

Preventie van vogelschade in Conference perenteelt

*Grootschalige veldtest met het 'krekelsysteem' in 2014
en 2015.*



Foto: M. Oomens

J.L. Lommen
H. Kloen
J. Snijders

Met bijdragen van L. van Drongelen (2014) en M. Oomens (2015)

© Februari 2016, CLM

CLM Onderzoek en Advies

Postbus:

Postbus 62
4100 AB Culemborg

Bezoekadres:

Gutenbergweg 1
4104 BA Culemborg

T 0345 570 700

F 0345 470 799

www.clm.nl

Voorwoord

Voor u ligt het eindrapport van een veldtest met het krekelsysteem in 2014 en 2015. Het systeem dient vogels uit de Conference-perenteelt te weren, zodat telers minder schade hebben. Het onderzoek is uitgevoerd door CLM Onderzoek en Advies in opdracht van Faunafonds (onderdeel van BIJ12) en Nederlandse Fruittelers Organisatie (NFO).

We merken dat er behoefte is aan het grootschalig uittesten van vogelwerende maatregelen zodat duidelijk is in welke mate deze maatregelen vogelschade voorkomen. Voor zover bekend is dit het tweede onderzoek in Nederland dat op grote schaal een maatregel test. Dit onderzoek geeft meer inzicht in de effectiviteit van het krekelsysteem, zodat telers een objectievere keuze kunnen maken uit het grote aanbod van vogelwerende maatregelen.

Lex van Drongelen (student Toegepaste biologie aan CAH Vilentum) heeft in 2014 de proef uitgevoerd als stagiair bij CLM. In 2015 is de proef uitgevoerd door Mark Oomens (eveneens student Toegepaste biologie aan CAH Vilentum) en Jeroen Snijders (student Toegepaste Biologie aan HAS Den Bosch). Laatstgenoemde heeft ook meegeschreven aan deze eindrapportage. De stagiairs zijn begeleid door Joost Lommen en Henk Kloen van CLM. Het krekelsysteem is een uitvinding van Johan Keus. Gilles van de Lans heeft als leverancier van vogelwerende maatregelen de krekel samen met de heer Keus verder ontwikkeld. We bedanken Paul van Dongen (Opishelpt) en Peter-Martijn Kuipers (Miqra) voor het fabriceren van de krekelsystemen. We bedanken Kees Musters van Universiteit Leiden voor de assistentie bij de statistische analyse. Jaap van Baarsen (Faunafonds) heeft de schade uitkering in en om de proefpercelen geregeld in 2014, Rob Schuitemaker (Bij12) in 2015. Ook bedanken wij hartelijk de negen perentelers voor hun medewerking afgelopen 2 jaar.

De auteurs

Inhoud

Samenvatting	4
1 Inleiding	5
2 Materiaal & Methode	7
2.1 Krekelsysteem	7
2.2 Methode	9
2.2.1 Ligging proefpercelen	9
2.2.2 Proefopzet, selectiecriteria percelen en werving deelnemers	9
2.2.3 Werkwijze tellingen en functioneren krekelsysteem	10
2.2.4 Schadeveroorzakers	12
2.2.5 Rekenmethodiek	13
3 Resultaten	14
3.1 Schadetellingen	14
3.2 Schadeverloop	15
3.2.1 Schadeverloop in blanco	15
3.2.2 Invloed van krekelsysteem op schadepercentage	17
3.2.3 Schadereductiepercentage	18
3.2.4 Bereik	19
3.2.5 Kosteneffectiviteit	19
3.2.6 Gewenning	19
3.2.7 Schadeveroorzakers	20
4 Discussie	21
5 Conclusies en aanbevelingen	23
Literatuur	25
Bijlagen	26
Bijlage 1 Opbouw GLM-model	27
Bijlage 2 Output GLM-model	28
Bijlage 3 Tabel kostenberekening krekelsysteem	30

Samenvatting

De afgelopen 10 à 15 jaar is de vogelschade in de perenteelt enorm toegenomen. Dit signaleren de telers en het blijkt uit de schadecijfers van het Faunafonds. Om deze kostenpost te verminderen heeft CLM in 2013 en 2014 onderzoek gedaan naar de kosteneffectiviteit van 22 vogelwerende maatregelen. Ook is in 2013 een nieuw vogelwerende maatregel - het krekelsysteem - kleinschalig getest. De resultaten van dit onderzoek waren veelbelovend. Daarom heeft het Faunafonds CLM de opdracht gegeven om gedurende twee jaar het krekelsysteem op grote schaal te testen.

Het krekelsysteem produceert een scherp metaalachtig geluid, wat de vogels af zou moeten schrikken. Het systeem is in 2014 en 2015, gedurende vijf à zes weken voor de oogst, op tien verschillende Conference perenpercelen getest. Deze percelen zijn allen verdeeld in vier proefvlakken. Het eerste proefvlak is direct bij de krekel (0m afstand), gevolgd door proefvlakken op 75, 150 en 250m afstand van het krekelsysteem. Op 250m is het geluid niet meer hoorbaar, dit is het blanco proefvlak. Binnen elk proefvlak zijn 20 telbomen gemarkeerd, wat een totaal van 80 telbomen per proefperceel geeft. Tijdens het onderzoek zijn bij deze telbomen nulmetingen en schadetellingen uitgevoerd. Met behulp van deze gegevens is het schadepercentages per proefvlak berekend. Ten slotte is met een statistisch GLM-model de gegevens geanalyseerd. Vervolgens is de effectiviteit, bereik en kosteneffectiviteit bepaald. Daarnaast is, indien mogelijk, vastgesteld door welk organisme de schade aan de peren is veroorzaakt. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen zangvogels, kraaiachtigen, wespen en dader onbekend.

Uit de resultaten van 58 bruikbare schadetellingen blijkt dat het krekelsysteem een schade reducerend effect heeft. Zo is in het proefvlak bij de krekel (0m) de schade significant lager ($P < 0,001$) dan in de overige drie proefvlakken (75, 150 en 250m). Het schadepercentage bij de krekel bedraagt 1,33% en in de overige drie proefvlakken 3,01%. Het krekelsysteem vermindert de schade in vergelijking met het gemiddelde over de andere drie proefvlakken met een schadereductie van 1,68%, dit komt overeen met factor 2,3. Het bereik is echter beperkt tot ongeveer 0,25 hectare per krekelsysteem. De kosten van het krekelsysteem bedragen ongeveer 2.480euro/ha/jaar. Daarnaast blijken met name zangvogels en in mindere mate kraaien verantwoordelijk voor de vraatschade aan de Conference-peer.

Het krekelsysteem heeft een reducerend effect op vogelschade in de Conference perenteelt. Het systeem is door zijn beperkte bereik echter erg duur (euro's/jaar/hectare) vergeleken met andere vogelwerende maatregelen. Daarnaast is dit prototype van het systeem onbetrouwbaar, en dient doorontwikkeld te worden. Aan te raden is om het geluid van het systeem hoogwaardig op te nemen en af te spelen met geluidsboxen. Hierdoor is het systeem veel onderhoudsvriendelijker en zijn de kosten per hectare lager.

Inleiding

Vogelschade in de perenteelt is de afgelopen 10 à 15 jaar enorm toegenomen. Dit nemen de telers waar in het veld en het Faunafonds registreert het. Zo werd in 2005 ca. 400.000 euro aan tegemoetkomingen voor vogelschade aan het fruit vergoed, in 2010 bedroeg dit bijna 1,5 miljoen euro (Faunafonds, 2010). De schade fluctueert sterk van jaar tot jaar. De geschatte werkelijke schade is veel groter. Deze wordt voor fruit, voornamelijk appels en peren, in de periode 2008-2010 geschat op 2,5 miljoen euro per jaar. Daarmee is vogelschade in fruit met 13% de op één na grootste kostenpost van faunaschade in de Nederlandse landbouw (Guldemon, Den Hollander, Van Well & Keuper, 2013). De door het Faunafonds uitgekeerde vergoedingen in fruit betreft in 90% van de gevallen peren. Telers krijgen de getaxeerde schade¹ vergoed, maar de werkelijke schade die de teler ondervindt is doorgaans groter. Schade door vrijgestelde vogelsoorten zoals kraai en vervolgschade tijdens bewaring wordt niet vergoed. Het Faunafonds krijgt via de overheid belastinggeld van de burger, dus ook de Nederlandse maatschappij betaalt hier aan mee. Kortom, het voorkomen van vogelschade in de perenteelt verdient aandacht.

