultaten van deze studie komen overeen met die van studies uit het buitenland waaruit blijkt dat, wederom afhankelijk van gewas en jaar, wilde bestuivers het merendeel van de gewasbestuiving voor hun rekening kunnen nemen (Winfree *et al.*, 2008; Garibaldi *et al.*, 2013), wilde bestuivers efficiëntere bestuivers zijn dan honingbijen (Javorek *et al.*, 2002), de aanwezigheid van wilde bestuivers honingbijen effectiever maakt in het bestuiven van landbouwgewassen (Greenleaf en Kremen, 2006; Brittain *et al.*, 2013) of een aanvullend effect hebben op gewasopbrengst dat niet gerealiseerd kan worden door het plaatsen van meer kasten honingbijen (Garibaldi *et al.*, 2013).

Het is overigens aan te bevelen concreet te bepalen wat de bijdrage is van wilde bestuivers aan de landbouwkundig opbrengst of het bedrijfsinkomen. Een dergelijke kwantitatieve analyse van de bijdrage van wilde soorten aan de landbouw kan boeren overtuigen van het belang van het bevorderen van wilde soorten op en rond hun bedrijf. Veel fruittelers zijn zich nu al wel bewust van

het potentieel belang van wilde bestuivers maar het ontbreekt ze vaak nog aan inzichten wat voor een bijdrage ze zelf kunnen leveren aan het bevorderen van deze functioneel belangrijke soortengroep. Zo worden boomgaarden voor en na de bloei van het gewas over het algemeen zo beheerd dat kruiden geen kans krijgen te bloeien (R. v. Kats, persoonlijke waarnemingen). Dit beperkt de draagkracht van deze habitats voor wilde bijensoorten waardoor er tijdens de bloei van het gewas minder wilde bestuivers in deze boomgaarden aanwezig zullen zijn.

4.2 Populatietrends en mogelijke oorzaken van achteruitgang

De in dit onderzoek uitgevoerde trendanalyses aan alle in Nederland voorkomende soorten bijen laten zien dat er meer bijensoorten zijn afgenomen tussen de perioden vóór 1970 en 1970-1989 dan tussen de perioden 1970-1989 en vanaf 1990 (Tabel 9). Deze resultaten suggereren dat de afname van de Nederlandse bijendiversiteit tot stilstand is gekomen en duidt mogelijk op herstel van bijenpopulaties na een magere periode. De Nederlandse natuur bereikte in de periode 1970-1990 een dieptepunt. Overbemesting en verzurende neerslag, vooral veroorzaakt door stikstofverbindingen uit de landbouw, waren in deze periode op een hoogtepunt (Kros *et al.*, 2008). Natuurgebieden raakten bovendien meer dan ooit versnipperd als gevolg van ruilverkaveling, intensivering en schaalvergroting in de landbouw maakten het agrarisch gebied ongeschikt voor de meeste bijen en ook verdroging eiste zijn tol (Kalkman *et al.*, 2010). Vanaf de jaren 1980 en '90 is deze problematiek aangepakt middels een veel grootschaliger en offensiever natuur- en milieubeleid dan voorheen. De verzurende neerslag werd sindsdien flink teruggedrongen, lucht- en waterkwaliteit verbeterden en er werd begonnen met de aanleg van de Ecologische Hoofdstuctuur (Kalkman *et al.*, 2010; Kros *et al.*, 2008).

Hoewel effecten op 'kleine fauna' doorgaans slechts fragmentair zijn gedocumenteerd, zorgden grootschalige natuurontwikkeling en herstelmaatregelen in bestaande natuurgebieden in het kader van onder andere het Overlevingsplan Bos en Natuur op veel plekken voor herstel van gradiëntrijke landschappen met bloemrijke levensgemeenschappen (Bekker en Lammerts, 2000; Van Duinen *et al.*, 2004). Wat bijen betreft spreken met name de resultaten van natuurontwikkeling in het rivierengebied tot de verbeelding (Peters en Kurstjens, 1997). De bijenrijkdom in deze nieuwe uiterwaardnatuur is groot, zowel wat betreft soorten als aantallen, en omvat grote populaties van (voorheen) sterk achteruitgaande soorten (Peeters 1997a en b). Deze positieve ontwikkeling staat in schril contrast tot de situatie in de nog steeds agrarisch beheerde uiterwaardgebieden.

De waargenomen trends van zuidelijke bijensoorten lijken te wijzen op een effect van klimaatverandering op de Nederlandse bijenfauna. Zuidelijke soorten gingen de afgelopen 20 jaar iets vaker vooruit dan soorten met een andere verspreiding. Dit is vooral duidelijk merkbaar aan de bijensoorten die sinds 1990 voor het eerst in Nederland zijn gevonden. Wat moeilijker te verklaren is, is waarom zuidelijke soorten in de periode 1970-1989 juist meer dan gemiddeld áchteruit zijn gegaan. Dit komt misschien doordat soorten aan de rand van hun areaal gevoeliger zijn voor veranderingen in habitatkwaliteit dan in het centrum van hun areaal, zoals recent is aangetoond bij vlinders (Oliver *et al.*, 2009).

De meervoudige regressieanalyse die is uitgevoerd om mogelijke verklaringen voor achteruitgang van bijen te identificeren laat zien dat verscheidene onderzochte factoren significant gerelateerd zijn met de trends van de 57 onderzochte bijensoorten (Tabel 10). Zoals verwacht was de breedte van het pollendieet van bijensoorten positief gerelateerd met populatietrend. Voedselbeschikbaarheid is een belangrijke beperkende factor voor bijenpopulaties (Roulston & Goodell, 2011) en de verminderde voedselbeschikbaarheid als gevolg van habitatverlies en intensivering van de landbouw wordt beschouwd als een van de belangrijkste oorzaken voor de achteruitgang van bijen (Biesmeijer *et al.*, 2006; Müller *et al.*, 2006; Goulson *et al.*, 2008). In lijn met eerdere studies naar effecten van waardplantspecialisatie van hommels (Goulson *et al.*, 2005; Kleijn en Raemakers, 2008) laat dit onderzoek zien dat wilde bijensoorten met een breder pollendieet een positievere populatietrend hebben. Deze soorten hebben een grotere mate van flexibiliteit in hun waardplantkeuze, waardoor ze onder omstandigheden van verminderd aanbod en diversiteit van waardplanten waarschijnlijk op

alternatieve waardplanten kunnen terugvallen. Voor de meer kieskeurige soorten zijn onder deze omstandigheden waarschijnlijk minder alternatieven beschikbaar en is het moeilijker om op andere waardplanten over te stappen, wat deze soorten kwetsbaarder maakt voor veranderingen in het bloemenaanbod.

Resultaten van de regressieanalyse suggereren dat bijensoorten die vroeg in het seizoen verschijnen minder sterk achteruitgaan dan bijen die later in het seizoen verschijnen (Figuur 8). Een mogelijke verklaring voor dit patroon kan gezocht worden in de temporele variatie in beschikbaarheid van waardplanten gedurende het seizoen. Hoewel het bloemenaanbod in het landelijk gebied in Nederland tegenwoordig sterk verarmd is, is er vroeg in het seizoen nog een relatief groot aanbod van algemeen voorkomende waardplanten waar vroeg vliegende soorten van kunnen profiteren. Zelfs in de meest intensief gebruikte landbouwgebieden zijn vroeg in het seizoen bijvoorbeeld bloeiende wilgen en fruitbomen te vinden, kunnen de graslanden geel kleuren van paardenbloemen en kan fluitenkruid uitbundig bloeiend worden aangetroffen in bermen en akkerranden. Later in het seizoen (vanaf mei-juni), als de insect-bestoven bomen en struiken uitgebloeid zijn en graslanden, slootkanten en akkerranden gemaaid worden, is het bloemenaanbod op landschapsschaal tegenwoordig vaak zeer beperkt (J. Scheper, ongepubliceerde data). Mogelijk speelt de beschikbaarheid van nestgelegenheid hier ook een rol. Stikstofdepositie in combinatie met klimaatverandering kan er voor zorgen dat later in het seizoen ook de voorheen schrale vegetaties van wegbermen en slootkanten ongeschikt worden door zogenaamde micro-klimatologische afkoeling (WallisdeVries en Van Swaay, 2006). Doordat de vegetatie sneller groeit en meer biomassa produceert dan vroeger zijn er tegenwoordig minder kale en relatief warme plekjes beschikbaar die veel soorten bijen bij voorkeur gebruiken om hun nesten in aan te leggen. Dit zal soorten die later in het jaar nestelen harder treffen dan soorten die vroeg in het jaar nestelen. Tenslotte kan ook niet uitgesloten worden dat klimaatverandering een rol speelt bij dit patroon. Het voorjaar is de laatste decennia warmer en bij tijd en wijle ook droger geworden. De zomers lijken vooral natter te zijn geworden. Momenteel worden aanvullende analyses uitgevoerd om vast te stellen of de veranderde klimatologische omstandigheden tijdens de vliegperiode van bijen een deel van de variatie in de populatietrends verklaren. Deze resultaten waren nog niet beschikbaar bij het ter perse gaan van dit rapport.

