



De bijdrage van (wilde) bestuivers aan een hoogwaardige teelt van peren en aardbeien

Nieuwe kwantitatieve inzichten in de diensten geleverd door bestuivende insecten aan de fruitteeltsector in Nederland

G. Arjen de Groot, Nieke Knoben, Ruud van Kats, Wim Dimmers, Maarten van 't Zelfde, Menno Reemer, Koos Biesmeijer en David Kleijn

De bijdrage van (wilde) bestuivers aan een hoogwaardige teelt van peren en aardbeien

Nieuwe kwantitatieve inzichten in de diensten geleverd door bestuivende insecten aan de fruitteeltsector in Nederland

G. Arjen de Groot¹, Nieke Knobben², Ruud van Kats¹, Wim Dimmers¹, Maarten van 't Zelfde², Menno Reemer³, Koos Biesmeijer³ en David Kleijn⁴

¹ Alterra-WUR, Wageningen

² Naturalis Biodiversity Center, Leiden

³ EIS – Kenniscentrum Insecten, Leiden

⁴ Plantenecologie en natuurbeheer, Wageningen Universiteit, Wageningen

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 onderzoeksthema 'Natuurinclusieve landbouw' (projectnummer BO-11-020-003-ALT).

Alterra Wageningen UR
Wageningen, maart 2016

Alterra-rapport 2716

ISSN 1566-7197

De Groot, G.A., N. Knoben, R. van Kats, W. Dimmers, M. van 't Zelfde, M. Reemer, J.C. Biesmeijer & D. Kleijn., 2016. *De bijdrage van (wilde) bestuivers aan een hoogwaardige teelt van peren en aardbeien; Nieuwe kwantitatieve inzichten in de diensten geleverd door bestuivende insecten aan de fruitteeltsector in Nederland*. Wageningen, Alterra Wageningen UR (University & Research centre), Alterra-rapport 2716. 68 blz.; 28 fig.; 12 tab.; 32 ref.

Referaat:

Mens en samenleving hebben baat bij het behoud van biodiversiteit, onder ander vanwege de ecosysteemdiensten die deze levert. Bestuiving van fruitgewassen door zowel gehouden als in het wild levende bijen en zweefvliegen is een bekend voorbeeld daarvan. Echter, wat de relatieve bijdrage is van honingbijen en wilde soorten, en hoe deze bijdrage zich vertaalt naar de daadwerkelijke financiële opbrengst voor de teler, is voor de Nederlandse teeltsituatie in veel gevallen onbekend. Hoofddoel van het huidige onderzoek was het agronomisch en economisch kwantificeren van de bijdrage van honingbijen en wilde bijen aan twee belangrijke fruitgewassen: peren van het ras Conference en aardbeien uit de open teelt van het ras Elsanta. Uit ons onderzoek blijkt dat de bijdrage van wilde bestuivers aanzienlijk is: bij beide gewassen lijkt ongeveer een kwart van de nettowinst per hectare afhankelijk van wilde bestuivers. Dit onderzoek levert daarmee een proof-of-concept van het economisch belang van ecosysteemdiensten – en daarmee biodiversiteit – voor de Nederlandse samenleving.

Trefwoorden: Conference, Elsanta, bestuiving, bijen, hommels, zweefvliegen, bedrijfseconomie

Dit rapport is gratis te downloaden van www.wageningenUR.nl/alterra (ga naar 'Alterra-rapporten'). Alterra Wageningen UR verstrekt geen gedrukte exemplaren van rapporten. Gedrukte exemplaren zijn verkrijgbaar via een externe leverancier. Kijk hiervoor op www.rapportbestellen.nl.

© 2016 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 2716 | ISSN 1566-7197

Foto omslag: Een roodgatje (*Andrena haemorrhoa*) op perenbloesem. Menno Reemer, EIS Kenniscentrum Insecten

Inhoud

	Woord vooraf	5
	Samenvatting	7
1	Introductie	11
	1.1 Achtergrond	11
	1.2 Doelstelling	11
	1.3 Gewaskeuze	12
	1.4 Vraagstelling	13
	1.5 Onderzoeksopzet	13
2	Methoden	15
	2.1 Locatiekeuze	15
	2.1.1 Peer	16
	2.1.2 Aardbei	16
	2.1.3 Geschikte nestelhabitat	17
	2.2 Analyse van bedrijfseconomie en bestuivingsbeleid	18
	2.2.1 Enquêteering van deelnemende bedrijven	18
	2.2.2 Kosten-batenanalyse	18
	2.3 Analyse van de bestuivende gemeenschap	19
	2.4 Bestuivingsbehandelingen	19
	2.4.1 Opzet	19
	2.4.2 Bepaling oogstopbrengst	21
	2.5 Data-analyse	22
	2.5.1 Inventarisatiegegevens	22
	2.5.2 Oogstkarakteristieken	23
	2.5.3 Verdeling over kwaliteitsklassen	23
	2.5.4 Koppeling van kwalitatieve en kwantitatieve opbrengstgegevens aan de aanwezige bestuivende insecten	25
	2.5.5 Economische waardering	26
3	Bedrijfseconomische analyses	28
	3.1 Bedrijfsprofielen	28
	3.1.1 Omvang van de perenteeltbedrijven	28
	3.1.2 Omvang van de aardbeienteeltbedrijven	29
	3.2 Opbrengst en kwaliteit	29
	3.3 Kosten-batenanalyse	31
	3.3.1 Perenteelt	31
	3.3.2 Aardbeienteelt	31
	3.4 Aandeel van bestuivingsbevordering in de totale kosten	32
4	Aanwezigheid van bloembezoekende bestuivers	34
	4.1 Variatie tussen bedrijven	34
	4.1.1 Perenteelt	34
	4.1.2 Aardbeienteelt	34
	4.2 Bijplaatsing van honingbijen	36
	4.3 Invloed van weerscondities	36
	4.4 Invloed van het omringende landschap	37

5	Invloed van bestuiving op de oogst	39
5.1	Effecten van insectenbestuiving op de oogstopbrengst	39
5.1.1	Effect van insectenbestuiving op kwantitatieve en kwalitatieve oogstkenmerken	39
5.1.2	Effect van insectenbestuiving op de kwaliteitsklassering	39
5.1.3	Opbrengstlimitatie door gebrek aan bestuiving	41
5.1.4	Doorwerking van bijdrage bestuivers op de financiële opbrengst per hectare	43
5.1.5	Financiële bijdrage van bestuivers op landelijke schaal	44
5.2	Relatieve bijdrage van wilde en gedomesticeerde bestuivers aan de oogstopbrengst	45
5.2.1	Bestuivingsefficiëntie en relatief aandeel in de pollendepositie	45
5.2.2	Effect van verschillende soorten en aantallen bestuivers op de opbrengst	46
6	Bestuivingsbeleid	50
6.1	Visie van telers op het belang van bestuivers	50
6.2	Gebruik van gedomesticeerde bestuivers (honingbijen)	51
6.2.1	Perentelers	51
6.2.2	Aardbeientelers	51
6.2.3	Aantallen bijgeplaatste honingbijen	52
6.3	Aandacht voor wilde bestuivers	52
6.3.1	Perentelers	52
6.3.2	Aardbeientelers	53
6.3.3	Competitie om bestuiving	53
6.4	Natuurbeleving	53
6.5	Bijgesteld beeld na ervaring met praktijkonderzoek?	54
7	Discussie	55
7.1	Agronomische effecten van (wilde) bestuivers	55
7.1.1	Bijdrage aan de opbrengst van perenteelt	55
7.1.2	Bijdrage aan de opbrengst van aardbeienteelt	56
7.2	Economische effecten van (wilde) bestuivers	57
7.3	Bedrijfseconomische situatie	58
7.4	Bestuivingsbevorderende maatregelen op bedrijfsniveau	58
7.5	Aansluiting bij de werkwijze en visie van de telers	59
8	Conclusies	62
8.1	De bijdrage van bestuivers	62
8.2	Het bestuivingsbeleid van telers	64
8.3	Aanbevelingen voor telers en hun sector	64
	Literatuur	66

Woord vooraf

Het voorliggende onderzoek is tot stand gekomen in opdracht van het ministerie van Economische Zaken en werd uitgevoerd door Alterra, in samenwerking met Naturalis Biodiversity Center en EIS Kenniscentrum Insecten.

De uitvoering van dit onderzoek was niet mogelijk geweest zonder de medewerking van in totaal vijftien perentelers en vijftien aardbeientelers. Wij willen alle telers die hebben deelgenomen aan ons onderzoek hartelijk bedanken, niet alleen voor de toestemming om activiteiten te verrichten op hun bedrijven, maar ook voor hun enthousiasme in het delen van hun ervaringen met de teelt van hun gewas(sen) en de rol van bestuivers daarbij. De door hen verstrekte inzichten en gegevens zijn van grote waarde gebleken voor onze resultaten. Daarnaast willen we Elias de Bree, Ed Colijn, Vincent Kalkman, Roy Kleukers Jinze Noordijk bedanken voor hun bijdrage aan de bijeninventarisaties, Dennis Lammertsma en Hugh Jansman voor hun bijdrage bij het inzetten en uithalen van de veldexperimenten, en Jos Sinkeldam en Marieke Wolters voor hun bijdrage aan de oogstmetingen. Ook willen we Joan Bus van ZLTO en diverse veilinghuizen hartelijk bedanken voor hun betrokkenheid bij de opzet van dit onderzoek, het aanleveren van essentiële achtergrondgegevens, en/of de interpretatie van de resultaten.

Samenvatting

Mens en samenleving hebben baat bij het behoud van biodiversiteit, onder andere vanwege de ecosysteemdiensten die deze levert. De bestuiving van landbouwgewassen door gehouden en in het wild levende soorten bijen en zweefvliegen vormt een relevante en veelgenoemde ecosysteemdienst, die echter onder toenemende druk staat. Zowel de honingbij alsook veel wilde bijensoorten hebben het zwaar. Veel soorten nemen in aantallen af. Inmiddels is duidelijk dat ook wilde bijensoorten in belangrijke mate bijdragen aan bestuiving van landbouwgewassen. Echter, voor veel gewassen ontbreekt kwantitatieve informatie over hoe belangrijk deze soorten precies zijn voor de individuele teler, en de branche als geheel. Hoofddoel van het voorliggende onderzoek was het agronomisch en economisch kwantificeren van de bijdrage van bestuivende diensten door wilde en gedomesticeerde (bijgeplaatste) insecten aan de landbouwkundige productie van insecten-bestoven fruitgewassen.

Een eerste 'proof-of-concept' van het economisch belang van de diensten die door bestuivers worden geleverd, en de voorname rol van wilde soorten daarin, is reeds beschikbaar vanuit een eerdere studie van de teelt van appels en blauwe bessen. Dit onderzoek liet zien dat de populatie bestuivers in een perceel bij deze gewassen aanzienlijk bijdraagt aan zowel de hoeveelheid als de kwaliteit van de vruchten. De wilde bestuivers bleken een aanzienlijk deel van de bestuiving voor hun rekening te nemen, waarvan de economische waarde hoog kan oplopen. Echter, de rol van bestuivers, en dus ook de relatieve bijdrage van de wilde soorten, kan sterk verschillen tussen gewassen. Om deze reden verzocht het ministerie van Economische zaken Alterra, in samenwerking met Naturalis Biodiversity Center en EIS Kenniscentrum Insecten, om een vergelijkbaar onderzoek uit te voeren naar twee andere fruitgewassen met eveneens een grote economische relevantie in de Nederlandse fruitteeltsector: de peer en de aardbei. In aanvulling op het eerdere onderzoek levert dit een verdere onderbouwing van het economisch belang van ecosysteemdiensten, en daarmee biodiversiteit, voor de Nederlandse samenleving.

Het huidige onderzoek voor de perenteelt werd gericht op het ras Conference, dat momenteel ruim 75% van het totale geteelde areaal in Nederland inneemt. Het onderzoek aan de aardbeienteelt werd gericht op de open vollegrondsteelt, aangezien vooral daar een mogelijke rol van wilde bestuivers te verwachten is. Het onderzochte ras betrof Elsanta, dat zo'n 80% van het areaal van de open teelt van aardbeien in de volle grond inneemt. Voor beide gewassen werd in 2015 op vijftien verschillende bedrijven onderzoek verricht. Daarbij werd tijdens de bloeiperiode onderzocht hoeveel en welke soorten bestuivers daadwerkelijk de bloemen van het gewas bezochten. Tijdens de oogst werd vervolgens van een aantal perenbomen of aardbeienplanten de kwaliteit van de vruchten bepaald (o.a. vruchtmaat en vruchtvorm). Bij perenbomen werd tevens gekeken naar het aantal geproduceerde vruchten, om een schatting te maken van de vruchtzetting.

Via een bestuivingsexperiment werd op elk bedrijf onderzocht in hoeverre de oogstopbrengst verschilde in drie situaties: bij vrije bestuiving door wind en insecten (open bloemen), bij gemaximaliseerde bestuiving (open bloemen die tevens met de hand werden bestoven) en bij het ontbreken van insectenbestuiving (bloemen afgeschermd met gaas; windbestuiving wel mogelijk). Door de opbrengst bij vrije en gemaximaliseerde bestuiving te vergelijken, kon worden nagegaan in hoeverre in de Nederlandse teelt sprake is van een gelimiteerde opbrengst door suboptimale bestuiving. De resultaten laten voor beide gewassen zien dat, hoewel gemiddeld genomen op Nederlandse teeltbedrijven geen sprake is van limitatie door bestuiving, dit op een deel van de bedrijven wel degelijk het geval lijkt. Wanneer perenteeltbedrijven worden vergeleken, blijkt namelijk dat juist bij de bedrijven waar de vruchtzetting of de vruchtkwaliteit (percentage vruchten in de hoogste kwaliteitsklasse) bij vrije bestuiving relatief laag is, optimalisatie van de bestuiving het grootste positieve effect heeft. In de aardbeienteelt werd een vergelijkbare relatie aangetroffen voor de vruchtvorm: bij een deel van de Nederlandse telers van Elsanta lijkt een suboptimale bestuiving te resulteren in een hoger percentage misvormde vruchten, waardoor een lager percentage vruchten in de hoogste kwaliteitsklasse valt. Er werden echter geen directe verbanden gevonden tussen de mate

van pollenlimitatie en het aantal of de soortenrijkdom van de bestuivers. Waarschijnlijk spelen meerdere factoren hier tegelijkertijd een rol.

Door de opbrengst bij vrije bestuiving te vergelijken met de opbrengst van planten waartoe bestuivers geen toegang hadden, kan worden bepaald welk deel van de opbrengst op de onderzochte bedrijven te danken was aan bestuivers. Bij de perenteelt dragen bestuivende insecten op dit moment voornamelijk bij aan de zetting. Dit resulteert in een ongeveer 17% hoger aantal geproduceerde kilogrammen peren, en daardoor een 42% hogere nettowinst per hectare indien bestuivers aanwezig zijn. Gemiddeld genomen leek geen sprake van een duidelijke bijdrage van bestuiving aan de vruchtkwaliteit. Echter, belangrijk is daarbij dat de gemeten bijdrage betrekking heeft op de gemiddelde huidige teeltcondities ter plaatse. In een gemiddeld vollegrond perceel van Elsanta-aardbeien dragen bestuivers in de huidige teeltsituatie wel degelijk bij aan een goede vruchtvorm. Daardoor worden niet alleen 9% meer kilogrammen aardbeien geproduceerd, maar vallen bij aanwezigheid van bestuivers de vruchten ook vaker in de hoogste kwaliteitsklasse. Uiteindelijk resulteert dit in een 57% hogere nettowinst per hectare.

In de huidige teeltsituatie zijn zowel honingbijen als wilde bestuivers van duidelijk belang. Op basis van hun talrijkheid in de onderzochte percelen en hun relatieve efficiëntie bij het bestuiven van bloemen, kan worden geschat dat meer dan de helft (62%) van de bestuiving in boomgaarden van Conferenceperen wordt gerealiseerd door wilde soorten. Zo'n 46% van de bestuiving van Elsanta-aardbeien wordt geleverd door wilde bestuivers. Op basis daarvan is de economische waarde van wilde bestuivers groot. Voor beide gewassen geldt dus dat ongeveer een kwart van de nettowinst per hectare wordt geleverd door wilde bestuivende soorten (26% bij de teelt van Conference, 24% bij de teelt van Elsanta). Wanneer dit wordt geëxtrapoleerd naar landelijke schaal, vertegenwoordigen wilde bestuivers naar schatting een waarde van ruim 10 miljoen euro bij de teelt van Conference, en ruim 5 miljoen euro bij de teelt van Elsanta.

Uit onze resultaten voor de onderzochte bedrijven bleek dat een hoger aantal honingbijen in het perceel niet aantoonbaar resulteerde in een grotere kwantitatieve of kwalitatieve opbrengst. Voor de wilde soorten werden wel duidelijke relaties gevonden tussen talrijkheid en soortenrijkdom enerzijds en de opbrengst van de teelt anderzijds. In de percelen met Conferenceperen werden de vruchten gemiddeld aantoonbaar groter en zwaarder naarmate het aantal bestuivende soorten in het perceel toenam. De voornaamste rol in dit effect lijkt weggelegd voor de hommelse soorten. Verder nam de totale soortenrijkdom in het perceel, en het aantal hommelse soorten, aantoonbaar toe naarmate in de directe omgeving van het perceel (binnen een straal van 500 meter) meer voor bijen geschikt habitat aanwezig was. Het grootste deel van deze habitat bestond uit wegbermen, houtwallen en dijken. Dit suggereert dat het vergroten van dit soort habitatelementen op en direct rond het teeltbedrijf kan helpen om het aantal bestuivende soorten in het teeltperceel te vergroten, wat de vruchtkwaliteit ten goede komt.

Voor de aanwezigheid van zweefvliegen lijkt verband te houden met de vruchtkwaliteit van Elsanta-aardbeien. Het percentage misvormde vruchten nam aantoonbaar af naarmate een groter aantal zweefvliegen aanwezig was, en naarmate meer zweefvliegsoorten aanwezig waren. Ook voor de aardbeien lijkt daarnaast de aanwezigheid van voldoende hommelse soorten relevant: op perceelniveau nam de hoeveelheid vruchten in de hoogste kwaliteitsklasse toe naarmate meer hommelse soorten aanwezig waren. Voor de aardbeienpercelen vonden we geen directe relaties tussen de talrijkheid of soortenrijkdom van wilde bestuivers en de hoeveelheid bijenhabitat rond het perceel. Uit recent buitenlands onderzoek is echter bekend dat het bezoek van aardbeienbloemen door hommelen- en zweefvliegsoorten groter is in percelen waarlangs een bloemenrand is aangelegd.

Gedurende het onderzoek werd tevens bij de deelnemende telers een enquête afgenomen waarin zij werden bevraagd over de manier waarop zij aankijken tegen het belang van bestuiving in het algemeen en het belang van wilde bestuivers in het bijzonder, voor de teelt van hun gewas. Daaruit kwam naar voren dat de meesten van hen zich bewust zijn van de noodzaak van de aanwezigheid van bestuivers, maar dat andere factoren, zoals weerscondities, vaak als belangrijker worden gezien voor een goede bestuiving. Welk deel van de bestuiving door de wind dan wel door bestuivers wordt geleverd, is voor hen minder duidelijk. Nog minder bekend is welke typen bestuivers algemeen

aanwezig zijn en wat hun rol is. Telers zijn vooral bekend met de honingbij, en denken na over bijplaatsing daarvan.

Ze zijn verdeeld over het nut van bijplaatsing van dergelijke gedomesticeerde bijen, wat aansluit bij onze bevindingen, waaruit geen aantoonbare meerwaarde van bijplaatsing van honingbijen naar voren kwam. Slechts weinig telers nemen momenteel concrete maatregelen voor wilde bestuivers. Uit onze enquêteresultaten komt een aantal punten naar voren die telers op dit moment weerhouden van het nemen van extra maatregelen. Dit betreft vooral 1) een onbekendheid met de aanwezige rijkdom aan wilde soorten op hun bedrijf en het nut daarvan voor hun teeltopbrengst; 2) een onbekendheid met de verschillende mogelijke opties om wilde bestuivers te ondersteunen en de beste manier om die concreet in de praktijk vorm te geven, en 3) gebrek aan bewijs dat een maatregel werkt, en dat deze in financieel opzicht haalbaar, of liefst zelfs rendabel is.

De conclusies van het empirische gedeelte van het voorliggende onderzoek geven telers in potentie meer houvast. Op basis van ons onderzoek kunnen we een aantal concrete aanbevelingen doen richting de teeltsector:

- Relevant is om meer mensen, binnen en buiten de teeltsector, bekend te maken met de reeds beschikbare kennis over aanwezigheid en nut van wilde bestuivende soorten op het teeltbedrijf.
- Het lijkt waardevol om meer te gaan experimenteren met de aanleg van bijenhabitat op het teeltbedrijf, in de directe nabijheid van de percelen. Dat kan bijvoorbeeld door de aanleg van bloemstroken of houtige opstanden. Met name als gebruik wordt gemaakt van nu minder intensief gebruikte stroken of hoeken, zijn de kosten die dit met zich meebrengt zeer beperkt. Bloemstroken kunnen met name belangrijk zijn voor het bieden van voedsel buiten de bloeiperiode van het gewas. Houtige opstanden en walletjes of heuveltjes kunnen belangrijk zijn voor nestelgelegenheid. Daarbij duidelijker op zoek gaan naar een koppeling met andere diensten, zoals natuurlijke plaagbestrijding, zou het ondernemen van concrete acties economisch relevanter en haalbaarder kunnen maken.
- Om een deel van de bezwaren weg te nemen die telers op dit moment weerhouden van maatregelen ter ondersteuning van wilde bestuivers, lijkt het kansrijk om een aantal kleinschalige pilots of demonstratieprojecten op te zetten. Daarbij zou op een selectie van teeltbedrijven van relevante fruitgewassen de opbrengst kunnen worden vergeleken met percelen waar deze maatregel wel of niet is ingezet. Niet alleen kan dit de feitelijke onderbouwing bieden van de financiële haalbaarheid waarnaar telers op dit moment op zoek zijn, het levert telers ook concrete ervaring op met de praktische implementatie van de maatregelen, informatie die vervolgens onderling wordt doorgegeven.

1 Introductie

1.1 Achtergrond

Mens en samenleving hebben baat bij het behoud van biodiversiteit, onder andere vanwege de ecosysteemdiensten die organismen ons kunnen leveren. Het belang van ecosysteemdiensten is de laatste jaren echter vooral kwalitatief uitgewerkt of conceptueel ontwikkeld. In diverse studies zijn kwantitatieve uitspraken gedaan over de waarde van de natuur op landschapsniveau (een concreet gebied of ecosysteem), waarbij het totale pakket van mogelijke ecosysteemdiensten wordt onderzocht. In Nederland is nauwelijks geprobeerd om de bijdrage te kwantificeren die specifieke ecologische processen leveren op het schaalniveau van een bedrijf of individu. Meer inzicht in deze bijdrage versterkt de relevantie en toepasbaarheid voor directe belanghebbenden van ecosysteemdiensten.

De bestuiving van landbouwgewassen door gehouden en in het wild levende soorten bijen en zweefvliegen vormt een relevante en veelgenoemde ecosysteemdienst, die echter onder toenemende druk staat. De sterfte van honingbijen is hoog. Momenteel wordt door meerdere instituten, waaronder Wageningen UR, onderzoek uitgevoerd naar de oorzaken van deze sterfte. Waarschijnlijk speelt een complex van factoren een rol, waaronder de parasitaire varroamijt, het gebruik van bepaalde insecticiden, een gebrek aan natuurlijke voedselbronnen en/of klimaatsveranderingen. Ook veel wilde bijensoorten hebben het zwaar. Veel soorten nemen af in aantal en ongeveer de helft van de wilde bijensoorten in Nederland staat op de Rode Lijst.

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). Inmiddels is duidelijk dat ook wilde bijensoorten in belangrijke mate bijdragen aan bestuiving van landbouwgewassen en hierin geregeld zelfs effectiever zijn (O'Toole, 1993, Winfree *et al.* 2008). Over de relevantie van wilde bijensoorten voor de bestuiving van Nederlandse landbouwgewassen is echter weinig bekend. Uit een recente internationale overzichtsstudie voor verschillende gewassen (Rader *et al.* 2015) is duidelijk geworden dat ook andere insecten een significante bijdrage kunnen leveren, maar welke soortgroepen dit precies betreft voor specifieke Nederlandse gewassen, is nog zeer onduidelijk.

1.2 Doelstelling

Hoofddoel van het voorliggende onderzoek is het agronomisch en economisch kwantificeren van de bijdrage van bestuivende diensten door wilde en gedomesticeerde (bijgeplaatste) insecten aan de landbouwkundige productie van insecten-bestoven fruitgewassen.

Een eerste 'proof-of-concept' van het economisch belang van de diensten die door bestuivers worden geleverd, en de voorname rol van wilde soorten daarin, is reeds beschikbaar vanuit een eerdere studie aan twee andere gewassen (De Groot *et al.* 2015): appels (een gewas met van oudsher een grote economische relevantie in de Nederlandse fruitteeltsector) en blauwe bessen (een gewas waarvan de Nederlandse teelt sterk in opkomst is). Dat onderzoek liet duidelijk zien dat de populatie bestuivers in een perceel als geheel een zeer duidelijke bijdrage levert aan zowel het aantal geogste kilogrammen als de kwaliteit van de vruchten. Gezamenlijk vertalen deze effecten zich in een aanzienlijke bijdrage in de financiële productiewaarde en winst voor de teler op bedrijfs- en perceelniveau (De Groot *et al.* 2015). Vanwege hun relatief hoge efficiëntie bij het afzetten van stuifmeel op bloemen, is de rol die wilde bestuivende soorten daarbij spelen aanzienlijk: zo'n 30% van de productiewaarde van Elstarappels en zo'n 10% van de productiewaarde van blauwe bessen (rassen Duke en Liberty) bleek

afhankelijk van wilde soorten. Uit de bovenstaande verschillen tussen appel en blauwe bes blijkt echter al dat de rol van bestuivers, en dus ook de relatieve bijdrage van de wilde soorten, sterk kan verschillen tussen gewassen. Dit kan bijvoorbeeld samenhangen met een verschil in bloeiperiode (en dus aanwezigheid van andere bestuivende soorten tijdens de bloei), de anatomie van de bloem, het vermogen tot zelfbevruchting en vele andere factoren. Om deze reden verzocht het ministerie van Economische zaken Alterra, in samenwerking met Naturalis Biodiversiteit Centrum en EIS Kenniscentrum Insecten, om een vergelijkbaar onderzoek uit te voeren naar twee andere fruitgewassen met een grote economische relevantie in de Nederlandse fruitteeltsector: de peer en de aardbei. In aanvulling op het eerdere onderzoek levert dit een verdere onderbouwing van het economisch belang van ecosysteemdiensten, en daarmee biodiversiteit, voor de Nederlandse samenleving.

1.3 Gewaskeuze

De gewone peer (*Pyrus communis*) is het meest geteelde fruitgewas van Nederland, en wint terrein ten opzichte van de appel. In 2014 werd in totaal 8603 hectare peren verbouwd (CBS 2015). Nederland is daarmee – op drie landen na – de belangrijkste producent van peren van de EU (CBS 2015). Het ras Conference is veruit het belangrijkste en beslaat ongeveer 75% van het totaalareaal (6447 hectare). Het huidige onderzoek werd daarom toegespitst op dit ras.

Een groot deel van dat areaal is gelegen in de Betuwe, waar veel telers de teelt van appels en peren combineren. De bloeiperiode van Conference valt meestal in de laatste weken van april of de eerste weken van mei en is erg kort (<2 weken). De oogst volgt dan in de tweede helft van september. Conference is in staat tot zelfbevruchting. Echter, kruisbestuiving met andere rassen levert over het algemeen betere vruchten op. Om die reden worden door telers rijen van een ander ras tussen de rijen Conference geplaatst (of worden soms bomen van een ander ras in dezelfde rij opgenomen). Vaak betreft dit het ras Doyenne du Comice of Gieser Wildeman. De honingbij is het enige type bestuiver dat, door een gedeelte van de telers, als gedomesticeerde soort wordt bijgeplaatst.

De aardbeienteelt is in Nederland aanzienlijk diverser dan de teelt van peren. Een flink percentage van de teelt vindt tegenwoordig plaats onder glas of in tunnels. Vanwege het ontbreken van wind en/of bijen uit de omgeving, worden daar hommels bijgeplaatst om de bloemen te bestuiven. Voor het huidige onderzoek werd echter toegespitst op de teelt in de open lucht, waar wilde bestuivende soorten mogelijk wel een grotere rol zouden kunnen spelen. Tevens werd het onderzoek beperkt tot aardbeien geteeld in de volle grond (in tegenstelling tot teelt op stellingen). In 2014 bedroeg het areaal aardbeien in de open vollegrondsteelt in totaal 1456 hectare, waarvan het grootste deel gelegen is in de provincie Noord-Brabant (Figuur 1). In het huidige onderzoek richtten we ons op het ras Elsanta, dat in 2014 ongeveer 80% van dit totale areaal innam. Bij de open vollegrondsteelt van Elsanta wordt veelal gebruikgemaakt van meerdere zogenaamde plantingen. Planten worden veelal in de koeling bewaard en om de paar weken wordt een gedeelte (een planting) geplant in de open grond. Vervolgens wordt de bodem met stro en/of zeil afgedekt. In tegenstelling tot bij de perenteelt is dus geen sprake van een vaste bloeiperiode. Ook de overgang van bloei naar oogst verloopt geleidelijker: een plant kan reeds vruchten dragen, terwijl een deel van de bloemen nog in bloei staat. Ook Elsanta-planten zijn in principe zelffertil. Anders dan bij Conference worden echter geen andere rassen als stuifmeelbron bijgeplaatst, maar bestaan grote percelen uit één enkel ras. De aardbeienbloem bestaat uit een bloembodem met daarop een groot aantal (ongeveer 180) stampers die alle bevrucht moeten worden om de bloembodem gelijkmatig te laten opzwellen tot een goed gevormde vrucht.



Figuur 1 Verdeling van het productieareaal van aardbeien uit de open teelt per provincie in Nederland. Bron figuur: CBS 2015.

1.4 Vraagstelling

In overleg met de opdrachtgever, het ministerie van Economische Zaken, werd voor dit onderzoek getracht een antwoord te vinden op dezelfde vijf hoofdvragen die van toepassing waren op het onderzoek van de Nederlandse teelt van appels en blauwe bessen, maar nu voor de fruitgewassen peer en aardbei:

1. *In hoeverre wordt in de Nederlandse teelt de vruchtopbrengst gelimiteerd door bestuiving?*
2. *Welk aandeel van de vruchtopbrengst is afhankelijk van bestuiving door insecten (ten opzichte van de wind)?*
3. *Wat is de relatieve bijdrage van wilde en gedomesticeerde bestuivers aan de vruchtopbrengst?*
4. *Welk aandeel van de financiële opbrengst van de teelt is afhankelijk van bestuivers in het algemeen en wilde bestuivers in het bijzonder?*
5. *Is er een positieve relatie tussen de talrijkheid of de soortenrijkdom van wilde bestuivers en de vruchtopbrengst?*

1.5 Onderzoeksopzet

Voor het bepalen van de mate waarin de vruchtopbrengst afhangt van bestuiving, werd gekozen voor een methodologie die gelijk was aan het onderzoek dat in 2013 en 2014 werd uitgevoerd voor de fruitgewassen appel en blauwe bes (De Groot *et al.* 2015). Deze methodologie is gebaseerd op een vergelijking van de opbrengst onder verschillende condities, en bestaat uit een aantal verschillende onderdelen die elk een of meer van de bovengenoemde onderzoeksvragen kunnen beantwoorden.