De afgelopen jaren heeft CLM verschillende proeven en studies uitgevoerd naar vogelwerende maatregelen in de peren- en boomteelt. Allerlei visuele, akoestische en olfactorische (reuk) maatregelen zijn op kleine schaal getest. Deze kleinschalige testen geven indicatieve inzichten. Voor betrouwbare resultaten is grootschalig onderzoek nodig.

In opdracht van het Faunafonds is in 2013 en begin 2014 onderzoek gedaan naar 22 vogelwerende maatregelen uit binnen- en buitenland. Deze maatregelen zijn geïnventariseerd en beoordeeld voor zover er gegevens waren op criteria als effectiviteit, kosten per hectare enzovoorts en geprioriteerd (Bosch, Kloen & Lommen, 2014a).

Daarnaast vroeg het Faunafonds zich af of het mogelijk was om te achterhalen welke vogelsoorten verantwoordelijk zijn voor de schade in de perenteelt. Cameravallen lijken het meest effectief te zijn om vogels op heterdaad te betrappen. Met de cameravallen zijn 4 koolmezen en 3 pimpelmezen op heterdaad betrapt bij het aanpakken van peren. DNA analyse kan mogelijk in de toekomst effectief zijn (Helmus, 2013a).

In 2013 is ook voor het Faunafonds een geheel nieuwe vogelwerende maatregel getest op een praktijkbedrijf: het krekelsysteem. In de enkelvoudige proef bedroeg het schadepercentage (tijdens de laatste vijf weken voor de oogst) in de blanco 5,0% en in het plot van de krekel 0,6%. De schade is dus circa factor 9 verminderd. Bovendien bleek hier gedurende een periode van vijf weken geen gewinning op te treden (Bosch et al., 2014b).

¹ De teler betaalt een behandelbedrag van 300 euro per aanvraag (sinds 2015) en er geldt een eigen risico van 5% van de getaxeerde schade van minimaal 250 euro. Feitelijk moet de teler kosten maken om een deel van de getaxeerde schade vergoed te krijgen.

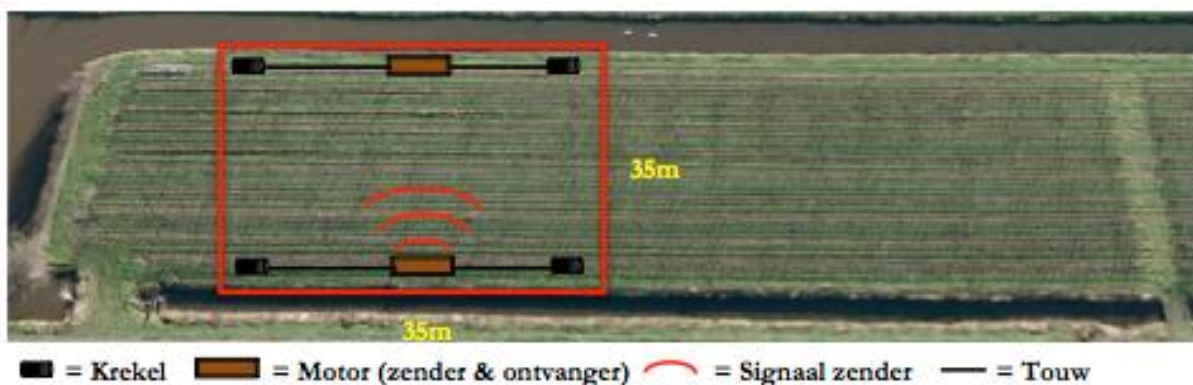
Op basis van het bovenstaande heeft het Faunafonds aan CLM de opdracht gegeven om in 2014 en 2015 het krekelsysteem grootschalig uit te testen op 10 Conference-perenpercelen. Het rapport ligt voor u en geeft antwoord op de onderzoeksvragen:

- Kan het krekelsysteem vogelschade in de Conference perenteelt verminderen en in welke mate?
- Over welke afstand is het systeem effectief (bereik)?
- Wat is de kosteneffectiviteit van de krekel?
- Treedt er gewenning van vogels op aan het krekelsysteem?
- Welke vogels veroorzaken de schade aan de peren?

Materiaal & Methode

2.1 Krekelsysteem

In *figuur 1* is een schematische weergave van een compleet krekelsysteem te zien. Eén krekelsysteem bestaat uit twee elektromotoren die elk twee krekels laten ratelen. Aan de motor zit een toerenreductiekast met daaraan een trapper. De trapper is aan een touw bevestigd die aan de krekkel trekt. Aan de andere kant van de krekkel zit een elastiektouw verbonden aan een houten paal, die het touw weer terug trekt door de krekkel. Zodoende maakt de krekkel een ratelend geluid.



Figuur 1. Schematische weergave van een compleet krekelsysteem in een plot van 35x35 meter. Bestaande uit vier krekels en twee elektromotoren waarvan (één met zender en de andere met een ontvanger).

De motoren zijn geplaatst in een houten ombouwkast (*foto 1*). In de hoofdaandrijfkast zit naast de motor als aandrijving, een zender en een tijds klok. De tijds klok is zo ingesteld dat deze zeven dagen per week tussen 5:30 en 21:30 uur om de 7 minuten, gedurende 8 seconden de motor activeert. Deze periode komt ruwweg overeen met een half uur voor zonsopkomst en een half uur na zonsondergang. In de tweede aandrijfkast zit naast de motor alleen een ontvanger. Deze ontvangt het signaal van de zender en werkt zo synchroon aan de hoofdmotor. Beide elektromotoren worden gevoed door een 12 Volt accu.



Foto 1. Aandrijfsysteem van de krekkel. Linksboven is de tijds klok met zender te zien. Deze activeert de motor (rechtsboven). Aan de toerenreductiekast (blauw) zit de trapas en trapper verbonden. Aan de trapper zitten de touwen verbonden die de krekels aandrijven. Foto: J.Snijders.

Deze dient om de 3 à 4 dagen vervangen te worden door een opgeladen accu, zodat de motoren voldoende vermogen houden om de krekels aan te drijven.

Op het moment dat de motoren aan gaan, drijven ze ieder twee krekels aan met ongeveer 125 toeren per minuut. De krekels zijn bevestigd aan een houten paal op een hoogte van 1 tot 1,5 meter boven het maaiveld (*foto 2*). Deze krekels bestaan uit een cilindrisch metalen buis met schuin aflopende kanten. Midden in deze buis zit een as met daaraan een naaf met drie schakels (*foto 3*). Op het moment dat deze as rond draait slaan de schakels tegen een draadeind van 10 mm in de buis.

Het krekelsysteem bleek in 2014 te onbetrouwbaar te zijn. Daarom is het systeem technisch verbeterd. Door de verbeteringen is het geluid veranderd. Het geluid klinkt in 2015 wat anders en was net iets minder krachtig dan in 2014².