De waargenomen negatieve relaties tussen populatietrend en sociale levenswijze en lichaamsgrootte (Tabel 10) lijken deels toe te schrijven aan de achteruitgang van hommels, die als soortengroep in het bijzonder achteruit gaan (Figuur 6). Ook elders in Europa is deze trend gevonden (Cameron *et al.*, 2011; Goulson *et al.*, 2008; Kosior *et al.*, 2007), die, gezien het aandeel van hommels in het bloembezoek van gewassen (zie 3.1.2), ook voor de bestuiving van gewassen alarmerend is. Kleijn en Raemakers (2008) speculeerden dat de sociale levenswijze van hommels ze kwetsbaar kan maken voor onderbrekingen in voedselbeschikbaarheid. Omdat hommels eerst een kolonie moeten opbouwen, hebben ze een langere periode met voedselplanten nodig dan solitaire bijen om nageslacht te produceren. Belangrijke waardplanten voor hommels, zoals rode klaver, zijn sterk achteruit gegaan (Carvell *et al.*, 2006; Kleijn en Raemakers, 2008) en mogelijk zijn er voor hommels in het huidige dynamische en versnipperde Nederlandse landschap te veel onderbrekingen in voedselaanbod om de reproductie rond te kunnen krijgen. Echter, er waren geen tekenen van multicollineariteit tussen de verklarende variabelen in de regressieanalyse, en de waargenomen patronen zijn niet uitsluitend toe te schrijven aan de hommels. Kleine (groefbijen) en grote (hommels) sociaal levende bijensoorten zijn even gevoelig voor verlies van habitat (Bommarco *et al.*, 2010) en over het algemeen worden sociale soorten sterker beïnvloed door antropogene verstoringen dan solitaire soorten (Williams *et al.*, 2010). Sociale soorten kunnen ten opzichte van solitaire soorten bijvoorbeeld sterker beïnvloed worden door gebruik van pesticiden doordat pesticiden gedurende het seizoen ophopen in kolonies en bijen voor langere tijd aan hogere doses pesticiden worden blootgesteld (Williams *et al.*, 2010).

Van de onderzochte bijensoorten gaan de soorten die enkel ondergronds nestelen over het algemeen harder achteruit dan de soorten die (ook) bovengronds nestelen. Hiervoor zijn verschillende mogelijke verklaringen te geven. Veel ondergronds nestelende soorten graven hun nest bij voorkeur op kale plekjes tussen spaarzame vegetatie, waar de zon makkelijk de bodem bereikt en zo het nest op kan warmen. Dergelijke vegetaties staan onder andere als gevolg van vermessing sterk onder druk in Nederland, waardoor voor veel bodemnestelende soorten minder geschikte nestelplaatsen aanwezig zijn dan vroeger. Bijen die bovengronds nestelen in bijvoorbeeld holle takjes hebben hier geen last

van. Deze soorten hebben mogelijk bovendien geprofiteerd van de toegenomen oppervlakte bos in Nederland, veranderingen in het bosbeheer en misschien ook van verstedelijking (Kalkman *et al.*, 2010).

4.3 Maatregelen om de beschikbaarheid van voedselplanten te bevorderen

Uit de resultaten van dit onderzoek komt naar voren dat het verminderde aanbod van voedselplanten waarschijnlijk een belangrijke verklarende factor is voor de achteruitgang van wilde bestuivers, waarbij voor veel soorten vooral in de tweede helft van het seizoen gebrek aan voedsel problematische proporties aan lijkt te nemen. Maatregelen om populaties wilde bijen te bevorderen zouden dan ook vooral gezocht moeten worden in het vergroten van het bloemaanbod in het Nederlandse landschap in de tweede helft van de lente en in de zomer.

Een relatief eenvoudige maatregel die kan zorgen voor meer continuïteit in het bloemaanbod gedurende het seizoen is het gefaseerd uitvoeren van maaibeheer. Doorgaans worden uit oogpunt van efficiëntie wegbermen, slootkanten en akkerranden in agrarische landschappen in hun geheel en gelijktijdig gemaaid, wat resulteert in een tijdelijke, maar drastische vermindering van het bloemaanbod. Door het maaibeheer binnen landschappen gefaseerd uit te voeren kan een meer continu bloemaanbod gegarandeerd worden. Beheer waarbij twee keer per jaar gemaaid wordt en het maaisel wordt afgevoerd resulteert hierbij over het algemeen in de grootste abundantie en soortenrijkdom aan bloemen (Noordijk *et al.*, 2009). Ook graslanden in aanwezige natuurterreinen zouden, voor zover dat al niet gebeurt, zoveel mogelijk gefaseerd gemaaid moeten worden.

Daarnaast kan het bloemaanbod in agrarische landschappen vergroot worden door implementatie van agrarische natuurbeheersmaatregelen in (randen van) landbouwpercelen. Verscheidene agrarische natuurbeheersmaatregelen, zoals bijvoorbeeld ecologisch graslandbeheer, het inzaaien van bloemenstroken en een biologische bedrijfsvoering kunnen (direct of indirect) de hoeveelheid en soortenrijkdom aan bloemen vergroten (Gabriel en Tschardt, 2007; Kohler *et al.*, 2007; Aviron *et al.*, 2011) en daarmee potentieel bevorderlijk zijn voor bijen. Recent is, in het kader van het Europese STEP-project, een meta-analyse uitgevoerd naar de effectiviteit van verschillende agrarische natuurbeheersmaatregelen in het bevorderen van wilde bestuivers in agrarische gebieden. Uit deze analyse komt naar voren dat agrarische natuurbeheersmaatregelen in het algemeen effectief zijn in het vergroten van de lokale soortenrijkdom en abundantie van bijen, zweefvliegen en vlinders (Scheper en Kleijn, 2011). Het aanleggen van bloemenstroken, wat direct leidt tot een toename in het bloemaanbod, blijkt de meest effectieve maatregel te zijn (Scheper en Kleijn, 2011) en de effecten van deze bloemenstroken blijken toe te nemen met het aantal soorten bloemen dat ingezaaid wordt (Scheper *et al.*, in voorbereiding). In het algemeen zijn maatregelen geïmplementeerd op akkers effectiever dan maatregelen in graslanden, en worden bestuivers meer bevorderd in landschappen waarin intermediaire oppervlaktes aan semi-natuurlijke habitats aanwezig zijn dan in landschappen met vrijwel geen of juist veel semi-natuurlijk habitat (Scheper *et al.*, in voorbereiding).

Misschien nog wel belangrijker dan het aanleggen van nieuwe bloemrijke akkerranden is het juiste beheer van bestaande akkerzoomvegetaties. Deze landschapselementen beslaan een enorm oppervlak door heel Nederland. Nu wordt de permanente vegetatie van die landschapselementen over het algemeen geklepeld en blijft het maaisel liggen. Dit leidt tot een enorme verrijking van de vegetatie waarin soorten als kweek *Elymus repens*, ridderzuring *Rumex obtusifolius* en brandnetel *Urtica dioica* gaan domineren (Kleijn en Verbeek 2000) en de meeste soorten insectbestoven bloeiende planten verdwijnen (met uitzondering van akkerdistel *Cirsium arvense*). Een verschalingsbeheer waarbij het maaisel wordt afgevoerd, liefst richting akker zodat de nutriënten ten gunste komen aan gewasgroei, zal leiden tot een verhoging van de bloemenrijkdom zonder dat dit leidt tot een kostbaar verlies van landbouwgrond. Dit soort maatregelen leidt tot een verhoging van de aantallen wilde bestuivers in de directe omgeving van insectbestoven gewassen en bevorderen daarmee de bestuiving van deze gewassen.