Om te testen of sprake is van limitatie door een suboptimale stuifmeelvoorziening (vraag 1 in dit onderzoek), kunnen de normale teeltomstandigheden in een experiment worden vergeleken met een situatie waarbij bloemen met de hand worden bestoven met een optimaal stuifmeeltype (FAO 2011). Om te testen of de opbrengst afhangt van bestuiving door insecten (vraag 2 in dit onderzoek), kan gebruik worden gemaakt van een vergelijking met bloemen die voor bestuivende insecten onbereikbaar zijn gemaakt, door ze af te dekken met een winddoorlatend gaas (o.a. FAO 2011). Naast onze eerdere studie aan appels en blauwe bessen hebben ook verschillende recente buitenlandse studies voor fruit- en andere landbouwgewassen – zoals koolzaad (Bommarco *et al.* 2012), appel (Garratt *et al.* 2013, 2014), aardbei (Klatt *et al.* 2013), blauwe bes (Isaacs *et al.* 2010) en kers

(Holzschuh *et al.* 2012) – de bovengenoemde bestuivingsbehandelingen met elkaar vergeleken om uitspraken te doen over het effect van verschillende typen bestuiving op de opbrengst. Om uitspraken te kunnen doen over het effect van verschillende aantallen of verschillende soortverhoudingen van bestuivende insecten (vraag 3 en 5 in dit onderzoek), is een uitgebreidere vergelijking nodig. Aangezien manipulatie van de aanwezige bestuivende insectengemeenschap in veldsituaties zeer lastig haalbaar is, kan dan het best een vergelijking gemaakt worden tussen de opbrengst onder verschillende natuurlijke omstandigheden (FAO 2011). Diverse studies hebben gebruikgemaakt van een vergelijking van bedrijven gesitueerd in verschillende landschappen, resulterend in variatie in de samenstelling van de lokale gemeenschap van bestuivende insecten (zie o.a. Holzschuh *et al.* 2012). Een gradiënt in de aanwezigheid van wilde bestuivers kan worden bereikt door bedrijven zo te kiezen dat ze verschillen in de mate waarin natuurlijke nestelgelegenheid voor bijen beschikbaar is in de directe omgeving van het onderzochte bedrijf (o.a. Holzschuh *et al.* 2012). Om alle onderzoeksvragen naar behoren te beantwoorden, werden in ons onderzoek de bovenstaande methoden gecombineerd. Op in totaal dertig verschillende bedrijven (vijftien per gewas), gelegen in verschillende landschapstypen en met verschillende inzet van bijgeplaatste bijen, werd telkens de opbrengst vergeleken voor fruitplanten onderworpen aan drie behandelingen: normale bestuiving (wind + insecten), maximale bestuiving (wind + insecten + hand) en minimale bestuiving (alleen windbestuiving).

Om vervolgens de economische waarde van de waargenomen bestuivingsdiensten door insecten te bepalen (vraag 4 in dit onderzoek), werd door ons de 'production value method' toegepast (o.a. Losey & Vaughan 2006; Klein *et al.* 2007). Daarbij wordt de marktwaarde van de geproduceerde vruchten bij aanwezigheid van (wilde, bijgeplaatste dan wel alle) bestuivers vergeleken met de marktwaarde van geproduceerde vruchten bij afwezigheid van deze bestuivers. De eventuele waardevermindering bij het ontbreken van bestuivers is dan te beschouwen als de economische bijdrage van deze bestuivers aan de teelt. Deze benadering wordt algemeen toegepast in wetenschappelijke studies en de benodigde gegevens konden efficiënt worden verzameld als onderdeel van het eerder beschreven bestuivingsexperiment.

Om de bijdrage van bestuivers aan de kwalitatieve en kwantitatieve vruchtopbrengst te kunnen omrekenen naar de bijdrage aan de financiële oogstwaarde en de nettowinst op bedrijfsniveau, werd in dit onderzoek tevens gebruikgemaakt van een uitgebreide enquêtering van de deelnemende telers, aangevuld met sectorspecifieke landbouweconomische gegevens uit de literatuur. In deze enquête werd tevens aandacht besteed aan de visie van de telers op het belang van (wilde) bestuivers en de wijze waarop zij hun beheer hierop aanpassen. Hoewel de op basis van deze enquête verkregen uitkomsten met betrekking tot het bestuivingsbeleid van fruittelers op zichzelf niet onder de hoofdvragen van dit onderzoek vielen, zijn de resultaten onmisbaar voor een juiste interpretatie van de experimentele gegevens, en voor een gedegen berekening van de financiële bijdrage van bestuivers. In de resultaten en discussie wordt daarom wel uitgebreid aandacht besteed aan deze inzichten.

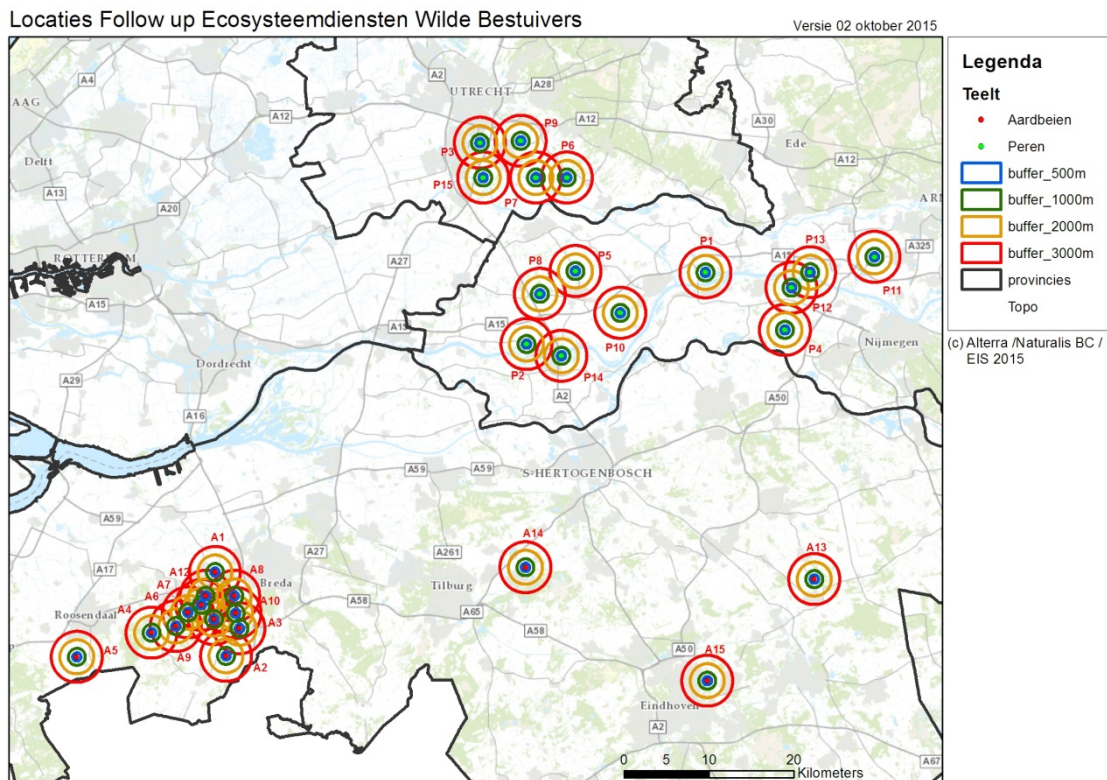
2 Methoden

2.1 Locatiekeuze

Per gewas werden in totaal vijftien bedrijven geselecteerd voor deelname aan het onderzoek. Deze selectie vond plaats op basis van een aantal criteria:

- Allereerst moest sprake zijn van teelt van het onderzochte ras (Conference of Elsanta).
- Bedrijven werden zo geselecteerd dat het bodemtype zo veel mogelijk overeenkwam.
- Gestreefd werd naar de selectie van bedrijven die op >3 kilometer afstand van elkaar waren gevestigd, zodat zo weinig mogelijk sprake was van overlap in de gemeenschap van bestuivers (Bommarco *et al.* 2012).
- Gezocht werd naar bedrijven met elk een andere eigenaar, en dus een onafhankelijke bedrijfsvoering.
- Om de kans op verschil tussen bedrijven in de verhouding in aanwezigheid van wilde en gedomesticeerde bestuivers zo veel mogelijk te vergroten, werden bedrijven zodanig geselecteerd dat sprake was van een gradiënt in de hoeveelheid geschikte landschapselementen voor het nestelen van bijen en zweefvliegen (FAO 2011; Holzschuh *et al.* 2012).

Een overzicht van de in totaal dertig teeltbedrijven die deelnamen aan dit onderzoek is beschikbaar in Tabel 1. De ligging van deze bedrijven is weergegeven in Figuur 2.



Figuur 2 Geografische locatie van de 15 perentelers (P1-P15) en 15 aardbeientelers (A1-A15) die deelnamen aan het onderzoek.

Tabel 1

Overzicht van de deelnemende appelboomgaarden en blauwe-bessenbedrijven in 2013 en 2014. Per deelnemend bedrijf is de datum vermeld van de twee vangrondes voor bestuivers. * = ook deelname in het onderzoek naar Elstar appels in 2013 en/of 2014 (De Groot et al. 2015).

Gewas	Code	Plaatsnaam	Eigenaar / Bedrijfsnaam	Datum vangronde 1	Datum vangronde 2
Peer (Conference)	P1 *	Echteld	Van Westreenen	21 april 2015	24 april 2015
	P2 *	Haaften	Van Kuilenburg	22 april 2015	23 april 2015
	P3 *	Nieuwegein	Van der Grift	23 april 2015	24 april 2015
	P4 *	Bergharen	Berben	23 april 2015	24 april 2015
	P5 *	Buurmalsen	Van Mourik	21 april 2015	24 april 2015
	P6 *	Werkhoven	Landrust	22 april 2015	24 april 2015
	P7 *	't Goy	Van Ojen	22 april 2015	24 april 2015
	P8 *	Deil	Van Wijk	24 april 2015	25 april 2015
	P9 *	Odijk	Miltenburg	22 april 2015	24 april 2015
	P10 *	Wadenoijen	Van Haaften	24 april 2015	25 april 2015
	P11 *	Valburg	Blijderveen	23 april 2015	24 april 2015
	P12	Deest	Janssen	23 april 2015	24 april 2015
	P13	Dodewaard	Vilier	23 april 2015	24 april 2015
	P14	Zaltbommel	Baggerman	22 april 2015	23 april 2015
	P15	Tull en het Waal	Van Kouwen	23 april 2015	25 april 2015
Aardbei (Elsanta)	A1	Etten Leur	M. van Meer	24 juni 2015	26 juni 2015
	A2	Rijsbergen	Buiks	17 juni 2015	20 juni 2015
	A3	Rijsbergen	Vermeeren	24 juni 2015	25 juni 2015
	A4	Zundert	M. van Aert	20 juni 2015	25 juni 2015
	A5	Nispen	R. van Aert	24 juni 2015	26 juni 2015
	A6	Sprundel	Ros	20 juni 2015	25 juni 2015
	A7	Sprundel	Goetstouwers	20 juni 2015	25 juni 2015
	A8	Breda	J. van Meer	20 juni 2015	24 juni 2015
	A9	Rijsbergen	Tilborghs	17 juni 2015	24 juni 2015
	A10	Rijsbergen	Koeken	18 juni 2015	24 juni 2015
	A11	Rijsbergen	Foesenek	23 juni 2015	26 juni 2015
	A12	Etten Leur	Trouw	18 juni 2015	24 juni 2015
	A13	Handel	Van Gennip	24 juni 2015	26 juni 2015
	A14	Oisterwijk	Van de Ven	23 juni 2015	25 juni 2015
	A15	Nuenen	De Haas	23 juni 2015	26 juni 2015

2.1.1 Peer

Alle deelnemende perenboomgaarden zijn gevestigd op de rivierklei van het rivierengebied tussen Utrecht en Nijmegen. De meeste bedrijven zijn gevestigd in de nabijheid van de Waal, tussen Zaltbommel en Nijmegen. Een vijftal bedrijven was gevestigd in de Kromme Rijnstreek nabij Houten. Veel perentelers telen tevens appels. Elf van de vijftien bedrijven in 2015 namen dan ook eerder deel in het onderzoek naar bestuiving van elstarappels in 2013 en/of 2014 (De Groot et al. 2015; zie Tabel 1).

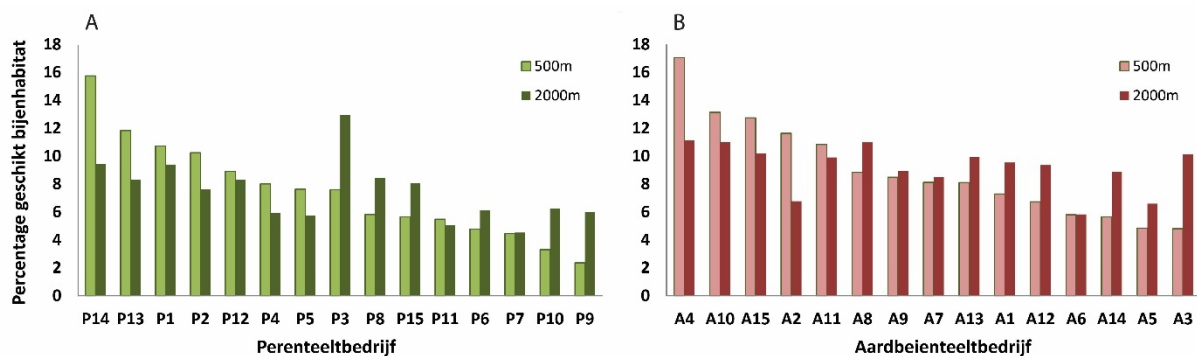
2.1.2 Aardbei

De vijftien deelnemende aardbeienteeltbedrijven bevonden zich alle op de zandgrond van Noord-Brabant, de regio waar het overgrote deel van het Nederlandse productieareaal van aardbeien uit de open teelt zich bevindt (Figuur 1). Hoewel in het oostelijke deel van de provincie veel aardbeienbedrijven zijn gevestigd, betreft dit vooral bedrijven gericht op plantvermeerdering. In totaal konden we drie geschikte teeltbedrijven in het oosten van Brabant vinden die bereid waren tot deelname. De hoogste dichtheid van teeltbedrijven bevindt zich in West-Brabant, tussen Roosendaal en Breda. De overige twaalf deelnemende bedrijven waren dan ook daar gevestigd. Helaas bleek het niet in alle gevallen haalbaar om een tussenafstand van >3 km aan te houden, wat betekent dat het theoretisch mogelijk is dat bestuivers de percelen van meerdere deelnemende bedrijven bezochten. De belangrijkste reden om dit te voorkomen, was om een optimale variatie in bestuivende gemeenschap te garanderen tussen bedrijven ten behoeve van correlatieve analyses. Dit bleek hier echter uiteindelijk geen punt van zorg: de inventarisatieresultaten verschilden (zowel in aantal als soortensamenstelling) zeer duidelijk tussen verschillende deelnemende bedrijven en waren daarmee bruikbaar voor onze analyses (zie sectie 4.1).

2.1.3 Geschikte nestelhabitat

De hoeveelheid geschikte seminatuurlijke habitat voor het nestelen en/of foerageren van bijen en zweefvliegen (verder aangeduid met de term seminatuurlijke habitat (SNH)) werd voor elk van de deelnemende bedrijven gekwantificeerd als het percentage door geschikte habitat bedekte oppervlakte binnen een straal van 500, 1000, 2000 en 3000 meter in de omtrek van het onderzochte perceel (FAO 2011; Holzschuh *et al.* 2012). Dit percentage werd bepaald op basis van voor dit doeleinde gemaakte analysescripts en modellen, samengesteld en toegepast binnen het softwarepakket ArcGIS (v.10.2.2, ESRI, USA). Geschikte habitatelementen werden geselecteerd uit twee verschillende digitale kaartbestanden: Beheersgebieden (2015; BeheerGebied en opengestelde beheerpakketten op basis van de Index Natuur en Landschap, Informatiemodel Natuurbeheer IMNAB 2.0, IPO & GBO-Provincies) en Top10NL (2014; Basisregistratie Topografie Catalogus en Productspecificaties versie 2.2, Kadaster, 27 Juni 2014, ESRI File-geodatabase formaat (FDGB)). Onder geschikte habitat werd verstaan: bosranden (buitenste 10 meter van alle bostypen uit de gebruikte kaarten), houtwallen, bermen van wegen, spoorwegen en losliggende voet- of fietspaden (breedte afhankelijk van wegtype), schuine taluds (voornamelijk rivierdijken) en begraaftplaatsen. Omdat ook het overige fruitgewas dat vaak rond het onderzochte perceel aanwezig was als voedselbron kan dienen voor bijen, werd ook het totale voedselaanbod (percentage oppervlak met fourageerhabitat, inclusief fruitgewas) in dezelfde bufferzones berekend, op basis van gegevens uit de BRP-gewastypenkaart (2014, Basisregistratie Percelen (BRP) van Dienst regelingen, ESRI format File-Geodatabase (versie 10.2)), aangevuld met informatie van BBG (2010, CBS Bestand Bodemgebruik, ESRI shapefile). In alle modellen werd gecorrigeerd voor eventuele overlap tussen habitatelementen uit verschillende kaarttypen.

De percentages seminatuurlijke habitat voor de bufferafstanden 500 m en 2000 m waren onderling niet gecorreleerd. Dat was wel het geval voor de percentages in de bufferafstanden 1000 m (correleert sterk met 500 m en 2000 m) en 3000 m (correleert sterk met 2000 m). Om die reden werden in de verdere analyses alleen de percentages binnen 500 m (als maat voor SNH in de directe omtrek) en binnen 2000 m (als maat voor SNH in de ruimere omtrek) meegenomen. Een overzicht van deze percentages per teeltbedrijf is zichtbaar in Figuur 3. Voor beide gewassen was de variatie tussen bedrijven in percentage SNH groter in de directe omtrek (500 m) dan in een ruimere zone rond de percelen. Bij de perenpercelen varieerde het percentage SNH in de directe omtrek tussen de 4,5 en 15,5%. Bij de aardbeienpercelen was dit vrijwel hetzelfde (5–17%).



Figuur 3 Percentage geschikte habitat voor fourageren en/of nestelen van bijen en zweefvliegen, in een omtrek van 500 m en 2000 m rond de in dit onderzoek meegenomen teeltpercelen van peren (Figuur A) en aardbeien (Figuur B).

2.2 Analyse van bedrijfseconomie en bestuivingsbeleid

2.2.1 Enquêtering van deelnemende bedrijven

In het najaar van 2015 werden zo veel mogelijk van de deelnemende peren- en aardbeienbedrijven bezocht om persoonlijk een enquête af te nemen. Het eerste deel van deze enquête was bedoeld om inzicht te krijgen in de bedrijfseconomische situatie van de betreffende bedrijven. De vragen van dit deel waren dan ook gericht op de opbrengst van de gewassen per hectare en op bedrijfsniveau, en de verschillende kostenposten die het telen met zich meebrengt. Deze informatie werd gebruikt voor het opstellen van een saldobegroting per bedrijf (zie sectie 2.2.2). De vragen voor dit enquêteonderdeel werden grotendeels ontleend aan de enquête die eerder onder telers van appels en blauwe bessen werd afgenomen, met enkele aanpassingen gericht op het in sommige opzichten andere teeltproces bij aardbeien en op het voorkomen van te veel overlap bij de perentelers die ook in het eerdere onderzoek aan appels al deelnamen.

Het tweede deel van de enquête richtte zich op het bestuivingsbeleid van de telers. We vroegen of telers gedomesticeerde bestuivers ingezet hadden om de bestuiving van de gewassen te bevorderen en welke kosten daaraan verbonden waren. Ook hebben we geïnformeerd naar de maatregelen om wilde bestuivers te bevorderen en de beweegredenen om deze maatregelen wel of niet te nemen. De vragen over het bestuivingsbeleid zijn grotendeels ontleend aan een enquête, opgesteld binnen de EU COST-actie "SUPER-B" (Sustainable Pollination in Europe: joint Research on Bees and other pollinators), die gelijktijdig werd voorgelegd aan telers van andere fruitgewassen. Binnen SUPER-B is een breed onderzoek opgezet om het bestuivingsbeleid en de beweegredenen van telers te kunnen vergelijken in heel Europa. De resultaten van onze enquêtering onder telers van peren en aardbeien zullen te zijner tijd tevens worden opgenomen in deze bredere analyse binnen SUPER-B. Waar mogelijk is gebruikgemaakt van meerkeuzevragen, om de enquêtes snel af te kunnen nemen (binnen 30–45 minuten) en de telers zo min mogelijk te belasten tijdens de voor hen drukke oogstperiode. De gehele vragenlijst is bij de auteurs van dit rapport op te vragen, maar vanwege de omvang niet integraal opgenomen in het rapport.

2.2.2 Kosten-batenanalyse

Per bedrijf is een saldobegroting opgesteld aan de hand van de voorbeelden zoals gepresenteerd in de Kwalitatieve Informatie (KWIN) rapportages van het LEI. In geval van de saldoberekening voor perenteelt betrof dit de KWIN Fruitteelt 2009/2010 (vanaf hier afgekort als KWIN-Fruit; Heijerman – Peppelman & Roelofs, 2010); in het geval van de aardbeienteelt betrof dit de KWIN Akkerbouw en Vollegrondsgroenteteelt 2015 (vanaf hier afgekort als KWIN-AGV; Spruijt 2015). Voor de meeste kostenposten worden in deze rapportages al concrete waarden genoemd. Deze zijn aan de telers voorgelegd met de vraag of dit overeenkwam met de daadwerkelijke kosten die zij het afgelopen jaar gemaakt hadden voor het telen van de gewassen. Was dit niet het geval, dan zijn de kosten voor het betreffende bedrijf aangepast in de berekening. Een aantal andere benodigde gegevens zijn bij elke teler apart opgevraagd (Tabel 2).

Om bedrijven zo goed mogelijk te kunnen vergelijken, zijn we bij elk bedrijf uitgegaan van de kosten per hectare. Ook is uitsluitend gekeken naar de variabele kosten (ook wel marginale kosten genoemd, en in het vervolg van dit rapport met die term aangeduid). De vaste kosten van de teler (zoals afbetaling of pacht van de grond) zijn buiten beschouwing gelaten. De marginale kosten per bedrijf geven namelijk een veel beter beeld van eventuele kostenstijgingen bij een grotere opbrengst en/of teeltoppervlak (zie ook De Groot *et al.* 2015). De inkomsten van de teler hebben we berekend door de verkochte hoeveelheid per kwaliteitsklasse te vermenigvuldigen met de gemiddelde veilingprijs per kwaliteitsklasse. Wanneer daar de marginale kosten van worden afgetrokken, resulteert het marginale saldo.

Meer dan de helft van de deelnemende perentelers (negen van de vijftien) leed afgelopen jaar in zekere mate hagelschade, kort voor de pluk (eind augustus). Omdat hun opbrengst dit jaar aanzienlijk lager was dan normaal, hebben we er ten behoeve van de saldoberekening voor gekozen om voor deze bedrijven een door henzelf opgegeven schatting te gebruiken van de opbrengst in een normaal

oogstjaar op hetzelfde perceeloppervlak op hun bedrijf. Op deze manier werd de daadwerkelijke oogst in 2015 dus iets overschat, maar is een eerlijkere vergelijking tussen de bedrijven te maken (wat voor de huidige onderzoeksvragen veel relevanter was) en geven de resultaten tevens een beter beeld van de normale Nederlandse teeltsituatie.

Tabel 2

Gegevensbron per informatietype. * = informatie uit KWIN waar nodig aangepast voor individuele bedrijven op basis van informatie verstrekt door de teler.

Type informatie	Via telers	Via KWIN *
Totaal aantal hectares peer/aardbei en het aandeel Conference/Elsanta daarin.	X	
Totale oogst in kilogrammen per klasse voor Conference/Elsanta.	X	
Het aantal ingezette bestuivers en de kosten daarvan	X	
Het al dan niet nemen van maatregelen voor wilde bestuiving	X	
Toegerekende kosten als bemesting, hagelverzekering, gewasbescherming en teeltspecifieke kosten.		X
Aantal arbeidsuren voor de teelt, oogst en het sorteerwerk met pluk- en sorteerprestatie.		X
Verdeling van de arbeidsuren in vaste en losse arbeid voor de teelt, oogst en het sorteerwerk.		X
Overige kosten voor het marginale saldo als koel- en transportkosten.		X

2.3 Analyse van de bestuivende gemeenschap

Per deelnemend bedrijf werd in één perceel van het onderzochte ras een inventarisatie gemaakt van de aantallen en soortenrijkdom van de bloembezoekende bestuivers. De inventarisatie richtte zich op alle soorten bijen (inclusief honingbijen en hommels) en zweefvliegen. Hiertoe werden op willekeurige locaties in het perceel twaalf transecten van 25 meter uitgezet, in een rechte lijn tussen twee rijen fruitplanten/bomen, en onafhankelijk van de ligging van de bestuivingsplots (zie 2.4; FAO 2011; Holzschuh *et al.* 2012). Bij elk bedrijf werden twee bemonsteringsrondes uitgevoerd, waarvan eenmaal gedurende de ochtend en eenmaal gedurende de middag (Reemer & Kleijn 2012). Per ronde werd elk transect gedurende tien minuten afgelopen, waarbij de bloemen van de planten aan weerszijden van het pad werden gescand op de aanwezigheid van bestuivers. Alle bestuivers die zich op of vlak bij een bloem bevonden, werden gevangen met een insectennet (Westphal *et al.* 2008). Per transect werden de gevangen bijen – waar mogelijk – ter plaatse gedetermineerd en vervolgens losgelaten. Exemplaren die niet met zekerheid op soortnaam konden worden gedetermineerd, werden opgeslagen in potjes, meegenomen en later onder de binoculair gedetermineerd.

Bemonsteringsrondes vonden plaats tijdens de bloeiperiode van het gewas en in principe enkel onder weersomstandigheden waarbij bestuivers uitvliegen: ≥ 15 graden, weinig wind (< 40 km/h), zonnig of hooguit halfbewolkt, en droge vegetatie (Reemer & Kleijn 2012; FAO 2011; Bommarco *et al.* 2012). De bloeiperiode van de Conferenceperen viel in de normale periode (april; zie Tabel 1). Voor de aardbeien werd onderzoek verricht aan een planting die bloeide in juni en tijdens deze bloeiperiode werden dus ook de inventarisaties uitgevoerd (zie Tabel 1).

2.4 Bestuivingsbehandelingen

2.4.1 Opzet

Per bedrijf werden drie plots geselecteerd op randomlocaties in hetzelfde perceel als waar de bijeninventarisaties plaatsvonden. Per plot werden verschillende perenbomen of aardbeienplanten aan een drietal verschillende behandelingen onderworpen met betrekking tot de wijze waarop de bloemen werden bestoven (zie Figuur 4): vrije bestuiving (rood), handbestuiving (wit) en windbestuiving in afwezigheid van bestuivende insecten (door takken of planten in te pakken met gaas; blauw). In de perenpercelen bestond een plot uit drie bomen, waarbij elke boom aan een andere behandeling werd onderworpen (Figuur 4A). Per boom werden twee zijtakken geselecteerd, waarvan een vaste taklengte werd gemarkeerd en blootgesteld aan de behandeling. In de aardbeienpercelen bestond een plot uit een groter aantal planten (Figuur 4B). Telkens werd een cluster van vier planten aan dezelfde

behandeling onderworpen en tussen de behandelingen werd een tussenruimte aangehouden van twee planten die niet in het onderzoek werden betrokken.

De behandeling "vrije bestuiving" betrof de uitgangssituatie, waarbij de plant vrij kon worden bestoven door zowel de wind als door insecten. De oogstopbrengst van deze planten vertegenwoordigt dus de oogst onder normale omstandigheden, die ook op de overige planten binnen het perceel van toepassing waren.

De behandeling 'handbestuiving' bestond uit het aanvullend met de hand bestuiven van bloemen, bovenop de natuurlijke bestuiving door wind en insecten. Dergelijke handbestuiving vindt in de normale teelt niet plaats, maar werd hier als experimentele behandeling toegevoegd om een beeld te krijgen van de maximaal haalbare bestuiving. Door na te gaan of de oogstopbrengst bij deze behandeling hoger ligt dan onder de normale bestuivingscondities op het bedrijf (behandeling 'vrije bestuiving'), kan worden nagegaan of in de normale teeltsituatie sprake is van een gelimiteerde oogst door een gebrek aan stuifmeel. Immers: als aanvullende kunstmatige bestuiving resulteert in betere oogst, was de natuurlijke bestuiving blijkbaar suboptimaal.

Voor dit doeleinde werden perenbloemen tijdens de bloeiperiode bestoven met stuifmeel van bloemen van een tweede perenras. Telers planten bewust bomen van een tweede ras (ofwel in dezelfde rij ofwel in tussengelegen rijen) om als stuifmeelbron te dienen voor kruisbestuiving. Dit betrof in de meeste gevallen het ras *Gieser Wildeman* of *Doyenne du Comice*, en in één geval het ras *Bonne Louise*. Bij de aardbeien bestond het hele perceel uit het ras *Elsanta* en werd geen gebruik gemaakt van een tweede ras als stuifmeelbron. Hier werd daarom stuifmeel van omringende planten buiten het plot gebruikt voor de handbestuiving. Deze handbestuiving vond plaats door bloemen met rijpe meeldraden te plukken en tegen de te bestuiven bloem te drukken, zodat de meeldraden en stampers goed met elkaar in aanraking kwamen.

De behandeling 'windbestuiving' bestond uit buitensluiten van insecten door middel van gaas van polyethyleen, met een maaswijdte van 1x1 millimeter. Dit gaas biedt geen doorgang aan bestuivende insecten, maar heeft relatief weinig invloed op bestuiving door middel van de wind (hoewel een beperkte invloed niet kan worden uitgesloten; Thomson *et al.* 2011). Bij perenbomen werd om elk van de twee geselecteerde takken een ruime gazen zak geschoven en met een tiwrap bevestigd aan de tak om de opening te sluiten (Figuur 4A). In de aardbeienpercelen werd een tent van gaas over een viertal planten geplaatst (Figuur 4B) om het microklimaat zo min mogelijk te beïnvloeden en schade aan de bloemen door contact met de zak te voorkomen (Thomson *et al.* 2011).

Deze behandeling vertegenwoordigt een simulatie van de situatie die zou ontstaan indien het Nederlandse landschap volledig verstoken zou zijn van bestuivende insecten. Vergelijking van de oogstopbrengst bij deze behandeling met die bij vrije bestuiving biedt de mogelijkheid om de bijdrage van bestuivende insecten aan de oogstopbrengst te kwantificeren.

Bij de perenteelt is sprake van een duidelijke scheiding tussen de bloeiperiode, de rijpingsperiode en de oogstperiode. De bovengenoemde behandelingen werden uitgevoerd tijdens de bloeiperiode, waarbij de gazen zakken vlak voor de bloei werden aangebracht en werden verwijderd zodra de bloei voorbij was, om de vruchtontwikkeling niet te beïnvloeden.

Bij de aardbeienteelt is dit onderscheid minder duidelijk. Het moment van bloei en vruchtzetting verschilt aanzienlijk tussen bloemen aan dezelfde plant. Om die reden werd ervoor gekozen om het onderzoek te beperken tot de bloemen die gedurende een periode van drie weken tot bloei kwamen. De gazen tenten werden geplaatst voordat de bloei op gang kwam. Gedurende de daarop volgende drie weken werden de bijeninventarisaties en de handbestuiving uitgevoerd. Elk bedrijf werd eenmaal bezocht ten behoeve van handbestuiving. De bloemstelen van de handbestoven bloemen werden gemarkeerd, en alleen de vruchten met een gemarkeerde steel werden geoogst voor kwaliteitsanalyse. Na drie weken werd de gazen tent verwijderd. Bij de behandelingen 'windbestuiving' en 'handbestuiving' werden vervolgens de uitgebloeide bloemen gemarkeerd en alleen van deze bloemen werden de vruchten geoogst voor kwaliteitsanalyse.

2.4.2 Bepaling oogstopbrengst

Vruchtzetting

In de perenteelt wordt gebruikgemaakt van zogenaamde 'vruchtdunning' om een te hoog aantal peren per boom te voorkomen. Een iets lager aantal vruchten per taklengte resulteert namelijk in een grotere investering van de plant in de vruchtmaat, die zeer belangrijk is voor de prijsvorming. De aan dit onderzoek deelnemende telers maakten voor het merendeel gebruik van handmatige dunning tijdens de rijpingsfase. Daarbij wordt een eventueel overschot aan vruchten weggeplukt om zo uit te komen op een optimaal aantal vruchten per taklengte (er wordt dus niet een vast percentage verwijderd; indien het aantal vruchten al beneden het door de teler gehanteerde optimum ligt, wordt niets verwijderd). Uitgaande van een constante dunning in het hele perceel, zouden normaal gesproken bij alle drie door ons ingestelde experimentele behandelingen dus vergelijkbare aantallen moeten worden aangetroffen. In dit onderzoek werd de telers toegestaan hun normale dunningspraktijk uit te voeren bij alle bomen in ons experiment. Bij alle drie door ons ingestelde behandelingen was een eventueel overschot aan vruchten dus al afgeroomd. Dit betekent tevens dat indien consistent bij één behandeling een lager aantal vruchten zou worden aangetroffen dan bij andere behandelingen, dit moet komen door een gebrekkige zetting en niet door de dunning van de teler. Bij deze behandeling is dan dus wel degelijk sprake van een suboptimaal aantal vruchten, en dus een ongewenst lagere opbrengst. Om een dergelijk effect te onderzoeken, werd het aantal ontwikkelde vruchten geteld aan alle geselecteerde takken en per bedrijf vergeleken tussen de behandelingen. Omdat telers onderling wel een andere mate van dunning kunnen toepassen, werd in vergelijkingen tussen bedrijven altijd gewerkt met de verhouding in vruchtzetting tussen vrije bestuiving en windbestuiving (zie ook sectie 2.5.2).