Foto 2. Krekelsysteem aan houten paal. Links zit de aandrijfkast, rechts het elastiek. Foto: J. Snijders



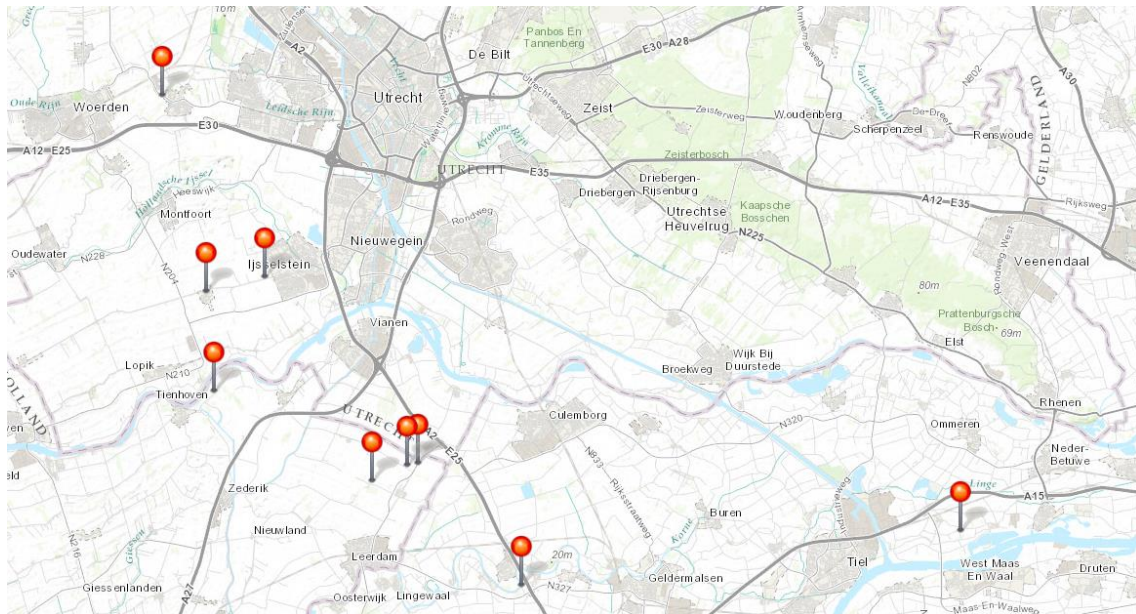
Foto 3. As midden in krekels met daaraan de naaf met drie schakels (één schakel rood omcirkeld). Deze wordt aangedreven via een touw door de motor. Achteraan zit het draadeind waar de schakels tegen slaan. Foto: J. Snijders

² Zie hoofdstuk 'discussie' voor een toelichting.

2.2 Methode

2.2.1 Ligging proefpercelen

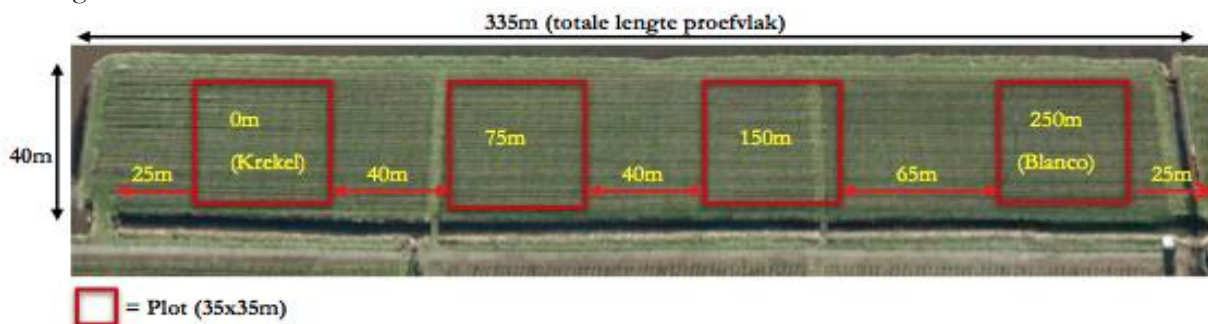
De krekelproof is uitgezet op 10 proefpercelen, bij 9 verschillende perentelers. De locaties van deze percelen zijn weergegeven in *figuur 2*. De bedrijfsnamen zijn geanonimiseerd door middel van een uniek perceelnummer.



Figuur 2. Globale topografische ligging van de 9 deelnemende bedrijven met de 10 proefpercelen. Bij één teler liggen twee proefpercelen.

2.2.2 Proefopzet, selectiecriteria percelen en werving deelnemers

De geselecteerde proefpercelen zijn zo veel mogelijk homogeen en hebben een minimale afmeting van 40m breed bij 335m lang. In elk proefperceel liggen vier plots van 35x35m. De plots liggen, vanuit het centrum gemeten, op 0, 75, 150 en 250 meter van de krekels. In *figuur 3* zijn de 4 plots schematisch weergegeven. Uitgangspunt is dat op 250 afstand van de krekels het geluid niet meer hoorbaar is. Dit plot fungeert als blanco.



Figuur 3. Schematisch overzicht van proefperceel met 4 plots en bijhorende afstanden. Op 250 meter afstand is het krekelsysteem niet meer hoorbaar (blanco).

1. In voorgaande jaren trad op het perceel aanzienlijke schade door zangvogels op;
2. Breedte proefperceel (gemeten vanaf windsingel/ sloottalud) $> 40\text{m}$;
3. Lengte proefperceel (gemeten vanaf windsingel/ sloottalud/ bosschage) $> 335\text{m}$
 - a. Hart plots liggen op 0, 75, 150 en 250m. Proefvlak is $35 \times 35\text{m}$. Dit betekent dat uiterste zijden proefvlakken op 285 uit elkaar liggen, plus veiligheidsmarge i.v.m. verstoring van 25m aan elke zijde, komt op totaal 335 meter;
4. Afstand kopse kant perceel (gemeten vanaf windsingel/ sloottalud) tot rand proefvlak $> 25\text{m}$;
5. Afstand grotere storende elementen (zoals grote boom, bosschage, snelweg (N-wegen laten we buiten beschouwing), erf $> 50\text{m}$. Als een bomenrij of bosschage over de volle lengte van 335m aanwezig is, wordt dit niet beschouwd als storend element voor de proef;
6. Overige vogelwerende maatregelen (als gaskanon of vliegers) mogen niet verstorend werken op één van de plots;
7. Alleen conference-perenbomen dienen als telboom;
8. Bomen liefst van dezelfde leeftijd, is geen hard criterium;
9. Eén lengtezijde moet grenzen aan homogene rand, bijv. houtsingel, sloot, hoge bomen, fruitbomen of weiland;
10. Telbomen mogen niet gedund of gesnoeid worden tijdens proef;
11. Tijdens de proefperiode niet maaien of snoeien van de randen bestaande uit windsingel, slootkanten, bosschage enzovoorts.

2.2.3 Werkwijze tellingen en functioneren krekelsysteem

● = Krekel • = Telboom ■ = Motor

³ Zie hoofdstuk discussie.

Het krekelsysteem is ca. 1,5 maand voor de oogst geïnstalleerd en geactiveerd. De vogelschade treedt vanaf dan meestal pas op omdat de peren zoet en sappig beginnen te worden. Op de dag van installatie zijn de telbomen ook geschoond: alle beschadigde peren (door dieren, hagel of schimmels) zijn verwijderd. Zowel de hangende peren als de peren liggend op de grond. Daarna is het aantal gave peren van iedere telboom bepaald: de zogenaamde nulmeting. Vervolgens zijn wekelijks de beschadigde peren geteld tot aan de oogst. Tijdens de wekelijkse telling zijn de beschadigde peren verwijderd, zodat bij de volgende telling zichtbaar is welke gave peren zijn aangepikt in de tussenliggende week. Ook is waar mogelijk de veroorzaker genoteerd. De veroorzakers zijn gecategoriseerd in kleine zangvogel, kraaiachtige, wesp of dader onbekend.

In *tabel 1 en 2* is per proefperceel te zien op welke data de nulmeting en schadetellingen zijn uitgevoerd in 2014 en 2015. Op de volgende pagina staat een uitleg van deze tabel. De schadetellingen hebben plaatsgevonden van 4 augustus t/m 1 september 2014 en van 17 augustus t/m 16 september 2015. In 2014 was de oogst 2 weken vroeger dan normaal. In 2015 was er sprake van een normale oogstdatum.

Tabel 1 en 2. Per proefperceel is weergegeven wanneer de nulmeting (week 0) en schadetellingen zijn uitgevoerd in de telvelden 1 t/m 5 in 2014 en 2015. De groene en oranje tellingen zijn meegenomen in de analyse. De rode tellingen zijn niet meegenomen in de analyse vanwege te lange krekelfeectie. Zie toelichting tabel 1 en 2 op volgende pagina voor uitleg.