Bovenstaande maatregelen zijn, mogelijk met uitzondering van die gericht op de voedsel- en nestbeschikbaarheid laat in het seizoen, weinig verrassend en in grote lijnen bekend. Voordat dit onderzoek werd uitgevoerd kwam de toenmalig minister van LNV zelf al met de suggestie om het bloemaanbod te vergroten (Minister van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit 2009). Zoals in voorgaande paragraaf al even aangestipt zit de crux hem echter in de uitvoering. Veel bloemrijke akkerranden die momenteel worden aangelegd worden ingezaaid met (goedkope) mengsels met exotische soorten. Slechts weinig soorten wilde bijen profiteren van dit soort mengsels. Meerjarige akkerranden worden niet of niet goed beheerd waardoor ze in korte tijd overwoekerd worden door grassen en hun waarde voor bloembezoekende insecten verliezen. Hoewel bekend is dat dit negatief uitpakt voor de entomofauna wordt het grootste deel van de wegbermen en slootkanten in Nederland nog steeds grootschalig en gelijktijdig gemaaid waarbij het maaisel vaak blijft liggen en de vegetatie verruigd. Tenslotte worden maatregelen pas echt effectief als ze ook de nestgelegenheid van wilde bijen bevorderen. Hoewel we hier weinig concreets over weten ligt het voor de hand dat sterke verschraving van de vegetatie een belangrijke basisvoorwaarde is omdat veel soorten bijen een voorkeur hebben voor dit soort nestplekken. Beheersmaatregelen om, via de vegetatie, bijen te bevorderen zullen dus langdurig en consequent moeten worden uitgevoerd om wilde bijenpopulaties duurzaam te bevorderen. Het leuke van bijen is dat ze behoorlijk mobiel zijn en, met uitzondering van de echt zeldzame soorten, vrij snel reageren op toegenomen habitatkwaliteit.

Hoewel maatregelen genomen in het boerenland bevorderlijk kunnen zijn voor bijen, zijn het vooral de relatief algemeen voorkomende, generalistische bijensoorten die hier van profiteren; voor de zeldzamere, specialistische soorten zijn de effecten, als die er al zijn, meestal beperkt (Kleijn *et al.*, 2006). Vanuit het oogpunt van het bevorderen van de ecosysteemdiensten die bijen leveren is dit geen probleem. Immers, het zijn vooral de algemene, generalistische bijen die het grootste deel van de bestuiving van landbouwgewassen voor hun rekening nemen (zie 3.1; Kleijn *et al.*, in voorbereiding). Om zeldzame en bedreigde soorten te bevorderen zijn echter meer gerichte maatregelen nodig die aansluiten op de specifieke eisen die de vaak specialistische soorten aan hun omgeving stellen (zie bijvoorbeeld Raemakers & Smits 2012). De knautiabij *Andrena hattorfiana* is bijvoorbeeld voor zijn pollendieet vrijwel geheel afhankelijk van beemdkroon *Knautia arvensis*, en aangelegde algemene bloemenstroken waarin deze soort ontbreekt zullen deze bij weinig soelaas bieden.

Vergeleken met wilde bijen hebben honingbijen te maken met een aantal aanvullende, soortspecifieke bedreigingen (*Varroa* mijt, *Nosema* parasieten, Colony Collapse Disorder). Desondanks valt, aangezien voldoende beschikbaarheid van waardplanten een belangrijke factor is voor de fitheid van honingbijkolonies (Decourtye *et al.*, 2010), te verwachten dat gefaseerd maaibeheer en agrarische natuurbeheersmaatregelen ook ten goede komen aan honingbijen.

Literatuur

- Adler, L.S. en R.E. Irwin, 2006. Comparison of pollen transfer dynamics by multiple floral visitors: experiments with pollen and fluorescent dye. *Annals of Botany* 97: 141-150.
- Aviron, S., F. Herzog, I. Klaus, B. Schüpbach en P. Jeanneret, 2011. Effects of wildflower strip quality, quantity, and connectivity on butterfly diversity in a Swiss arable landscape. *Restoration Ecology* 19: 500-508.
- Bekker, R.M. en E.J. Lammerts, 2000. Naar een Rode lijst met Groene stip voor hogere planten in Nederland. IKC-Natuurbeheer, Wageningen.
- Biesmeijer J.C., S.P.M. Roberts, M. Reemer, R. Ohlemüller, M. Edwards, T. Peeters, A.P. Schaffers, S.G. Potts, R. Kleukers, C.D. Thomas, J. Settele, W.E. Kunin 2006. Parallel declines in pollinators and insect-pollinated plants in Britain and The Netherlands. *Science* 313: 351-354.
- Blacquièrè, T., A.C.M. Cornelissen & J.J.M. van der Steen 2009. Visie bijenhouderij en insectenbestuiving. Analyse van bedreigingen en knelpunten. Rapport 227, Plant Research International, Wageningen.
- Bommarco, R., J.C. Biesmeijer, B. Meyer, S.G. Potts, J. Pöyry, S.P.M. Roberts, I. Steffan-Dewenter en E. Öckinger, 2010. Dispersal capacity and diet breadth modify the response of wild bees to habitat loss. *Proceedings of the Royal Society B* 277: 2075-2082.
- Breeze, T.D., A.P. Bailey, K.G. Balcombe, en S.G. Potts, 2011. Pollination services in the UK: How important are honeybees? *Agriculture, Ecosystems and Environment* 142: 137-143.
- Brittain, C., N. Williams, C. Kremen en A.M. Klein, 2013. Synergistic effects of non-*Apis* bees and honey bees for pollination services. *Proceedings of the Royal Society B* 280:20122767.<http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2012.2767>
- Cameron, S.A., H.M. Hines en P.H. Williams, 2007. A comprehensive phylogeny of the bumble bees (*Bombus*). *Biological Journal of the Linnean Society* 91: 161-188.
- Cane, J.H., 1987. Estimation of bee size using intertegular span (Apoidea). *Journal of the Kansas Entomological Society* 60: 145-147.
- Carvell, C., D.B. Roy, S.M. Smart, R.F. Pywell, C.D. Preston en D. Goulson, Declines in forage availability for bumblebees at a national scale. *Biological conservation* 132: 481-489.
- Centraal Bureau voor de Statistiek. 2010. StatLine databank.
- Decourtye, A., E. Mader en N. Desneux, 2010. Landscape enhancement of floral resources for honey bees in agro-ecosystems. *Apidologie* 41: 264-277.
- Dijkstra, J.P. en M.M. Kwak, 2007. A meta-analysis on the pollination service of the honey bee (*Apis mellifera* L.) for the Dutch flora. *Proceedings of the Netherlands Entomological Society Meeting* 18: 79-87.
- Free, J.B., 1993. *Insect pollination of crops*. Academic Press Limited, London.
- Free, J.B. en I.H. Williams, 1972. The transport of pollen on the body hair of honeybees (*Apis mellifera* L.) and bumblebees (*Bombus* spp. L.). *Journal of Applied Ecology* 9: 609-615.
- Gabriel, D. en T. Tschardtke, 2007. Insect pollinated plants benefit from organic farming. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 118: 43-48.
- Gallai, N., J. Salles, J. Settele en B.E. Vaissière, 2009. Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. *Ecological Economics* 68: 810-821.
- Garibaldi, L.A., I. Steffan-Dewenter, C. Kremen, J.M. Morales, R., Bommarco, S.A. Cunningham, L.G. Carvalheiro, N.P. Chacoff, J.H. Dudenhöffer, S.S. Greenleaf, A., Holzschuh, R. Isaacs, K. Krewenka, Y. Mandelik, M.M. Mayfield, L.A. Morandin, S.G. Potts, T.H. Ricketts, H. Szentgyörgyi, B.F. Viana, C. Westphal, R. Winfree, en A.M. Klein, 2011. Stability of pollination services decreases with isolation from natural areas despite honey bee visits. *Ecology Letters* 14: 1062-1072.
- Garibaldi L.A., I. Steffan-Dewenter, R. Winfree, M.A. Aizen, R. Bommarco, S.A. Cunningham, C. Kremen, L.G. Carvalheiro, L.D. Harder, O. Afik, I. Bartomeus, F. Benjamin, V. Boreux, D. Cariveau, N.P. Chacoff, J.H. Dudenhöffer, B.M. Freitas, J. Ghazoul, S. Greenleaf, J. Hipólito, A. Holzschuh, B. Howlett, R. Isaacs, S.K. Javorek, C.M. Kennedy, K. Krewenka, S. Krishnan, Y. Mandelik, M.M. Mayfield, I. Motzke, T. Munyuli, B.A. Nault, M. Otieno, J. Petersen, G. Pisanty, S.G. Potts, R. Rader, T.H. Ricketts, M. Rundlöf, C.L. Seymour, C. Schüepp, H. Szentgyörgyi,