Vanwege complexere timing van bloei en rijping bij aardbeienplanten (bloemen bloeien niet allemaal gelijktijdig, met als gevolg dat een deel van de vruchten al rijp is terwijl andere bloemen nog in bloei staan) zou een goede bepaling van het zettingspercentage bij aardbeien een groot aantal extra bezoeken aan alle teeltbedrijven hebben vereist, wat logistiek en budgettair niet haalbaar bleek. Gezien het feit dat over deze zetting al de nodige literatuur beschikbaar was, hebben we ervoor gekozen in deze studie de experimentele middelen in te zetten voor bepaling van andere, kwalitatieve, oogstvariabelen waarover nog minder bekend is, en voor de bijdrage van bestuivers aan de zetting gebruik te maken van informatie uit de wetenschappelijke literatuur.

Vruchtkwaliteit

Kort voor het moment waarop de oogst door de telers werd gestart, werden de vruchten geoogst van alle gemarkeerde takken van de in dit onderzoek meegenomen perenbomen. In het geval van de aardbeien werd de telers verzocht om niet te plukken binnen de door ons gemarkeerde plots, en werden de aardbeien met gemarkeerde bloemstelen door ons geplukt op het moment dat deze volledig rijp waren. In plots van Conferenceperen werden per behandeling tien vruchten geoogst (waar mogelijk vijf per tak per boom), in plots van Elsanta-aardbeien werden per behandeling twintig vruchten geoogst (waar mogelijk vijf per plant).

Relevante kwaliteitskenmerken werden geselecteerd op basis van richtlijnen van meerdere veilinghuizen en in overleg met deelnemende telers. Van elke peer werd met behulp van een tafelweegschaal het gewicht bepaald. Met behulp van een schuifmaat werd de equatoriale diameter (op het breedste punt) gemeten en werd de verhouding lengte:diameter. Indien deze verhouding groter was dan 2,5:1 werd de vrucht aangemerkt als flesvormig (wat resulteert in een lagere kwaliteitsklassering; zie Figuur 5A). Tevens werd de symmetrie van de peer gescoord (op binaire wijze: wel of niet symmetrisch).

Van elke aardbei werd eveneens het gewicht bepaald (na verwijdering van de vruchtsteel) en werd de equatoriale diameter gemeten (Figuur 5B). Tevens werd een eventuele vormafwijking genoteerd. Daarbij werd gebruikgemaakt van een indeling in drie klassen: geheel juist van vorm, geringe afwijking of sterke afwijking. De tolerantiegrenzen van deze klassen werden vastgesteld op basis van overleg met meerdere telers (door gezamenlijk een set voorbeelden te bespreken) en op basis van richtlijnen en voorbeeldcollecties van een veilinghuis.



Figuur 4 Voorbeelden van proefopzet in perenboomgaarden (A) en aardbeienpercelen (B). Op de foto is één plot zichtbaar, waarvan er in totaal drie per perceel werden uitgelegd. Elke plot omvatte drie bestuivingsbehandelingen (exclusie van bestuivers via gaas (blauw), handbestuiving (wit) en vrije bestuiving (rood), met per behandeling één perenboom of een set van vier aardbeienplanten (zie tekst sectie 2.4.1).

2.5 Data-analyse

2.5.1 Inventarisatiegegevens

Op basis van de waargenomen aantallen bestuivers per soort, werd per bedrijf per vangstronde het totaal aantal wilde bestuivers, het aantal hommels, solitaire bijen en zweefvliegen, het percentage wilde bestuivers ten opzichte van het totaal, het totaal aantal soorten wilde bestuivers en het aantal soorten hommels, solitaire bijen en zweefvliegen berekend. De gedomesticeerde bestuivers bestonden

in het huidige onderzoek geheel uit honingbijen. In tegenstelling tot de blauwe bessenteelt (De Groot *et al.* 2015) en de overdekte aardbeienteelt, wordt bij de perenteelt en de open teelt van aardbeien geen gebruikgemaakt van gekweekte aardhommels (*Bombus terrestris*). In de huidige berekeningen is er daarom van uitgegaan dat waargenomen aardhommels uit het wild afkomstig waren. Er bestaat een kans dat een gedeelte van de aardhommels afkomstig is uit gekweekte kolonies die op bedrijven in de omtrek voor een ander doeleinde waren geplaatst. Dit is echter lastig te kwantificeren en maakt in elk geval geen deel uit van de eventueel door de deelnemende telers gemaakte kosten voor bestuivingsdiensten.

Per bedrijf werden de aantallen bestuivers en de soortenrijkdom gemiddeld over de twee vangrondes, zodat een enkele waarde per bedrijf werd verkregen die kon worden meegenomen in de verdere analyses.

2.5.2 Oogstkenmerken

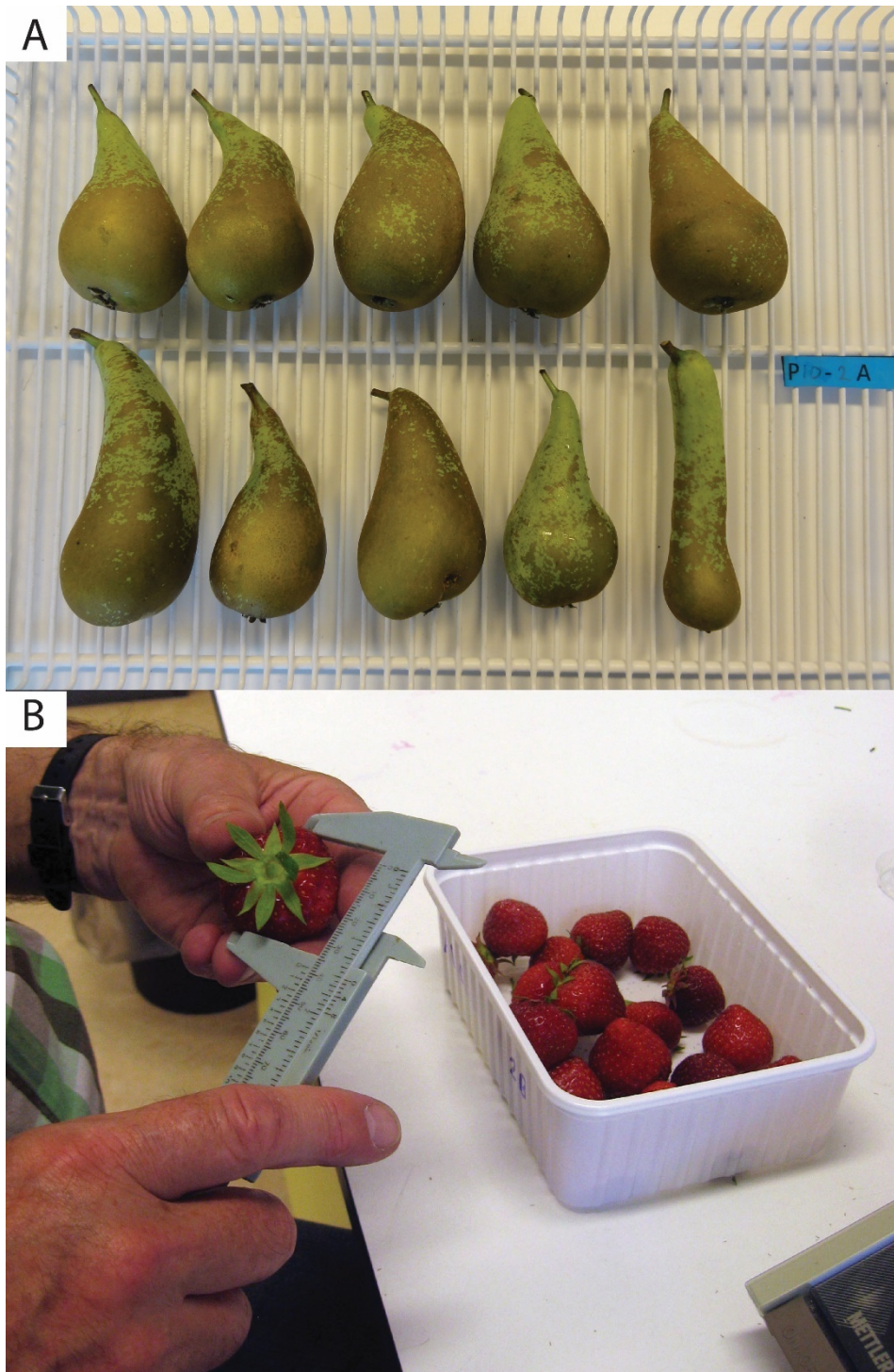
Gemeten waarden voor vruchtgewicht en vruchtmaat werden gemiddeld per behandeling per plot. Per plot werd vervolgens voor de gemiddelde vruchtmaat, het gemiddelde vruchtgewicht en (bij de peren) het aantal vruchten de ratio bepaald tussen de waarde bij vrije bestuiving en de waarde bij windbestuiving, om te corrigeren voor eventuele variatie veroorzaakt door verschillen in windbestuiving of vruchtdunning tussen bedrijven. In verdere (regressie- of correlatie-)analyses waarin oogstparameters werden vergeleken tussen bedrijven werd gebruikgemaakt van deze ratio's. Tevens werd de ratio bepaald tussen de waarde bij handbestuiving en bij vrije bestuiving, als indicatie voor de mate waarin geoptimaliseerde bestuiving resulteerde in een kwaliteitsverbetering.

2.5.3 Verdeling over kwaliteitsklassen

Verdeling over kwaliteitsklassen vindt op de veiling plaats per aangeboden partij, waarbij zekere tolerantiegrenzen gelden met betrekking tot afwijking van de eisen van een beperkt deel van de partij. Een dergelijke aanpak was echter niet haalbaar in deze studie, omdat slechts een kleine steekproef werd bemonsterd, met als doel inzicht te krijgen in de (financiële) opbrengst per hectare. Om inzicht te krijgen in verschillen in klasse-indeling tussen verschillende behandelingen, werd in dit onderzoek elke afzonderlijke vrucht in een bepaalde klasse ingedeeld op basis van vaste klassegrenzen. Deze indeling werd op hoofdlijnen gebaseerd op de richtlijnen beschreven in de "Algemene handelsnorm voor peren" en de "Algemene handelsnorm voor aardbeien" zoals vastgelegd in EU-verordeningen 543/2011 en 1333/2011 (Kwaliteits Controle Bureau 2015), voor aardbeien aangevuld met specifieke criteria verstrekt door een veilinghuis.

Peer

Bij peren werd een verdeling over drie kwaliteitsklassen aangehouden (K1-3, met K1 = hoogste kwaliteit en K3 = "industrie"-vruchten, ongeschikt voor losse verkoop). Voor de verdeling over kwaliteitsklassen zijn drie criteria leidend: de diameter, het gewicht en de vorm. De ondergrens voor de diameter van peren in klasse K1 ligt op 50 mm; kleinere peren vallen in klasse K2 of lager. De ondergrens voor de diameter van peren in klasse K2 ligt op 45 mm. De ondergrenzen voor het gewicht van peren in klasse K1 en K2 liggen bij respectievelijk 100 en 75 gram. Met betrekking tot de vorm is met name het eventueel optreden van een flesvorm van belang. Flesvormige vruchten werden ingedeeld in klasse K2 of lager. Met betrekking tot vruchtsymmetrie geldt een relatief hoge tolerantie. Asymmetrie is geen directe aanleiding tot indeling in een lagere klasse. Binnen klasse 1 en 2 geldt een onderverdeling in deelklassen op basis van formaat (met klassebreedten van 5 mm). Uiteindelijk resulteert dit in een opsplitsing in 14 klassen, zoals weergegeven in Tabel 3.



Figuur 5 Boven: een set geogst Conferenceperen met verschillende vruchtvorm en vruchtmaat, met rechtsonder een vrucht met een duidelijke flesvorm, wat resulteert in een lagere kwaliteitsklassering.
Beneden: Meten van de diameter van geogste Elsanta-aardbeien.

Aardbei

Ook voor aardbeien werd een verdeling over drie kwaliteitsklassen aangehouden (K1-3, met K1 = hoogste kwaliteit en K3 = "industrie"-vruchten, ongeschikt voor losse verkoop). Er werd geen onderscheid gemaakt tussen klasse K1 en eventuele "excellent" of "extra" klassen zoals bij sommige veilingen gebruikelijk is. De ondergrens voor de diameter van vruchten in klasse K1 en K2 werd gelegd op 22 mm. Vruchten met kleinere diameter werden per definitie ingedeeld in klasse K3. In klasse K1 werd geen vormafwijking toegestaan (zie sectie 2.4.2), in klasse K2 werd een geringe vormafwijking toegestaan, voor klasse K3 gold geen vormcriterium. Ook voor aardbeien werd per

hoofdklasse een opsplitsing gemaakt in diameterklassen, resulterend in een totaal van 13 klassen, zoals weergegeven in Tabel 4.

Tabel 3

Afbakening van de verschillende kwaliteitsklassen zoals aangehouden voor Conferenceperen

Naam klasse	Hoofdklasse	Diameterklasse (mm)	Gewicht (gram)	Flesvorm toegestaan?
K1_50-54	K1	50-54	≥100	Nee
K1_55-59	K1	55-59		
K1_60-64	K1	60-64		
K1_65-69	K1	65-69		
K1_70-74	K1	70-74		
K1_≥75	K1	≥75		
K2_45-49	K2	45-49	≥75	Ja
K2_50-54	K2	50-54		
K2_55-59	K2	55-59		
K2_60-64	K2	60-64		
K2_65-69	K2	65-69		
K2_70-74	K2	70-74		
K2_≥75	K2	≥75		
K3	K3	nvt	nvt	Ja

Tabel 4

Afbakening van de verschillende kwaliteitsklassen zoals aangehouden voor Elsanta-aardbeien

Naam klasse	Hoofdklasse	Diameterklasse (mm)	Criterium vorm
K1_22-27 mm	K1	22-27 mm	Geen afwijking toegestaan
K1_28 - 30 mm;	K1	28 - 30 mm;	
K1_31 - 35 mm;	K1	31 - 35 mm;	
K1_36 - 40 mm;	K1	36 - 40 mm;	
K1_41 - 45 mm;	K1	41 - 45 mm;	
K1_>45 mm	K1	>45 mm	
K2_22-27 mm	K2	22-27 mm	Geringe afwijking toegestaan
K2_28 - 30 mm;	K2	28 - 30 mm;	
K2_31 - 35 mm;	K2	31 - 35 mm;	
K2_36 - 40 mm;	K2	36 - 40 mm;	
K2_41 - 45 mm;	K2	41 - 45 mm;	
K2_>45 mm	K2	>45 mm	
K3	K3	nvt	nvt

2.5.4 Koppeling van kwalitatieve en kwantitatieve opbrengstgegevens aan de aanwezige bestuivende insecten

Via meervoudige lineaire regressieanalyses (multiple linear regression) werden de verbanden bepaald tussen een aantal oogstparameters (beide gewassen: vruchtgewicht, vruchtdiameter, percentage vruchten in klasse K1, gemiddelde opbrengst per hectare in klasse K1; aangevuld voor Conference met vruchtsymmetrie (% symmetrische vruchten) en aantal peren; aangevuld voor Elsanta met vormvastheid (% vruchten zonder vormafwijking) en een aantal verklarende variabelen: het aantal bestuivers (losse tests voor totaal en per type), de soortenrijkdom (losse tests voor totaal en per type) en het percentage geschikt habitat (SNH) in 500 m en 2000 m omtrek rond het perceel. Bij analyses voor aardbei werden twee weersvariabelen (het aantal zonuren per vangdag en het aantal millimeters regen per vangdag; KNMI 2015) als covariabelen meegenomen, omdat deze variabelen correleerden met het aantal aangetroffen bijen tijdens de inventarisatierondes. Bij analyses voor peren werden geen weersvariabelen meegenomen, omdat geen correlaties met de inventarisatiedata werden gevonden.

Voor de oogstparameters werd telkens gerekend met de ratio tussen de waarde bij vrije bestuiving en bij windbestuiving, om te corrigeren voor variatie tussen bedrijven in omgevingscondities.

2.5.5 Economische waardering

De marktwaarde van een partij vruchten is afhankelijk van zowel een kwantitatieve factor (het gewicht van de oogst in kilogrammen) als een kwalitatieve factor (de waarde van de oogst per kilogram). Voor het berekenen van het verschil in economische waarde van de oogstopbrengst bij vrije bestuiving en bij windbestuiving, werd een aangepaste versie gehanteerd van een methode beschreven door Garratt *et al.* (2014), die zowel de kwalitatieve als kwantitatieve factor in beschouwing neemt. De door ons gehanteerde methode wordt hieronder stap voor stap beschreven.

Het verschil in economische waarde (ΔV , in euro/hectare) tussen vrije bestuiving en windbestuiving is te schrijven als $\Delta V = V_{\text{vrij}} - V_{\text{wind}}$, waarbij

V_{vrij} = de economische waarde in euro/hectare bij vrije bestuiving;

V_{wind} = de economische waarde in euro/hectare bij windbestuiving.

De economische waarde per behandeling wordt verkregen door de totale opbrengst in kilogrammen per hectare op te splitsen over verschillende kwaliteitsklassen (zie sectie 2.5.3), de opbrengst in elke klasse te vermenigvuldigen met de prijs per kilogram van vruchten uit de betreffende klasse, en deze waarden op te tellen voor alle kwaliteitsklassen. Oftewel:

$V_t = \sum P_i \times O_{ti}$, waarbij

V_t de economische waarde is van de opbrengst van behandeling t ;

P_i = prijs in euro/kg van vruchten van kwaliteitsklasse i ;

O_{ti} de totale opbrengst in kg/ha van de vruchten van behandeling t uit kwaliteitsklasse i .

Voor bepaling van P_i werden allereerst via een veilinghuis middenprijzen per maand verkregen, voor alle maanden van de afzetperiode voor de oogstseizoenen 2013 en 2014 bij Conference en 2013, 2014 en 2015 voor Elsanta. Op basis van gegevens over de afgezette kilogrammen per maand, werd een gewogen gemiddelde middenprijs bepaald voor beide gewassen. Op basis van gegevens over de prijsverhouding tussen de drie hoofdkwaliteitsklassen (K1-K3) werd een gewogen gemiddelde prijs per kwaliteitsklasse bepaald. Prijsverhoudingen voor Conference waren beschikbaar uit de KWIN-Fruit (Heijerman-Peppelman & Roelofs 2010); voor Elsanta werden prijsverhoudingen verkregen via een veilinghuis. Omdat het voor Conference niet mogelijk bleek om prijsgegevens per diameterklasse te verkrijgen, werd P_i in dit geval niet verder uitgesplitst tussen diameterklassen. Voor Elsanta was dat wel mogelijk.

De totale opbrengst O_{ti} werd per behandeling per kwaliteitsklasse afzonderlijk geschat op basis van verzamelde oogstgegevens. Hiervoor werd de volgende formule gehanteerd:

$O_{ti} = Y \times Q_{ti} \times W_{ti} \times S_t$, waarbij

Y = de gemiddelde productie per teler (kg/ha), zoals verkregen via de enquête.

Q_{ti} = het percentage van de vruchten dat voor planten met bestuivingsbehandeling t werd toegekend aan klasse i ;

W_{ti} = het gemiddelde gewicht per vrucht als percentage van de waarde bij vrije bestuiving, per behandeling t per klasse i ;

S_t = de vruchtzetting als percentage van de waarde bij vrije bestuiving, per behandeling t . Voor de peren werd deze geschat op basis van het verschil in aantal peren per behandeling. Voor de aardbeien was geen eigen meting van de zetting beschikbaar, maar werd gebruikgemaakt van een daling van 15% in zetting bij afwezigheid van bestuivers, op basis van eerder onderzoek uitgevoerd door Zebrowska (1998).

Bovenstaande berekeningen werden uitgevoerd op basis van oogstgegevens gemiddeld over alle deelnemende bedrijven. Hierbij zijn we uitgegaan van de in onze plots gemeten kwaliteitswaarde. Een aantal perentelers ondervond hagelschade, echter deze schade werd niet aangetroffen bij de perenbomen in onze experimentele plots.

Op grond van het berekende verschil in productiewaarde tussen vrije en windbestuiving is te berekenen welk percentage van de oogstwaarde afhankelijk is van bestuiving door insecten. Per bedrijf werd vervolgens de relatieve bijdrage van honingbijen en wilde bestuivers geschat, door aantal waarnemingen van elk soort te vermenigvuldigen met een waarde voor de efficiëntie waarmee deze soort per bloembezoek de bloem weet te bestuiven (zie o.a. Isaacs *et al.* 2010 en De

Groot *et al.* 2015). In tegenstelling tot in het onderzoek naar appel en blauwe bes, waar deze efficiëntiewaarde experimenteel werd bepaald (De Groot *et al.* 2015), kon nu gebruik worden gemaakt van vergelijkbare experimentele gegevens die reeds beschikbaar waren uit de literatuur (zie sectie 5.2.1).

Op basis van de bedrijfseconomische analyses beschreven in sectie 2.2 kon per gewas per bedrijf een schatting worden gemaakt van de kostprijs per kilogram verkochte vruchten. Vergelijking tussen bedrijven wees uit dat de kostprijs in euro/kg sterk afneemt naarmate de totale productie per hectare toeneemt. Op basis van een regressieanalyse voor het verband tussen kostprijs en totale productie en de geschatte totale productie (kg/ha) per bestuivingsbehandeling, kon een kostprijs worden geschat voor zowel de situatie met vrije bestuiving als de situatie met slechts windbestuiving. Door deze kostprijs per kg te vermenigvuldigen met de totale productie in kg per behandeling, verkrijgt men de totale kosten. Door deze af te trekken van de oogstwaarde werd de nettowinst in euro/ha bepaald voor beide bestuivingsbehandelingen. Op grond daarvan werd een schatting gemaakt van de bijdrage van (wilde) bestuivers aan de netto winst per hectare.

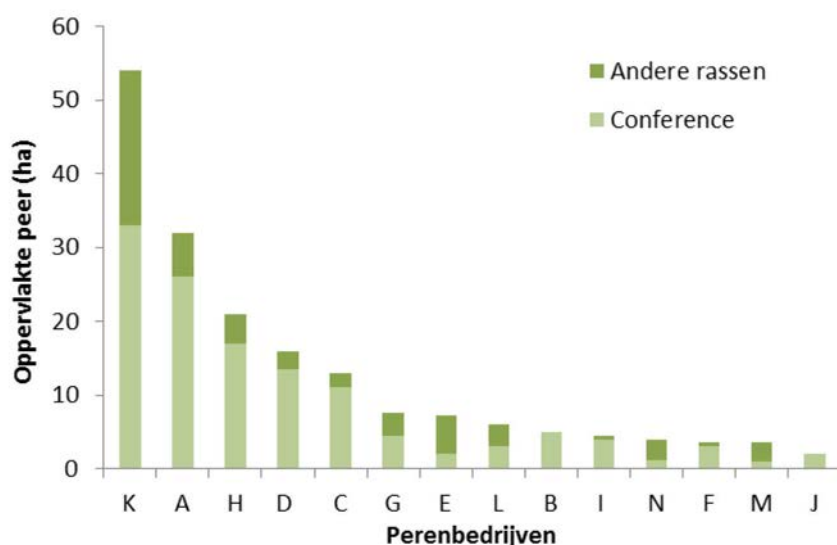
3 Bedrijfseconomische analyses

3.1 Bedrijfsprofielen

NB Om de privacy van de telers te garanderen, hebben we in dit hoofdstuk alle bedrijven een lettercode gegeven. Telers kunnen de lettercode van hun eigen bedrijf desgewenst opvragen bij Alterra om hun eigen bedrijf te volgen in de verschillende grafieken en tabellen.

3.1.1 Omvang van de perenteeltbedrijven

Van de 15 deelnemende perenbedrijven hebben er 14 meegedaan aan de enquête. De oppervlakte waarop deze bedrijven peren verbouwen, varieert van 2 tot en met maar liefst 54 hectare (Figuur 6). De gemiddelde oppervlakte perenbomen van deze bedrijven bedraagt 12,8 hectare. Slechts 5 van de bedrijven bezitten meer dan 10 hectare. Dit kan worden verklaard doordat het merendeel van deze bedrijven niet peer, maar appel als hoofdgewas teelt. In het totaal wordt er door de ondervraagde telers op bijna 180 hectare peer verbouwd. Van de 180 hectare peer van de telers bestaat ongeveer 70% (126 ha) uit Conference. Dit komt goed overeen met de getallen voor heel Nederland: in totaal werd er in 2014 op 8603 hectare peer verbouwd, het merendeel daarvan 6447 (75%) was Conference (CBS 2015). Naast Conference wordt er nog een groot aantal andere rassen geteeld. Voorbeelden hiervan zijn: Doyenné du Comice, Gieser Wildeman, Beurré Alexandre Lucas, Triomph de Vienne en Saint Rémy. Veel van deze soorten worden ook als kruisbestuivers ingezet bij Conference of andere perenrassen.

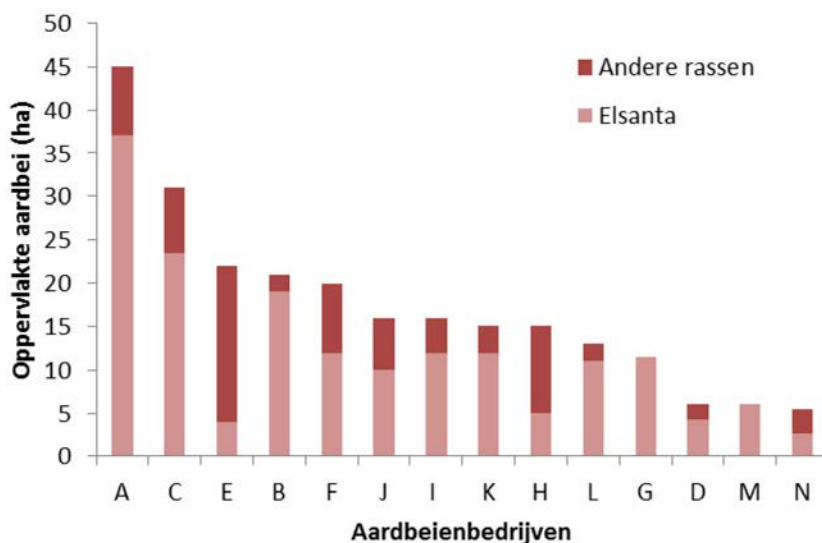


Figuur 6 Perceeloppervlak van perenteelt per geënquêteerd bedrijf en het aandeel Conference daarin.

Slechts 2 van de ondervraagde bedrijven telen alleen peer, de andere bedrijven verbouwen meerdere gewassen. Maar liefst 11 van de 14 telers groeien ook appels, daarnaast zijn er nog 3 bedrijven die ook pruimenbomen hebben en is er één teler die ook kersen teelt.

3.1.2 Omvang van de aardbeienteeltbedrijven

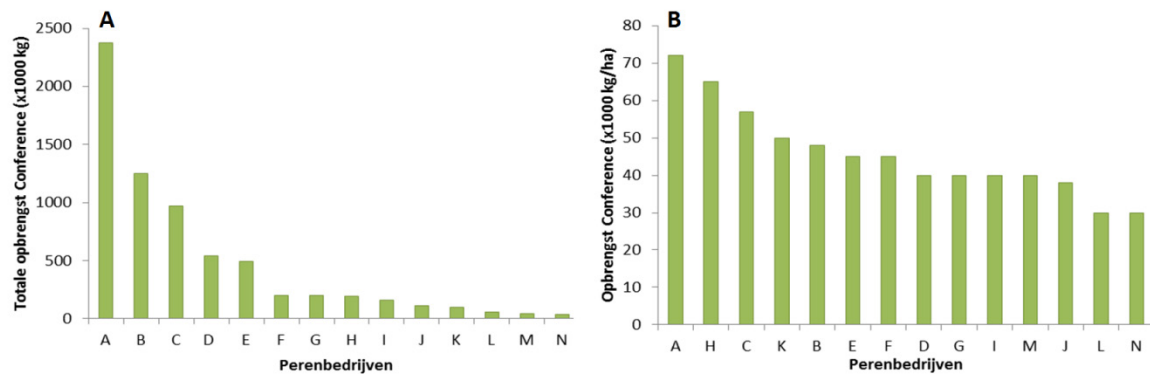
Ook bij de aardbeientelers waren 14 bedrijven bereid om aan de enquête mee te doen. Het aantal hectare aardbeien in de volle grond varieerde tussen deze bedrijven van 5,5 tot 45 hectare (Figuur 7) met een gemiddelde van ongeveer 17 ha. In totaal hebben al deze bedrijven 243 ha vollegronds aardbeien. Bij het merendeel van de telers is Elsanta het meest geteelde ras. Dit geldt ook voor de totale productie aan aardbeien in Nederland; in 2014 was 80% van de aardbeien die geteeld werden Elsanta. Naast Elsanta worden er nog enkele andere rassen verbouwd, zoals Sonata en Jive. Twee telers produceren uitsluitend Elsanta-aardbeien. Het totaal aantal hectare Elsanta van de ondervraagde telers is 170 hectare, met een gemiddelde van 12 hectare Elsanta per bedrijf. Naast aardbeien in de vollegrond heeft ongeveer de helft van de telers ook aardbeien op stellingen en/of in kassen. Deze zijn in dit onderzoek niet meegenomen. Ook produceren veel telers naast aardbeien ook nog andere gewassen. Zo worden er op drie bedrijven ook asperges geteeld. Verder worden er zeer uiteenlopende gewassen geteeld, van frambozen en bramen tot sla, prei en rabarber. Slechts vier bedrijven produceren alleen aardbeien.



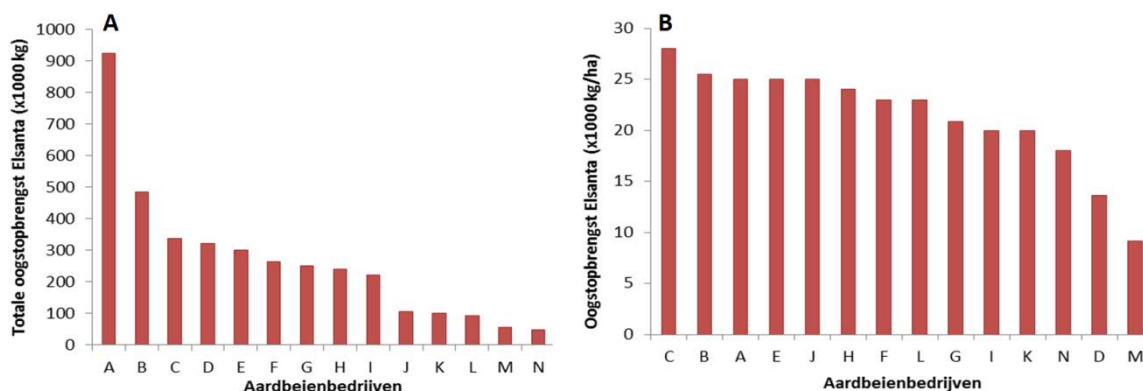
Figuur 7 Oppervlakte vollegronds aardbeien van de verschillende geënquêteerde bedrijven en het aandeel Elsanta daarin.