2014	Nulmeting -					
Perceel	Week 0	Week 1	Week 2	week 3	Week 4	Week 5
1	28-jul	4-aug	11-aug	18-aug	25-aug	-
2	28-jul	4-aug	11-aug	18-aug	25-aug	1-sep
3	29-jul	5-aug	12-aug	19-aug	26-aug	-
4	29-jul	5-aug	12-aug	19-aug	26-aug	-
5	30-jul	6-aug	13-aug	20-aug	27-aug	-
6	30-jul	6-aug	13-aug	20-aug	27-aug	-
7	30-jul	6-aug	13-aug	20-aug	27-aug	-
8	31-jul	7-aug	14-aug	21-aug	28-aug	-
9	31-jul	7-aug	14-aug	21-aug	28-aug	-
10	1-aug	7-aug	14-aug	21-aug	28-aug	-

2015	Nulmeting -					
Perceel	week 0	Week 1	Week 2	Week 3	Week 4	Week 5
1	10-aug	17-aug	24-aug	31-aug	7-sep	11-sep
2	10-aug	17-aug	24-aug	31-aug	7-sep	-
3	12-aug	19-aug	26-aug	2-sep	9-sep	16-sep
4	13-aug	20-aug	27-aug	3-sep	-	-
5	12-aug	19-aug	26-aug	2-sep	9-sep	-
6	13-aug	20-aug	27-aug	3-sep	10-sep	-
7	11-aug	18-aug	25-aug	1-sep	8-sep	-
8	14-aug	21-aug	28-aug	4-sep	10-sep	-
9	14-aug	21-aug	28-aug	4-sep	10-sep	-
10	11-aug	18-aug	25-aug	1-sep	8-sep	14-sep

Toelichting tabel 1 en 2

De **groen** gemarkeerde cellen in de *tabel 1 en 2* geven aan dat het krekelsysteem probleemloos heeft gefunctioneerd in de week voorafgaand aan de schadetelling. Deze data zijn dus bruikbaar.

De **oranje** gemarkeerde cellen geven aan dat 3-4 krekels geen geluid hebben gemaakt gedurende maximaal 24 uur, of dat 1-2 krekels gedurende maximaal 48 uur geen geluid hebben gemaakt. Uit de tellingen blijkt dat er in de oranje telweken niet ineens meer schade is dan de overige telweken en daarom worden deze data betrouwbaar geacht.

De **rode** cellen daarentegen zijn schadetellingen na een week waarin 3-4 krekels langer dan 24 uur, of 1-2 krekels langer dan 48 uur niet hebben gefunctioneerd. Deze data zijn niet bruikbaar voor de analyse.

Als in de eerste weken de krekels niet goed gefunctioneerd hebben maar de weken daarna wel (bijv. perceel 3 in 2014), dan zijn de beschadigde peren van week 3 en 4 meegenomen in de analyse. De beschadigde peren in de weken 1 en/of 2 zijn afgetrokken van het totaal aantal gave peren, en blijven zodoende geheel buiten de dataset. Dit is met name het geval in 2014.

In 2014 zijn in totaal 41 schadetellingen uitgevoerd over alle 80 telbomen per perceel. Daarvan zijn 23 tellingen bruikbaar (15 groen en 8 oranje) en 18 onbruikbaar (rood) voor verdere analyse. In 2015 zijn in totaal 42 schadetellingen uitgevoerd. Daarvan zijn 35 tellingen bruikbaar (25 groen en 10 oranje) en 7 onbruikbaar (rood). De totale dataset bestaande uit 58 tellingen verdeeld over 2014 en 2015 is geanalyseerd in dit onderzoek. Daarnaast zijn alle schadetellingen van de blanco bruikbaar omdat een (defecte) krekkel daarop geen invloed heeft. Proefpercelen waar echter geen één bruikbare telling is uitgevoerd zijn niet in de analyse meegenomen, ook de blanco's niet. In 2014 zijn dit de percelen 6 en 9, in 2015 perceel 4. In week 5 is op een klein aantal percelen geteld omdat de oogst al was begonnen op de andere percelen.

2.2.4

Schadeveroorzakers

Van de beschadigde peren is waar mogelijk de veroorzaker vastgesteld. Aan de hand van verse piksporen is de dader te herkennen aan grootte en vorm van het gat. Bij twijfel is de categorie 'dader onbekend' aangevinkt, anders zangvogel, kraaiachtige of wesp. De beschadiging in de peer is bij 'dader onbekend' al te ver ingerot of de sporen zijn te onduidelijk om het spoor van de veroorzaker te herkennen. Zangvogels laten kleinere en scherpe piksporen achter dan kraaiachtigen. Bij kraaiachtigen zijn soms de sporen van de poten te zien in de peer. Voorbeelden hiervan zijn te zien in *foto 4*. Recent onderzoek wijst erop dat wespen hoogstwaarschijnlijk geen harde gave peren aanvreten, ze hollen echter wel reeds beschadigde peren uit (Snijders, 2015). Dit inzicht is verkregen na afloop van dit onderzoek. Uit een testje met aangepikte peren, meegenomen naar huis, blijkt dat na circa 3 à 4 dagen niet meer is vast te stellen wie de schadeveroorzaker is. Met een wekelijks bezoek is de kans dus groot dat, voor een deel, de schadeveroorzaker niet meer is vast te stellen.



Foto 4. Foto's verschillende soorten vraatschade. Links is een voorbeeld van kraaien vraatschade, rechts van mezenschade. Foto links: J. Snijders Foto rechts: L. van Drongelen.

2.2.5

Rekenmethodiek

Uit de kleinschalige krekelproof in 2013 blijkt uit een statistische Poweranalyse dat de schadetellingen met 20 telbomen per plot een betrouwbaar beeld geven. Daarom is in zowel 2014 als 2015 voor hetzelfde aantal telbomen per plot gekozen. Aan de hand van de nulmeting en wekelijkse schadetellingen is het schadepercentage per behandeling per perceel vastgesteld. Het schadepercentage is het totaal aantal beschadigde peren gedeeld door het aantal gave peren geteld tijdens de nulmeting⁴. Het schadepercentage is berekend over de 20 telbomen per plot, en per week.

Vervolgens is het schadereductiepercentage berekent als het verschil tussen de schadepercentages van de plots (75,150, 250m) en het krekelsysteem (0m). De schadereductiefactor is het gemiddelde schadepercentage van het proefvlak(ken) waar de krekel geen significant invloed op heeft, gedeeld door het schadepercentage van het proefvlak(ken) waar de krekel wel significant invloed op heeft.

Voor de statistische analyse van het effect van het krekelsysteem op vraatschade is gebruik gemaakt van de expertise van dr. C.J.M. Musters, onderzoeker van Instituut voor Milieuwetenschappen, Leiden University. Daarvoor is een Generalised Linear Mixed Model (GLMM) opgesteld. Binnen dit model is uitgegaan van een quasi-Poisson verdeling van de response variabele van het aantal beschadigde peren. De analyses zijn uitgevoerd met het programma R, package lme4. Voor een uitgebreide beschrijving van het model en de statistische analyses zie *bijlage 1 & 2*.

⁴ Bovengenoemde methodiek is toegepast in de figuren van dit rapport. In de statistische analyse is het aantal gave peren voor elke week gecorrigeerd. Dit heeft niet of nauwelijks invloed op het schadepercentage.

Resultaten

3.1 Schadetellingen

In tabel 3 is te zien dat tijdens de nulmeting in totaal in 2014 46.127 gave peren zijn geteld en in 2015 zijn dat er 71.216. Het relatief grote verschil van ca. 25.000 peren heeft twee oorzaken. Ten eerste zijn in 2014 twee percelen uitgevallen, in 2015 één ander perceel. Daarnaast is te zien dat in bijna elk plot de opbrengst in 2015 wat hoger is dan in 2014. Naast weersomstandigheden spelen mogelijk teelttechnische zaken als mate van bemesting, snoeien, dunnen, dunningmiddel en wortelsnijden een rol.

Tabel 3. Overzicht van de aantallen getelde, gave en aangepikte, peren in de 4 plots per proefperceel met betrouwbare data van 2014 en 2015. Twee percelen (percelen 6 en 9) zijn in 2014 niet meegenomen door krekelfeectie in alle telvelden (zie tabel 1). In 2015 is perceel 4 niet meegenomen vanwege krekelfeectie (zie tabel 2). Weergave: aantal gave peren nulmeting en tussen haakjes is het aantal beschadigde peren vermeld.