-
- H. Taki, T. Tschardtke, C.H. Vergara, B. Viana, T.C. Wanger, C. Westphal, N. Williams en A.M. Klein, 2013. Wild pollinators enhance fruit set of crops regardless of honey-bee abundance. *Science* 339: 1608-1611.
- Goulson, D. en B. Darvill, 2004. Niche overlap and diet breadth in bumblebees; are rare species more specialized in their choice of flowers? *Apidologie* 35: 55-63.
- Goulson, D., M. E. Hanley, B. Darvill, J. S. Ellis, en M.E. Knight, 2005. Causes of rarity in bumblebees. *Biological Conservation* 122: 1-8.
- Goulson, D., G.C. Lye en B. Darvill, 2008. Decline and conservation of bumblebees. *Annual Review of Entomology* 53: 191-2008.
- Greenleaf, S.S. en C. Kremen, 2006. Wild bees enhance honey bees' pollination of hybrid sunflower. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 103: 13890-13895.
- Greenleaf, S.S., N.M. Williams, R. Winfree en C. Kremen, 2007. Bee foraging ranges and their relationship to body size. *Oecologia* 153: 589-596.
- Hensels, L.G.M., 2000. Bestuiving land- en tuinbouwgewassen door honingbijen. Elseviers bedrijfsinformatie B.V., Doetinchem.
- Isbell, F., V. Calcagno, A. Hector, J. Connolly, W.S. Harpole, P.B. Reich, M. Scherer-Lorenzen, B. Schmid, D. Tilman, J. Van Ruijven, A. Weigelt, B.J. Wilsey, E.S. Zavaleta en M. Loreau, 2011. High plant diversity is needed to maintain ecosystem services. *Nature* 477: 199-202.
- Javorek S.K., K.E. Mackenzie en S.P. Vander Kloet, 2002. Comparative pollination effectiveness among bees (Hymenoptera : Apoidea) on lowbush blueberry (Ericaceae : *Vaccinium angustifolium*). *Annals of the Entomological Society of America* 95: 345-351.
- Kalkman, V.J., L. van Duuren, A.W. Gmelig Meyling en B. Odé, 2010. Veranderingen in de Nederlandse biodiversiteit. *Nederlandse Fauna* 10: 339-354.
- Kleijn, D., R.A. Baquero, Y. Clough, M. Díaz, J. De Esteban, F. Fernández, D. Gabriel, F. Herzog, A. Holzschuh, A., R. Jöhl, E. Knop, A. Kruess, E.J.P. Marshall, I. Steffan-Dewenter, T. Tschardtke, J. Verhulst, T.M. West en J.L. Yela, 2006. Mixed biodiversity benefits of agri-environment schemes in five European countries. *Ecology Letters* 9: 243-254.
- Kleijn, D., F Berendse, R. Smit, en N. Gilissen, 2001. Agri-environment schemes do not effectively protect biodiversity in Dutch agricultural landscapes. *Nature* 413: 723-725.
- Kleijn, D., en I. Raemakers, 2008. A retrospective analysis of pollen host plant use by stable and declining bumblebee species. *Ecology* 89: 1811-1823.
- Kleijn, D. en M. Verbeek, 2000. Factors affecting the species composition of arable field boundary vegetation. *Journal of Applied Ecology* 37: 256-266.
- Kohler, F., J. Verhulst, E. Knop, F. Herzog en D. Kleijn, 2007. Indirect effects of grassland extensification schemes on pollinators in two contrasting European countries. *Biological Conservation* 135: 302-307.
- Kosior, A., W. Celary, P. Olejniczak, J. Fijal, W. Krol, W. Solarz en P. Plonka, 2007 The decline of the bumble bees and cuckoo bees (Hymenoptera: Apidae: Bombini) of Western and Central Europe. *Oryx* 41: 79-88.
- Kros, W., B.J. de Haan, R. Bobbink, J.A. van Jaarsveld, J.G.M. Roelofs en W. de Vries, 2008. Effecten van ammoniak op de Nederlandse natuur. *Alterra-rapport 1698*, Alterra, Wageningen.
- Madjidian, J.A., C.L. Morales en H.G. Smith, 2008. Displacement of a native by an alien bumblebee: lower pollinator efficiency overcome by overwhelmingly higher visitation frequency. *Oecologia* 156:835-845.
- Michener, C.D., 2007. *The Bees of the World*, 2nd edition. Johns Hopkins University Press, Baltimore.
- Millennium Ecosystem Assessment, 2005. *Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis*. World Resource Institute, Washington D.C.
- Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (2004). *Besluit rode lijsten flora en fauna*. Staatscourant 2004, nr. 218.
- Minister van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (2009). *Brief ter aanbieding rapport 'Visie bijhouderij en insectenbestuiving'*. Tweede Kamer, vergaderjaar 2008-2009, 31 700 XIV, nr. 154.
- Müller, A., S. Diener, S. Schnyder, K. Stutz, C. Sedivy en S. Dorn, 2006. Quantitative pollen requirements of solitary bees: Implications for bee conservation and the evolution of bee-flower relationships. *Biological Conservation* 130: 604-615.