3.2 Opbrengst en kwaliteit

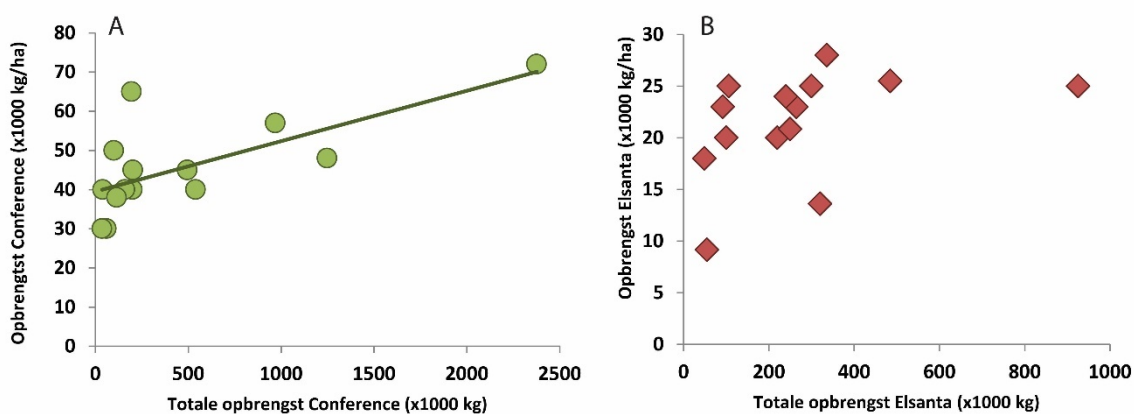
In totaal werd op de bedrijven van de ondervraagde perentelers dit jaar maar liefst 6 735 500 kilo Conference geoogst. Variërend van 2 376 000 kilo op het grootste bedrijf tot 36 000 kilo bij de teler met het kleinste oppervlak aan Conference. Per hectare varieert de opbrengst tussen de 72 000 en 30 000 kilo, een verschil van ongeveer een factor 2,5. Bij de peren is er een verband tussen de totale opbrengst en de opbrengst per hectare (Figuur 10A; eenzijdige Pearson-correlatie: $r=0.699$; $P=0.005$). Dit houdt in dat naarmate het bedrijf groter is, ook de opbrengst per hectare toeneemt. De totale aardbeienopbrengst van de deelnemende bedrijven varieert tussen de 925 000 en 48 600 kilo (Figuur 8A), met een gemiddelde van 267 275 kilo. Dit hangt uiteraard samen met de variatie in grootte van de bedrijven en daarom is het relevanter om de oogstopbrengst per hectare te vergelijken (Figuur 8B). De verschillen in opbrengst per hectare lopen uiteen van 28 000 tot ongeveer 9 000 kilo (factor 3.1 verschil). Dit betekent dat het bedrijf dat het meest geoogst heeft per hectare, drie keer zoveel heeft binnengehaald als het bedrijf dat het minst geoogst heeft. Het gemiddelde over de verschillende bedrijven is 21 400 kilo per hectare. Als vervolgens de opbrengst per hectare wordt uitgezet tegen de totale opbrengst (Figuur 10B), is te zien dat hier minder verband in lijkt te zitten. De relatie was niet significant ($r=0.408$; $P=0.147$).



Figuur 8 Oogstopbrengst Conference totaal in kilo's per bedrijf (A) en in kilo's per hectare (B).



Figuur 9 Oogstopbrengst Elsanta totaal in kilo's per bedrijf (A) en in kilo's per hectare (B).



Figuur 10 Opbrengst van Conference (A) en Elsanta (B) per hectare uitgezet tegen de totale opbrengst per bedrijf.

De perentelers gaven aan hun peren voornamelijk in de eerste en tweede klasse te verkopen. Op basis van de door hen verstrekte gegevens over totaalopbrengsten per klasse verkochten ze gemiddeld ongeveer 75% van hun vruchten in de eerste klasse. Dit gemiddelde valt vrij laag uit doordat een aantal telers slechts 50% of 60% in de eerste klasse kan verkopen, voornamelijk als gevolg van hagelschade laat in het seizoen. Desondanks komt dit gemiddelde aardig overeen met de 76% eerste klasse die door de KWIN 2009/2010 als zesjaarlijks gemiddelde over de jaren '03/'04 t/m '08/'09 genoemd wordt. Veel van de peren worden, in tegenstelling tot de aardbeien die allemaal direct verkocht worden, in de koeling bewaard om later verkocht te worden. Tijdens deze koeling gaat een

klein deel van de oogst verloren doordat het volume van de vruchten iets afneemt. Het aantal kilo's dat dus verkocht wordt, ligt iets lager dan het aantal kilo's dat geoogst wordt.

Bij de aardbeienoogst was de variatie in opbrengst tussen bedrijven groot: twee telers verkopen uitsluitend eerste klasse, maar er zijn ook telers bij die slechts 60% van de aardbeien als eerste klasse hebben afgezet. Gemiddeld leverden de telers ongeveer 85% eerste klasse, 7,4% tweede klasse en 7,6% industrie.

3.3 Kosten-batenanalyse

3.3.1 Perenteelt

De omzet van de perentelers varieerde van ruim € 16.000 tot bijna € 43.000 per hectare. Het gemiddelde over alle bedrijven lag rond € 26.700 per hectare. Als de marginale kosten (oftewel de variabele kosten, de kosten die afhankelijk zijn van de totale productieomvang) daarvan afgetrokken worden, blijft de winst voor de telers over. De marginale kosten liepen uiteen van € 10.000 tot ruim € 22.300 per hectare met een gemiddelde van € 15.400 per hectare. Dat resulteerde in een marginaal saldo (opbrengst voor de teler), uiteenlopend van € 3.200 tot € 20.400 per hectare. Gemiddeld hielden de telers € 11.300 per hectare over. Deze waarden hebben we ook per kilo uitgerekend en uitgezet tegen de opbrengst per hectare (Figuur 11). Hierin is te zien dat de omzet nauwelijks verandert als er meer per hectare geoogst wordt ($t=906$; $P=0.383$), maar dat de marginale kostprijs wel omlaaggaat ($t=-3.083$; $P=0.009$). Hiermee gaat het marginale saldo automatisch omhoog ($t=2.768$; $P=0.017$).

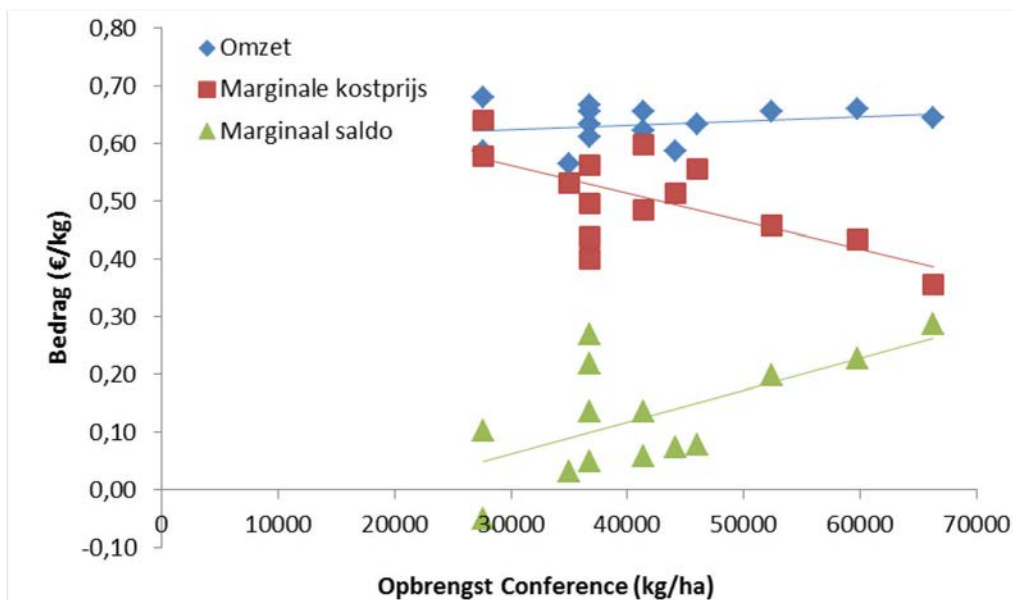
Tabel 5

Overzicht van de minimale en maximale omzet, marginale kosten en marginaal saldo van Elsanta en Conference in € per hectare en in € per kilo.

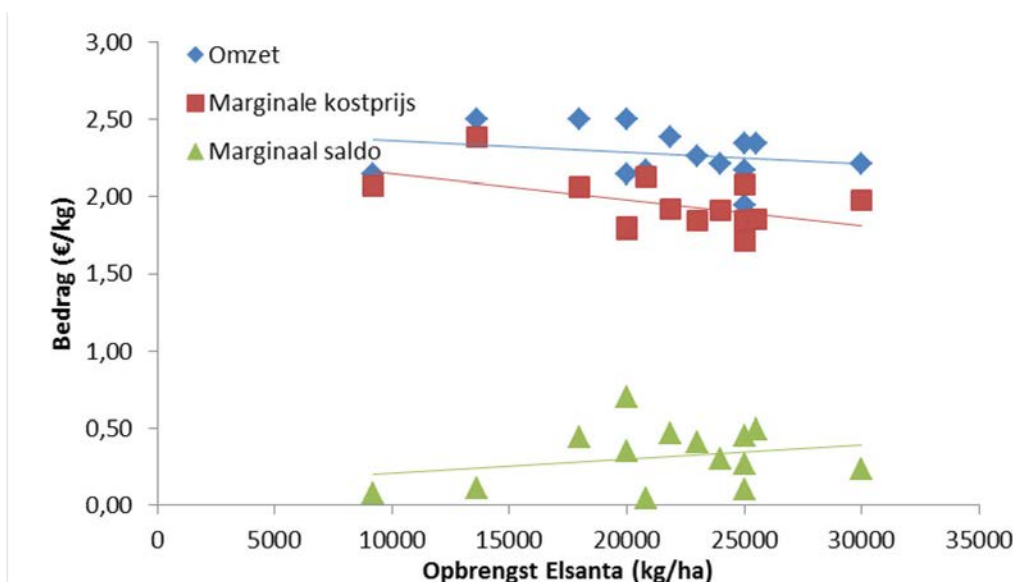
	Peren (Conference)	Aardbeien (Elsanta)
	Min - Max	Min - Max
Omzet (€/ha)	16 229 - 42 758	19 653 - 66 330
Marginale kosten (€/ha)	10 100 - 23 320	18 923 - 59 225
Marginaal saldo (€/ha)	3 209 - 20 438	730 - 14 027
Omzet per kilo (€/kg)	0,57 - 0,68	1,95 - 2,50
Marginale kostprijs (€/kg)	0,36 - 0,64	1,72 - 2,38
Marginaal saldo per kilo (€/kg)	-0,05 - 0,29	0,05 - 0,70

3.3.2 Aardbeienteelt

De aardbeientelers haalden een gemiddelde omzet van € 48.600 per hectare, uiteenlopend van bijna € 20.000 per hectare tot ruim € 66.000 per hectare (Tabel 5). Zoals te zien is in de tabel, verschilt de hoogste en de laagste omzet maar liefst met ruim een factor drie. Ook de variatie tussen de marginale kosten is ongeveer een factor drie: van € 19.000 tot € 59.000. De variatie tussen de perenbedrijven is veel minder groot, daar verschilt het minimum een factor twee met het maximum. De aardbeientelers hielden gemiddeld ruim € 7.000 per hectare over (marginaal saldo). De omzet, de marginale kostprijs en het marginale saldo zijn uitgezet tegen de opbrengst Elsanta per hectare (Figuur 12). Dit laat zien dat de omzet niet significant daalde op de bedrijven waar meer geplukt werd per hectare ($t=-0.852$; $P=0.411$). De marginale kosten leken wel te dalen (bijna-significant verband: $t=-2.009$; $P=0.067$), waardoor ook het marginaal saldo iets leek toe te nemen richting bedrijven waar meer geoogst werd per hectare, maar dit verband was niet significant ($t=0.919$; $P=0.376$).



Figuur 11 De omzet, marginale kostprijs en marginaal saldo van Conference in € per kilo uitgezet tegen de opbrengst per hectare.

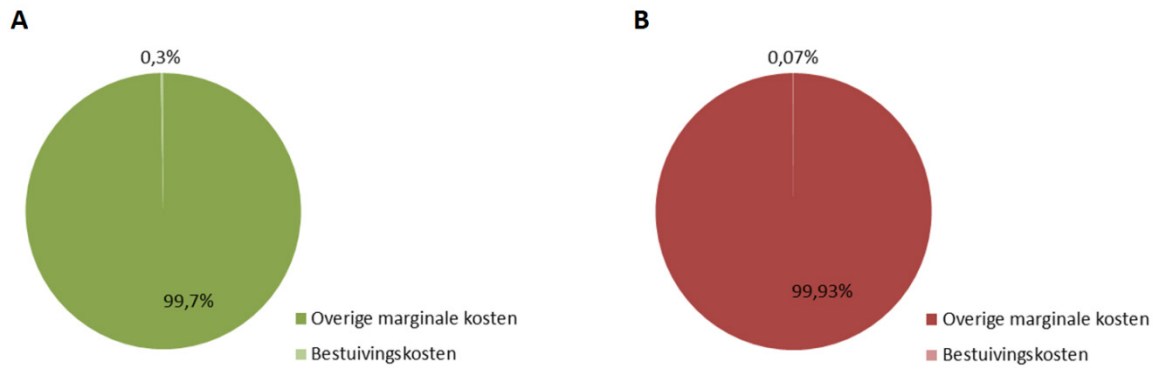


Figuur 12 De omzet, marginale kostprijs en marginaal saldo van Elsanta in € per kilo uitgezet tegen de opbrengst per hectare.

3.4 Aandeel van bestuivingsbevordering in de totale kosten

Om het aandeel van bestuiving uit te rekenen, hebben we de marginale kosten gebruikt; zowel de toegerekende kosten als de toegerekende kosten van het marginaal saldo. Relatief gezien zijn de bestuivingskosten slechts een zeer klein deel van de totale kosten die de telers maken. Dit is te verklaren omdat ten eerste de overige kosten, met name de arbeidskosten, hoog zijn en ten tweede de telers heel weinig geld kwijt zijn aan bestuiving. Omdat veel van de aardbeientelers überhaupt geen geld uitgeven aan bestuiving, hebben we voor het gemiddelde uitsluitend de telers meegenomen die wél kosten maken voor bestuivers. Dan nog zijn deze kosten echter zeer beperkt: voor

aardbeientelers betref het een gemiddelde van € 25 per hectare, wat slechts 0,03% van de totale marginale kosten per hectare uitmaakt. Voor de perentelers die investeren in bestuivers liggen de kosten iets hoger (€ 62 per hectare), maar ook daar is dit nog altijd slechts 0,3% van alle marginale kosten.



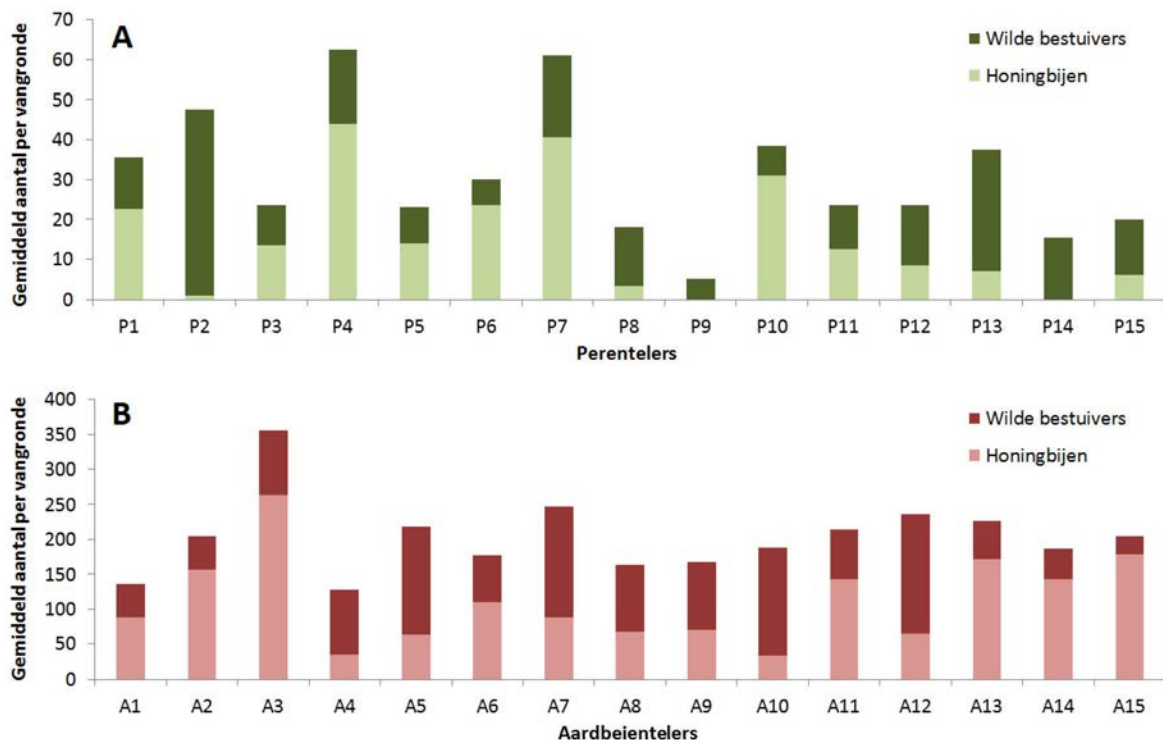
Figuur 13 De gemiddelde bestuivingskosten als percentage van de gemiddelde marginale kosten voor peer (A) en aardbei (B).

4 Aanwezigheid van bloembezoekende bestuivers

4.1 Variatie tussen bedrijven

4.1.1 Perenteelt

Het gemiddeld aantal aangetroffen bestuivende insecten per vangronde varieerde behoorlijk tussen de percelen met Conferenceperen (Figuur 14A en Tabel 6). Het gemiddeld aantal aangetroffen honingbijen lag tussen de 0–44 individuen, aanzienlijk lager dan eerder in de percelen van Elstar appels werd gevangen (3 tot 158 individuen per ronde; De Groot *et al.* 2015), ondanks het feit dat een flink deel van de bedrijven overlapt tussen beide studies. Een vergelijkbaar verschil in aantallen bloembezoekende honingbijen tussen percelen appel en peer werd in een eerdere inventarisatiestudie ook aangetroffen door Reemer en Kleijn (2010). Het is ook de voornaamste reden dat het totale aantal bestuivers flink lager lag dan eerder bij percelen Elstar appels werd waargenomen. Het aantal wilde bestuivers lag iets lager dan bij de appels, maar door de lage aantallen honingbijen was het aandeel van de wilde soorten wel aanzienlijk groter (gemiddeld iets meer dan de helft van het totaal aantal bestuivers: 58%). Opvallend is met name het grote aantal zweefvliegsoorten (tot 11 soorten per vangronde per bedrijf; Tabel 6).



Figuur 14 Gemiddeld aantal aangetroffen honingbijen en wilde bestuivers per vangronde voor de 15 deelnemende perenteeltbedrijven (Figuur A) en aardbeienteeltbedrijven (Figuur B).

4.1.2 Aardbeienteelt

In alle aardbeienpercelen werden hoge aantallen honingbijen aangetroffen (Figuur 14B en Tabel 7). Ook het aantal wilde bestuivers was aanmerkelijk hoger dan bij de perenpercelen (gemiddeld 92 wilde bestuivers per vangronde per bedrijf). De verhouding tussen honingbijen en wilde bestuivers

verschilde, net als bij de perenteelt, sterk tussen bedrijven, maar gemiddeld behoorde iets minder dan de helft van de bloembezoekende bestuivers tot een wilde soort (46%). Opvallend is dat ondanks het hoge aantal wilde bestuivers, de soortenrijkdom vergelijkbaar was met de perenteelt. De hoge aantallen waren voornamelijk te danken aan twee hommelse soorten, de Aardhommel (*Bombus terrestris*) en de Steenhommel (*Bombus lapidarius*) en een zweefvliegsoort genaamd de Blinde bij (*Eristalis tenax*). Alle drie soorten zijn in heel Nederland zeer algemeen.

Tabel 6

Overzicht van tijdens de vangrondes aangetroffen aantallen en soortenrijkdom van bloembezoekende bestuivers, per perenteeltbedrijf. De gepresenteerde getallen zijn gemiddelden over de twee vangrondes per locatie. Gedomesticeerde bijen bijgeplaatst: H = kasten met honingbijen, x = niets bijgeplaatst. Maatregelen voor wilde bijen: MI = verminderd insectidengebruik, NM = bloemen tussen rijen niet wegmaaien, R = bloemrand langs perceel, B = Bijenhotel, x = niets gedaan.

Bedrijfscode	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15
Gedomesticeerde bijen bijgeplaatst?	?	H	H	H	H	H	H	H	x	H	x	x	H	x	H
Maatregelen wilde bijen	x	x	MI	x	MI	x	NM	x	x	R	x	MI	MI	MI	B+R
Talrijkheid															
Alle bestuivers	35.5	47.5	23.5	62.5	23	30	61	18	5	38.5	23.5	23.5	37.5	15.5	20
Honingbij	23	1	14	44	14	24	41	4	0	31	13	9	7	0	6
Hommels	1	5	1	1	1	1	1	0	1	0	1	3	1	5	1
Solitaire bijen	5	26	1	4	0	1	1	0	1	1	3	7	5	5	3
Zweefvliegen	8	16	8	15	9	5	19	15	4	7	8	6	26	6	11
Totaal wilde bestuivers	13	47	10	19	9	7	21	15	5	8	11	15	31	16	14
Percentage wilde bestuivers	37%	98%	43%	30%	39%	22%	34%	81%	100%	19%	47%	64%	81%	100%	70%
Soortenrijkdom															
Aantal soorten wilde bestuivers	8.0	15.5	6.5	9.0	4.5	5.5	9.5	6.0	4.0	4.5	8.5	10.0	14.5	8.5	6.5
Aantal soorten hommels	0.5	2.5	1.0	0.5	0.5	1.0	1.0	0.0	0.5	0.0	0.5	1.5	0.5	2.0	1.0
Aantal soorten solitaire bijen	3.0	5.0	1.0	2.5	0.0	0.5	0.5	0.0	0.5	0.5	2.5	3.5	3.0	3.0	1.0
Aantal soorten zweefvliegen	4.5	8.0	4.5	6.0	4.0	4.0	8.0	6.0	3.0	4.0	5.5	5.0	11.0	3.5	4.5

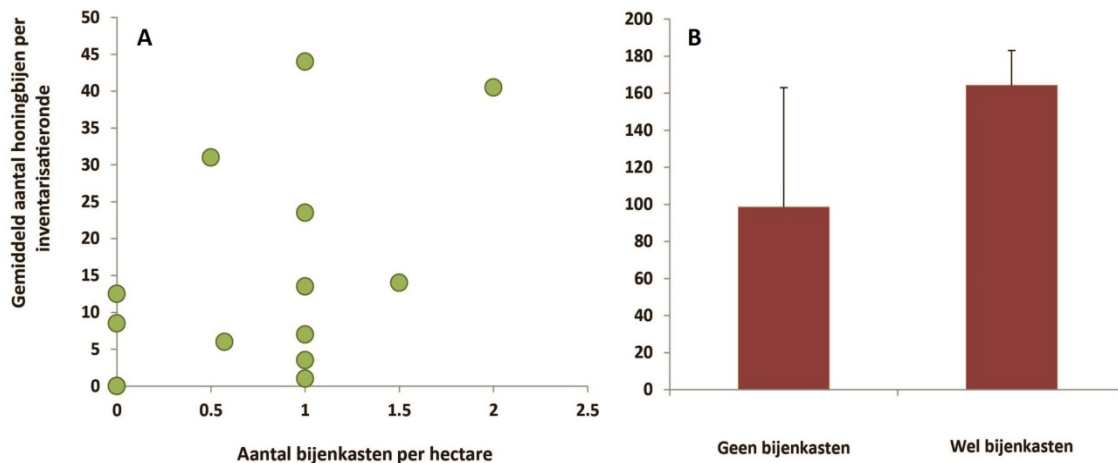
Tabel 7

Overzicht van tijdens de vangrondes aangetroffen aantallen en soortenrijkdom van bloembezoekende bestuivers, per aardbeienteeltbedrijf. De gepresenteerde getallen zijn gemiddelden over de twee vangrondes per locatie. Gedomesticeerde bijen bijgeplaatst: H = kasten met honingbijen, x = niets bijgeplaatst. Maatregelen voor wilde bijen: MI = verminderd insectidengebruik, R = bloemrand langs perceel, x = niets gedaan.

Bedrijfscode	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15
Gedomesticeerde bijen bijgeplaatst?	x	x	x	x	x	x	x	?	x	x	x	x	H	H	H
Maatregelen wilde bijen	x	x	MI	x	x	x	x	?	x	x	x	R	MI	x	x
Talrijkheid															
Alle bestuivers	136	205	355	128	218	177	247	164	168	188	214	237	226	187	204
Honingbij	88	156	264	35	64	110	89	68	71	33	144	64	172	143	178
Hommels	41	47	81	84	147	61	143	91	96	147	48	157	47	39	24
Solitaire bijen	1	0	0	0	0	1	1	2	1	1	2	0	0	0	1
Zweefvliegen	7	2	11	9	8	5	14	4	1	8	21	16	7	6	2
Totaal wilde bestuivers	48	49	91	93	155	67	158	96	98	155	70	173	54	44	26
Percentage wilde bestuivers	35%	24%	26%	73%	71%	38%	64%	59%	58%	83%	33%	73%	24%	24%	13%
Soortenrijkdom															
Aantal soorten wilde bestuivers	6.0	4.0	6.5	8.0	5.0	5.5	7.5	6.5	3.0	8.0	9.5	4.5	5.0	6.0	3.5
Aantal soorten hommels	2.0	2.5	3.0	4.5	2.5	2.0	2.5	2.0	1.5	3.5	2.0	2.5	2.0	2.0	1.5
Aantal soorten solitaire bijen	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	1.5	1.0	0.5	1.0	0.0	0.0	0.0	0.5
Aantal soorten zweefvliegen	3.5	1.0	3.5	3.5	2.5	2.5	4.0	3.0	0.5	4.0	6.5	2.0	3.0	4.0	1.5

4.2 Bijplaatsing van honingbijen

Het hoge aantal aangetroffen honingbijen in aardbeienpercelen en het lage aantal in perenpercelen, is opvallend gezien het feit dat juist de perentelers actief honingbijkasten bijplaatsen (Tabel 6), terwijl slechts drie aardbeientelers dat deden (Tabel 7). Dit suggereert dat de bij de aardbeien aangetroffen honingbijen afkomstig zijn van andere bronnen uit de omgeving en dat de bijgeplaatste bijen in perenpercelen zich meer verspreiden in de omgeving, mogelijk vanwege lagere dichtheden bloemen. Dit beeld wordt bevestigd door het ontbreken van een significante relatie tussen het aantal bijgeplaatste kasten per hectare en het aantal waargenomen honingbijen in perenpercelen (Figuur 15A; $t=1.813$; $P=0.093$) en het eveneens ontbreken van een significant verband tussen het wel of niet bijplaatsen in aardbeienpercelen en het aantal daar aangetroffen honingbijen (Figuur 15B; $F=2.815$; $P=0.112$).



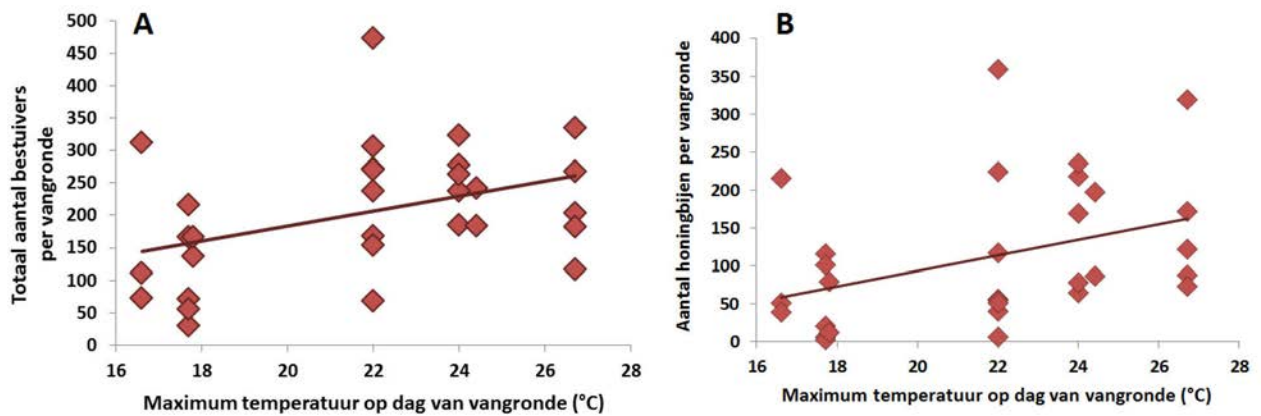
Figuur 15 Relaties tussen het bijplaatsen van honingbijen en het aantreffen van honingbijen in teeltpercelen van Conferenceperen (Figuur A) en Elsanta-aardbeien (Figuur B). Voor Conference is het aantal bijenkasten per hectare uitgezet tegen het aantal waargenomen honingbijen. Voor Elsanta plaatsten slechts drie van de vijftien bedrijven honingbijen bij, en wordt daarom alleen het aantal honingbijen bij wel of niet bijplaatsen vergeleken.

4.3 Invloed van weerscondities

De weersomstandigheden tijdens de bloeiperiode van beide gewassen, en dus tijdens de inventarisatie van bestuivende insecten, waren redelijk normaal voor de betreffende tijd van het jaar. Toch varieerden de hoeveelheid zon, de temperatuur en eventuele regenval per dag waarop werd gevangen. Op de dagen waarop inventarisaties werden uitgevoerd in de perenpercelen lag de middagtemperatuur wel boven de 15 graden, zoals in het vangprotocol werd voorgeschreven. In de ochtend lag de temperatuur echter soms wel lager. Desondanks werden geen verbanden gevonden tussen de weerscondities op de dag van inventarisatie en het aantal aangetroffen individuen van een bepaald type bestuiver, of de soortenrijkdom.

Voor de inventarisatiegegevens verzameld in aardbeienpercelen werd ook geen verband gevonden met het aantal uren zonneshijns of de regenval per dag. Het totaal aantal bestuivers per vangronde hield echter wel significant verband met de maximumtemperatuur op de betreffende dag (Figuur 16A); deze relatie was het gevolg van variatie in het aantal honingbijen, dat hoger was naarmate de temperatuur op de vangdag hoger was (Figuur 16B). Bekend is dat honingbijen relatief hoge temperaturen nodig hebben om uit te vliegen vergeleken met bijvoorbeeld hommels, wat verklaart waarom geen verband werd gevonden voor de wilde soorten. De temperaturen op de

vangdagen lagen zodanig hoog dat honingbijen in principe ook wel kunnen uitvliegen, maar blijkbaar nemen de aantallen toch nog verder toe als de temperatuur verder stijgt.



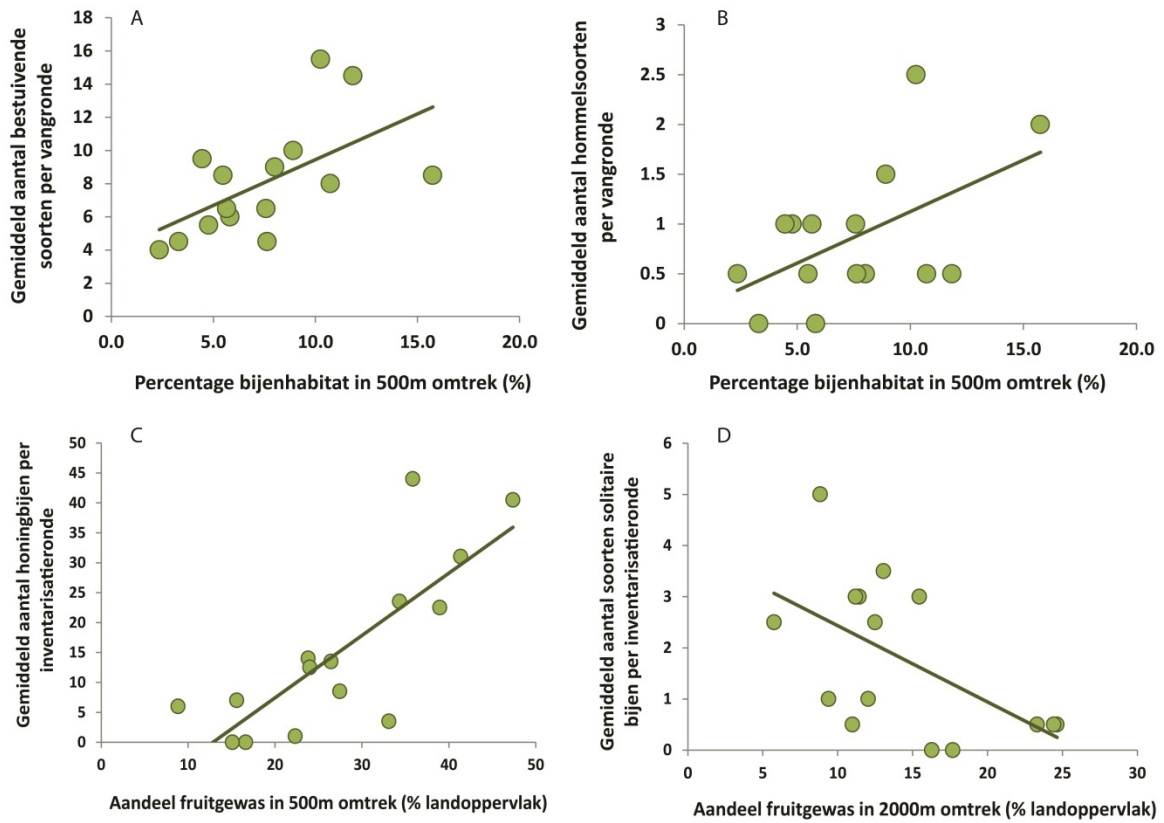
Figuur 16 Relaties tussen de maximumtemperatuur op de dagen waarop inventarisatierondes in aardbeienpercelen werden uitgevoerd en het totaal aantal aangetroffen bestuivers per vangronde (A) of het aantal honingbijen per vangronde (B).