	0m (krekkel)		75m		150m		250m (blanco)	
Perceel	2014	2015	2014	2015	2014	2015	2014	2015
1	1372 (8)	2043 (4)	900 (15)	1568 (3)	958 (17)	1909 (7)	768 (15)	1645 (22)
2	1438 (15)	1786 (4)	943 (36)	1611 (2)	1248 (29)	1614 (7)	1528 (57)	1506 (23)
3	1540 (18)	1502 (9)	1641 (26)	1387 (11)	1723 (11)	1948 (27)	1538 (18)	556 (14)
4	2118 (0)	-	2366 (4)	-	685 (10)	-	910 (16)	1554 (40)
5	2057 (27)	2430 (15)	2142 (46)	2365 (48)	2076 (31)	2384 (31)	2208 (43)	2268 (45)
6	-	4518 (15)	-	4268 (21)	-	4120 (23)	912 (7)	1708 (4)
7	709 (5)	896 (3)	659 (11)	1083 (3)	666 (8)	1001 (5)	485 (8)	1244 (27)
8	1249 (6)	1805 (25)	1167 (4)	1757 (38)	1053 (8)	1776 (11)	681 (7)	1387 (26)
9	-	2506 (67)	-	1709 (113)	-	2245 (124)	3284 (6)	2049 (153)
10	1744 (28)	1767 (14)	1334 (43)	1844 (58)	1169 (56)	1697 (64)	856 (74)	1760 (46)
Sub-totaal:	12.227 (107)	19.253 (156)	11.152 (185)	17.592 (297)	9.578 (170)	18.694 (299)	13.170 (251)	15.677 (407)
Totaal gave:	2014: 46.127 2015: 71.216							
Totaal beschadigd:	2014: 713 2015: 1.159							

Per plot varieert het totaal aantal peren in 20 telbomen van 485 tot 4.518, per telboom is dat gemiddeld 24 tot 226 peren. Een aantal bomen zijn relatief jong en produceren daardoor minder peren. In 2014 zijn er van de 46.127 getelde peren, gedurende de 4 à 5 weken voor de oogst, 713 beschadigd. In 2015 zijn dit 1.159 van de 71.216 getelde peren over de 4 à 5 weken voor de oogst. Het percentage beschadigde peren

bedraagt voor beide jaren zo'n 1,5% over alle percelen gemiddeld. Het minimaal aantal beschadigde peren is 0 en het maximale aantal beschadigde peren is 153 per plot.

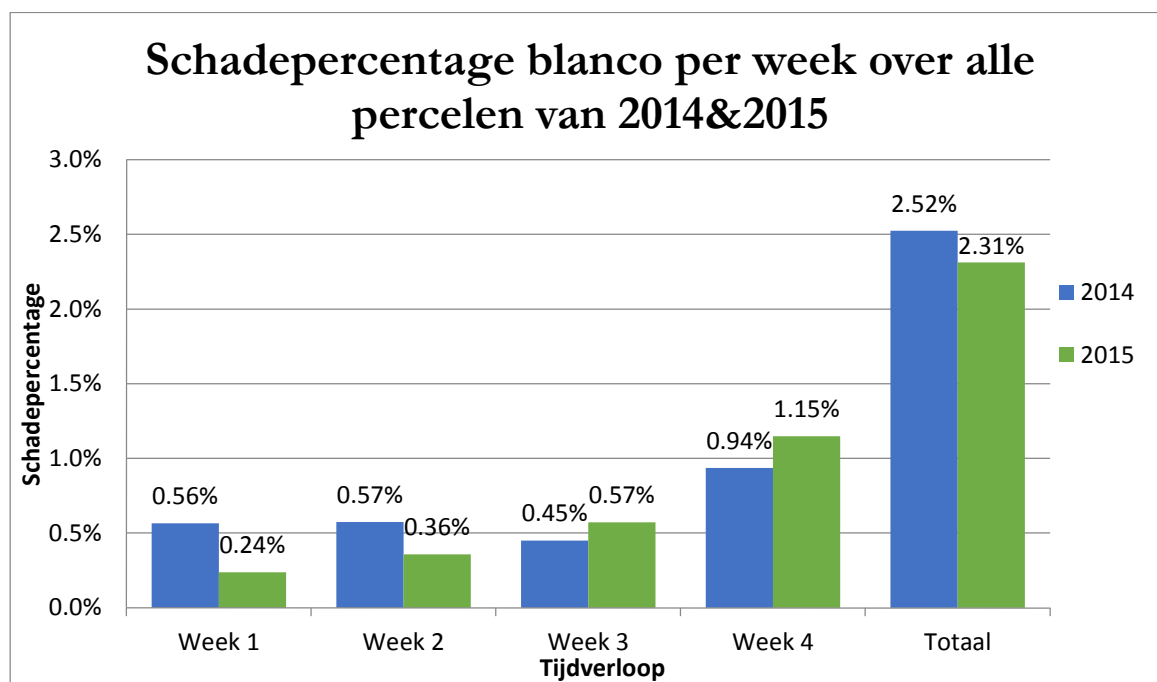
Het totaal aantal gave peren per perceel verschilt enigszins per behandeling. Uit de GLMM analyse blijkt dat opname van de variabele 'aantal gave peren' het model significant verbetert. In het beste GLM-model wordt het aantal gave peren daarom gecorrigeerd met het aantal beschadigde peren. De GLMM analyse van het aantal beschadigde peren levert de statistische onderbouwing. Het schadepercentage kan ook gebruikt worden om verschillen aan te geven, en is een maat die beter over de jaren en tussen bedrijven kan worden vergeleken. Daarom wordt het schadepercentage in de volgende paragrafen gebruikt.

3.2 Schadeverloop

3.2.1

Schadeverloop in blanco

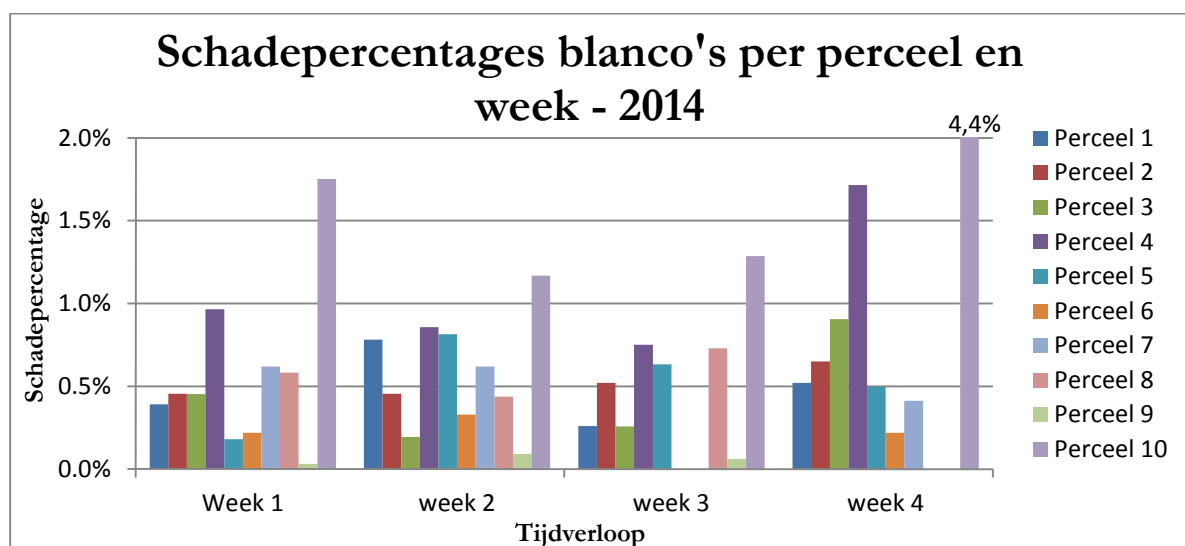
Het schadepercentage in de blancobehandeling geeft een goed beeld van het algemene schadeverloop over de percelen en tussen de jaren. *Figuur 5* geeft het schadepercentage per week voor alle blanco-tellingen (inclusief rode tellingen, zie *tabel 1 & 2*) van 2014 en 2015.