-
- Ne'eman, G., O. Shavit, L. Shaltiel en A. Shmida, 2006. Foraging by male and female solitary bees with implications for pollination. *Journal of Insect Behavior* 19: 383-401.
- Noordijk, J., K. Delille, A.P. Schaffers en K.V. Sýkora, 2009. Optimizing grassland management for flower-visiting insects in roadside verges. *Biological Conservation* 142: 2097-2103.
- Oliver, T., J.K. Hill, C.D. Thomas, T. Brereton en D.B. Roy, 2009. Changes in habitat specificity of species at their climatic range boundaries. *Ecology Letters* 12: 1091-1102.
- Ollerton, J., R. Winfree en S. Tarrant, 2011. How many flowering plants are pollinated by animals? *Oikos* 120: 321-326.
- O'Toole, C., 1993. Diversity of native bees and agroecosystems. In: J. LaSalle & I.D. Gauld (eds.). *Hymenoptera and biodiversity*. CAB International, Wallingford, UK: 169-196.
- Peeters, T.M.J., H. Nieuwenhuijsen, J. Smit, F. van der Meer, I.P. Raemakers, W.R.B. Heitmans, C. van Achterberg, M. Kwak, A.J. Loonstra, J. de Rond en M. Reemer 2012. *De Nederlandse bijen (Hymenoptera: Apidae s.l.)*. Natuur van Nederland 11, Naturalis Biodiversity Center & EIS-Nederland, Leiden.
- Peeters, T.M.J., 1997a. Bijen en wespen van de Millingerwaard. *Bzzz, Nieuwsbrief Sectie Hymenoptera Nederlandse Entomologische Vereniging* 5: 2-8.
- Peeters, T.M.J., 1997b. Bijen en wespen op Isabellegreend. *Minifauna van steilwanden en dijken nauwelijks bekend*. *Natuurhistorisch Maandblad* 86: 145-150.
- Peeters, T.M.J., I.P. Raemakers en J. Smit, 1999. *Voorlopige atlas van de Nederlandse bijen (Apidae)*. *European Invertebrate Survey Nederland*, Leiden.
- Peeters, T.M.J. & M. Reemer 2003. *Bedreigde en verdwenen bijen in Nederland (Apidae s.l.)*. Basisrapport met voorstel voor de Rode Lijst. – *European Invertebrate Survey - Nederland*, Leiden.
- Peters, B. en G. Kurstjens, 2007. *Rivierenland in ontwikkeling; resultaten van natuurontwikkeling in het rivierengebied*. Bureau Drift, Berg en Dal.
- Potts, S.G., S.P.M. Roberts, R. Dean, G. Marris, M.A. Brown, R., Jones, P. Neumann en J. Settele, 2010. Declines of managed honey bees and beekeepers in Europe. *Journal of Apicultural Research* 49: 15-22.
- Raemakers, I.P. en J. Smits, 2012. Bescherming en beheer. In: Peters, T.M.J., H. Nieuwenhuijsen, J. Smit, F. van der Meer, I.P. Raemakers, W.R.B. Heitmans, C. van Achterberg, M. Kwak, A.J. Loonstra, J. de Rond, M. Roos & M. Reemer. *De Nederlandse bijen (Hymenoptera: Apidae s.l.)*. Natuur van Nederland 11, Naturalis Biodiversity Center & European Invertebrate Survey – Nederland, Leiden: 109-116.
- Rasmont, P., 1988. *Monographie écologique et zoogéographique des bourdons de France et de Belgique (Hymenoptera, Apidae, Bombinae)*. Dissertation Faculté des Sciences agronomiques de l'Etat, Gembloux, Belgique.
- Reemer, M. en D. Kleijn, 2012. *Wilde bestuivers in appel- en perenboomgaarden in de Betuwe in 2010 en 2011*. Rapportnummer EIS2012-01. Stichting European Invertebrate Survey – Nederland.
- Reemer, M., D. Kleijn en I.P. Raemakers, 2012. *Veranderingen in de Nederlandse bijenfauna*. – In: Peters, T.M.J., H. Nieuwenhuijsen, J. Smit, F. van der Meer, I.P. Raemakers, W.R.B. Heitmans, C. van Achterberg, M. Kwak, A.J. Loonstra, J. de Rond, M. Roos & M. Reemer. *De Nederlandse bijen (Hymenoptera: Apidae s.l.)*. Natuur van Nederland 11, Naturalis Biodiversity Center & European Invertebrate Survey – Nederland, Leiden: 103-107.
- Roulston, T.H. en K. Goodell, 2011. The role of resources and risks in regulating wild bee populations. *Annual Review of Entomology* 56: 293-312.
- Scheper, J.A. en D. Kleijn, 2011. *STEP Deliverable 4.3: Analysis of the effectiveness of measures mitigating pollinator loss*. Alterra, Wageningen University and Research centre, Wageningen.
- Scheper, J., D. Kleijn en M. Reemer, 2011. *De relevantie van wilde bijen voor de bestuiving van landbouwgewassen*. *De Levende Natuur* 112: 124-125.
- Sokal, R.R. en F.J. Rohlf, 1995. *Biometry*. W.H. Freeman and Company, New York.
- Thomson, J.D. en K. Goodell, 2001. Pollen removal and deposition by honeybee and bumblebee visitors to apple and almond flowers. *Journal of Applied Ecology* 38: 1032-1044.
- Van der Ham, R.W.J.M., J.P. Kaas, J.D. Kerkvliet en A. Neve, 1999. *Pollenanalyse, Stufmeelonderzoek van Honing voor Imkers, Scholen en Laboratoria*. Hilvarenbeek, Stichting Landelijk Proefbedrijf voor Insektenbestuiving en Bijenhouderij.
- Van der Steen, J.J.M. en M.P.K. Blom, 2011. *Pathogen transmission in insect pollinators*. Unpublished report, PRI, Wageningen.

-
- Van Duinen, G.J., R. Bobbink, C. van Dam, H. Esselink, R. Hendriks, M. Klein, A. Kooijman, J. Roelofs en H. Siebel (red), 2004. Duurzaam herstel voor behoud van biodiversiteit. 15 jaar herstelmaatregelen in het kader van het Overlevingsplan Bos- en Natuur. Rapport EC-LNV nr 2004/305. Expertisecentrum LNV, Ede.
- WallisDeVries, M.F. en C.A.M. Van Swaay, 2006. Global warming and excess nitrogen may induce butterfly decline by microclimatic cooling. *Global Change Biology* 12: 1620–1626.
- Williams, I.H., 1994. The dependence of crop production within the European Community on pollination by honeybees. *Agricultural Zoology Reviews* 6: 229-257.
- Williams, N.M., E.E. Crone, T.H. Roulston, R.L. Minckley, L. Packer en S.G. Potts, 2010. Ecological and life-history traits predict bee species responses to environmental disturbances. *Biological Conservation* 143: 2280-2291.
- Winfree, R., N.M. Williams, H. Gaines, J.S. Ascher en C. Kremen, 2008. Wild bee pollinators provide the majority of crop visitation across land-use gradients in New Jersey and Pennsylvania, USA. *Journal of Applied Ecology* Volume 45: 793-802.
- Young, H.J., D.W. Dunning en K.W. Von Hasseln, 2007. Foraging behavior affects pollen removal and deposition in *Impatiens capensis* (Balsaminaceae). *American Journal of Botany* 94: 1267-1271.

Bijlage 1 Door bijen bestoven gewassen

Lijst van gewassen in Nederland die door bijen bestoven worden (Free, 1993; O'Toole, 1993; Williams, 1994; Hensels, 2000; Blacquière, 2009). Bestuiving speelt bij onderstaande gewassen een rol bij de teelt voor hun (schijn)vrucht en/of voor hun zaad (als grondstof, voeding, olie, etc. of voor vermeerderingsdoeleinden). De nutswaarde van bijen voor bestuiving van de gewassen varieert hierbij van essentieel (grotendeels zelf-incompatibele gewassen) en belangrijk (deels zelf-incompatibele gewassen) tot bevorderlijk (zelf fertiele maar niet compleet autonoom zelfbestuivende gewassen).

Wetenschappelijke naam	Nederlandse naam	Familie	Toepassing
Actinidia chinensis	kiwi (tweehuizig)	Actinidiaceae	Fruitteelt
Agastache foeniculum	dropplant	Lamiaceae	Sierteelt
Agastache mexicana	dropplant	Lamiaceae	Sierteelt
Ageratum houstonianum	mexicaantje	Asteraceae	Sierteelt
Allium cepa	ui	Alliaceae	Akkerbouw, groenteteelt
Allium porrum	prei	Alliaceae	Akkerbouw, groenteteelt
Allium schoenoprasum	bieslook	Alliaceae	Groenteteelt
Allium sp.	look	Alliaceae	Sierteelt
Ammobium alatum	zandbloem, papierknopje	Asteraceae	Sierteelt
Anacyclus depressus	Marokkaanse kamille	Asteraceae	Sierteelt
Anethum graveolens	dille	Apiaceae	Groenteteelt
Angelica archangelica	engelwortel	Apiaceae	Groenteteelt
Anthriscus cerefolium	kervel	Apiaceae	Groenteteelt
Antirrhinum majus	grote leeuwenbek	Plantaginaceae	Sierteelt
Apium graveolens	selderij	Apiaceae	Akkerbouw, groenteteelt
Arabis blepharophylla	randjesbloem, rijstebrij	Brassicaceae	Sierteelt
Arabis caucasica	randjesbloem, rijstebrij	Brassicaceae	Sierteelt
Armeria maritima	Engels gras	Plumbaginaceae	Sierteelt
Armoracia rusticana	mierikswortel	Brassicaceae	Groenteteelt
Artemisia dracunculus	dragon	Asteraceae	Groenteteelt
Asparagus officinalis	asperge	Asparagaceae	Akkerbouw, groenteteelt
Aubrieta-hybriden	aubrieta	Brassicaceae	Sierteelt
Begonia sp.	begonia (eenslachtig)	Begoniaceae	Sierteelt
Beta vulgaris spp.	biet	Amaranthaceae	Akkerbouw
Borago officinalis	bernagie (borage)	Boraginaceae	Akkerbouw, groenteteelt
Brachycome iberidifolia	australisch madeliefje	Asteraceae	Sierteelt
Brassica napobrassica, B. rapa	rapen (koolraap, knolraap)	Brassicaceae	Akkerbouw
Brassica napus	koolzaad (winter-zomer)	Brassicaceae	Akkerbouw
Brassica nigra	zwarte mosterd	Brassicaceae	Akkerbouw
Brassica oleracea spp., B. rapa spp.	koolsoorten	Brassicaceae	Akkerbouw, groenteteelt
Brassica rapa	raapzaad	Brassicaceae	Akkerbouw, groenteteelt
Calendula officinalis	goudsbloem	Asteraceae	Sierteelt
Callicarpa bodinieri	callicarpa	Lamiaceae	Sierteelt
Callicarpa japonica	callicarpa	Lamiaceae	Sierteelt
Camelina sativa	huttentut (dederzaad)	Brassicaceae	Akkerbouw
Campanula spp.	klokjessoorten	Campanulaceae	Sierteelt
Capsicum annuum	paprika	Solanaceae	Groenteteelt
Capsicum annuum	sierpeper	Solanaceae	Sierteelt
Carum carvi	karwijzaad	Apiaceae	Akkerbouw
Catananche caerulea	blauwe strobloem	Asteraceae	Sierteelt
Celastrus orbiculatus	boomwurger (tweehuizig)	Celastraceae	Sierteelt
Centaurea cyanus	korenbloem	Asteraceae	Sierteelt