4.4 Invloed van het omringende landschap

In de perenpercelen werd een duidelijke relatie aangetroffen tussen de hoeveelheid seminatuurlijk bijenhabitat in de nabije omgeving van het teeltperceel en de soortenrijkdom van de bloembezoekende bestuivers: hoe groter de oppervlakte aan geschikt habitat binnen de eerste 500 m rond het teeltperceel, hoe hoger het totaal aantal soorten (Figuur 17A; $t=2.587$; $P=0.023$). Deze relatie werd vooral veroorzaakt door het aantal hommelse soorten, dat weliswaar laag was, maar duidelijk toenam met de hoeveelheid geschikt habitat (Figuur 17B; $t=2.290$; $P=0.039$). Er leek eveneens sprake te zijn van een verband tussen het totaal aantal wilde bestuivers en de hoeveelheid habitat in de eerste 500 m, maar dit verband was niet significant ($t=1.917$; $P=0.070$).

De hoeveelheid honingbijen in de percelen vertoonde geen relatie met de hoeveelheid seminatuurlijke habitat, maar wel een duidelijke positieve relatie met het totale voedselaanbod (percentage oppervlak ingenomen door landgebruiktypen die voedsel bieden, waarvan het overgrote deel wordt ingenomen door de fruitpercelen zelf), zowel in de eerste 500 m (Figuur 17C; $t=4.793$, $P<0.001$) als in de eerste 2000 m ($t=2.166$, $P=0.049$) rond het teeltperceel. Waarschijnlijk komt dit door de inzet van honingbijen in naburige percelen, die (net als de honingbijen die in het onderzochte perceel werden bijgeplaatst, zie sectie 4.2) ook naar andere percelen vliegen. De talrijkheid en soortenrijkdom van wilde bestuivers hingen niet samen met het percentage fruitgewas, behalve voor de solitaire bijen: het aantal soorten solitaire bijen nam duidelijk af naarmate een groot percentage van de eerste 2000 m rond het teeltperceel uit fruit bestond (Figuur 17D; $t=-2.467$; $P=0.027$).

In de aardbeienpercelen leek geen sprake van duidelijke verbanden tussen het aantal of de soortenrijkdom van bestuivende insecten enerzijds en de hoeveelheid seminatuurlijk bijenhabitat of fruitgewas anderzijds. Wel bestond er, in overeenstemming met de relatie aangetroffen in de perenpercelen, een bijna-significante relatie ($t=1.984$; $P=0.069$) tussen het aantal hommelse soorten en de hoeveelheid geschikt habitat in de eerste 500 m rond het teeltperceel. De geschikte habitat in de eerste 500 m rond de in deze studie meegenomen perenpercelen bestond voor het grootste deel uit grasranden in wegbermen en op dijken. Rond de aardbeienpercelen bestond gemiddeld ongeveer 30% van de geschikte habitat uit bosranden. Geen enkele relatie werd aangetroffen tussen het aantal bestuivers of de soortenrijkdom en de hoeveelheid habitat in een grotere omtrek rond het bedrijf (2000 m).



Figuur 17 Relatie tussen het percentage geschikt habitat voor bijen in de omtrek van een perenteeltperceel (A en B) of het percentage fruitgewas in de omtrek van een perenteeltperceel (C en D) en de aangetroffen aantallen of soortenrijkdom van bestuivers.

5 Invloed van bestuiving op de oogst

5.1 Effecten van insectenbestuiving op de oogstopbrengst

5.1.1 Effect van insectenbestuiving op kwantitatieve en kwalitatieve oogstkenmerken

Peer

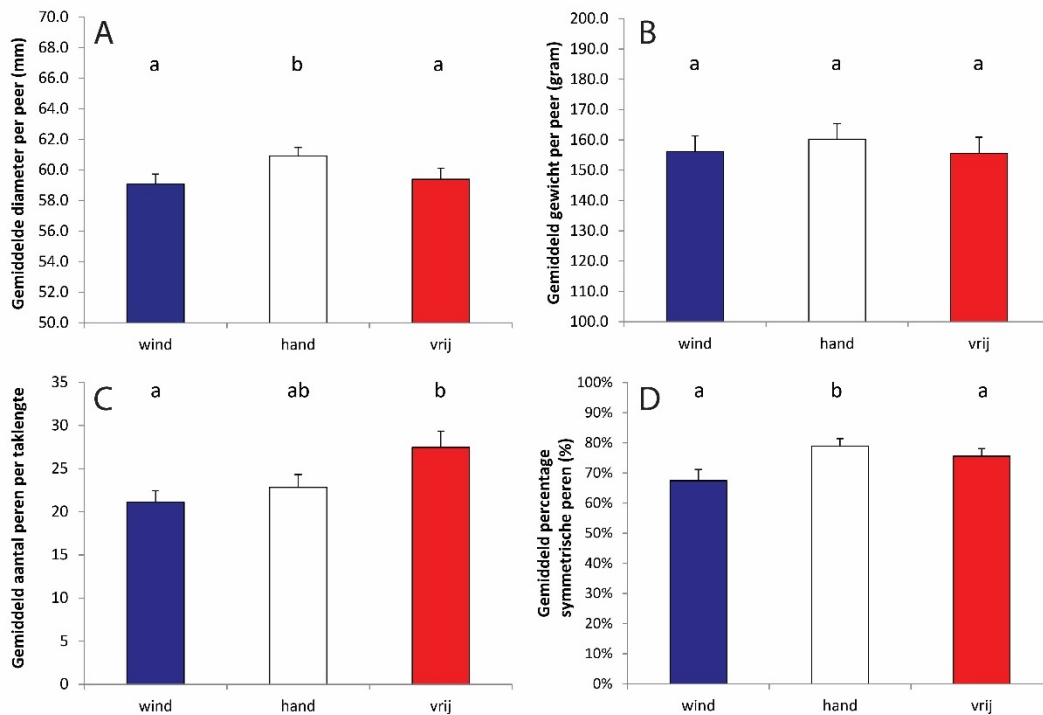
Gemiddeld over alle plots in de 15 door ons onderzochte perenteeltpercelen bleken de omvang en het gewicht van de peren niet te verschillen tussen de behandeling waarbij insecten vrije toegang hadden en de behandeling waarbij alleen windbestuiving mogelijk was (Figuur 18A en 18B; diameter: $t = -0.665$, $P = 0.517$; gewicht: $t = 0.183$, $P = 0.857$). Gemiddeld genomen leek het weghouden van bestuivers dus niet te resulteren in aantoonbaar kleinere vruchten. Ook het percentage vruchten met een goede symmetrische vorm verschilde (net) niet significant tussen vrij bestoven en slechts door de wind bestoven takken ($t = -.2096$; $P = 0.055$). Belangrijk is echter dat de verhouding in formaat, gewicht en symmetrie aanzienlijk verschilde tussen de bedrijven onderling: bij sommige bedrijven resulteerde het buitensluiten van bestuivers wel in kleinere, lichtere of meer asymmetrische peren, terwijl bij andere bedrijven deze behandeling juist resulteerde in iets grotere, zwaardere of beter gevormde peren. Ondanks dat ook de vrij bestoven takken door de telers gedund werden tot het door hun gewenste maximale aantal peren per tak, lag het aantal peren aan takken die uitgesloten werden van bestuiving gemiddeld genomen wel significant lager dan bij de vrijbestoven takken ($t = -2.836$; $P = 0.013$): het aantal peren aan de door ons geselecteerde takken (met constante lengte) nam met gemiddeld ongeveer 15% af (Figuur 18C) wanneer de tak tijdens de bloei was afgeschermd met een gazen zak. Dit geeft een indicatie van een afname in zettingspercentage bij het ontbreken van bestuivers.

Aardbei

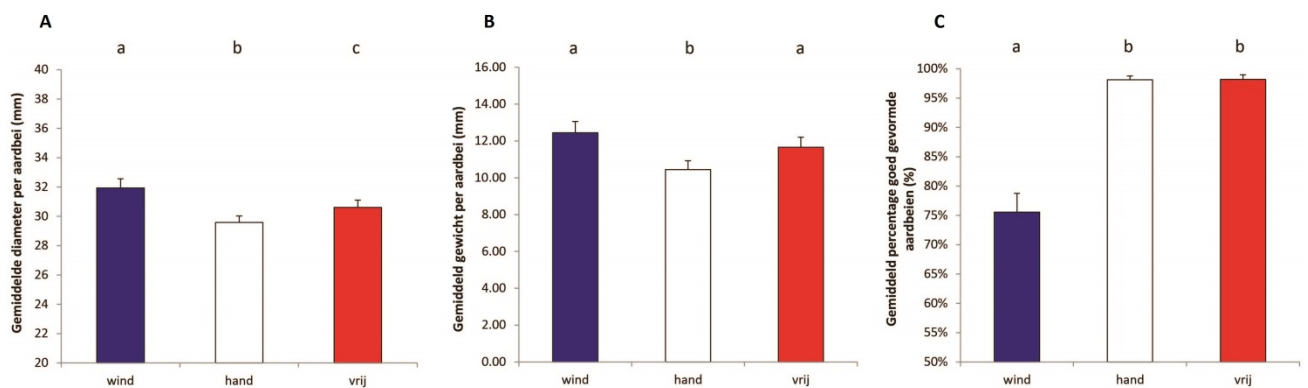
Gemiddeld over alle experimentele plots in de 15 door ons onderzochte bedrijven bleek het formaat van de aardbeien niet te verschillen tussen planten waar bestuivers wel of geen toegang hadden gehad tot de bloemen. Gemiddeld over alle bedrijven was de diameter van aardbeien zelfs iets groter wanneer tijdens de bloei insecten geen toegang hadden gehad tot de bloemen (Figuur 19A; significant verschil: $t = 3.010$; $P = 0.009$). Het vruchtgewicht verschilde niet significant tussen de behandeling met vrije bestuiving en de behandeling met alleen windbestuiving (Figuur 19B; $t = 2.002$; $P = 0.065$). Wel resulteerde het uitsluiten van bestuivers op alle bedrijven in een sterke toename in het aantal misvormde vruchten. Het percentage vruchten met de juiste vorm daalde met circa 20% wanneer bestuivers geen toegang hadden tijdens de bloei (Figuur 19C).

5.1.2 Effect van insectenbestuiving op de kwaliteitsklassering

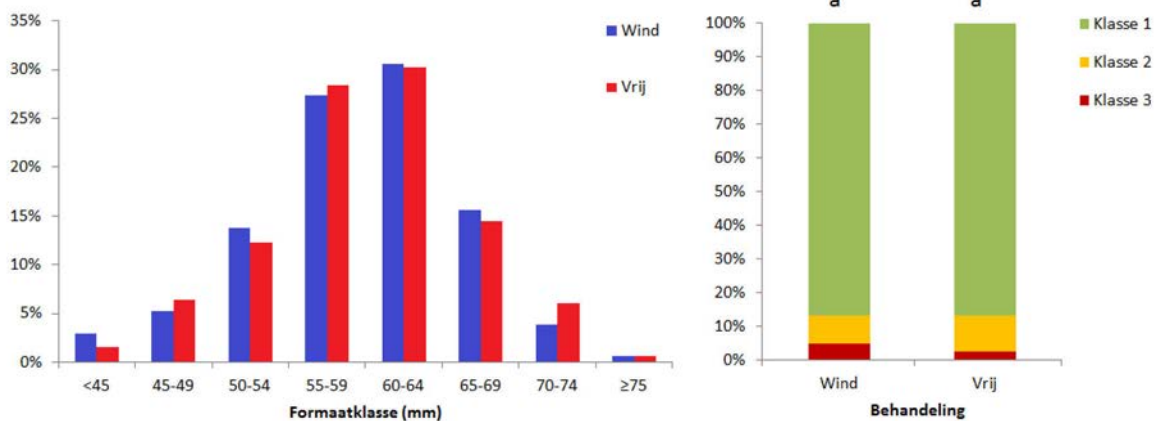
Wanneer individuele peren werden ingedeeld in kwaliteitsklassen op basis van hun vorm, formaat en gewicht, kan het effect van wel of geen aanwezigheid van bestuivers op de kwaliteitsklassering gemakkelijk worden vergeleken. In Figuur 20 is zichtbaar dat, op basis van alle geoogste peren uit alle plots van alle 15 bedrijven, de verdeling over formaatklassen en kwaliteitsklassen (Klasse K1, K2 en K3) niet duidelijk verschilde tussen de vrij bestoven behandeling en de behandeling waar alleen windbestuiving mogelijk was. Op een gemiddeld teeltbedrijf resulteerde het weghouden van bestuivers niet in een significant lager aantal peren in de hoogste kwaliteitsklasse ($t = -0.033$; $P = 0.974$).



Figuur 18 Kwalitatieve (Figuur A, B en D) en kwantitatieve (Figuur C) oogstopbrengst van Conferenceperen van bomen die tijdens de bloei waren blootgesteld aan drie verschillende behandelingen: slechts windbestuiving mogelijk (wind; blauw), vrije bestuiving door wind en insecten, aangevuld met handbestuiving (hand; wit) en vrije bestuiving door wind en insecten (vrij; rood). Weergegeven waarden zijn gemiddelden over alle bedrijven, met standaardfout. De kleine lettercodes boven de staafdiagrammen geven significante verschillen weer binnen één deelgrafiek (behandelingen met verschillende letters wijken significant van elkaar af).

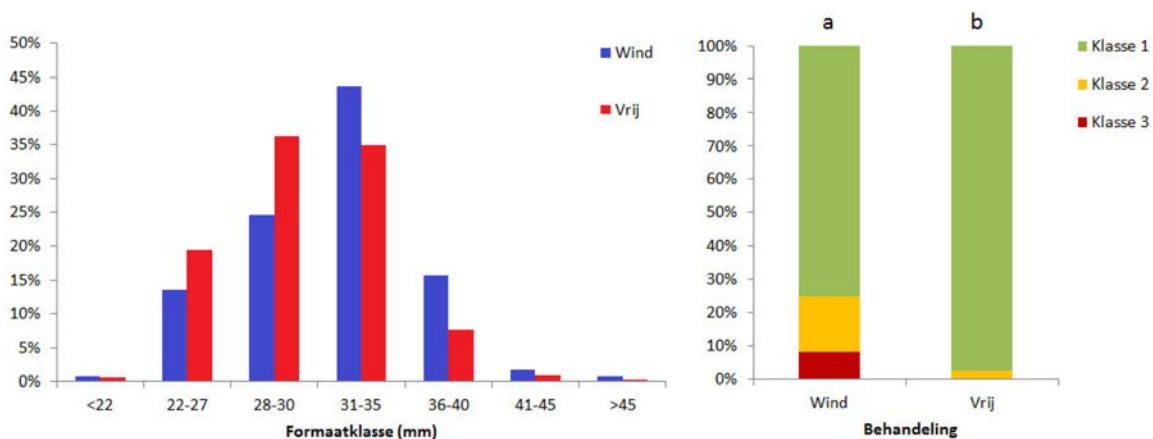


Figuur 19 Kwalitatieve oogstopbrengst van Elsanta-aardbeien voor planten die tijdens de bloei waren blootgesteld aan drie verschillende behandelingen: slechts windbestuiving mogelijk (wind; blauw), vrije bestuiving door wind en insecten aangevuld met handbestuiving (hand; wit), en vrije bestuiving door wind en insecten (vrij; rood). Weergegeven waarden zijn gemiddelden over alle bedrijven, met standaardfout. Letters boven de staafdiagrammen geven significante verschillen weer binnen één deelgrafiek (behandelingen met verschillende letters wijken significant van elkaar af).



Figuur 20 Verdeling van bemonsterde peren (van alle 15 bedrijven samen) over formaatklassen en kwaliteitsklassen.

Voor de aardbeien was wel degelijk een effect van bestuiving op de kwaliteitsklassering zichtbaar. Hoewel bij het ontbreken van bestuivers juist een groter aantal vruchten in een hogere formaatklasse viel (Figuur 21), lag het percentage vruchten in de hoogste klasse (K1) ruim 20% lager dan bij vrije bestuiving (significant verschil: $t=-7.188$; $P<0.001$). Deze terugval wordt veroorzaakt door een hoger voorkomen van vruchten met een vormafwijking. Zoals beschreven in sectie 5.5.1, daalt het percentage vruchten met een volledig goede vorm met ongeveer 20% wanneer bestuivers worden buitengesloten. Aangezien in de hoogste kwaliteitsklasse (K1) geen vruchtafwijking is toegestaan, resulteert dit in een ongeveer gelijke afname in het percentage vruchten in de hoogste kwaliteitsklasse.



Figuur 21 Verdeling van bemonsterde aardbeien (van alle 15 bedrijven samen) over formaatklassen en kwaliteitsklassen.

5.1.3 Opbrengstlimitatie door gebrek aan bestuiving

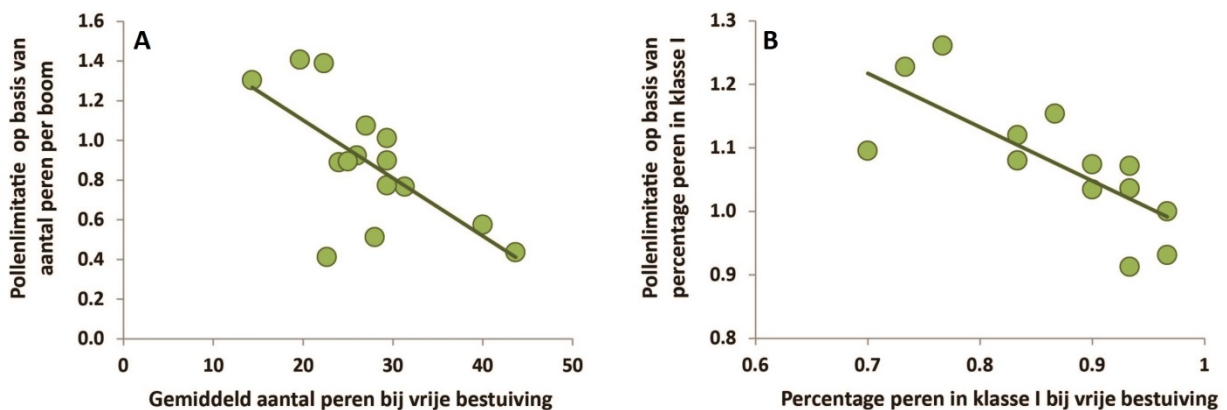
Peer

De diameter van peren aan takken waarvan de bloemen met de hand waren bestoven, was gemiddeld over alle bedrijven iets hoger dan bij takken die alleen vrij door wind en bestuivende insecten waren bestoven (Figuur 18; diameter: $t=2.944$, $P=0.011$). Voor het gewicht en de symmetrie van de peren, en het aantal peren per tak, werd geen verschil gevonden tussen deze twee behandelingen. Dit suggereert dat op een gemiddeld perenteeltbedrijf de diameter nog iets te verbeteren is door de

bestuiving verder te optimaliseren, maar dat op de meeste bedrijven een nog verder geoptimaliseerde bestuiving niet zal resulteren in een hogere zetting of zwaardere of meer symmetrische vruchten. Echter, wanneer de bedrijven onderling werden vergeleken, bleek voor de verhouding tussen de waarde bij handbestuiving en bij vrije bestuiving sterk te verschillen tussen bedrijven, voor al deze vier oogstparameters. Kortom, op sommige bedrijven had handbestuiving geen of zelfs een averechts effect (insecten bestoven beter dan met de hand haalbaar was; een fenomeen dat vaker is gerapporteerd, zie bijvoorbeeld De Groot *et al.* 2015 en Young 1992), terwijl bij andere bedrijven wel degelijk sprake was van zogenaamde pollenlimitatie: indien kunstmatig aanvullende bestuiving werd uitgevoerd, werd de zetting en/of de vruchtkwaliteit bij deze bedrijven hoger.

Figuur 22A laat zien dat juist bij de bedrijven met het laagste aantal peren in de normale (vrij bestoven) situatie, de handbestuiving het meeste voordeel opleverde (meer peren in verhouding tot de vrij bestoven behandeling) en dus sprake was van limitatie door een suboptimale bestuiving. Dit verband was sterk significant: $r=0.664$; $P=0.007$). Dezelfde verbanden waren significant aanwezig voor de vruchtsymmetrie en de vruchtdiameter en bijna-significant voor het vruchtgewicht, wat uiteindelijk resulteerde in eenzelfde significant verband voor het percentage peren in de hoogste kwaliteitsklasse (Figuur 22B; $r=-0.756$; $P=0.001$). Er werden geen directe significante relaties gevonden tussen de mate van pollenlimitatie en het aantal bestuivers of aantal bestuivende soorten (totaal of per type).

Er kan dus geconcludeerd worden dat bij veel perenbedrijven de bestuiving niet optimaal was. Een verbetering van het bestuivingsproces zou bij veel bedrijven resulteren in grotere peren. Bij een klein deel van de bedrijven dat dit jaar kampte met een relatief lage zetting, een laag vruchtgewicht of een slechte vruchtvorm, lijkt een gebrekkige bestuiving daarin een duidelijke rol te hebben gespeeld.



Figuur 22 Relaties tussen de opbrengst onder normale condities (bij vrije bestuiving) en de pollenlimitatie (waarde voor opbrengstmaat bij handbestuiving gedeeld door waarde bij normale condities; een waarde >1 geeft aan dat sprake was van suboptimale bestuiving), berekend op basis van de kwantitatieve opbrengst (aantal peren per taklengte; Figuur A) of de kwalitatieve opbrengst (percentage peren in hoogste kwaliteitsklasse; Figuur B).

Aardbei

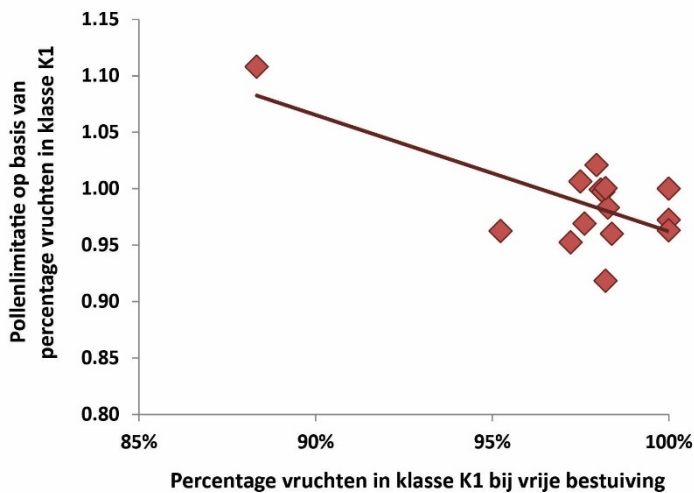
Gemiddeld over alle bedrijven lag het formaat en het gewicht van aardbeien van handbestoven planten iets lager dan bij vrij bestoven planten (diameter: $t=-0.471$, $P=0.001$; gewicht: $t=-0.435$; $P=0.001$) en verschilde het percentage goed gevormde vruchten niet tussen deze behandelingen. Dit geeft aan dat ook voor de aardbeienteelt geldt dat op de meeste bedrijven de bestuiving van Elsanta-aardbeien reeds optimaal is voor een goede vruchtmaat en vruchtvorm.

Echter, wanneer een vergelijking wordt gemaakt tussen de bedrijven, blijkt ook hier dat in een incidenteel geval de vruchtvorm wel degelijk te lijden had onder een suboptimale bestuiving. De mate van pollenlimitatie (percentage goed gevormde vruchten bij extra (hand)bestuiving, gedeeld door het percentage bij normale (vrije) bestuiving) bleek significant verband te houden met het percentage goed gevormde vruchten in de normale bestuivingssituatie ($r=-4.692$; $P<0.001$). Kortom, juist bij een

bedrijf met een opvallend laag percentage goed gevormde vruchten bleek handbestuiving de vruchtvorm het sterkst te verbeteren.

Dit verband was niet significant met betrekking tot het vruchtformaat en vruchtgewicht, maar omdat de kwaliteitsklassering sterk afhangt van de vruchtvorm, werd eenzelfde verband wel gevonden met betrekking tot het aantal vruchten in de hoogste kwaliteitsklasse. Figuur 23 laat zien dat dit verband wel sterk werd veroorzaakt door de situatie bij één bedrijf, waaronder de normale bestuivingscondities een aanzienlijk deel van de vruchten van suboptimale kwaliteit was, maar handbestuiving resulteerde in een duidelijk hoger percentage vruchten in de beste kwaliteitsklasse.

Er werden geen directe significante relaties gevonden tussen de mate van pollenlimitatie en het aantal bestuivers of aantal bestuivende soorten (totaal of per type).



Figuur 23 Relaties tussen de pollenlimitatie op basis van vruchtkwaliteit (percentage aardbeien in hoogste kwaliteitsklasse) en de vruchtkwaliteit per bedrijf bij vrije bestuiving (de normale situatie).

5.1.4 Doorwerking van bijdrage bestuivers op de financiële opbrengst per hectare

Op basis van de hierboven beschreven effecten van het al dan niet aanwezig zijn van bestuivers op vruchtgewicht en zetting, kon worden berekend wat in theorie op een gemiddeld bedrijf de opbrengst per hectare zou bedragen met en zonder aanwezigheid van bestuivers. Zoals zichtbaar in Tabel 8, valt het aantal kilogrammen Conferenceperen per hectare gemiddeld 17% lager uit bij afwezigheid van bestuivers. Dit effect wordt vrijwel geheel veroorzaakt door de afname in zetting (zoals geschat op basis van verschil in aantal vruchten per taklengte, zie methoden). Ook bij de aardbeienteelt is een afname in zetting te verwachten (op basis van eerder onderzoek; Zebrowska 1998), wat zal resulteren in een lagere opbrengst bij afwezigheid van bestuivers.

Wanneer vervolgens de productiewaarde in euro's per hectare wordt berekend, speelt daarbij niet alleen een verschil in geproduceerde kilogrammen een rol, maar ook het eventuele verschil in vruchtkwaliteit bij het ontbreken van bestuivers. Bij de teelt van peren bleek dit effect gemiddeld genomen niet aantoonbaar aanwezig (zie 5.1.2), en de bijdrage van bestuivers aan de financiële productiewaarde blijft dan ook bijna gelijk met de bijdrage aan de opbrengst in kilogrammen (18%). Bij de aardbeienteelt is op een gemiddeld bedrijf wel sprake van een duidelijke bijdrage van bestuivers aan de vruchtkwaliteit, wat resulteert in een berekende gemiddelde bijdrage van 25% aan de financiële productiewaarde per hectare.

Op basis van hun aanwezigheid en efficiëntie (zie hieronder in sectie 5.2.1 voor details), kan bij de perenteelt de bijdrage van wilde bestuivers worden geschat op ongeveer een tiende van de totale productiewaarde per hectare (Tabel 8; ongeveer 3000 euro/ha). Een vrijwel gelijke percentuele bijdrage van wilde bestuivers aan de productiewaarde werd gevonden voor de aardbeienteelt (Tabel 8), maar vanwege de grotere totale productiewaarde gaat het hier om een geschat verschil van bijna 5400 euro per hectare.

Een grotere oogst resulteert ook in hogere totale productiekosten, echter de kostprijs per kilogram neemt af bij een hogere opbrengst, waardoor per saldo de winst per hectare toeneemt (zie ook Figuur 11 en 12). Wanneer dit effect wordt meegerekend, kan de bijdrage van bestuivers aan de nettowinst worden geschat (Tabel 8). Deze kan worden geschat op iets minder dan de helft van de totale winst per hectare bij de perenteelt en iets meer dan de helft bij de aardbeienteelt. Naar schatting dragen wilde bestuivers bij beide gewassen ongeveer evenveel bij: gemiddeld lijkt ongeveer een kwart van de nettowinst per hectare van deze wilde soorten afhankelijk te zijn (Tabel 8).

Tabel 8

Invloed van (wilde) bestuivers op de gemiddelde opbrengst, productiewaarde en winst per hectare voor de teelt van Conferenceperen en Elsanta-aardbeien.

	Peer (Conference)	Aardbei (Elsanta)
Gemiddelde opbrengst (kg/ha)		
Opbrengst met bestuivers	41433	21437
Opbrengst zonder bestuivers	34224	19614
Bijdrage alle bestuivers aan opbrengst	17%	9%
Gemiddelde bijdrage wilde bestuivers (range)	11% (5-17%)	4% (1-6%)
Gemiddelde financiële productiewaarde (euro/ha)		
Productiewaarde met bestuivers	26708	52854
Productiewaarde zonder bestuivers	21809	39891
Bijdrage alle bestuivers aan productiewaarde	18%	25%
Gemiddelde bijdrage wilde bestuivers (range)	11% (5-18%)	10% (3-17%)
Gemiddelde netto winst (euro/ha)		
Netto winst met bestuivers	6077	19079
Netto winst zonder bestuivers	3534	8273
Bijdrage alle bestuivers aan netto winst	42%	57%
Gemiddelde bijdrage wilde bestuivers (range)	26% (11-42%)	24% (7-40%)

5.1.5 Financiële bijdrage van bestuivers op landelijke schaal

Wanneer wordt aangenomen dat de gevonden oogstwaarden voor de 15 onderzochte teeltpercelen per gewas een goede steekproef vormen van de landelijke teelt van Conference en Elsanta, kan een schatting gemaakt worden van de landelijke financiële bijdrage van (wilde) bestuivers door de bijdrage per hectare te vermenigvuldigen met het totaal aantal geteelde hectares in Nederland. In 2014 bedroeg het landelijk geteelde areaal peren van het ras Conference 6447 hectare (CBS 2015; cijfers voor het seizoen 2015 nog niet beschikbaar). Het areaal Elsanta-aardbeien in de open volleggrondsteelt bedroeg 1165 hectare (CBS 2015). Op basis daarvan vertegenwoordigen wilde bestuivers een geschatte productiewaarde van ruim 19 miljoen euro voor Conference, en ruim 6 miljoen euro voor Elsanta (Tabel 9). De nettowinst die afhankelijk is van wilde bestuivers wordt geschat op ruim 10 miljoen euro voor Conference en ruim 5 miljoen euro voor Elsanta. Wanneer de bijdrage van alle bestuivers, dus inclusief de honingbij, wordt geschat, liggen deze waarden nog aanzienlijk hoger (Tabel 9).

Tabel 9

Schatting van de financiële bijdrage van (wilde) bestuivers aan de teelt van Conferenceperen en Elsanta-aardbeien op landelijke schaal, geëxtrapoleerd op basis van de gemiddelde bijdrage per hectare.

	Peer (Conference)	Aardbei (Elsanta)
Productiewaarde		
Landelijke bijdrage bestuivers (miljoenen euro's):	31.6	15.1
Landelijke bijdrage wilde bestuivers (miljoenen euro's):	19.6	6.3
Netto winst		
Landelijke bijdrage bestuivers (miljoenen euro's):	16.4	12.6
Landelijke bijdrage wilde bestuivers (miljoenen euro's):	10.2	5.3

5.2 Relatieve bijdrage van wilde en gedomesticeerde bestuivers aan de oogstopbrengst

5.2.1 Bestuivingsefficiëntie en relatief aandeel in de pollendepositie

Het aandeel dat verschillende typen bestuivers bijdragen aan de bestuiving van een gewas op een bepaalde locatie hangt af van 1) hun relatieve aanwezigheid en 2) de efficiëntie waarmee ze per individu het gewas bestuiven. Gegevens over de eerste factor, de aantallen waarmee individuen van verschillende typen bestuivers aanwezig zijn, zijn voor de door ons onderzochte percelen beschikbaar via de door ons verzamelde inventarisatiegegevens zoals besproken in sectie 4.1. Binnen onze veldstudie was het onhaalbaar om ook de tweede factor experimenteel te onderzoeken: de efficiëntie waarmee een individuele bestuiver per bezoek een peren- of aardbeienbloem bestuift, en hoe dit verschilt tussen een honingbij, hommelmel, solitaire bij of zweefvlieg. Voor zowel peer als aardbei is echter een scala aan wetenschappelijke publicaties beschikbaar waarin deze vraag voor twee of meer typen bestuivers in detail is onderzocht. Hoewel de exacte methoden om deze bestuivingsefficiëntie te bepalen per studie uiteenlopen, ontstaat bij vergelijking ervan een vrij goed beeld van de relatieve efficiëntie van verschillende soorten.