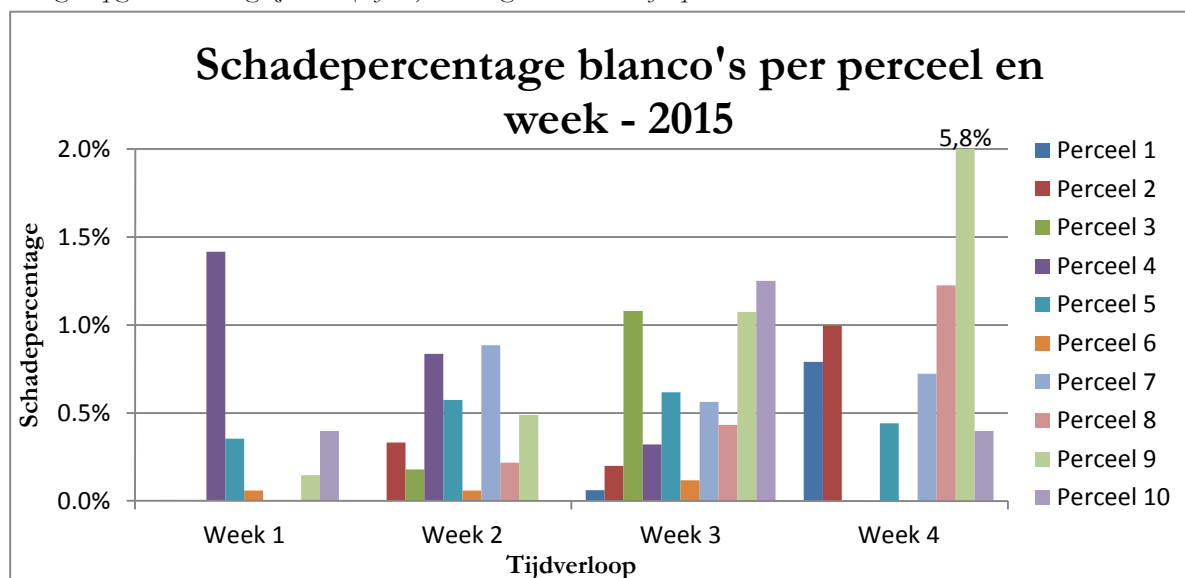
Figuur 5. Overzicht van het schadepercentage gemiddeld over alle percelen per week van de blanco van zowel 2014 als 2015. Op het einde staat het totale cumulatieve schadepercentage. Het schadepercentage is het aantal beschadigde peren gedeeld door aantal gave peren van de nulmeting. Alleen weken waarin alle 10 de percelen van dat jaar geteld zijn, zijn weergegeven.

In 2014 is het schadepercentage in de eerste drie weken min of meer constant, rond de 0,5%. Zoals de telers vertellen blijkt ook uit *figuur 5* dat de schade toe neemt naarmate de oogst dichterbij komt. Uit *figuur 5* blijkt ook dat in 2014 het schadeniveau in het begin al wat hoger is dan in 2015. Weken 1-3 in 2014 verschillen weinig in schadeniveau, alleen in week 4 is de schade plotseling duidelijk hoger, namelijk 0,94%. In 2015 is ook een duidelijke toename van schade te zien die meer geleidelijk oploopt dan in 2014 naarmate de oogst dichterbij komt. In week 1 is er nog nauwelijks sprake van schade (0,24%) en in week 4 is dit opgelopen naar 1,15%. Met het totale (cumulatief) schadepercentage is het schadeniveau tussen jaren onderling te vergelijken. De som over alle vier de weken voor de oogst van 2014 bedraagt 2,52% en van 2015 2,31%.

In *figuur 6 en 7* zijn de schadepercentages van de blanco per proefperceel en per week weergegeven over respectievelijk 2014 en 2015 tot en met week 4. Week 5 is in deze figuren niet weergegeven, omdat in 2014 slechts één perceel en in 2015 drie percelen geteld zijn in deze week. Het schadebeeld van de percelen verschilt sterk tussen de jaren. Zo heeft perceel 10 in 2014 wekelijks verreweg het hoogste schadepercentage met een uitschieter in week 4 van 4,4%. In 2015 heeft dit perceel een vrij gemiddeld schadepercentage door de weken heen. Ook bij perceel 9 is een opvallend verschil tussen de twee teljaren te zien. In 2014 heeft dit perceel de minste schade met een maximaal schadepercentage van 0,091% en een minimum van 0,0%, terwijl in 2015 dit perceel vanaf week 3 een duidelijke stijging in schade laat zien. Deze stijging resulteert in een uitschieter van 5,8% in week 4, het hoogst gemeten schadepercentage van de twee teljaren. Kortom, vogels veroorzaken niet elk jaar op dezelfde plek schade.



Figuur 6. Overzicht van de schadepercentages in de blanco per proefperceel en week in 2014. In dit figuur zijn ook de rode tellingen opgenomen, aangezien een (defecte) krekkel geen invloed heeft op de schade in de blanco.



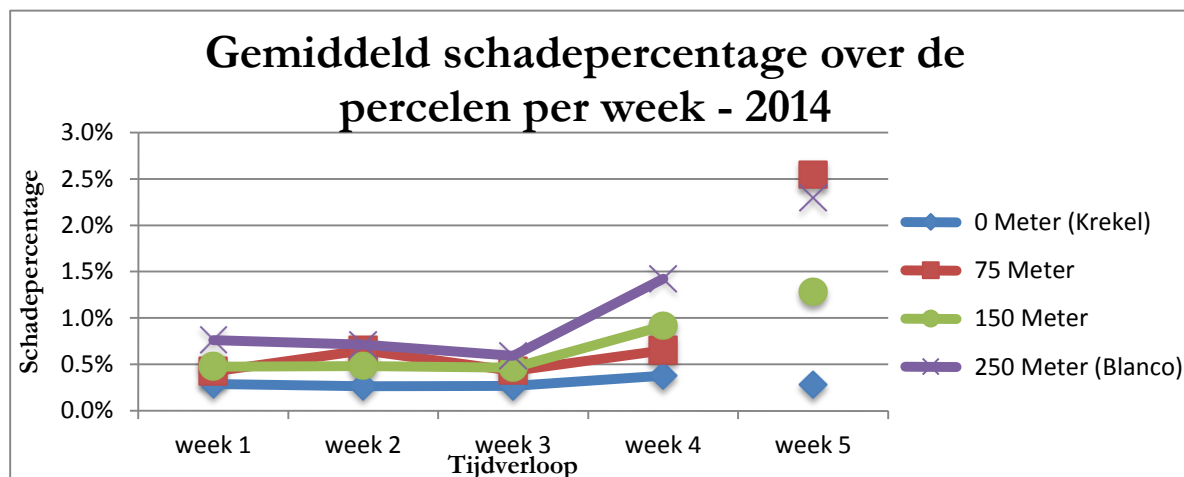
Figuur 7. Overzicht van de schadepercentages in de blanco per proefperceel en week in 2015. In dit figuur zijn ook de rode tellingen opgenomen, aangezien een (defecte) krekkel geen invloed heeft op de schade in de blanco.

3.2.2

Invloed van krekelsysteem op schadepercentage

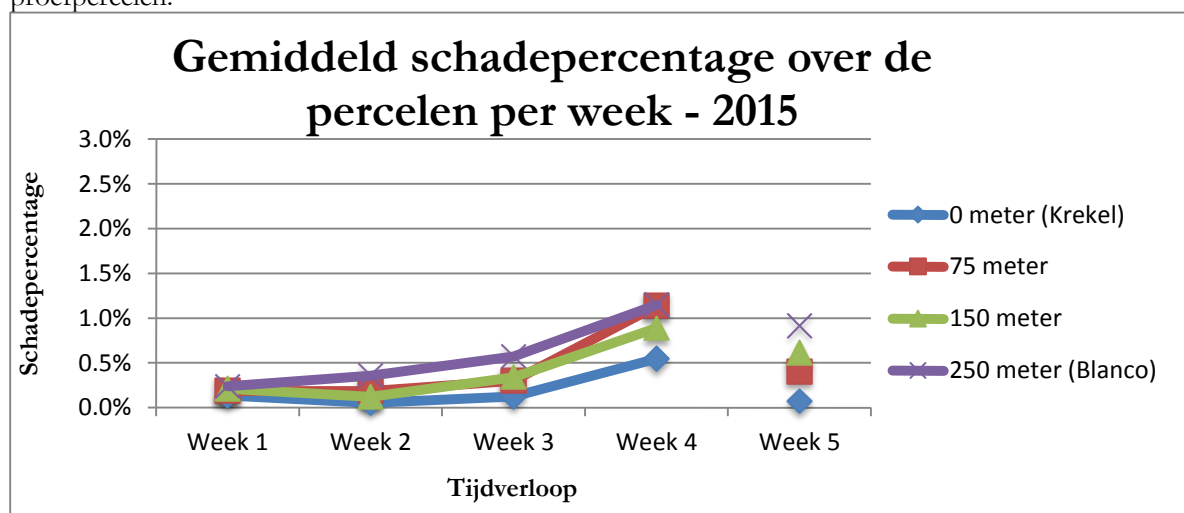
In *figuur 8 en 9* is het schadepercentage per behandeling per week, gemiddeld over alle percelen, weergegeven, apart voor beide jaren. Het algemene schadeverloop over de weken verloopt in deze figuren hetzelfde als beschreven in *figuur 5*.