Wetenschappelijke naam	Nederlandse naam	Familie	Toepassing
<i>Centranthus ruber</i>	spoorbloem	Caprifoliaceae	Sierteelt
<i>Chaenomeles japonica</i>	Japanse dwergkee	Rosaceae	Sierteelt
<i>Cheiranthus cheiri</i>	muurbloem	Brassicaceae	Sierteelt
<i>Chrysanthemum carinatum</i>	chrysant	Asteraceae	Sierteelt
<i>Chrysanthemum maximum</i>	grootbloemige margriet	Asteraceae	Sierteelt
<i>Chrysanthemum segetum</i>	gele ganzenbloem	Asteraceae	Sierteelt
<i>Cichorium endivia</i>	andijvie	Asteraceae	Akkerbouw, groenteteelt
<i>Cichorium intybus</i>	cichorei	Asteraceae	Akkerbouw
<i>Cichorium intybus</i> var. <i>foliosum</i>	witlof	Asteraceae	Akkerbouw, groenteteelt
<i>Cleome spinosa</i>	kattensnor	Brassicaceae	Sierteelt
<i>Coleus blumei</i>	siernetel	Lamiaceae	Sierteelt
<i>Coreopsis tinctoria</i>	meisjesogen	Asteraceae	Sierteelt
<i>Coriandrum sativum</i>	koriander	Apiaceae	Groenteteelt
<i>Cosmos bipinnatus</i>	cosmea	Asteraceae	Sierteelt
<i>Cotoneaster</i> sp.	dwergmispel	Rosaceae	Sierteelt
<i>Cucumis melo</i>	meloen	Cucurbitaceae	Groenteteelt
<i>Cucumis sativus</i>	augurk	Cucurbitaceae	Akkerbouw, groenteteelt
<i>Cucumis sativus</i>	komkommer	Cucurbitaceae	Groenteteelt
<i>Cucurbita pepo</i>	courgette	Cucurbitaceae	Akkerbouw, groenteteelt
<i>Cucurbita pepo</i>	sierkalebas	Cucurbitaceae	Akkerbouw
<i>Cucurbita pepo</i>	patisson	Cucurbitaceae	Groenteteelt
<i>Cucurbita</i> spp.	pompoen, kalebas (sier)	Cucurbitaceae	Sierteelt
<i>Cuphea ignea</i>	lucifersplant	Lythraceae	Sierteelt
<i>Cydonia oblonga</i>	kweepeer	Rosaceae	Fruitteelt
Dahlia-hybriden	dahlia	Asteraceae	Sierteelt
<i>Daucus carota</i>	wortel (peen)	Apiaceae	Akkerbouw
<i>Delphinium nudicaule</i>	ridderspoor	Ranunculaceae	Sierteelt
<i>Dianella caerulea</i>	vlaslelie	Hemerocallidaceae	Sierteelt
<i>Dianella tasmanica</i>	vlaslelie	Hemerocallidaceae	Sierteelt
<i>Dianthus barbatus</i>	duizendschoon	Caryophyllaceae	Sierteelt
<i>Echinops ritro</i>	kogeldistel	Asteraceae	Sierteelt
<i>Echium vulgare</i>	slangenkruid	Boraginaceae	Sierteelt
<i>Eruca sativa</i>	rucola	Brassicaceae	Akkerbouw
<i>Eschscholzia californica</i>	slaapmutsje	Papaveraceae	Sierteelt
<i>Fagopyrum esculentum</i>	boekweit	Polygonaceae	Akkerbouw
<i>Foeniculum vulgare</i>	venkel	Apiaceae	Groenteteelt
<i>Fragaria</i>	aardbei	Rosaceae	Groenteteelt
<i>Freesia armstrongii</i>	freesia	Iridaceae	Sierteelt
<i>Freesia refracta</i>	freesia	Iridaceae	Sierteelt
<i>Gilia capitata</i>	gilia	Polemoniaceae	Sierteelt
<i>Godetia amoena</i>	clarkia	Onagraceae	Sierteelt
<i>Gypsophila elegans</i>	gipskruid	Caryophyllaceae	Sierteelt
<i>Helianthus annuus</i>	zonnebloem	Asteraceae	Akkerbouw, sierteelt
<i>Helianthus tuberosus</i>	aardpeer	Asteraceae	Akkerbouw
<i>Helichrysum bracteatum</i>	goudsstroblom	Asteraceae	Sierteelt
<i>Heliotropium peruvianum</i>	vanillebloem, zonnewende	Boraginaceae	Sierteelt
<i>Hesperis matronalis</i>	damastbloem	Brassicaceae	Sierteelt
<i>Heuchera sanguinea</i>	purperklokje	Saxifragaceae	Sierteelt
<i>Hypericum androsaenum</i>	hertshooi	Hypericaceae	Sierteelt
<i>Hypericum persistens</i>	hertshooi	Hypericaceae	Sierteelt
<i>Hyssopus officinalis</i>	hyssop	Lamiaceae	Groenteteelt
<i>Iberis amara</i>	bittere scheefbloem	Brassicaceae	Sierteelt
<i>Ilex aquifolium</i>	hulst	Aquifoliaceae	Sierteelt
<i>Ilex verticillata</i>	hulst (tweehuizig)	Aquifoliaceae	Sierteelt

Wetenschappelijke naam	Nederlandse naam	Familie	Toepassing
<i>Impatiens balsamina</i>	tuinbalsemien	Balsaminaceae	Sierteelt
<i>Impatiens walleriana</i>	vlijtig liesje	Balsaminaceae	Sierteelt
<i>Ipomoea purpurea</i>	dagbloem, sierwinde	Convolvulaceae	Sierteelt
<i>Ipomoea violacea</i>	blauwe winde	Convolvulaceae	Sierteelt
<i>Iris foetidissima</i>	stinkende lis	Iridaceae	Sierteelt
<i>Lactuca</i> spp.	sla	Asteraceae	Groenteteelt
<i>Lavandula</i> spp.	lavendel	Lamiaceae	Akkerbouw, groenteteelt
<i>Lepidium sativum</i>	tuinkers	Brassicaceae	Akkerbouw, sierteelt
<i>Levisticum officinale</i>	lavas (maggi)	Apiaceae	Groenteteelt
<i>Liatris spicata</i>	lampenpoetser	Asteraceae	Sierteelt
<i>Ligustrum</i> sp.	liguster	Oleaceae	Sierteelt
<i>Limnanthes alba</i>	akkermoerasbloem	Limnanthaceae	Akkerbouw
<i>Limonium sinuatum</i>	lamsoor	Plumbaginaceae	Sierteelt
<i>Linum usitatissimum</i>	vlas	Linaceae	Akkerbouw
<i>Lobelia erinus</i>	lobelia	Campanulaceae	Sierteelt
<i>Lonicera quinquelocularis</i>	kamperfoelie	Caprifoliaceae	Sierteelt
<i>Lotus corniculatus</i>	rolklaver	Fabaceae	Akkerbouw
<i>Lunaria annua</i>	judaspenning	Brassicaceae	Sierteelt
<i>Lupinus polyphyllus</i>	vaste lupine	Fabaceae	Sierteelt
<i>Lupinus</i> spp.	lupine	Fabaceae	Akkerbouw
<i>Malus</i>	sierappel	Rosaceae	Sierteelt
<i>Malus domestica</i>	appel	Rosaceae	Fruitteelt
<i>Malva moschata</i>	muskuskaasjeskruid	Malvaceae	Groenteteelt
<i>Malva</i> sp.	voedermalva	Malvaceae	Akkerbouw
<i>Matthiola incana</i>	violier	Brassicaceae	Sierteelt
<i>Medicago sativa</i>	Luzerne	Fabaceae	Akkerbouw
<i>Melampodium paludosum</i>	melampodium	Asteraceae	Sierteelt
<i>Melilotus</i> sp.	honingklaver	Fabaceae	Akkerbouw, groenteteelt
<i>Melissa officinalis</i>	citroenmelisse	Lamiaceae	Akkerbouw, groenteteelt
<i>Mentha x piperita</i>	pepermunt	Lamiaceae	Akkerbouw, groenteteelt
<i>Mespilus germanica</i>	mispel	Rosaceae	Fruitteelt
<i>Myosotis scorpioides</i>	moerasvergeet-mij-nietje	Boraginaceae	Sierteelt
<i>Myosotis sylvatica</i>	bosvergeet-mij-nietje	Boraginaceae	Sierteelt
<i>Nemophila menziesii</i>	bosliefje, babyoogje	Boraginaceae	Sierteelt
<i>Nepeta cataria</i>	wild kattenkruid	Lamiaceae	Sierteelt
<i>Nepeta mussinii</i>	blauw kattenkruid	Lamiaceae	Sierteelt
<i>Nicandra physalodes</i>	zegekruid	Solanaceae	Sierteelt
<i>Nierembergia hippomanica</i>	nierembergia	Solanaceae	Sierteelt
<i>Nigella damascena</i>	juffertje-in-het-groen	Ranunculaceae	Sierteelt
<i>Nolana paradoxa</i>	nolana	Solanaceae	Sierteelt
<i>Ocimum basilicum</i>	basilicum	Lamiaceae	Groenteteelt
<i>Oenothera</i> sp.	teunisbloem	Onagraceae	Akkerbouw
<i>Onobrychis viciifolia</i>	esparcette	Fabaceae	Akkerbouw
<i>Origanum majorana</i>	echte marjolein	Lamiaceae	Groenteteelt
<i>Ornithopus sativus</i>	serradelle	Fabaceae	Akkerbouw
<i>Papaver somniferum</i>	blauwmaanzaad	Papaveraceae	Akkerbouw
<i>Papaver somniferum</i>	slaapbol	Papaveraceae	Sierteelt
<i>Pastinaca sativa sativa</i>	pastinaak	Apiaceae	Groenteteelt
<i>Penstemon serrulatus</i>	schildpadbloem	Plantaginaceae	Sierteelt
<i>Pernettya mucronata</i>	parelbes (tweehuizig)	Ericaceae	Sierteelt
<i>Petroselinum crispum</i>	peterselie	Apiaceae	Groenteteelt
<i>Phacelia tanacetifolia</i>	phacelia	Boraginaceae	Akkerbouw
<i>Phaseolus coccineus</i>	pronkboon	Fabaceae	Akkerbouw, groenteteelt
<i>Physalis alkekengi</i>	echte lampionplant	Solanaceae	Sierteelt