Per gewas is op basis van deze twee factoren een inschatting gemaakt van het aandeel van wilde bestuivers in de totale pollendepositie in de door ons onderzochte percelen (Tabel 10). Deze range is ook gebruikt voor het berekenen van het aandeel van de wilde bestuivers in de productiewaarde en winst per hectare (Tabel 8). Per gewas is de onderbouwing van deze waarden hieronder uitgewerkt.

Peer

In een onderzoek waarbij perenbloemen werden aangeboden aan ofwel honingbijen ofwel aardhommels, vonden Jaquemart *et al.* (2006) een duidelijk hogere pollenafzetting door aardhommels. Ook was een groter percentage van deze afgezette pollen afkomstig van een andere cultivar en daarmee compatibel voor succesvolle bestuiving. Op basis van het resulterende verschil in het percentage bloemen waarin in de bloemstijl pollenbuizen werden gevonden van compatibel pollen, kan worden geschat dat aardhommels gemiddeld een factor 1,77 efficiënter bestuiven per bloembezoek. Monzon *et al.* (2004) vergeleken de bestuiving door honingbijen met de bestuiving door een solitaire bij, de metselbij *Osmia cornuta*. Hieruit kwam naar voren dat *Osmia's* aanzienlijk vaker naast nectar ook pollen verzamelden, en daardoor beter in contact kwamen met de stempel. De vruchtzetting was daarmee gemiddeld per soort hoger voor *Osmia cornuta*. Op basis van dit inzicht is de efficiëntie van deze solitaire bij een factor 1,29 hoger dan van de honingbij. Met betrekking tot zweefvliegen is geen vergelijkend onderzoek beschikbaar. Voor onze huidige berekeningen zijn we uitgegaan van een gelijke bestuivingsefficiëntie tussen verschillende hommelssoorten en hebben we tevens aangenomen dat de efficiëntie van andere solitaire bijen en van zweefvliegen vergelijkbaar is met die van *Osmia cornuta*. Wanneer deze relatieve efficiëntiewaarden per individu per type bestuiver worden gekoppeld aan de relatieve abundantie in de percelen, komen we tot een gemiddeld aandeel van 62% voor wilde bestuivers aan de pollendepositie in percelen Conference, met een range van 27–

100% tussen bedrijven (Tabel 10). Zweefvliegen lijken daarbij de grootste rol te spelen, wat sterk samenhangt met hun relatief talrijke aanwezigheid in de perenpercelen (Tabel 10).

Aardbei

Op basis van onderzoek naar het aantal meegedragen pollenkorrels op het lichaam, de lichaamsgrootte en de mate van contact met de stamper van de bloem tijdens het bloembezoek, verdeelden Nye en Anderson (1974) verschillende geslachten van bijen en zweefvliegen over verschillende efficiëntieclassen (klasse 1–5). Van de in onze aardbeienpercelen voorkomende geslachten werden de hommels en honingbijen ingedeeld in de meest efficiënte klasse (5), de solitaire bijen scoorden een 3 of een 4 en de zweefvliegen liepen in score zeer uiteen, van 1 tot 4. Deze beoordeling is echter behoorlijk subjectief te noemen. Een wat exactere validatie werd uitgevoerd door Albano *et al.* (2009), die onbestoven bloemen eenmalig aanboden aan een bepaald type bestuiver en na afloop het bestuivingssucces bepaalden op basis van het aantal succesvol ontwikkelende zaden per vrucht. Hieruit bleek geen significant verschil tussen honingbijen, solitaire bijen en zweefvliegen in bestuivingssucces per bloembezoek. Lee *et al.* (2006) vonden geen verschil in de activiteit en het gedrag van honingbijen en hommels tijdens bloembezoek en vonden geen verschil in het percentage misvormde vruchten wanneer bloemen aan ofwel honingbijen ofwel hommels werden aangeboden. Al met al ontstaat hieruit het beeld dat geen sprake is van een aantoonbaar verschil in bestuivingsefficiëntie tussen een individuele honingbij, hommels, solitaire bij of zweefvlieg. Het aantal individuen dat per type werd waargenomen in de onderzochte percelen verschilt echter wel aanzienlijk (zie Tabel 7 in sectie 4.1). Op basis daarvan kan worden geschat dat het relatieve aandeel van wilde bestuivers (hommels, solitaire bijen en zweefvliegen) in de totale pollendepositie per onderzocht perceel uiteenliep van 13 tot 71%, met een gemiddelde van 46% (Tabel 10).

Tabel 10

Percentueel aandeel van wilde bestuivers (totaal en per subgroep) in de totale pollendepositie per onderzocht perceel, gebaseerd op een combinatie van het relatieve aantal individuen in het perceel en (in geval van Conference) de relatieve bestuivingsefficiëntie per individu. Telkens is het gemiddelde aandeel gegeven (met range tussen haken) op basis van de vijftien onderzochte percelen.

	Peer (Conference)	Aardbei (Elsanta)
Alle wilde bestuivers	62%(27–100%)	46.4%(13–71%)
Hommels	7%(0–15%)	42.2%(12–67%)
Solitairebijen	13%(0–52%)	0.3%(0–1%)
Zweefvliegen	42%(20–84%)	3.8%(1–10%)

5.2.2 Effect van verschillende soorten en aantallen bestuivers op de opbrengst

De waarden voor de verschillende kwantitatieve en kwalitatieve oogstparameters verschilden aanzienlijk tussen de verschillende bedrijven. Dit biedt de mogelijkheid om op basis van een vergelijking van de vijftien bedrijven per gewas te onderzoeken of verschillen in opbrengst te relateren zijn aan verschillen in de aanwezigheid of soortenrijkdom van bepaalde typen bestuivers.

Peer

Zoals zichtbaar in Figuur 24, vonden we een duidelijke, significante relatie (Tabel 11) tussen het aantal hommelssoorten in de perenpercelen en het gemiddelde gewicht van individuele peren: hoewel het aantal hommelssoorten beperkt was (maximaal vijf per vangronde), nam het vruchtgewicht duidelijk toe naarmate het gemiddeld aantal soorten toenam. Een vergelijkbare relatie leek ook zichtbaar met betrekking tot vruchtdiameter (Figuur 24), maar was net niet significant ($P=0.055$). Daarnaast waren voor zowel vruchtgewicht als vruchtdiameter dezelfde trends zichtbaar in relatie tot de totale soortenrijkdom. De overige soorten betreffen voornamelijk solitaire bijen en zweefvliegen, echter voor deze groepen werd geen verband gevonden met vruchtformaat en vruchtgewicht. Dit suggereert dat vooral de diversiteit van hommels een rol speelt. De duidelijk aanwezige correlatie tussen het aantal hommelssoorten en het totaal aantal soorten ($r=0.550$; $P=0.034$) zou het verband tussen de totale soortenrijkdom en het vruchtgewicht kunnen verklaren.

Aangezien de totale soortenrijkdom en het aantal hommelseorten duidelijk verband hield met de hoeveelheid geschikt habitat in de nabije omtrek (Figuur 17), onderzochten we ook de directe relatie tussen de hoeveelheid habitat en het formaat en gewicht van de peren. Deze relaties waren echter niet significant aanwezig (Tabel 11). Wel leek het aantal oogstbare peren toe te nemen met de hoeveelheid habitat in de nabije omtrek (Figuur 25), al was ook dit verband net niet significant ($P=0.057$; Tabel 11).

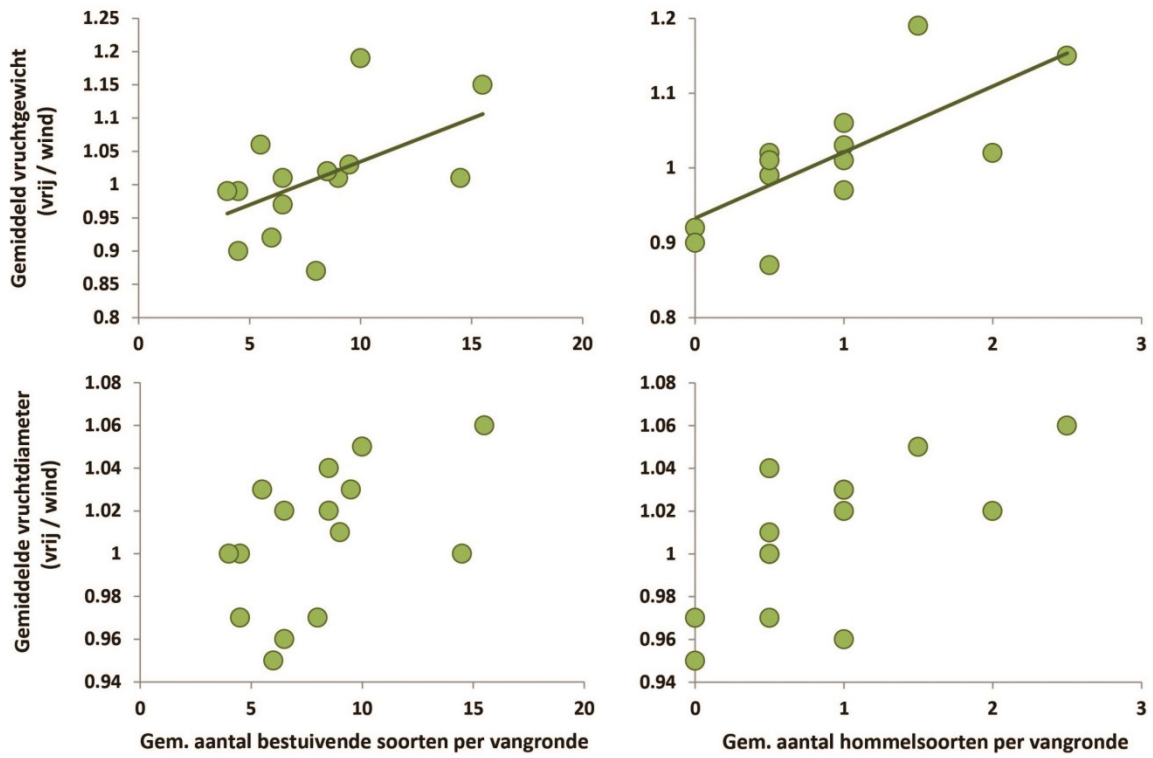
Het percentage symmetrische vruchten nam significant toe naarmate het aantal solitaire bijen per perceel toenam (Figuur 26A; Tabel 11). Deze relatie was echter sterk afhankelijk van een enkele locatie met zeer veel solitaire bijen. Verder werd een significante relatie gevonden tussen het aantal zweefvliegen en het percentage vruchten in de hoogste klasse, die opvallend genoeg negatief was: het percentage kwalitatief hoogwaardige vruchten leek af te nemen naarmate het aantal zweefvliegen toenam (Figuur 26B).

Het totaal aantal bestuivers, het aantal honingbijen en het totaal aantal wilde bestuivers vertoonden geen relaties met de oogstbrengst. Binnen de door ons onderzochte set bedrijven lijkt de oogst dus vooral te worden beïnvloed door de soortenrijkdom en de aanwezigheid van specifieke typen wilde bestuivers (met name hommels).

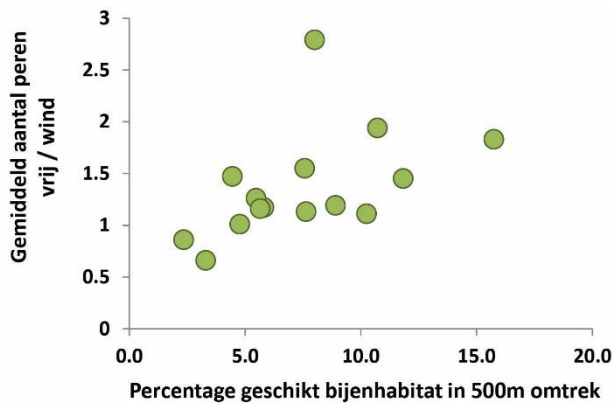
Tabel 11

Resultaten (P-waarden) van lineaire regressieanalyses met oogstparameters als afhankelijke en de aanwezigheid van verschillende typen bestuivers en geschikt habitat voor bestuivers als verklarende variabelen. Significante relaties ($P<0.05$) zijn vetgedrukt en onderlijnd. Bijna-significante relaties ($P<0.075$) zijn onderlijnd.

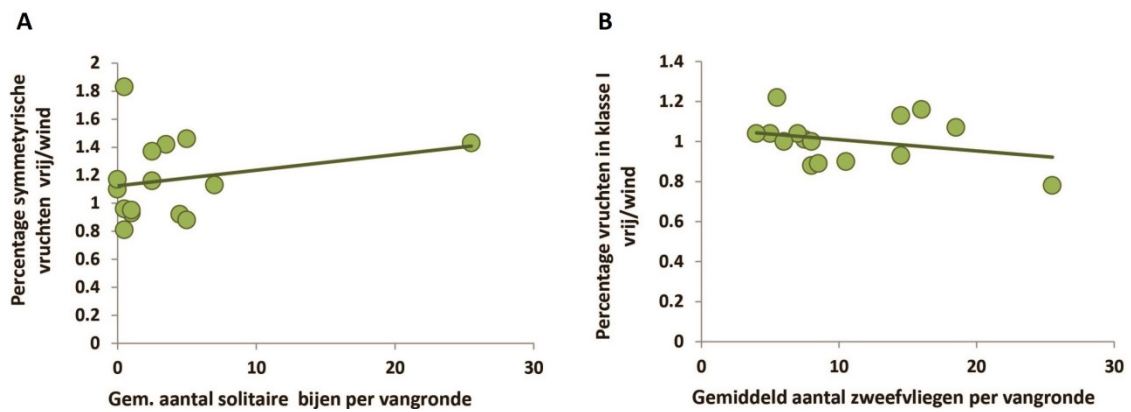
Variabele	df	Aantal bestuivers					
		Totaal	Honingbij	Wilde bestuivers	Hommels	Solitaire bijen	Zweefvliegen
Peer (Conference)							
Gemiddelde diameter	14	0.462	0.974	0.139	0.236	0.690	0.941
Gemiddeld gewicht	14	0.713	0.560	0.112	0.214	0.757	0.892
Symmetrie (% symmetrisch)	14	0.158	0.186	0.504	0.084	<u>0.025</u>	0.181
Aantal peren	14	0.079	0.104	0.372	0.345	0.611	0.415
Kwaliteitswaardering (% in klasse K1)	14	0.228	0.305	0.468	0.615	0.094	<u>0.034</u>
Opbrengst op perceelniveau (kg klasse K1 / ha)	13	0.208	0.192	0.689	0.709	0.911	0.845
Aardbei (Elsanta)							
Gemiddelde diameter	14	0.514	0.577	0.582	0.804	0.688	0.482
Gemiddeld gewicht	14	0.516	0.479	0.862	0.767	0.999	0.853
Vormvastheid (% juiste vorm)	14	0.944	0.952	0.950	0.106	0.350	<u>0.003</u>
Kwaliteitswaardering (% in klasse I)	14	0.982	0.942	0.945	0.129	0.402	<u>0.005</u>
Opbrengst op perceelniveau (kg klasse I / ha)	12	0.473	0.442	0.829	0.902	0.462	0.755
Variabele	df	Soortenrijkdom				Habitat	
		Totaal	Hommels	Solitaire bijen	Zweefvliegen	500m omtrek	
Peer (Conference)							
Gemiddelde diameter	14	<u>0.059</u>	<u>0.055</u>	0.807	0.650	0.620	
Gemiddeld gewicht	14	<u>0.042</u>	<u>0.017</u>	0.901	0.415	0.505	
Symmetrie (% symmetrisch)	14	0.995	0.153	0.148	0.437	0.648	
Aantal peren	14	0.329	0.457	0.204	0.949	<u>0.057</u>	
Kwaliteitswaardering (% in klasse I)	14	0.565	0.598	0.296	0.265	0.756	
Opbrengst op perceelniveau (kg klasse I / ha)	13	0.926	0.831	0.767	0.741	0.671	
Aardbei (Elsanta)							
Gemiddelde diameter	14	0.510	0.294	0.510	0.864	0.632	
Gemiddeld gewicht	14	0.844	0.198	0.630	0.258	0.441	
Vormvastheid (% juiste vorm)	14	<u>0.074</u>	0.595	0.639	<u>0.034</u>	0.470	
Kwaliteitswaardering (% in klasse I)	14	0.088	0.652	0.633	<u>0.046</u>	0.427	
Opbrengst op perceelniveau (kg klasse I / ha)	12	0.859	<u>0.046</u>	<u>0.055</u>	0.181	<u>0.061</u>	



Figuur 24 Relaties tussen soortenrijkdom van bestuivers in perenteeltpercelen en het formaat en gewicht van geogste peren.



Figuur 25 Relaties tussen het aantal oogstbare peren en het percentage geschikt bijenhabitat in de directe omtrek van het perenteeltperceel.

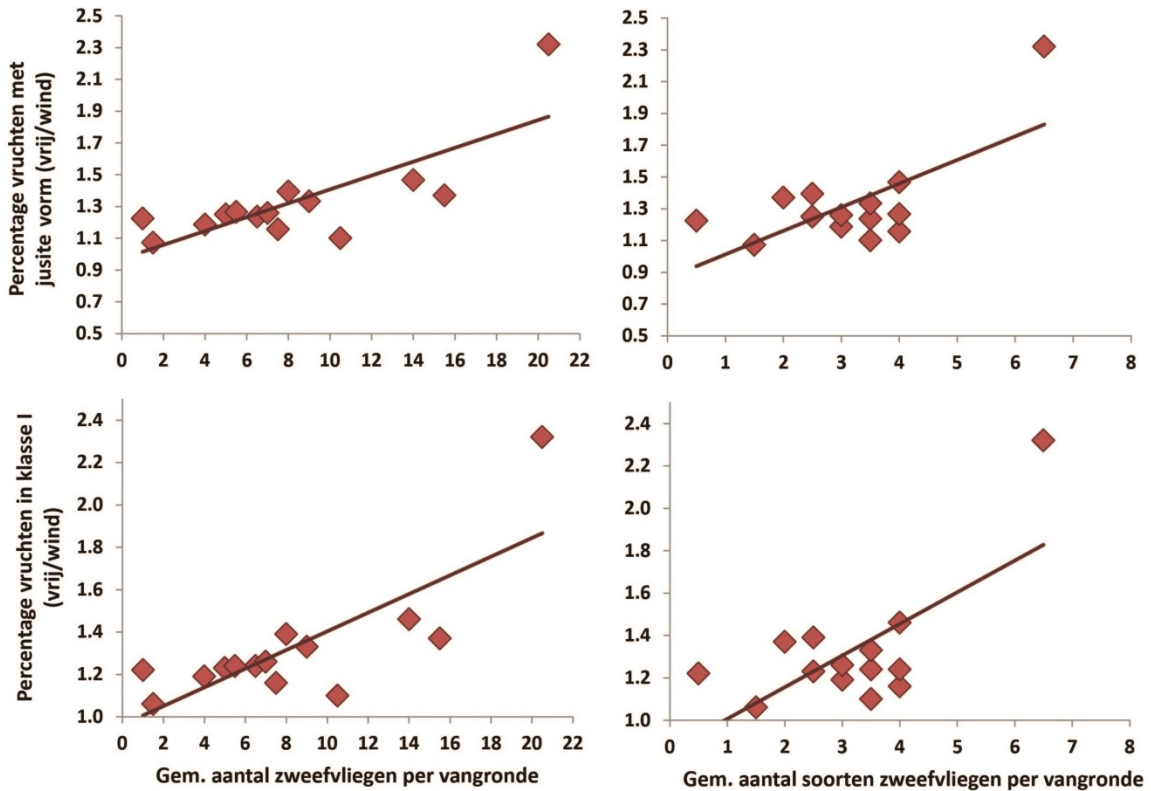


Figuur 26 Relaties tussen het aantal bestuivers per perenteeltperceel en de vrucht kwaliteit.

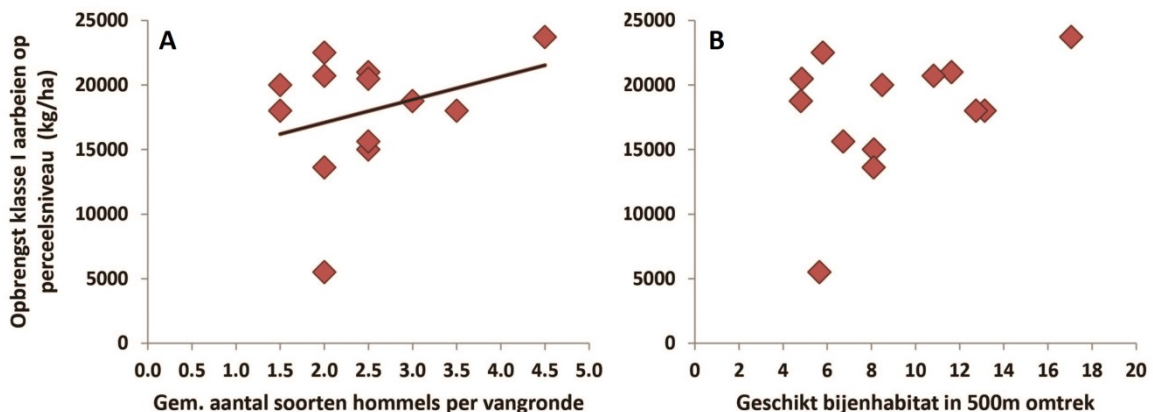
Aardbei

Ook voor de aardbeienteelt werden diverse verbanden gevonden tussen de oogstparameters en de aanwezigheid van bestuivers. Het percentage vruchten van juiste vorm, en daarmee het percentage vruchten in de hoogste klasse, nam sterk en significant (Tabel 11) toe naarmate er een groter aantal zweefvliegen en/of een groter aantal zweefvliegsoorten aanwezig was in het perceel (Figuur 27). De opbrengst aan aardbeien van de hoogste kwaliteitsklasse op perceelniveau nam significant toe met het aantal hommelse soorten in het perceel (Figuur 28A, Tabel 11). Dezelfde trend leek zichtbaar naarmate de hoeveelheid geschikt habitat in de nabije omtrek toenam (Figuur 28B), maar dit verband was net niet significant (Tabel 11).

Ook voor de aardbeienteelt hield de oogstopbrengst geen verband met het totale aantal bestuivers, honingbijen of wilde bestuivers, en lijken effecten op oogst dus afhankelijk van specifieke typen bestuivers (met name de zweefvliegen en in zekere mate de hommels).



Figuur 27 Relaties tussen het aantal individuen en soorten van zweefvliegen per aardbeienperceel en de vorm en kwaliteitsklassering van de geoogste aardbeien.



Figuur 28 Relaties tussen het aantal hommelse soorten in het perceel en de hoeveelheid geschikt habitat in de nabije omtrek van het perceel, en de opbrengst (kilogrammen aardbeien in de hoogste kwaliteitsklasse) op perceelniveau.

6 Bestuivingsbeleid

Elk van de 28 geënquêteerde telers beantwoordde naast vragen gericht op de bedrijfseconomie ook een set vragen die betrekking had op hun visie op het belang van bestuivende insecten voor hun teeltopbrengst en hun huidige bestuivingsbeleid. De resultaten van dit enquêteonderdeel staan hieronder verder uitgewerkt.

6.1 Visie van telers op het belang van bestuivers

Elke teler werd gericht gevraagd om aan te geven of hij verwachtte dat de opbrengst zou teruglopen indien er in het geheel geen bestuivende insecten aanwezig zouden zijn in het teeltperceel. Vervolgens werd gevraagd of dit te wijten zou zijn aan een terugval in de vruchtzetting of de vruchtkwaliteit. Het overgrote deel van de telers van beide gewassen verwacht inderdaad een daling van de opbrengst (Tabel 12). Opvallend is dat alle perentelers die een opbrengstdaling verwachten, dit ten minste ten dele wijten aan een gebrekkige vruchtkwaliteit, terwijl iets meer dan de helft denkt dat ook de vruchtzetting zou dalen. De aardbeientelers die een opbrengstdaling verwachten, relateren dit allen aan een daling in vruchtzetting, al verwachten drie telers slechts een lichte daling in zetting. Iets meer dan de helft van de telers denk dat ook de vruchtkwaliteit zou verminderen. Veel perentelers zien voor bestuivers dus vooral een rol weggelegd bij het garanderen van een goede vruchtkwaliteit, terwijl veel aardbeientelers bestuivers juist vooral belangrijk achten voor de zetting. Dit is een interessant resultaat, omdat de uitkomsten van ons onderzoek het omgekeerde suggereren: de bijdrage van bestuivers aan de oogstwaarde van peren hangt vooral samen met de zetting, terwijl bij de aardbeien juist het effect van bestuivers op de kwaliteit (vruchtvorm) van groot belang is. Bij beide gewassen zijn bestuivers dus inderdaad van belang, maar via een ander mechanisme dan de telers zelf vaak zouden verwachten. Voor telers die bestuivers willen inzetten om een specifiek aspect van hun oogst te verbeteren, is het relevant om hier goed van op de hoogte te zijn. Echter, hoewel telers bestuivers dus in zekere mate wel van belang achten, verwacht het merendeel van de telers dat een andere factor van veel groter belang is voor de bestuiving van hun bloemen: de weersomstandigheden. Een enkele teler gaf om die reden geen oordeel over het algeheel effect van een gebrek aan bestuivers ("Mogelijk" in Tabel 12), maar de meeste telers zijn zich er wel van bewust dat het weer en de bijdrage van bestuivers sterk met elkaar verweven zijn: "*bijen vliegen niet als het slecht weer is*".

Tabel 12

Percentage geënquêteerde telers per gewas die verwacht een daling in totale opbrengst, vruchtzetting of kwaliteit te zien bij afwezigheid van bestuivende insecten.

	Perentelers			Aardbeientelers		
	Ja	Nee	Mogelijk	Ja	Nee	Mogelijk
Daling opbrengst	86%	7%	7%	93%	7%	0%
Daling vruchtzetting	57%	36%	7%	93%	0%	7%
Daling kwaliteit	86%	7%	7%	64%	21%	7%

6.2 Gebruik van gedomesticeerde bestuivers (honingbijen)

6.2.1 Perentelers

Van de veertien ondervraagde perentelers zeggen tien telers honingbijen in te zetten als bestuivers, de overige vier doen dat niet. De redenen om honingbijen in te zetten, variëren sterk. Het verhogen van de productie wordt het meest genoemd, zowel ten behoeve van de zetting als voor het verhogen van de kwaliteit van de vruchten. Ook zijn er veel telers die honingbijen bijzetten *"gewoon, omdat het altijd zo gedaan is"*. Een aantal telers meldt dat de jongere generatie steeds minder het nut ziet van het bijzetten van extra bijen, ook omdat ze steeds duurder worden en ze geen verschil zien met of zonder honingbijen. De meeste telers zeggen echter ze toch bij te zetten, als een soort verzekering. Mocht het weer niet optimaal zijn en windbestuiving lastig gaan, dan hoopt men dat de bijen helpen om de zetting toch voldoende hoog te houden.

Ook de telers die geen honingbijen inzetten, hebben daarvoor uiteenlopende redenen. Zo zegt een teler dat hij dat vroeger wel deed, maar dat hij daarmee opgehouden is omdat de kasten elke keer als er gespoten wordt, verplaatst moeten worden. Dat vond hij lastig en omdat hij geen verschil zag tussen de percelen mét en zonder bestuiving van honingbijen, is hij er daarna niet meer aan begonnen. Twee van de telers geven aan dat er genoeg wilde bestuivers in de buurt zijn, dus dat zij bestuivers bijzetten overbodig vinden. Er is ook een teler die zelf geen honingbijen neerzet, maar waarvan de buurman het wel doet. Hij profiteert dus mee van andermans honingbijen.

De telers die bestuivers vooral van belang achten voor de zetting noemen soms ook juist deze bijdrage als reden om geen bijen bij te plaatsen. Als een hoge bestuiving resulteert in een erg hoog aantal vruchten per taklengte, betekent dat namelijk dat zij meer zullen moeten dunnen, wat tamelijk arbeids- en dus kostenintensief is. Meer bestuiving is dus niet altijd beter, er is een zeker optimum. Belangrijk in dit verband is echter onze bevinding dat bij een gebrek aan bestuivers de zetting wel degelijk zo laag is dat dit optimum niet wordt gehaald.

Hommels worden door de perentelers niet ingezet. Een van de telers geeft aan dat hij dat een jaar geprobeerd heeft, maar het idee had dat de hommels wat slomer waren en minder rondvlogen dan honingbijen.

6.2.2 Aardbeientelers

De meeste aardbeientelers geven aan géén honingbijen in te zetten bij de aardbeien in de volle grond. Zij geven aan dat de bestuiving in principe prima gaat op deze manier, ze zijn er niet echt mee bezig en denken niet dat de opbrengst van hun oogst nog verder verhoogd kan worden door betere bestuiving.

Slechts drie telers zetten wel honingbijen bij. Opvallend is dat dit precies de drie telers zijn die gevestigd zijn in Oost-Brabant. Een van de telers zegt hier niet voor te betalen, maar simpelweg een imker toestemming te geven zijn kasten bij de aardbeievelden neer te zetten. Een andere teler vertelt dat zijn vader ook altijd bijen heeft neergezet, dat het altijd zo is gegaan. Bovendien zegt hij *"Het is relatief gezien geen investering, dan ga je voor dat geld niet het risico lopen om niks bij te zetten."* Dit wordt ook aangetoond door de economische analyse. De laatste teler geeft aan honingbijen in te zetten omdat deze goedkoper zijn dan de aardhommels. Bovendien verkoopt hij de honing van de imker samen met zijn eigen gewassen in een boerderijwinkel aan huis.

De telers uit West-Brabant kijken duidelijk anders aan tegen het bijplaatsen van gedomesticeerde bestuivers. *"Dat is niet nodig, er vliegt genoeg rond"* is het meest gehoorde antwoord op de vraag waarom ze geen bestuivers neer zetten. Maar ook geeft meer dan de helft van de telers in die hoek van Brabant aan dat ze een buurman of iemand anders in de buurt hebben die imker is. Dit zou erop kunnen duiden dat er zonder het bijplaatsen van bijenkasten bij de velden al veel honingbijen van naburige imkers rondvliegen. Een van de telers geeft namelijk aan dat zijn vader imker is en dat deze af en toe kasten bij de velden zet, maar deze teler zegt geen verschil te merken in de opbrengst van de percelen waar de kasten bijgezet worden ten opzichte van de percelen waar niets bij wordt gezet. Een andere teler vertelt dat hij vroeger een buurman had die bijen hield, maar dat hij geen verschil merkt sinds deze daarmee is opgehouden.

Dat een vertrouwen in de aanwezigheid van andere manieren van bestuiving (wind, wilde soorten en honingbijen van andere bedrijven) de voornaamste reden is om geen bijen bij te plaatsen, blijkt ook uit het feit dat dezelfde telers wel degelijk gebruikmaakten van gedomesticeerde bestuivers in hun overdekte teeltsystemen (kassen of tunnels). Opvallend is echter dat in die situatie men zonder uitzondering kiest voor gekweekte aardhommels in plaats van honingbijen. Daarvoor heeft men een aantal redenen. Allereerst zijn de honingbijvolken in een kast vaak aan de grote kant voor in een kas of tunnel. Daarnaast vliegen honingbijen pas bij warmer weer dan hommels. Vooral bij tunnels is dat een essentieel punt, omdat telers er alles aan doen om zo vroeg mogelijk in het seizoen aardbeien te kunnen oogsten. Hiervoor is het dus noodzakelijk dat de aardbeien van deze plantingen ook zo vroeg mogelijk bestoven kunnen worden. Ook kunnen hommels volgens een van de telers meer aan dan honingbijen, die vliegen zich namelijk helemaal 'kapot' in de kassen. Overigens is het volgens de telers wel belangrijk de hommels niet te vroeg in de kassen te zetten: *"Je moet de hommels niet te vroeg inzetten, als er nog niet zo veel bloemen zijn, dan maken ze die paar bloemen die er wel zijn helemaal kapot en de aardbeien worden daar kwalitatief slechter van."* Ook in de open teelt speelt het moment in het seizoen een rol bij het besluit om bijen bij te plaatsen. Een van de telers gaf aan dat het plaatsen van honingbijen in het voorjaar, bij de vroegste plantingen, nog geen zin heeft omdat ze dan nog niet vliegen. Toch kiest hij er niet voor om dan hommels in te zetten als alternatief. Aardbeientelers baseren hun keuze om geen bestuivers bij te zetten vooral op eigen ervaring, soms aangevuld met advies van een teeltbegeleider. Een teler gaf aan dat hij bij wijze van experiment één jaar hommels had bijgeplaatst, maar omdat hij geen verschil in resultaat merkte, is hij daar niet mee doorgegaan. Een andere teler merkt op *"We weten niet of het nodig is, niemand doet het. Er is eigenlijk gewoon een gebrek aan kennis."* Hieruit blijkt dat deze teler graag meer kennis wil vergaren over bestuivers, zodat hij een beter geïnformeerde keuze kan maken.