In *figuur 8* is te zien dat in 2014 het schadepercentage varieert tussen de 0,29% en 1,42% over de verschillende proefvlakken, week 5 uitgezonderd. De tellingen van week 5 zijn gebaseerd op één perceel en dus niet betrouwbaar. In week 4 is in alle plots het schadepercentage het hoogst. Het plot bij de krekkel (0 meter) heeft het laagste percentage (0,38%), gevolgd door 75m (0,65%), 150m (0,91%) en de blanco (1,42%).



Figuur 8. Gemiddelde schadepercentage over de percelen per week in 2014. Week 5 is gebaseerd op één telling, dit is te onbetrouwbaar om de lijn door te trekken.

In *figuur 9* is te zien dat in 2015 het schadepercentage varieert tussen de 0,21% en 1,15% over de verschillende proefvlakken, uitgezonderd week 5. In week 4 heeft het plot bij de krekkel het laagste percentage (0,55%), gevolgd door 150 meter (0,89%), 75 meter (1,14%) en de blanco (1,15%). Ook is te zien dat in week 5 de schade in alle proefvlakken daalt, deze waarden zijn echter gebaseerd op maar drie proefpercelen.



Figuur 9. Gemiddelde schadepercentage over de percelen per week in 2015. Week 5 is gebaseerd op drie tellingen, dit is te onbetrouwbaar om de lijn door te trekken.

In *tabel 5* staat per jaar het schadepercentage per behandeling weergegeven, gemiddeld over de eerste 4 telweken in zowel 2014 als 2015. Het schadepercentage is op 0 meter afstand van de krekkel het laagst (0,30% in 2014 en 0,21% in 2015) en loopt geleidelijk op tot 250 meter afstand naar 0,76% in 2014 en 0,58% in 2015. In 2015 is het schadepercentage bij 75 meter (0,45%) net wat hoger dan bij 150 meter (0,39%).

Tabel 5. Schadepercentage per jaar per behandeling. In 2014 gemiddeld over 8 proefpercelen en 4 telweken. In 2015 gemiddeld over 9 proefpercelen en 4 telweken.

Afstand tot krekkel	Gemiddelde		Standaardafwijking	
	2014	2015	2014	2015
0	0,30%	0,21%	0,20%	0,22%
75	0,54%	0,45%	0,38%	0,46%
150	0,58%	0,39%	0,42%	0,34%
250 (blanco)	0,76%	0,58%	0,65%	0,40%

Met het GLM-model is het effect van de afstand en de telweken in meer detail geanalyseerd. Hieruit blijken zowel de afstand als de telweek het model significant ($p < 0,001$) te verbeteren (*Bijlage 2*). Echter de interactie tussen beide factoren levert geen significante verbetering op. Uit de analyse blijkt dat afstand en telweek als categorie wel effect hebben op het aantal beschadigde peren, maar niet in een lineair op- of aflopende lijn. Tevens blijkt het aantal gave peren het model significant te verbeteren.

Alleen het plot 0m (waar krekelsysteem staat) verschilt significant ($p < 0,001$) van de overige plots (75, 150 en 250m). Het model voorspelt per week een gemiddelde van 0,21 ($\pm 0,54$) beschadigde peren op afstand 0 en een gemiddelde van 0,41 ($\pm 0,94$) beschadigde peren op 75m of meer. Dit verschil van 0,2 beschadigde peren per boom resulteert als het krekelsysteem vijf weken draait in een verminderde schade van één peer per boom in dit proefvlak. In deze analyse voorspelt het GLM-model het aantal beschadigde peren op basis van afstand, telweek en aantal gave peren over een periode van vijf weken.

3.2.3

Schadereductiepercentage

In *tabel 7* is van het proefvlak bij de krekkel (0 meter) het schadereductiepercentage ten opzichte van de overige proefvlakken (>0 meter) weergegeven. Het aantal peren per boom is het gemiddelde over 2014 en 2015 samen. Bij >0 meter is dit gemiddeld over de drie overige (75, 150 en 250 meter) proefvlakken. Binnen dit gemiddelde zijn alleen de percelen meegenomen die groen of oranje gearceerd zijn in *tabel 1 & 2*. Het door het GLM-model voorspelde 0,21 beschadigde peren per week bij de krekkel (0 meter) resulteert in 1,05 beschadigde peren per boom over een periode van vijf weken. Bij de overige proefvlakken (>0 meter) resulteert de voorspelde 0,41 beschadigde peren per boom in 2,05 peren per boom over een periode vijf weken.

Het schadereductiepercentage (schadepercentage >0 – schadepercentage 0 meter) bij de krekkel is 1,68%. Uitgedrukt als schadereductiefactor (schadepercentage > 0 meter/ schadepercentage 0 meter) is dit 2,3. De door het GLM-model voorspelde schade is in de overige proefvlakken dus gemiddeld 2,3 maal zo hoog als direct bij de krekkel.

Tabel 7. Schadereductiepercentage van het proefvlak bij de krekel ten opzichte van de overige proefvlakken. Voor het aantal beschadigde peren is gebruik gemaakt van de voorspellingen van het model ($0m = 0,21$ peren per boom per week, $>0m = 0,41$). >0 meter is het gemiddelde over de proefvlakken 75, 150 en 250 meter.

Afstand tot krekel	Gemiddeld aantal peren per boom	Aantal beschadigde peren over 5 weken	Schadepercentage	Schadereductie % t.o.v. $>0m$	Schadereductiefactor
0 meter	79	1,05	1,33%	1,68%	2,3
>0 meter	67	2,05	3,01%	-	-

3.2.4 Bereik

Uit tabel 7 blijkt dat het schadepercentage bij de krekel op zijn laagst is. Zoals bekend blijkt dat voor beide jaren samen het verschil tussen 0 meter en de overige behandelingen significant is ($p < 0,001$). Er treedt echter geen significant verschil op tussen de afstanden 75, 150 en 250 meter. De conclusie is dat de krekel dus effect heeft op de vogelschade, maar dat dat effect niet groter dan 75 meter is. Het bereik kan minder ver zijn, echter tussen 0 en 75 m zijn geen metingen gedaan. Dit geeft dus een betrouwbaar bereik in de nabije omgeving van de krekels. Het proefvlak waarin de krekel staat is 35x35m. De gemarkeerde telbomen staan op 10 à 15m afstand van de krekels binnen dit proefvlak. Aangezien de telbomen naar binnen staan, is het hoogstwaarschijnlijk dat de krekels ook ongeveer 15 meter naar buiten effectief zijn. Dit geeft een totaal oppervlak van ongeveer 50x50m, oftewel 0,25 hectare.