Wetenschappelijke naam	Nederlandse naam	Familie	Toepassing
<i>Physostegia virginiana</i>	scharnierbloem	Lamiaceae	Sierteelt
<i>Polemonium caeruleum</i>	jakobsladder	Polemoniaceae	Sierteelt
<i>Polygonum</i> sp.	varkensgras, duizendknoop	Polygonaceae	Sierteelt
<i>Prunus armeniaca</i>	abrikoos	Rosaceae	Fruitteelt
<i>Prunus avium</i>	zoete kers	Rosaceae	Fruitteelt
<i>Prunus cerasus</i>	zure kers (morel)	Rosaceae	Fruitteelt
<i>Prunus domestica</i>	pruim	Rosaceae	Fruitteelt
<i>Prunus dulcis</i>	amandel	Rosaceae	Fruitteelt
<i>Prunus insititia</i>	mirabel	Rosaceae	Fruitteelt
<i>Prunus persica</i>	perzik	Rosaceae	Fruitteelt
<i>Prunus persica</i> (mutant)	nectarine	Rosaceae	Fruitteelt
<i>Pyracantha</i> sp.	vuurdoorn	Rosaceae	Sierteelt
<i>Pyrus communis</i>	peer	Rosaceae	Fruitteelt
<i>Raphanus sativus niger</i>	ramenas (rettich)	Brassicaceae	Akkerbouw
<i>Raphanus sativus oleiferus</i>	bladramenas	Brassicaceae	Akkerbouw
<i>Raphanus sativus sativus</i>	radijs	Brassicaceae	Akkerbouw, groenteteelt
<i>Reseda odorata</i>	tuinreseda	Resedaceae	Sierteelt
<i>Rheum rhabarbarum</i>	rabarber	Polygonaceae	Groenteteelt
<i>Rhodanthe manglesii</i>	rhodanthe	Asteraceae	Sierteelt
<i>Ribes ×nidigrolaria</i>	jostabes	Grossulariaceae	Fruitteelt
<i>Ribes divaricatum</i>	worcesterbes	Grossulariaceae	Fruitteelt
<i>Ribes nigrum</i>	zwarte bes	Grossulariaceae	Fruitteelt
<i>Ribes rubrum</i>	rode/witte bes	Grossulariaceae	Fruitteelt
<i>Ribes uva-crispa</i>	kruisbes	Grossulariaceae	Fruitteelt
<i>Rosmarinus officinalis</i>	rozemarijn	Lamiaceae	Groenteteelt
<i>Rubus loganobaccus</i>	loganbes	Rosaceae	Fruitteelt
<i>Rubus fruticosus</i>	braam	Rosaceae	Fruitteelt
<i>Rubus idaeus</i>	framboos	Rosaceae	Fruitteelt
<i>Rubus loganobaccus x laciniatus x idaeus</i>	boysenbes	Rosaceae	Fruitteelt
<i>Rubus phoenicolasius</i>	japanse wijnbes	Rosaceae	Fruitteelt
<i>Rudbeckia hirta</i>	ruige rudbeckia	Asteraceae	Sierteelt
<i>Ruta graveolens</i>	wijnruit	Rutaceae	Groenteteelt
<i>Salvia farinacea</i>	meelsalie	Lamiaceae	Sierteelt
<i>Salvia horminum</i>	bonte salie	Lamiaceae	Sierteelt
<i>Salvia officinalis</i>	salie	Lamiaceae	Groenteteelt
<i>Salvia splendens</i>	vuursalie	Lamiaceae	Sierteelt
<i>Sanvitalia procumbens</i>	huzarenknoop	Asteraceae	Sierteelt
<i>Satureja hortensis</i>	bonekruid	Lamiaceae	Groenteteelt
<i>Scabiosa atropurpurea</i>	zwartpurperen duifkruid	Caprifoliaceae	Sierteelt
<i>Scorzonera hispanica</i>	schorseneer	Asteraceae	Akkerbouw
<i>Silybum marianum</i>	mariadistel	Asteraceae	Akkerbouw
<i>Sinapis alba</i>	gele/witte mosterd	Brassicaceae	Akkerbouw
<i>Skimmia japonica</i>	skimmia (tweehuizig)	Rutaceae	Sierteelt
<i>Solanum lycopersicum</i>	tomaat	Solanaceae	Groenteteelt
<i>Solanum melongena</i>	aubergine	Solanaceae	Groenteteelt
<i>Symphoricarpos chenaultii</i>	sneeuwbes	Caprifoliaceae	Sierteelt
<i>Tagetes</i> spp.	afrikaantje	Asteraceae	Akkerbouw, sierteelt
<i>Teucrium chamaedrys</i>	echte gamander	Lamiaceae	Sierteelt
<i>Teucrium</i> sp.	gamander	Lamiaceae	Groenteteelt
<i>Thymus serpyllum</i>	kleine tijm	Lamiaceae	Sierteelt
<i>Thymus vulgaris</i>	echte tijm	Lamiaceae	Groenteteelt, sierteelt
<i>Trachelium coeruleum</i>	halskruid	Campanulaceae	Sierteelt
<i>Trifolium alexandrinum</i>	alexandrijnse klaver	Fabaceae	Akkerbouw
<i>Trifolium incarnatum</i>	inkarnaatklaver	Fabaceae	Akkerbouw