6.2.3 Aantallen bijgeplaatste honingbijen

De hoeveelheid bijenkasten die de perentelers bijzetten, is tamelijk consistent. Een van de telers zet een halve kast per hectare bij, twee telers plaatsen er twee per hectare en de rest van de telers plaatsen allemaal één kast per hectare. Dit baseren ze met name op eigen ervaring, maar ook advies van imkers of teeltbegeleiders wordt door enkelen geraadpleegd. Zo zegt een van de telers: *"De teeltbegeleider adviseert twee of drie kassen per hectare, maar dat nemen we met een korreltje zout. Eentje is goedkoper."*

De drie aardbeientelers die honingbijen bijplaatsen, baseren de keuze voor de hoeveelheid bijenkasten vooral op eigen ervaring, hoewel ook wordt geluisterd naar het advies van teeltbegeleiders en imkers. De teler die een imker toestaat kassen neer te zetten, heeft hier zelf geen invloed op; het aantal kassen is dan ook niet op alle momenten even groot. Een van de andere telers gaf aan 2 kassen bij te plaatsen bij 5 hectare, terwijl de laatste slechts 4 à 5 kassen op ongeveer 30 hectare heeft staan.

6.3 Aandacht voor wilde bestuivers

We hebben de telers gevraagd of ze maatregelen nemen om deze wilde bestuivers in de omgeving te bevorderen. Voorbeelden hiervan zijn het plaatsen van bloemenranden of -stroken, een aangepast maaibeleid of het neerzetten van bijenhotels.

6.3.1 Perentelers

Vijf van de veertien perentelers zeggen op dit moment maatregelen te treffen om wilde bestuivers te bevorderen. Deze telers houden allemaal rekening met spuiten; er wordt zo min mogelijk in de bloei gespoten en ook het tijdstip van de dag wordt in de gaten gehouden. Hoewel je je kunt afvragen of dit specifieke maatregelen voor de wilde bestuivers zijn of omdat er in de afgelopen jaren meer restricties op bepaalde middelen zijn gekomen. Drie perentelers geven aan daarnaast nog andere maatregelen te treffen voor wilde bestuivers. Zo plaatst een van de telers al een aantal jaren bijenhotels bij zijn perenbomen *"Ik heb al een aantal jaar bijenhotels, ik vind dat leuk voor de hobby erbij en ik kijk nu waar ik ze het beste kan neerhangen."* Ook heeft hij geïnvesteerd in het zaaien van bloemenmengsels, hierover was hij niet zonder meer enthousiast. *"In die mengsels zitten eigenlijk maar weinig soorten en dan ook nog veel dezelfde als die hier gewoon toch al groeien."* Hij geeft aan dat hij veel leest over

dat het slecht gaat met bestuivers en hij wil graag bijdragen aan een oplossing. Een andere teler is enthousiaster over de bloemenmengsels. Hij werkt samen met Syngenta aan diverse proeven en in dat kader hebben zij ook (kosteloos) een aantal bloemenranden ingezaaid. Hij is hier positief over: *"Er komen meer vliegende insecten en ook natuurlijke vijanden, dat creëert iets meer natuurlijks."* De laatste teler die maatregelen zegt te treffen voor wilde bestuivers doet dat niet door bloemen te zaaien, maar hij laat de bloeiende planten die vanzelf groeien wel staan met een aangepast maai beleid. Hij doet dat omdat hij zegt dat dat meerdere insecten aantrekt, voor bestuiving, maar ook vooral natuurlijke vijanden.

De telers die geen maatregelen treffen, geven daar verschillende argumenten voor. Zo zeggen er drie dat ze daar nog nooit over nagedacht hebben. Vier van de telers geven aan dat ze niet zouden weten wat ze zouden moeten doen voor wilde bestuivers en de overgebleven telers zeggen dat ze daar geen behoefte aan hebben en ze het nut daar niet van inzien.

6.3.2 Aardbeientelers

Vier van de veertien aardbeientelers zeggen op dit moment maatregelen te treffen om wilde bestuivers te bevorderen. Ook hier zijn er twee die zeggen minder insecticiden te spuiten; wederom heeft dit waarschijnlijk ook vooral met de strenge restricties van bepaalde middelen te maken en minder met het beschermen van (wilde) bestuivers. Een andere teler geeft aan mee te doen in een project van de ZLTO en de imkervereniging uit Etten-Leur waarin bloemenstrookjes geplaatst worden bij verschillende agrariërs in de buurt. De laatste teler vertelt dat hij met warm, droog weer extra beregent overdag om zo de luchtvochtigheid te verhogen, wat volgens hem goed is voor zowel de planten als de bestuivers. Zo creëert hij een microklimaat tussen de planten. Op de vraag aan de andere telers waarom zij geen maatregelen nemen voor wilde bestuivers, antwoordt het merendeel dat dat niet nodig is, omdat er in de buurt genoeg habitat en voedsel is. Een enkeling voegt daar nog aan toe dat de effecten onvoldoende bewezen zijn. Hij geeft aan dat als er duidelijk bewezen wordt dat het beter is voor de wilde bestuivers om maatregelen te treffen én dat dat financieel voor de telers ook goed uit zou pakken, hij het wel zou overwegen. Veel telers zeggen ook simpelweg nog nooit nagedacht te hebben over de eventuele noodzaak om iets voor wilde bestuivers te doen. Duidelijk is dus dat wilde bestuivers niet echt leven in de belevingswereld van zowel peren- als aardbeientelers.

6.3.3 Competitie om bestuiving

Van de veertien perentelers zijn er negen die denken dat andere bloeiende planten competitie vormen voor bestuiving met de aardbeienplanten. Als reden hiervoor geven de meesten aan dat ze zien dat er meer insecten zitten op andere bloemen en ook zeggen ze dat andere planten aantrekkelijker zijn voor bestuivers. Vooral paardenbloemen worden genoemd als erg aantrekkelijk voor insecten, deze worden door de meeste telers dan ook weggemaaid of gespoten. *"Bijen moeten in de bomen zitten, niet op de grond op allerlei onkruid."* Bij de aardbeientelers is hetzelfde te zien: tien van de telers zeggen dat er competitie optreedt om bestuiving. Toch zeggen drie van de aardbeien- en vier van de perentelers dat er geen competitie is tussen verschillende bloeiende planten. De meeste kennis hierover komt van imkers die de telers vertellen dat het juist een aanvulling kan zijn. Een van de perentelers zegt wat een imker hem daarover verteld heeft: *"De imkers zeggen dat er geen competitie is, maar dat het juist positief is als er meerdere bloeiende planten zijn. Je eet zelf toch ook niet elke dag aardappels?"* Een andere teler geeft aan dat hij in vakbladen gelezen heeft dat andere bloeiende planten een aanvulling kunnen zijn en dat de aantallen insecten daar juist van omhooggaan. Twee van de telers (een aardbeien- en een perenteler) geven aan niet te weten of er competitie optreedt om bestuiving. Het is duidelijk dat er bij de telers verschillende informatie de ronde doet over competitie om bestuiving. Hier kan op ingespeeld worden om telers meer te betrekken bij toekomstige maatregelen voor (wilde) bestuivers.

6.4 Natuurbeleving

Om de visie van telers op (wilde) bestuivers in een perspectief te plaatsen, vroegen we ook naar de mate waarin ze in algemene zin vinden een verantwoordelijkheid te hebben voor het behoud van biodiversiteit in hun directe omgeving. Zowel bij de perentelers als bij de aardbeientelers vonden drie

deelnemers dat niet het geval. *"Ik ben teler, geen bioloog. Er zijn genoeg natuurorganisaties die voor dergelijke dingen zorgen."* Het merendeel van de telers antwoordde dat zij wel verantwoordelijkheid dragen voor de biodiversiteit en ook dat zij daar zelf baat bij hebben. De meeste telers noemen natuurlijke vijanden als belangrijk pluspunt voor zichzelf, maar ook het beschermen van de natuur voor toekomstige generaties wordt vaak genoemd. *"Dat is onze morele plicht, we moeten op zoek gaan naar een evenwicht. Want als de biodiversiteit verloren gaat, zal het met ons ook slecht aflopen."* Ook het overgrote merendeel van de aardbeientelers vindt dat ze een verantwoordelijkheid hebben voor het behoud van biodiversiteit in de omgeving. Zij vinden dat ze werken in de natuur en daar dan ook verantwoordelijkheid voor dragen. Daar moet wel de kanttekening bij geplaatst worden dat zij altijd in tweestrijd zijn: *"De economische winst staat uiteindelijk voorop, maar op de langere termijn heb je er als bedrijf ook zelf baat bij."* Het nemen van verantwoordelijkheid voor de natuur rond hun bedrijf hangt dus toch vooral samen met de diensten die deze natuur hun kan leveren. Uiteindelijk is het een afweging van kosten en baten.

Een belangrijke kanttekening hierbij is dat in dit onderzoek bewust geen biologische teeltbedrijven werden meegenomen, omdat we de bedrijfsvoering zo vergelijkbaar mogelijk wilden houden tussen telers onderling.

6.5 Bijgesteld beeld na ervaring met praktijkonderzoek?

Van de veertien ondervraagde perentelers hebben er elf eerder meegedaan in het appelonderzoek in 2013 en 2014. We hebben daarom gevraagd of hun beeld over bestuiving in die tijd is veranderd naar aanleiding van ons onderzoek. Negen van deze elf telers zeggen dat er niks veranderd is in hun perceptie over bestuiving, een aantal geeft aan dat zij bestuiving altijd al heel belangrijk vond en de rest is bij de opvattingen gebleven die ze voor het onderzoek al hadden. De andere twee telers zeggen dat hun beeldvorming over bestuiving wél veranderd is door dit onderzoek. Een van de telers zegt dat er veel meer wilde bestuivers zijn dan hij besepte voordat hij meedeed en de andere geeft aan dat hij zich veel bewuster is geworden van het belang van bestuivers.

7 Discussie

7.1 Agronomische effecten van (wilde) bestuivers

Voor zowel de teelt van Conferenceperen als Elsanta-aardbeien lieten onze resultaten zien dat bestuiving een duidelijke bijdrage levert aan de opbrengst van de oogst voor de teler. De exacte manier waarop deze bijdrage wordt geleverd, blijkt echter duidelijk verschillend per gewas.

7.1.1 Bijdrage aan de opbrengst van perenteelt

De door ons op elk bedrijf uitgevoerde bestuivingsexperimenten, waarbij de kwantitatieve en kwalitatieve opbrengst werd vergeleken tussen de normale situatie (vrije bestuiving door wind en bestuivers) en een situatie waarbij de lokaal aanwezige bestuivers geen toegang hadden, geven een beeld van de bijdrage die op deze bedrijven tijdens het afgelopen seizoen door bestuivers werd gerealiseerd. Bij de perenteelt leek op alle bedrijven de lokale gemeenschap van bestuivers duidelijk bij te dragen aan de zetting: het aantal peren per tak lag duidelijk lager wanneer bestuivers werden buitengesloten tijdens de bloei. Weliswaar wordt door telers actief gedund tijdens de rijpingsfase om een te hoog aantal peren aan de boom te voorkomen, maar als wordt uitgegaan van een gelijkmatige dunning tot een bepaald streefniveau (maximaal aantal) voor alle bomen in een perceel, zou dit dunningseffect moeten resulteren in een gelijkmatig aantal peren. Het feit dat de takken waar bestuivers geen toegang toe hadden tijdens de bloei consistent minder peren droegen, geeft aan dat hier de zetting dus lager lag dan het streefniveau, en dus het weghouden van de lokaal aanwezige bestuivers wel degelijk resulteert in een suboptimale zetting.

Al met al lag het aantal geproduceerde kilogrammen peren per hectare 17% lager indien geen bestuivers aanwezig waren. In een eerdere internationale studie (Klein *et al.* 2007) werd een veel grotere bijdrage van bestuivers aan het aantal kilogrammen peren per hectare gevonden (65%). Hier werd echter uitgegaan van de natuurlijke aantallen peren, en werd geen rekening gehouden met de dunning door telers. Onze resultaten geven aan dat zelfs als telers wel dunnen, het effect van bestuivers op de zetting nog steeds van aanzienlijk belang is.

In de huidige teeltsituatie leken de lokale bestuivers echter niet consistent bij te dragen aan de vruchtkwaliteit. Deze lag gemiddeld over alle bedrijven niet lager indien bestuivers werden weggehouden. Dit is opvallend, aangezien bij het eerdere onderzoek aan appels en blauwe bessen het weghouden van bestuivers gemiddeld genomen wel zeer duidelijk resulteerde in een lagere vruchtkwaliteit (De Groot *et al.* 2015). Een belangrijk gegeven is hier dat de bijdrage van bestuivers aan de vruchtkwaliteit wel duidelijk verschilde tussen bedrijven.

De vraag is vervolgens wat de reden is dat bestuivers op sommige bedrijven niet bijdragen aan de vruchtkwaliteit: is op deze bedrijven windbestuiving al voldoende voor een optimale kwaliteit en zijn bestuivende insecten niet van toegevoegde waarde of is sprake van een suboptimale kwaliteit, maar wordt de aanvullende waarde van bestuivende insecten niet gerealiseerd? Onze resultaten wijzen erop dat dit laatste het geval is. De bedrijven waar de vruchtkwaliteit niet verder afnam bij het uitsluiten van bestuivers, waren juist de bedrijven waar de vruchtkwaliteit het laagst was (laag percentage in hoogste klasse). Ook bleek juist op deze bedrijven een kunstmatige aanvullende bestuiving een toegevoegd effect te hebben: in de normale teeltsituatie was bij die bedrijven de bestuiving dus niet optimaal voor een zo hoog mogelijke vruchtkwaliteit. Hetzelfde gold voor de zetting: juist op de bedrijven met een relatief laag aantal peren per tak resulteerde aanvullende handbestuiving in een hoger aantal peren. Er werden echter geen directe verbanden gevonden tussen het aantal of de soortenrijkdom van de bestuivers en de mate van pollenlimitatie op het bedrijf.

Door vervolgens de relatieve bijdrage van bestuivers aan de zetting en vruchtkwaliteit per bedrijf (waarde bij vrije bestuiving gedeeld door windbestuiving) te vergelijken met de aanwezige aantallen en soortenrijkdom van bestuivers, konden we meer inzicht krijgen in welke typen bestuivers deze

bijdrage leveren en of het vooral hun talrijkheid of soortenrijkdom is die daaraan ten grondslag ligt. Wat dan opvalt, is dat een groter aantal honingbijen op geen van de opbrengstwaarden een effect had. Dit suggereert dat het bijplaatsen van meer honingbijen op het bedrijf niet de efficiëntste methode is om de opbrengst te verbeteren. Wel moet gezegd worden dat het aantal honingbijen in alle percelen betrekkelijk beperkt was en de theoretische kans bestaat dat op een bedrijf met veel grotere aantallen honingbijen wel degelijk een hogere opbrengst wordt gevonden. Overigens resulteerde in ons onderzoek ook een hoger totaal aantal wilde bestuivers niet in een hogere opbrengst. Wel werd een duidelijk effect gevonden van het aantal soorten en met name het aantal hommelse soorten: hoe meer hommelse soorten aanwezig waren in het perceel, hoe groter het formaat en gewicht van de peren. In alle gevallen ging het om een klein aantal, vrij algemene tot zeer algemene soorten, maar voor telers lijkt het dus wel van duidelijk belang om ten minste de aanwezigheid van deze soorten te ondersteunen.

7.1.2 Bijdrage aan de opbrengst van aardbeienteelt

In het geval van de aardbeien lijkt de situatie iets minder complex, maar wel weer aanzienlijk anders dan bij de peren. Op veertien van de vijftien bedrijven bleken de aardbeien gemiddeld zwaarder en groter bij de behandeling waarbij bestuivers werden buitengesloten dan bij de behandeling met vrije bestuiving. Dit is een opvallend resultaat en is in tegenspraak met eerder Duits onderzoek (Klatt *et al.* 2013) dat voor verschillende rassen, waaronder Elsanta, een afname in vruchtgewicht vond indien alleen windbestuiving mogelijk was. De opzet van de bestuivingsbehandelingen in dit onderzoek was vrijwel identiek aan de onze. Ook daar werden bloemen afgedekt met gaas van hetzelfde type, wat suggereert dat een veranderd microklimaat onder het gaas niet de oorzaak is van de zwaardere vruchten. Belangrijk is wel dat Klatt *et al.* (2013) slechts onderzoek deden op een enkele locatie, waar een veel groter aantal wilde solitaire bijen aanwezig was (75 exemplaren, met name *Osmia bicornis*, tegen gemiddeld 1 exemplaar op onze bedrijven, in een derde van de vangtijd), mogelijk omdat dit onderzoek vroeger in het seizoen plaatsvond. Het is dus mogelijk dat voor een meetbare bijdrage aan het vruchtformaat en vruchtgewicht veel meer en/of andere soorten bijen nodig zijn dan in de Nederlandse teeltpercelen momenteel aanwezig zijn. Het ontbreken van een bijdrage van bestuivers aan het vruchtgewicht in de huidige Nederlandse teelt betekent dus niet per definitie dat bestuivers deze bijdrage niet in potentie zouden kunnen leveren. Feit is echter dat op basis van onze resultaten bestuivers op dit moment in de Nederlandse teelt geen duidelijke bijdrage leveren aan de vruchtmaat en het vruchtgewicht.

Opvallend in dit verband is wel dat handbestuiving in onze proeven niet resulteerde in extra grote vruchten. We hebben op basis daarvan dus geen aanwijzingen dat op dit moment sprake is van een suboptimale bestuiving. Echter, om logistieke redenen was het voor ons slechts mogelijk om de aardbeien eenmalig met de hand te bestuiven, terwijl bekend is dat verschillende deelbloemen op de aardbeienbloem op verschillende momenten openstaan voor bestuiving. Het is dus goed mogelijk dat onze handbestuiving niet een geheel optimale bestuiving vertegenwoordigde en dat een groter aantal (solitaire) bijen in het perceel wel degelijk effect zou hebben op de vruchtmaat. Omdat in geen van de door ons bezochte percelen dergelijke grote aantallen aanwezig waren, kunnen we hier geen uitspraken over doen. Vervolgonderzoek, waarbij een deel van de bloeiende planten onder een kooi wordt geplaatst waarin extra solitaire bijen worden losgelaten, zou meer duidelijkheid kunnen bieden.

Uit onze resultaten blijkt wel dat bestuivers in de huidige Nederlandse teeltsituatie een zeer duidelijke bijdrage leveren aan de vruchtvorm. Gemiddeld over alle bedrijven nam het percentage misvormde vruchten met 20% toe als bestuivers werden buitengesloten. Vormafwijkingen zijn een belangrijk criterium bij de verdeling van aardbeien over kwaliteitsklassen. Het hogere percentage misvormde vruchten resulteert dan ook in een ongeveer gelijke terugval in het percentage vruchten in de hoogste kwaliteitsklasse in afwezigheid van bestuivers. Op een enkel bedrijf leek zelfs bij de normale teeltsituatie in het perceel (vrije bestuiving, bestuivers niet buitengesloten) nu al sprake van een suboptimale vruchtvorm als gevolg van een gebrekkige bestuiving. Verder bleek het percentage goed gevormde vruchten duidelijk hoger te liggen op bedrijven waar meer zweefvliegen aanwezig waren, en waar een grotere soortenrijkdom van zweefvliegen aanwezig was. Het aantal en de soortenrijkdom van de zweefvliegen was sterk gecorreleerd, wat het lastig maakt met zekerheid te zeggen welk van beide variabelen het meest van belang is. Duidelijk is echter dat voldoende aanwezigheid van zweefvliegen van belang is voor een goede vruchtvorm. Ook de aanwezigheid van meerdere

hommelsoorten lijkt belangrijk: op perceelniveau nam de totale hoeveelheid geoogste kilogrammen in de hoogste kwaliteitsklasse toe bij een toenemend aantal hommelsoorten. Belangrijk is echter dat zelfs bij de bedrijven met relatief veel hommelsoorten dit aantal nog altijd vrij beperkt was en dat het soorten betreft die vrij algemeen zijn in ons land. Deze resultaten zijn in overeenstemming met de bevinding van Kleijn *et al.* (2015), namelijk dat een beperkt aantal soorten een groot deel van de bestuiving voor haar rekening neemt. De door ons aangetroffen verbanden tussen opbrengst en soortenrijkdom bieden echter enige nuancering: ook al gaat het maar om enkele soorten, voor een goede opbrengst is het wel degelijk van belang dat die soorten ook inderdaad alle aanwezig zijn. Opvallend is verder dat we ook voor de aardbeienteelt geen enkel duidelijk effect aantreffen van een hoger aantal honingbijen op de opbrengst, terwijl die in flink grotere aantallen aanwezig waren dan de zweefvliegen. Een mogelijke reden hiervoor is dat verschillende typen bestuivers elk op een andere wijze bijdragen (door een ander deel van de aardbeibloem, of op een ander moment, te bestuiven) en dat zelfs op de bedrijven waar relatief weinig honingbijen werden waargenomen, dit aanwezige aantal reeds genoeg is om deze specifieke taak te vervullen. Een verdere toename levert dan niet veel op. Desalniettemin suggereren onze gegevens dus dat telers die hun opbrengst (en met name vruchtvorm) verder willen verbeteren, beter aandacht kunnen besteden aan het stimuleren van het aantal wilde bestuivende soorten (met name zweefvliegen en hommels) dan aan het bijplaatsen van honingbijen.

Om logistieke en budgettaire redenen hebben we de zetting van de aardbeienplanten niet zelf kunnen onderzoeken. Een indicatie van het belang van bestuivers bij de zetting wordt echter geleverd door eerder onderzoek van Zebrowska (1998), die voor een vijftal aardbeienrassen een gemiddelde terugval in zetting vond van 86,4% naar 73,4% indien bestuivers werden weggehouden. Het bovengenoemde voorbeeld van vruchtdiameter en vruchtgewicht geeft wel aan dat buitenlands onderzoek niet altijd geldig is in de Nederlandse situatie. Een effect van bestuivers op de zetting van aardbeien is echter in meer onderzoeken aangetoond (o.a. Albano *et al.* 2009; Zaitoun *et al.* 2006).

7.2 Economische effecten van (wilde) bestuivers

De huidige bijdrage in de normale teeltsituatie werd als uitgangspunt genomen om in beeld te brengen welke bijdrage (wilde) bestuivers op dit moment daadwerkelijk leveren aan de economische situatie, en de teeltsector van de onderzochte gewassen op landelijke schaal. Net als eerder (De Groot *et al.* 2015) het geval bleek voor de teelt van appels (ras Elstar) en blauwe bessen (rassen Duke en Liberty), blijkt ook bij de teelt van Conferenceperen en Elsanta-aardbeien de financiële doorwerking van de effecten van bestuivers op opbrengst aanzienlijk. Onze onderzoeksresultaten suggereren dat voor beide gewassen de bijdrage van bestuivers aan de winst voor de teler redelijk vergelijkbaar is: bij Conferenceperen iets minder dan de helft van de totale winst per hectare (42%), en iets meer dan de helft (57%) bij Elsanta-aardbeien. Ook blijkt de rol van wilde bestuivers in de huidige situatie al aanzienlijk te zijn: gemiddeld een kwart van de winst van beide teelten is momenteel afhankelijk van de aanwezigheid van wilde bestuivende soorten. Indien zou worden aangenomen dat bestuivers in de Nederlandse teelt geheel niet van invloed zijn op de zetting (zeer waarschijnlijk een onrealistisch scenario), zou de bijdrage van bestuivers aan de winst van de Elsanta-teelt nog altijd op het hetzelfde niveau liggen als voor Conference (41%) en zou nog altijd 11% van de winst afhankelijk zijn van wilde bestuivers.

Het huidige onderzoek is een van de zeer weinige studies wereldwijd waar de financiële bijdrage van bestuivers aan de teelt van peren of aardbeien wordt berekend, en voor zover ons bekend de enige studie waarin deze financiële baten ook worden vergeleken met de teeltkosten en zo de bijdrage aan de daadwerkelijke winst wordt bepaald. De enige andere studie waarin de financiële bijdrage van de aardbeienteelt wordt bepaald, is de Duitse studie van Klatt *et al.* (2013). Zij vonden een totale bijdrage van 38,6% van bestuivers aan de bruto commerciële productiewaarde. Dit is hoger dan de door ons berekende 10% bijdrage aan de productiewaarde van Elsanta, wat mogelijk te maken heeft met de veel hogere aantallen bijen op hun onderzoekslocatie, en het (wellicht daaraan gerelateerde) door hen gevonden effect van bestuivers op de vruchtmaat. Vruchten in een hogere formaatklasse brengen per kilogram meer geld op, wat dus resulteert in een hogere productiewaarde.

Wanneer de berekende gemiddelde bijdragen worden geëxtrapoleerd naar landelijke schaal, vertegenwoordigen wilde bestuivers een ongeveer even grote bijdrage aan de landelijke productiewaarde van Conferenceperen als eerder voor Elstar appels werd gevonden: bijna 20 miljoen euro. Aan de landelijke teelt van Elsanta dragen wilde bestuivers op basis van onze schatting meer dan 6 miljoen euro bij. De landelijke bijdrage van wilde bestuivers aan de nettowinst wordt geschat op ruim 10 miljoen euro bij Conference en ruim 5 miljoen euro bij Elsanta. Belangrijk is echter wel dat in ons onderzoek slechts een heel beperkt gedeelte van het totale landelijke areaal is meegenomen, en dat extrapolatie op basis van de door ons gevonden gemiddelde bijdrage dus een aanzienlijke foutmarge met zich mee kan brengen. De door ons geselecteerde bedrijven vertegenwoordigen een goede dwarsdoorsnede van de voornaamste teeltgebieden en verschillende bedrijfsgroottes, maar de bijdrage van wilde bestuivers verschilde aanzienlijk tussen bedrijven (Tabel 8). Op basis van de standaarddeviatie van de bijdrage van wilde bestuivers per bedrijf, is de foutmarge in de landelijke schatting voor Conference ongeveer 4,4 miljoen euro en voor Elsanta ongeveer 2,9 miljoen euro.

7.3 Bedrijfseconomische situatie

Op basis van de door telers verstrekte gegevens, aangevuld met landelijke gemiddelden verkregen via de KWIN-rapportages van het LEI (Heijerman – Peppelman & Roelofs, 2010; Spruijt 2015), konden we voor de teelt van beide gewassen een behoorlijk beeld krijgen van de verhouding tussen kosten en baten bij verschillende totaalopbrengsten. Bij beide gewassen geldt dat deze teeltopbrengst zeer relevant is voor de winstmarge: bij hogere productie per hectare teeltoppervlak nemen de totale kosten weliswaar toe (vanwege bijvoorbeeld de hogere pluk- en sorteerarbeid), maar nemen de kosten per geproduceerde kilogram af. Opvallend is dat deze daling in kostprijs bij hogere productie relatief gezien veel sneller daalt bij de perenteelt dan bij de aardbeienteelt, wat resulteert in een relatief grote stijging van de winstmarge.

Deze trends zijn met name relevant vanwege de duidelijke verschillen tussen teeltbedrijven in de opbrengst die per hectare wordt gerealiseerd. Tussen de perenteeltbedrijven vonden we een factor 2,5 verschil tussen de laagste en hoogste opbrengst per hectare; bij de aardbeienteeltbedrijven was dit zelfs een factor 3. Hoewel deze variatie van vele factoren afhankelijk kan zijn, suggereren deze observaties dat bij sommige bedrijven op perceelniveau nog duidelijk een verbeteringslag mogelijk is. De bijdrage van bestuivers lijkt met name bij de Conference-teelt vanuit bedrijfseconomisch perspectief tamelijk essentieel. Weliswaar lijkt, op basis van onze saldoberekeningen en de berekende percentuele bijdrage van bestuivers, voor vrijwel alle telers zelfs zonder bestuivers de teelt nog altijd winstgevend (op een enkele deelnemer na, waarbij de teelt nu al niet meer rendabel leek; zie Figuur 11), maar gemiddeld zou de marginale winst minder dan 10 cent per kg bedragen. De daadwerkelijke winst zal nog wat lager liggen, wanneer ook de vaste lasten (o.a. pacht van grond, hypotheek) worden meegenomen. Bij de aardbeienteelt is de winstmarge wat groter.

7.4 Bestuivingsbevorderende maatregelen op bedrijfsniveau

Honingbijen leveren in de huidige teelt een wezenlijke bijdrage aan de opbrengst, tegen lage kosten: ten opzichte van de totale productiekosten blijken de kosten van het bijplaatsen van honingbijen nihil. We vonden echter geen aanwijzingen dat het bijplaatsen van extra honingbijkasten resulteert in een verdere verhoging van de opbrengst. Allereerst hield het aantal geplaatste kasten slechts zeer matig verband met het aantal daadwerkelijk aangetroffen honingbijen. Daarnaast vonden we geen aantoonbare relaties tussen het aantal bloembezoekende honingbijen en de opbrengst. Het feit dat we dergelijke relaties wel vonden voor verschillende typen wilde bestuivers suggereert dat wanneer telers de opbrengst willen verhogen door bepaalde oogstkenmerken te verbeteren, ze zich beter kunnen richten op het beïnvloeden van de aanwezigheid van wilde bestuivers. Onze resultaten geven enig inzicht in hoe telers dit zouden kunnen bereiken.

Bij de perenteelt bleek vooral de soortenrijkdom, en met name het aantal hommelse soorten, van belang voor de vruchtkwaliteit. Zowel deze totale soortenrijkdom als het aantal hommelse soorten bleek

duidelijk gerelateerd aan de hoeveelheid geschikt habitat voor het nestelen en foerageren van bijen in de nabije omtrek van het teeltperceel. Kortom, onze resultaten suggereren dat wanneer meer geschikt bijenhabitat beschikbaar is in de nabije omtrek van het perceel, dit resulteert in meer wilde (hommel)soorten in het perceel, wat vervolgens het formaat en gewicht van de peren kan bevorderen. Daarbij moet wel worden opgemerkt dat het directe verband tussen de hoeveelheid habitat en het vruchtformaat of vruchtgewicht niet significant was. Mogelijk was de totale variatie in de oogstgegevens daarvoor te groot en/of de variatie in de hoeveelheid geschikt habitat te klein. De aanwezigheid van overige fruitgewassen in de omtrek zou mogelijk effect kunnen hebben gehad, maar uit de losse schatting van dit aandeel fruitgewas bleek geen relatie met de totale hoeveelheid soorten of hommelse soorten of de talrijkheid van wilde bestuivers.

Mogelijk zou meer habitat in de nabije omtrek ook kunnen resulteren in een hogere zetting, via het bevorderen van het totale aantal wilde bestuivers. Echter, hoewel zowel sprake was van duidelijke positieve trends tussen hoeveelheid habitat en aantal wilde bestuivers, tussen het aantal wilde bestuivers en het aantal peren per tak, en tussen de hoeveelheid habitat en het aantal peren, was geen van deze trends significant. Onderzoek op meer bedrijven, liefst in een gepaarde set-up waarbij per bedrijf de oogst wordt vergeleken van percelen die wel of niet direct grenzen aan goede bijenhabitat, zou mogelijk definitief uitsluitsel kunnen bieden.

Het feit dat niet de hoeveelheid habitat in het wijdere omringende landschap, maar juist de habitat dicht bij het perceel van belang lijkt om wilde bestuivers (en hun bijdrage aan de opbrengst) te bevorderen, maakt het voor telers relatief eenvoudig om hier invloed op uit te oefenen. Een groot deel van de geschikte habitat rond de onderzochte bedrijven betrof bloemranden en houtwallen in wegbermen of scheidingen tussen verschillend landgebruik. Het lijkt voor telers dan ook zinvol om meer te experimenteren met de aanleg van bloemranden (ten behoeve van voedselaanbod) of houtwallen en dijkjes (ten behoeve van nestelgelegenheid). Dit kan bijvoorbeeld worden gerealiseerd langs de zijkant van een wat breder rijpad, in een smalle strook op de kopakker of door andere 'loze hoekjes' op het bedrijfsterrein op te vullen. De kosten van aanleg van bijvoorbeeld een bloemenstrook zijn dan minimaal (enkele honderden euro's zaaigoed plus enige arbeid om het zaaibed voor te bereiden) en het onderhoud is beperkt tot tweemaal per jaar maaien en het maaisel afvoeren. Gezien de aanzienlijke financiële baten van wilde bestuivers die uit ons onderzoek naar voren komen, is het in theorie wellicht zelfs rendabel om een smalle strook uit productie te nemen voor dit doeleinde. De vraag is echter of dit type maatregelen inderdaad in de praktijk merkbaar de winst verhoogt en op welke schaal ze daarvoor gerealiseerd moeten worden. Gerichte praktijktests, gekoppeld aan studie van zowel de bestuivers als de oogstopbrengst, zouden dit kunnen verhelderen.

Voor de aardbeienteelt vonden we in dit onderzoek geen harde relaties tussen de hoeveelheid geschikt nestel- en foerageerhabitat voor bijen rond het perceel en het aantal of de soortenrijkdom van de in het perceel aangetroffen bestuivers. Wel werd een bijna-significant verband gevonden tussen het aantal bloembezoekende hommelse soorten en de hoeveelheid geschikt habitat in de directe omtrek (500 m) van het perceel. In een recent verschenen paper tonen Feltham *et al.* (2015) namelijk aan dat de bloemen van aardbeienplanten langs een ingezaaide bloemenrand werden bezocht door aanmerkelijk hogere aantallen van diverse hommels- en zweefvliegsoorten ten opzichte van aardbeibloemen in een perceel zonder aanliggende bloemenrand. Dit duidt erop dat het beschikbaar maken van habitat voor bijen wel degelijk een duidelijk effect kan hebben, maar dat dit effect zich ofwel nog fijnmaziger afspeelt, of dat gericht gekeken moet worden naar bepaalde typen habitat. Een verschil tussen de gemeten percentages geschikt habitat rond perenpercelen en aardbeienpercelen was dat rond de West-Brabantse aardbeienpercelen een relatief groot deel van de door ons als geschikt aangemerkte habitat bosranden betrof. Mogelijk zijn bloemranden van groter belang. Ook hier lijkt een gerichte experimentele studie voor de Nederlandse teelt van belang om meer zicht te krijgen op het nut van bloemranden langs teeltpercelen.

7.5 Aansluiting bij de werkwijze en visie van de telers

Uit onze gesprekken met telers komt naar voren dat het merendeel zich zeer bewust is van de noodzaak van de aanwezigheid van bestuivers in hun percelen. Dat bestuivers in algemene zin een zekere bijdrage leveren aan de opbrengst zal voor hen dan ook geen grote verrassing zijn.

Desalniettemin zien de meeste telers andere factoren, zoals het weer, als even belangrijk – of belangrijker – als bestuivers. Ons onderzoek geeft meer duidelijkheid over hoe groot de bijdrage van bestuivers daadwerkelijk is en hoe deze zich verhoudt tot de overige kosten en baten van hun teelt. Belangrijk is verder dat onze resultaten suggereren dat de oogstopbrengst op een andere wijze wordt beïnvloed door bestuivers dan veel telers verwachten: bij de aardbeienteelt lijken bestuivers voornamelijk van belang voor de vruchtkwaliteit (vruchtvorm), terwijl veel aardbeientelers verwachtten dat bestuivers vooral bijdragen aan de zetting. Bij de perenteelt was dit precies andersom: telers verwachtten dat bestuivers vooral bijdragen aan de kwaliteit, terwijl onze resultaten aangeven dat met name de zetting gebaat heeft bij bestuivers. Mogelijk zijn telers zich dit wel bewust, maar vinden ze de zetting van minder belang voor hun oogst, omdat ze vaak toch juist moeten dunnen om het aantal vruchten te verlagen. Echter, onze resultaten laten zien dat bij afwezigheid van bestuivers het aantal vruchten per taklengte wel degelijk flink lager is dan het aantal dat de telers wenselijk vinden. Voor telers is het van groot belang om zich bewust te zijn van de manier waarop bestuivers aan verschillende aspecten van de oogst bijdragen, zodat ze eventuele problemen gericht kunnen aanpakken.

Bij bestuivers denken de meeste telers echter toch altijd nog voornamelijk aan de honingbij. Het bijplaatsen van honingbijen voor bestuiving is een bekende mogelijkheid, waar actief over na wordt gedacht. De beslissing om wel of niet bij te plaatsen wordt genomen op basis van eigen ervaring, ervaring van collega's en adviezen van teeltbegeleiders en imkers. Het merendeel van de perentelers zet honingbijen in, hoewel een aantal van hen twijfelt aan het nut, maar er voor de zekerheid toch mee door gaat. Bij de aardbeientelers is bijplaatsing van honingbijen in de open teelt veel minder gebruikelijk. Een veelgehoorde motivatie is dat er toch al voldoende bestuivers rondvliegen, zowel wilde bijen als honingbijen, van naburige imkers. Op basis van onze inventarisaties is dit laatste inderdaad het geval. Of de aantallen wilde bestuivers voldoende groot zijn, is echter de vraag. De vrij sterke twijfel aan het nut van bijplaatsing van honingbijen bij specifiek de peren- en aardbeienteelt wordt door onze resultaten ondersteund.

Hoewel een aantal telers aangeeft zich bewust te zijn dat ook wilde bijensoorten in hun percelen rondvliegen en ook zullen bijdragen aan bestuiving, zijn telers zich veelal niet bewust van de aantallen en soortenrijkdom van deze bestuivers en de mate waarin deze soorten bijdragen. Onze inventarisatiegegevens geven wat meer inzicht in de verscheidenheid van aanwezige bestuivers. In dit rapport zijn geen gedetailleerde soortenlijsten per bedrijf opgenomen, maar verschillende deelnemende telers hebben deze informatie voor hun bedrijf reeds opgevraagd en ontvangen. Daarnaast geven onze berekeningen van de relatieve bijdrage van wilde bestuivers meer inzicht in hun bijdrage aan de opbrengst.

Meerdere telers geven aan bij het nemen van beslissingen over investeringen voor bestuiving behoefte te hebben aan dit soort concrete inzichten in de daadwerkelijke effectiviteit en rendabiliteit van maatregelen: kost het niet te veel tijd en/of weegt het op tegen de investering? Wanneer het gaat om het nemen van concrete maatregelen, geven meerdere telers aan niet goed op de hoogte te zijn van de verschillende mogelijkheden, het nut ervan en de manier van uitvoering.

Hoewel meer gerichte praktijktests met specifieke maatregelen geboden zijn, helpen onze resultaten om de waarde van bestuivers voor telers concreter te maken.

Een algemene maatregel die diverse telers op dit moment al zeggen toe te passen, is het verminderen van het spuiten van insecticiden, of het gebruik van een ander type insecticide. De berichtgeving rond de sterfte van honingbijen zal daarbij een rol spelen. Het merendeel van de telers denkt momenteel echter nog niet echt na over dit type blijvende maatregelen voor wilde bestuivers. Een enkele teler heeft een bijenhotel geplaatst om nestelgelegenheid te bieden. Een andere teler geeft aan de bloemen in het gras tussen zijn rijen fruitbomen niet weg te maaien om zo bestuivers aan te trekken. Veel telers zien juist daarin echter een risico. Het merendeel van de telers denkt dat andere bloeiende planten competitie vormen voor de bestuiving met hun gewassen en maaien of spuiten andere bloeiende planten weg. Verschillende wetenschappelijke studies bewijzen echter het tegendeel (o.a. Feltham *et al.* 2015; Blaauw & Isaacs 2014) en onze resultaten sluiten daarbij aan. Ook relevant in dit verband is dat uit onderzoek (Scheper *et al.* 2014) blijkt dat het aanbieden van extra bloemen voor bijen met name relevant kan zijn als aanvullende bron van voedsel later in het seizoen, wanneer nageslacht wordt geproduceerd. Op dat moment is het teeltgewas al uitgebloeid en is competitie dus

niet aan de orde. Relevant is om dergelijke kennis uit onderzoek ook bij de teeltsector bekendheid te geven. Daarbij geldt dat telers vooral kennis tot zich nemen op basis van contact met collega's en teeltbegeleiders en in mindere mate zelf op zoek gaan naar wetenschappelijke bronnen.

Het idee om te experimenteren met het aanleggen van bijenhabitat ter bevordering van bestuiving is niet nieuw en een klein deel van de deelnemende telers (één aardbeienteler en twee perentelers) is al actief bezig (geweest) met het aanleggen van bloemranden. Belangrijk is dat het bevorderen van bestuiving een belangrijke, maar zeker niet de enige motivatie is voor deze telers om te kiezen voor dit type maatregelen. Ook het aantrekken van natuurlijke vijanden van pestsoorten (biologische pestbestrijding) is een meermaals genoemde motivatie. Deze wens om "*twee vliegen in één klap te slaan*" kwam in 2014 ook al duidelijk naar voren, toen dezelfde vragen werden voorgelegd aan telers van blauwe bessen (De Groot *et al.* 2015), een teeltsector die momenteel zwaar te kampen heeft met oogstverlies als gevolg van de schade door de invasieve exoot *Drosophila suzukii*.

8 Conclusies

8.1 De bijdrage van bestuivers

In de inleiding (sectie 1.4) werd een aantal concrete onderzoeksvragen geformuleerd waarop we in dit onderzoek een antwoord hebben proberen te vinden. Voor elk van deze vragen worden hieronder de voornaamste conclusies samengevat:

1. In hoeverre wordt in de Nederlandse teelt de vruchtopbrengst gelimiteerd door bestuiving?

Gemiddeld over alle bedrijven resulteerde bestuiving met de hand niet duidelijk in een hogere opbrengst. Op een gemiddeld teeltbedrijf van Conferenceperen en Elsanta-aardbeien lijkt dus niet duidelijk sprake van een suboptimale kwantiteit of kwaliteit van de opbrengst in de huidige teeltsituatie. Echter, op een klein gedeelte van de bedrijven blijkt dit wel degelijk het geval. In het geval van de perenteelt bleek dat juist bij de bedrijven die kampten met een relatief lage zetting, de zetting het sterkst verbeterde wanneer met de hand werd bestoven. Dit duidt erop dat de zetting op deze bedrijven wel degelijk wordt gelimiteerd door een suboptimale bestuiving. Dezelfde relatie werd gevonden met betrekking tot de vrucht kwaliteit (lager vruchtgewicht of lager percentage vruchten in de hoogste kwaliteitsklasse). Ook kwaliteit van de peren wordt bij sommige bedrijven dus belemmerd door een suboptimale bestuiving.

In de aardbeienteelt werd een vergelijkbare relatie aangetroffen voor het percentage vruchten van de juiste vorm. Bij een deel van de Nederlandse telers van Elsanta lijkt dus een suboptimale bestuiving te resulteren in een hoger percentage misvormde vruchten, waardoor een lager percentage vruchten in de hoogste kwaliteitsklasse valt.

2. Welk aandeel van de vruchtopbrengst is afhankelijk van bestuiving door insecten (ten opzichte van de wind)?

Op basis van onze berekeningen dragen bestuivende insecten op een gemiddeld bedrijf ongeveer 17% bij aan de geproduceerde hoeveelheid kilogrammen Conferenceperen per hectare. Voor de Elsanta-aardbeien is dit ongeveer 9% van het aantal kilogrammen per hectare. Deze effecten worden in de huidige teeltsituatie met name veroorzaakt door een verminderde zetting. Op de onderzochte Nederlandse bedrijven van beide gewassen lijken bestuivers in de huidige teeltsituatie geen duidelijke bijdrage te leveren aan het vruchtformaat en vruchtgewicht (wat ook van positieve invloed is op de totale opbrengst in kg/ha). Het is echter goed mogelijk dat het ontbreken van deze bijdrage niet komt doordat bestuivers geen effect hebben op het vruchtgewicht, maar doordat in de huidige situatie onvoldoende exemplaren van de juiste soorten aanwezig zijn. In geval van de perenteelt is een concrete aanwijzing daarvoor het feit dat wel regelmatig sprake leek van een gelimiteerd vruchtgewicht door een suboptimale bestuiving.

3. Wat is de relatieve bijdrage van wilde en gedomesticeerde bestuivers aan de vruchtopbrengst?

In de huidige teeltsituatie zijn zowel honingbijen als wilde bestuivers van duidelijk belang. Op basis van hun talrijkheid in de onderzochte percelen en hun relatieve efficiëntie bij het bestuiven van bloemen kan worden geschat dat van de totale bijdrage die bestuivers leveren aan de perenteelt, meer dan de helft (62%) wordt gerealiseerd door wilde soorten. Met name de zweefvliegen spelen daarbij een grote rol, niet zozeer omdat ze efficiënter bestuiven, maar vooral vanwege de aanzienlijke aantallen bloembezoekende zweefvliegen in de percelen. Van de bijdrage van bestuivers aan de aardbeienteelt wordt gemiddeld zo'n 46% geleverd door wilde bestuivers. Het overgrote deel van die bijdrage is te danken aan de hommels, wederom voornamelijk vanwege hun talrijkheid in het perceel. De verschillen in aantallen en soortensamenstelling tussen bedrijven resulteerden echter in aanzienlijke variatie tussen bedrijven in de exacte bijdrage van de totale gemeenschap van wilde bestuivers aan de bestuiving (27–100% bij peer, 13–71% bij aardbei).

Wanneer de bijdrage van de wilde bestuivers wordt berekend als percentage van de totale opbrengst in kg/ha, dragen de wilde bestuivers gemiddeld zorg voor zo'n 11% van het aantal kilogrammen Conferenceperen en 4% van het aantal kilogrammen Elsanta-aardbeien.

4. Welk aandeel van de financiële opbrengst van de teelt is afhankelijk van bestuivers in het algemeen en wilde bestuivers in het bijzonder?

Aangezien in de huidige teeltsituatie bij de perenteelt bestuivers vooral lijken bij te dragen aan de zetting en minder aan de vruchtkwaliteit, is de bijdrage van bestuivers in het algemeen en wilde bestuivers specifiek aan de financiële productiewaarde nagenoeg gelijk aan de bijdrage aan de opbrengst in kilogrammen. Wanneer echter wordt gekeken naar de winst per hectare, dan valt de bijdrage aanzienlijk hoger uit, omdat een hogere opbrengst resulteert in een lagere kostprijs per kg. De totale bijdrage van bestuivers bedraagt dan 42% van de nettowinst per hectare en de bijdrage van wilde bestuivers bedraagt zo'n 26%.

Bij de aardbeienteelt is naast een effect op zetting wel degelijk ook sprake van een duidelijke bijdrage van bestuivers aan de vruchtvorm. Aangezien bij de kwaliteitsklassering van aardbeien sterk wordt gelet op vormafwijkingen, blijken bestuivers ook van duidelijk belang voor de verdeling van de oogst over kwaliteitsklassen: in de door ons onderzochte percelen lag het percentage vruchten in de hoogste klasse gemiddeld 20% hoger wanneer bestuivers vrije toegang hadden tot de bloemen.

Wanneer dit effect wordt meegewogen in de financiële berekeningen, dragen bestuivers ruim 25% bij aan de productiewaarde, waarvan 10% wordt geleverd door de wilde bestuivers. Wanneer wordt gekeken naar de nettowinst, vertegenwoordigen bestuivers gemiddeld meer dan de helft (57%) van de winst per hectare, en dragen wilde bestuivers 24% bij.

Voor beide gewassen geldt dus dat ongeveer een kwart van de nettowinst per hectare wordt geleverd door wilde bestuivende soorten. Wanneer dit wordt geëxtrapoleerd naar landelijke schaal, vertegenwoordigen wilde bestuivers naar schatting een waarde van 10,2 ($\pm 4,4$) miljoen euro bij de teelt van Conference en 5,3 ($\pm 2,9$) miljoen euro bij de teelt van Elsanta. De aanzienlijke foutmarge is met name het gevolg van de eerdergenoemde variatie tussen bedrijven in de bijdrage van wilde bestuivers.

5. Is er een positieve relatie tussen de talrijkheid of de soortenrijkdom van wilde bestuivers en de vruchtopbrengst?

Uit onze analyses komen verschillende verbanden naar voren tussen de talrijkheid en/of soortenrijkdom van bepaalde typen bestuivers, de kwantitatieve of kwalitatieve opbrengst. In de percelen met Conferenceperen vonden we duidelijke relaties tussen met name de soortenrijkdom en de vruchtkwaliteit. Naarmate het aantal bestuivende soorten in het perceel toenam, waren de peren gemiddeld groter en zwaarder. De voornaamste rol lijkt daarbij weggelegd voor de hommelse soorten: hoewel een relatief klein aantal hommelse soorten aanwezig was, is de kwaliteit van de vruchten het grootst wanneer die alle aanwezig zijn. De zetting van perenbomen leek toe te nemen naarmate het totale aantal individuen van wilde bestuivers toeneemt, maar aanvullend onderzoek is nodig om die relatie geheel hard te maken. De totale soortenrijkdom in het perceel, en het aantal hommelse soorten, nam aantoonbaar toe naarmate in de directe omgeving van het perceel (binnen een straal van 500 m) meer voor bijen geschikt habitat aanwezig was. Het grootste deel van deze habitat bestond uit wegbermen, houtwallen en dijken. Dit suggereert dat het vergroten van dit soort habitatelementen op en direct rond het teeltbedrijf kan helpen om het aantal bestuivende soorten in het teeltperceel te vergroten, wat de vruchtkwaliteit ten goede komt. Ook het aantal individuen van wilde bestuivers leek toe te nemen wanneer meer habitat aanwezig was in de directe omgeving, maar deze relatie was wederom niet significant.

Voor de aanwezigheid van zweefvliegen lijkt verband te houden met de vruchtkwaliteit van Elsanta-aardbeien. Het percentage misvormde vruchten neemt aantoonbaar af naarmate een groter aantal zweefvliegen aanwezig is en naarmate meer zweefvliegsoorten aanwezig zijn. Ook voor de aardbeien lijkt daarnaast de aanwezigheid van voldoende hommelse soorten relevant: op perceelniveau nam de hoeveelheid vruchten in de hoogste kwaliteitsklasse toe naarmate meer hommelse soorten aanwezig waren. Voor de aardbeienpercelen vonden we geen directe relaties tussen de talrijkheid of soortenrijkdom van wilde bestuivers en de hoeveelheid bijenhabitat rond het perceel. Uit recent buitenlands onderzoek is echter bekend dat het bezoek van aardbeienbloemen door hommelen- en zweefvliegsoorten groter is in percelen waarlangs een bloemenrand is aangelegd. Opvallend is dat het aantal bloembezoekende honingbijen niet duidelijk toenam naarmate (meer) honingbijkasten werden geplaatst in het perceel en dat een hoger aantal honingbijen in het perceel niet aantoonbaar resulteerde in een grotere kwantitatieve of kwalitatieve opbrengst.

8.2 Het bestuivingsbeleid van telers

Uit onze gesprekken met telers komt naar voren dat het merendeel zich bewust is van de noodzaak van de aanwezigheid van bestuivers in hun percelen, maar dat veel van hen andere factoren, zoals weerscondities, belangrijker achten voor een goede bestuiving van hun gewas. Welk deel van de bestuiving door de wind dan wel door bestuivers wordt geleverd, is voor hen minder duidelijk. Nog minder bekend op welke aspecten van de oogst zij van invloed zijn. Onze bevinding dat bij de perenteelt vooral de zetting en bij de aardbeienteelt vooral de vruchtkwaliteit door bestuivers wordt beïnvloed, stond haaks op hun eigen verwachtingen. Beter inzicht hierin is voor telers relevant, om gericht actie te kunnen ondernemen indien een bepaald oogstaspect tegenvalt.

Telers zijn vooral bekend met de honingbij, en denken na over bijplaatsing daarvan. Over het nut daarvan lopen de meningen uiteen. Dit sluit aan bij onze bevindingen, waaruit geen aantoonbare meerwaarde van bijplaatsing van honingbijen naar voren kwam. Een onder aardbeientelers veel gehoorde motivatie om niet bij te plaatsen, is dat er toch al voldoende bestuivers rondvliegen, zowel wilde bijen als honingbijen, van naburige imkers. Onze inventarisatiedata laten zien dat inderdaad ook in percelen waar niet wordt bijgeplaatst, vaak flinke aantallen honingbijen uit de omgeving op bezoek komen. Of er ook in algemene zin voldoende bestuivers en/of een voldoende diversiteit aan bestuivers aanwezig is, is echter de vraag gezien de aangetoonde suboptimale bestuiving op een deel van de bedrijven en de duidelijk hogere vruchtkwaliteit bij de bedrijven met een hogere soortenrijkdom van bestuivers (totale soortenrijkdom bij peer; aantal soorten zweefvliegen en hommels bij aardbei).

Slechts weinig telers nemen momenteel concrete maatregelen voor wilde bestuivers. Uit onze enquêteresultaten komt een aantal punten naar voren die telers op dit moment weerhoudt van het nemen van extra maatregelen. Dit betreft vooral:

1. Een onbekendheid met het nut van een diverse gemeenschap van wilde bestuivende soorten op hun bedrijf voor hun teeltopbrengst. De inventarisatieresultaten en de onder sectie 8.1. genoemde conclusies van het voorliggende onderzoek geven telers in potentie op die vlakken meer houvast.
2. Een onbekendheid met de verschillende mogelijke opties om wilde bestuivers te ondersteunen en de beste manier om die concreet in de praktijk vorm te geven. Onze resultaten geven aan dat het aanbieden van habitat, waaronder wilde bloemenrijkdom in bijvoorbeeld bermstroken, van waarde kan zijn. Dit conflicteert echter deels nog met de visie van het merendeel van de telers dat andere bloeiende planten competitie vormen voor de bestuiving van hun gewas.
3. Gebrek aan bewijs dat een maatregel werkt en dat deze in financieel opzicht haalbaar of – idealiter – rendabel is. Meerdere telers geven aan bij het nemen van beslissingen over investeringen voor bestuiving behoefte te hebben aan concretere inzichten in de daadwerkelijke effectiviteit en rendabiliteit. Hoewel onze resultaten inzicht geven in de economische relevantie van bestuivers, zijn meer praktijktests nodig om de kosten/baten van specifieke maatregelen in beeld te brengen.

8.3 Aanbevelingen voor telers en hun sector

- Het is belangrijk om meer mensen, zowel binnen en buiten de teeltsector, te laten delen in de middels deze en andere studies vergaarde kennis over de aanwezigheid en het nut van wilde bestuivende soorten op het teeltbedrijf. Onze resultaten laten zien dat bij de teelt van zowel Conferenceperen als Elsanta-aardbeien een hogere soortenrijkdom duidelijk verband houdt met een betere vruchtkwaliteit.
- Telers kunnen zelf veel doen om meer (soorten) bestuivers naar hun percelen te trekken en daar te houden. Op basis van onze resultaten lijkt het voor telers waardevol om te experimenteren met de aanleg van bijenhabitat op hun bedrijf, in de directe nabijheid van de teeltpercelen. Dat kan bijvoorbeeld door de aanleg van bloemstroken of houtige opstanden. Met name als gebruik wordt gemaakt van nu minder intensief gebruikte stroken of hoeken zijn de kosten die dit met zich meebrengt zeer beperkt.

-
- Bloemstroken en houtwallen kunnen met name belangrijk zijn voor het bieden van voedsel buiten de bloeiperiode van het gewas. Competitie met de bestuiving van bloemen van het teeltgewas is überhaupt onwaarschijnlijk, maar is bij een gerichte soortkeuze (inzaaien van laatbloeiende soorten bij bloemstroken en planten van vroegbloeiende soorten in houtwallen) dus ook niet aan de orde. Veelal gaat het om soorten die van nature al voorkomen in het omringende landschap, maar waarvan de aanwezigheid op deze manier wordt versterkt om het voedselaanbod te vergroten.
 - Een juist beheer van stroken bijenhabitat rond het bedrijf is belangrijk. Om de aanwezigheid van een groot aantal bloeiende soorten te behouden, is het essentieel om een strook tweemaal per jaar te maaien. Idealiter wordt daarbij niet de hele strook in één keer gemaaid, zodat gedeelten overblijven waar insecten tijdelijk hun toevlucht kunnen nemen. Tevens is het belangrijk om het maaisel af te voeren (om verstikking van de begroeiing te voorkomen).
 - Naast het aanbieden van voedsel is ook nestelgelegenheid van groot belang. Bijenhôtels zijn daarbij een veelgenoemde optie, maar ook het creëren van steilwandjes (door aanleg van 'nesteldijkjes', heuvels, greppels of het afsteken van bestaande hellingen) kan solitaire bijen een waardevol habitat bieden waarin zij zelf nestelgelegenheid kunnen ontwikkelen.
 - Het huidige onderzoek richtte zich volledig op bestuiving. Echter, een aantal voor de hand liggende maatregelen om wilde bestuivers te bevorderen, heeft mogelijk eveneens een positief effect op andere voor telers belangrijke aspecten, zoals natuurlijke plaagbestrijding. Duidelijker op zoek gaan naar een koppeling van verschillende diensten zou het ondernemen van concrete acties economisch relevanter en haalbaarder kunnen maken. Ook vanuit de telers zelf bestaat de wens om dergelijke dubbelslagen te onderzoeken.
 - Om een deel van de bezwaren weg te nemen die telers op dit moment weerhouden van maatregelen ter ondersteuning van wilde bestuivers (zie 8.2), lijkt het kansrijk om een aantal kleinschalige pilots of demonstratieprojecten op te zetten. Daarbij zou op een selectie van teeltbedrijven van relevante fruitgewassen de opbrengst kunnen worden vergeleken bij percelen waar deze maatregel wel of niet is ingezet. Niet alleen kan dit de feitelijke onderbouwing bieden van de financiële haalbaarheid waar telers op dit moment naar op zoek zijn, het levert telers ook concrete ervaring op met de praktische uitvoering van de maatregelen, informatie die vervolgens onderling kan worden doorgegeven. Op deze manier kan draagvlak ontstaan zonder dat maatregelen systematisch van bovenaf worden opgelegd of gesubsidieerd.

Literatuur

- Albano, S., Salvado E., Duarte S., Mexia A., Borges P.A.V. 2009. Pollination effectiveness of different strawberry floral visitors in Ribatejo, Portugal: selection of potential pollinators. Part 2. *Advances in Horticultural Sciences* 23: 246-253.
- Blaauw, B.R., Isaacs, R. 2014. Flower plantings increase wild bee abundance and the pollination services provided to a pollination-dependent crop. *Journal of Applied Ecology* 51: 890-898.
- Bommarco, R., Marini, L. & Vaissiere, B.E. 2012. Insect pollination enhances seed yield, quality, and market value in oilseed rape. *Oecologia* 169:1025-1032.
- CBS. 2015. *StatLine Databank*. Bezocht: december 2015.
- De Groot, G.A., R. Van Kats, M. Reemer, D. van der Sterren, J.C. Biesmeijer & D. Kleijn. 2015. De bijdrage van (wilde) bestuivers aan de opbrengst van appels en blauwe bessen. Een voorbeeld van kwantificering van ecosysteemdiensten in Nederland. Wageningen, Alterra Wageningen UR.
- FAO. 2011. *Protocol to detect and assess pollination deficits in crops - a hand book for its use*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- Feltham, H., Park K., Minderman J., Goulson D. 2015. Experimental evidence that wildflower strips increase pollinator visits to crops. *Ecology and Evolution* 5: 3523-2530.
- Free, J.B., 1993. *Insect pollination of crops*. Academic Press Limited, London.
- Garratt M.P.D., Trustlove C.L., Coston D.J. et al. (2013) Pollination deficits in UK apple orchards. *Journal of Pollination Ecology*, 12: 9-14.
- Garratt M.P.D., Breeze T.D., Jenner N., Polce C., Biesmeijer J.C., Potts S.G. 2014. Avoiding a bad apple: insect pollination enhances fruit quality and economic value. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 184: 34-40.
- Heijerman-Pepelman G., Roelofs P.F.M.M. 2010. *Kwantitatieve Informatie Fruitteelt (KWIN) 2009/2010*. PPO – Wageningen UR, rapport 2009-41.
- Holzschuh, A. et al. 2012. Landscapes with wild bee habitats enhance pollination, fruit set and yield of sweet cherry. *Biological Conservation* 153:101.
- Isaacs, R., Kirk, A.K., 2010. Pollination services provided to small and large high-bush blueberry fields by wild and managed bees. *Journal of Applied Ecology* 47: 841-849.
- Jacquemart, A-L., Michotte-Van der Aa A., Raspé O. 2006. Compatibility and pollinator efficiency tests on *Pyrus communis* L. cv. Conference. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology* 81: 827-830.
- Klatt, B.K., Holzschuh A., Westphal C., Clough Y., Smit I., Pawelzik E. & T. Tschardtke. 2013. Bee pollination improves crop quality, shelf life and commercial value. *Proceedings of the Royal Society B, Biological Sciences* 281: 20132440.
- Kleijn, D., Winfree R., Bartomeus I, Carvalho L.G., Henry M., Isaacs R. et al. 2015. Delivery of crop pollination services is an insufficient argument for wild pollinator conservation. *Nature communications* 6: 7414.

-
- KNMI. 2015. Weerarchief Nederland. Website: <http://knmi.nl/kennis-en-datacentrum/dossier/weerarchief-nederland>. Bezocht: november 2015.
- Kwaliteits Controle Bureau (2015) Handelsnormen. Website: <http://kcb.nl/handelsnormen-gf>. Bezocht: september 2015.
- Lee, S.B., Yoon H.J., Park. I.G., Kim Y.S., Lee M.Y., Lee M.L. 2006. Comparison on the pollinating activities of Bumblebee, *Bombus terrestris* L., and Honeybee, *Apis mellifera* L, (Hymenoptera: Apidae) in strawberry houses. *Korean Journal of Apiculture* 12: X-X.
- Monzón, V., Bosch J., Retana J. 2004. Foraging behaviour and pollinating effectiveness of *Osmia cornuta* (Hymenoptera: Megachilidae) and *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) on "Comice" pear. *Apidologie* 35: 575-585.
- Nye, W.P., Anderson J.L. 1974. Insect pollinators frequencing strawberry blossoms and the effect of honey bees on yield and fruit quality. *Journal of the American Society for Horticultural Sciences* 99: 40-44.
- 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.
- Rader, R., Bartomeus I., Garibaldi L.A., Garratt M.P.D., Howlett B.G., Winfree R. et al. 2015. Non-bee insects are important contributors to global crop pollination. *PNAS* 113: 146-151.
- Reemer, M. & Kleijn, D. 2012. *Wilde bestuivers in appel- en perenboomgaarden in de Betuwe in 2010 en 2011. Rapport EIS2012-01. Stichting European Invertebrate Survey – Nederland*.
- Scheper, J., Reemer M., Van Kats R., Ozinga W.A., Van der Linden G.T.J., Schamineé J.H.J., Siepel H., Kleijn D. 2014. *Museum specimens reveal loss of pollen host plants as key factor driving wild bee decline in the Netherlands*. *PNAS* 111: 17552-17557.
- Spruijt, J. 2015. *Kwantitatieve Informatie Akkerbouw en Vollegrondsgroenteteelt (KWIN-AGV) 2015*. Wageningen: PPO Fruit.
- Thomson, J.D., Forrest J.R.K., Ogilvie J.E. 2011. Pollinator exclusion devices permitting easy access to flowers of small herbaceous plants. *Journal of Pollination Ecology* 4: 24-25.
- Westphal C., Bommarco R., Carré G., et al. 2008. *Measuring bee diversity in different European habitats and biogeographical regions*. *Ecological Monographs* 78: 653-671.
- Winfree, R., Gross, B.J. & Kremen, C. 2011. *Valuing pollination services to agriculture*. *Ecological Economics* 71: 80-88.
- Young H.J., Young T.P. 1992. *Alternative outcomes of natural and experimental high pollen loads*. *Ecology*, 73: 639-649.
- Zaitoun, S.T., Al-Ghzawi A.A., Shannag H.K., Rahman A., Al-Tawahaa R.M. 2006. Comparative study on the pollination of strawberry by bumble bees and honey bees under plastic house conditions in Jordan valley. – *Journal of Food, Agriculture and Environment* 4: 237-240.
- Zebrowska, J. 1998. Influence of pollination modes on yield components in strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.). *Plant Breeding* 117: 255-260. Kop 1

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

Alterra-rapport 2716
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 2716
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.