Wetenschappelijke naam	Nederlandse naam	Familie	Toepassing
<i>Trifolium pratense</i>	rode klaver	Fabaceae	Akkerbouw
<i>Trifolium repens</i>	witte klaver	Fabaceae	Akkerbouw
<i>Vaccinium corymbosum</i>	blauwe bes	Ericaceae	Fruitteelt
<i>Vaccinium macrocarpon</i>	cranberry	Ericaceae	Fruitteelt
<i>Vaccinium myrtillus</i>	blauwe bosbes	Ericaceae	Fruitteelt
<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	rode bosbes	Ericaceae	Fruitteelt
<i>Valeriana officinalis</i>	valerian	Caprifoliaceae	Akkerbouw
<i>Veronica spicata</i>	aarereprijs	Plantaginaceae	Sierteelt
<i>Vicia faba</i>	tuinboon	Fabaceae	Akkerbouw, groenteteelt
<i>Vicia faba minor</i>	veldboon	Fabaceae	Akkerbouw
<i>Vicia faba var. minor</i>	duiveboon	Fabaceae	Akkerbouw
<i>Vicia spp.</i>	wikke	Fabaceae	Akkerbouw
<i>Viola cornuta</i>	hoornviooltje	Violaceae	Sierteelt
<i>Viola odorata</i>	maarts viooltje	Violaceae	Sierteelt
<i>Viola tricolor</i>	driekleurig viooltje	Violaceae	Sierteelt
<i>Viola wittrociana</i>	viooltje	Violaceae	Sierteelt
<i>Vitis vinifera</i>	druivenstok	Vitaceae	Fruitteelt
<i>Xeranthemum annuum</i>	papierbloem	Asteraceae	Sierteelt
<i>Zinnia elegans</i>	zinnia	Asteraceae	Sierteelt

Bijlage 2 Lijst van in dit rapport genoemde of onderzochte bijensoorten

Wetenschappelijke naam	Nederlandse naam	Bemonsterd op gewassen	# monsters stuifmeelstudie collecties
<i>Andrena angustior</i>	geriemde zandbij		10
<i>Andrena argentata</i>	zilveren zandbij		15
<i>Andrena barbilabris</i>	witbaardzandbij		76
<i>Andrena bicolor</i>	tweekleurige zandbij		32
<i>Andrena bimaculata</i>	donkere rimpelrug		18
<i>Andrena carantonica</i>	meidoornzandbij	1	26
<i>Andrena chrysoceles</i>	goudpootzandbij	1	29
<i>Andrena cineraria</i>	asbij	1	21
<i>Andrena dorsata</i>	wimperflankzandbij	1	43
<i>Andrena flavipes</i>	grasbij	1	24
<i>Andrena fucata</i>	gewone rozenzandbij		17
<i>Andrena fulva</i>	vosje	1	28
<i>Andrena fulvida</i>	sporkehoutzandbij		20
<i>Andrena gravida</i>	weidebij	1	24
<i>Andrena haemorrhhoa</i>	roodgatje	1	29
<i>Andrena labiata</i>	ereprijszandbij		16
<i>Andrena minutula</i>	gewone dwergzandbij	1	12
<i>Andrena nigriceps</i>	donkere zomerzandbij		26
<i>Andrena nigroaenea</i>	zwartbronzen zandbij		24
<i>Andrena nitida</i>	viltvlekzandbij	1	35
<i>Andrena ovatula</i>	bremzandbij		31
<i>Andrena pilipes</i>	koolzwarte zandbij		21
<i>Andrena semilaevis</i>	halfgladde zandbij		21
<i>Andrena subopaca</i>	witkopdwergzandbij		31
<i>Andrena tibialis</i>	grijze rimpelrug		23
<i>Andrena varians</i>	variabele zandbij		10
<i>Anthidiellum strigatum</i>	kleine harsbij		18
<i>Anthidium manicatum</i>	grote wolbij		54
<i>Anthophora bimaculata</i>	kleine sachembij		23
<i>Anthophora furcata</i>	andoornbij		19
<i>Anthophora plumipes</i>	gewone sachembij	1	42
<i>Anthophora quadrimaculata</i>	nepetabij/kattenkruidbij		20
<i>Anthophora retusa</i>	zwarte sachembij		25
<i>Bombus hortorum</i>	tuinhommel	1	49
<i>Bombus humilis</i>	heidehommel		41
<i>Bombus hypnorum</i>	boomhommel	1	-
<i>Bombus jonellus</i>	veenhommel	1	54
<i>Bombus lapidarius</i>	steenhommel	1	55
<i>Bombus pascuorum</i>	akkerhommel	1	58
<i>Bombus pratorum</i>	weidehommel	1	45
<i>Bombus ruderatus</i>	grote tuinhommel		41
<i>Bombus soroeensis</i>	late hommel		20
<i>Bombus sylvarum</i>	boshommel		31
<i>Bombus terrestris</i>	aardhommel	1	41
<i>Bombus vestalis</i>	grote koekoekshommel	1	-
<i>Halictus confusus</i>	heidebronsgroefbij		38

Wetenschappelijke naam	Nederlandse naam	Bemonsterd op gewassen	# monsters stuifmeelstudie collecties
<i>Halictus rubicundus</i>	roodpotige groefbij		49
<i>Halictus sexcinctus</i>	zesbandgroefbij		17
<i>Halictus tumulorum</i>	parkbronsgroefbij	1	10
<i>Hoplitis claviventris</i>	geelgespoorde houtmetselbij		37
<i>Lasioglossum albipes</i>	berijpte geurgroefbij		33
<i>Lasioglossum calceatum</i>	gewone geurgroefbij	1	65
<i>Lasioglossum fulvicorne</i>	slanke groefbij		21
<i>Lasioglossum leucopus</i>	gewone smaragdgroefbij		5
<i>Lasioglossum leucozonium</i>	matte bandgroefbij		71
<i>Lasioglossum malachurum</i>	groepjesgroefbij	1	-
<i>Lasioglossum morio</i>	langkopsmaragdgroefbij	1	6
<i>Lasioglossum nitidiusculum</i>	borstelgroefbij		5
<i>Lasioglossum parvulum</i>	kleine groefbij		6
<i>Lasioglossum prasinum</i>	viltige groefbij		4
<i>Lasioglossum punctatissimum</i>	fijngestippelde groefbij		20
<i>Lasioglossum quadrinotatum</i>	steilrandgroefbij		13
<i>Lasioglossum rufitarse</i>	roodpootgroefbij		3
<i>Lasioglossum sexnotatum</i>	zesvlekkige groefbij		37
<i>Lasioglossum sexstrigatum</i>	gewone franjegroefbij		23
<i>Lasioglossum villosulum</i>	biggenkruidgroefbij		63
<i>Lasioglossum zonulum</i>	glanzende bandgroefbij		36
<i>Megachile analis</i>	ericabij		5
<i>Megachile centuncularis</i>	tuinbladsnijder		63
<i>Megachile circumcincta</i>	ruige behangersbij		44
<i>Megachile leachella</i>	zilveren fluitje		45
<i>Megachile ligniseca</i>	klaverbehangersbij		20
<i>Megachile maritima</i>	kustbehangersbij		28
<i>Megachile versicolor</i>	gewone behangersbij		11
<i>Megachile willughbiella</i>	grote bladsnijder		20
<i>Nomada fabriciana</i>	roodzwarte dubbeltand	1	-
<i>Nomada marshamella</i>	donkere wespbij	1	-
<i>Osmia bicornis</i>	rosse metselbij		38
<i>Osmia caerulea</i>	blauwe metselbij		44
<i>Osmia cornuta</i>	gehoornde metselbij		5

Alterra Wageningen UR
Postbus 47
6700 AA Wageningen
T 0317 48 07 00
www.wageningenUR.nl/alterra

Alterra-rapport 2592
ISSN 1566-7197



Alterra Wageningen UR is hét kennisinstituut voor de groene leefomgeving en bundelt een grote hoeveelheid expertise op het gebied van de groene ruimte en het duurzaam maatschappelijk gebruik ervan: kennis van water, natuur, bos, milieu, bodem, landschap, klimaat, landgebruik, recreatie etc.

De missie van Wageningen UR (University & Research centre) is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen UR bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van stichting DLO en Wageningen University hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.000 medewerkers en 9.000 studenten behoort Wageningen UR wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

To explore
the potential
of nature to
improve the
quality of life



Alterra Wageningen UR
Postbus 47
6700 AA Wageningen
T 317 48 07 00
www.wageningenUR.nl/alterra

Alterra-rapport 2592
ISSN 1566-7197

Alterra Wageningen UR is hét kennisinstituut voor de groene leefomgeving en bundelt een grote hoeveelheid expertise op het gebied van de groene ruimte en het duurzaam maatschappelijk gebruik ervan: kennis van water, natuur, bos, milieu, bodem, landschap, klimaat, landgebruik, recreatie etc.

De missie van Wageningen UR (University & Research centre) is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen UR bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van stichting DLO en Wageningen University hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.000 medewerkers en 9.000 studenten behoort Wageningen UR wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