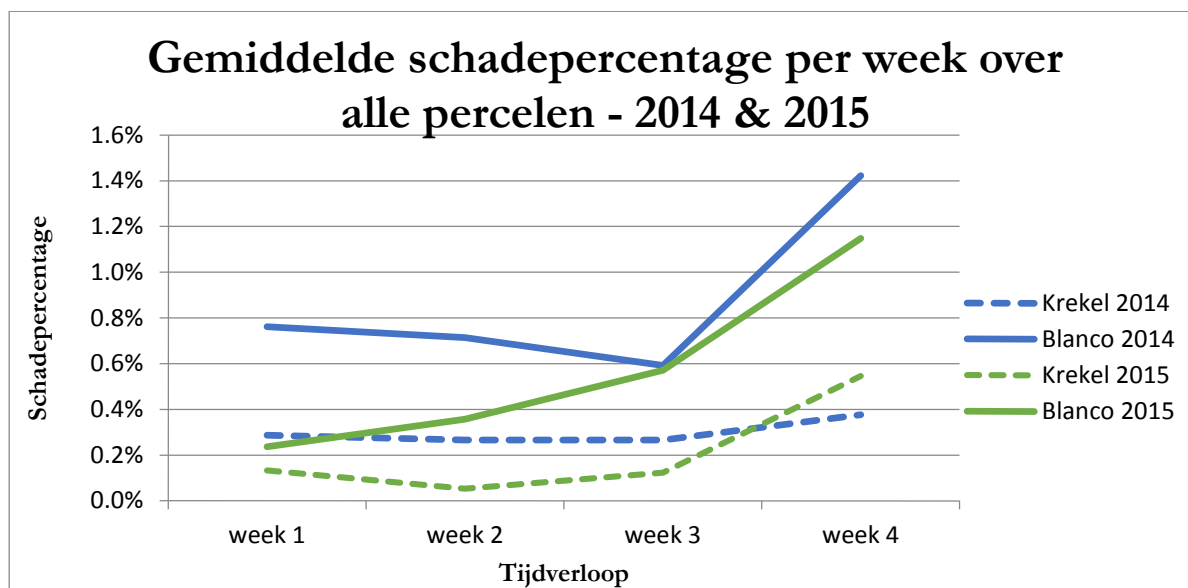
3.2.5 Kosteneffectiviteit

Eén compleet krekelsysteem kost in aanschaf zo'n € 2.350 (bijlage 3). Aangenomen is dat de afschrijftermijn vijf jaar bedraagt. Ook dient rekening gehouden te worden met onderhoudskosten, zo zullen er regelmatig onderdelen vervangen dienen te worden. Deze kosten zijn geschat op €150 per jaar per krekelsysteem. Voor de fruittelers zijn de kosten per hectare per jaar interessant. Uitgaande van bovenstaande gegevens en een bereik van 0,25 hectare per krekelsysteem komt dit uit op €2.480 per hectare per jaar. Het uurtarief voor arbeid van de fruitteler voor het installeren en onderhouden van het systeem is in deze berekening niet meegenomen.

3.2.6 Gewenning

In figuur 10 is het gemiddelde schadepercentage per week over alle proefpercelen per jaar te zien. In 2014 zijn de percentages in week 1 t/m 3 min of meer constant. In week 4 neemt de schade sterk toe bij de blanco. Nabij de krekel is van toename nauwelijks sprake. In 2015 is er de eerste twee weken nauwelijks schade. In week drie begint de schade in de blanco te stijgen, deze blijft in een vrij constante lijn door stijgen naar 1,15% in week 4. In het proefvlak bij de krekel begon pas na week drie de schade te stijgen. Uiteindelijk stijgt deze ongeveer in gelijke mate mee met de blanco, waardoor het proefvlak met de krekel uitkomt op een percentage van 0,55% in week 4.

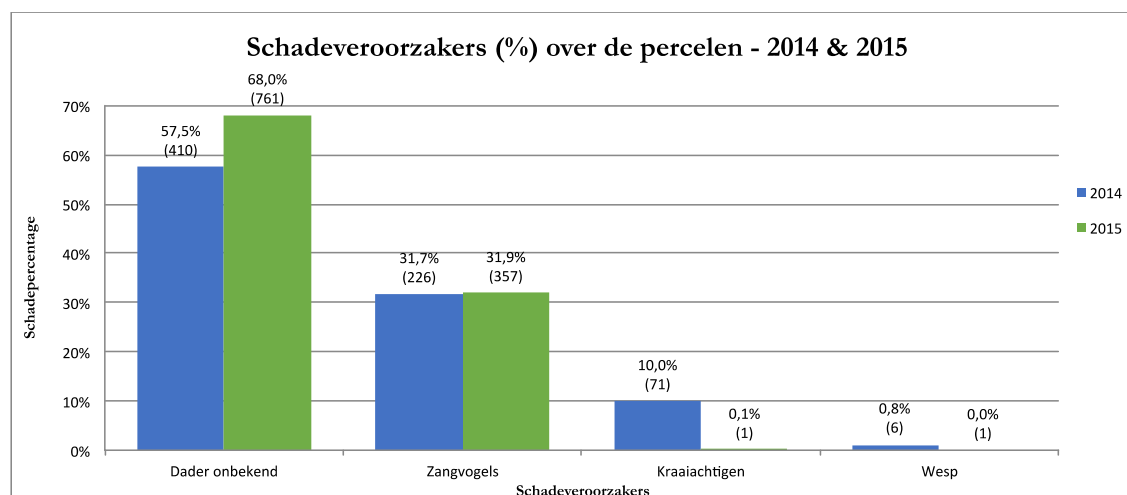
Er treedt gewenning op als het verschil tussen blanco en krekel in de loop van de tijd kleiner wordt. In beide jaren blijft het verschil juist gelijk of wordt groter (vooral laatste week) over de tijd. Daarnaast is het zo dat de schade in de blanco altijd hoger is dan in het plot waar het krekelsysteem staat. Er is dus geen sprake van gewenning.



Figuur 10. Gemiddeld schadepercentage per week over alle proefpercelen van de krekel (doorbroken lijn) en blanco (constante lijn) in 2014 en 2015 (groene lijn).

3.2.7 Schadeveroorzakers

In *figuur 11* zijn de schadeveroorzakers over de proefpercelen weergegeven die samen in 2014 713 peren hebben beschadigd en in 2015 1.119 (perceel 4 niet meegenomen). Tussen haakjes staan de absolute aantallen beschadigde peren vermeld. In 2014 en 2015 is de dader respectievelijk 58% en 68% onbekend. Zangvogels bedraagt beide jaren ca. 31%. Kraaiachtigen is in 2014 vastgesteld op 10% en in 2015 op 0,1%. Wesp is in 2014 in 1% van de beschadigde peren de veroorzakers, een jaar later is dit 0%.



Figuur 11. Per schadeveroorzaker is aangegeven voor hoeveel procent van de geregistreeerde schade zij verantwoordelijk waren. Daarnaast is tussen haakjes het absolute aantal beschadigde peren weergegeven. Hierbij is onderscheid gemaakt in: zangvogels, kraaiachtigen, wespen en dader onbekend.

Taxateurs, telers en de auteurs namen waar dat er in 2014 relatief veel kraaienschade was. Dit komt terug in het aantal beschadigde peren en bijhorende percentages voor kraaiachtigen. In 2015 is er nauwelijks (0,1%) kraaienschade waargenomen. In 2010 bedroeg het circa 98% zangvogels en 2% kraaiachtigen, in 2011 bedroeg het circa 90% zangvogels en 10% kraaiachtigen (Bremer, 2011). Als categorie dader onbekend en wesp uit onze dataset verwijderd wordt betekent dit dat in 2014 75% zangvogel is en 25% kraaiachtigen en in 2015 100% zangvogel en 0% kraaiachtigen.

Discussie

Veranderingen aan het krekelsysteem

Om de betrouwbaarheid van het krekelsysteem te vergroten is de krekel tussen beide proefjaren aangepast. De krekel maakte ook in 2015 een ratelend geluid, maar het klonk in 2014 iets anders. Zo sloegen de schakels in 2014 tegen de mantelbuis en in 2015 tegen een draadeind binnenin de mantelbuis, waardoor de toonhoogte anders was en het geluid - hoogstens een paar decibel - zachter. Aangenomen is dat de verschillen dusdanig klein zijn, dat deze geen grote invloed hebben op de resultaten. Er zijn geen grote verschillen in resultaten tussen beide jaren opgetreden. Daarom is besloten beide jaren samen te analyseren als proef met één krekelsysteem..

Niet correct functionerende krekels

Na de aanpassingen blijkt het krekelsysteem nog steeds veel onderhoud nodig te hebben. Zo zijn er veel draaiende en bewegende delen over grote afstand die na verloop van tijd slijten of vast lopen. In 2015 is het systeem wekelijks minimaal twee keer gecontroleerd en onderhouden. Daarnaast is het systeem regelmatig gecontroleerd door de telers zelf.

Ondanks al deze controlemomenten, is het nog regelmatig voorgekomen dat het systeem schade heeft en/of stil staat. Alleen tellingen in weken met goed functionerende krekelsystemen of kortdurende uitval (zgn. “oranje” tellingen, 18 in 2014 en 2015 samen) zijn meegenomen in de analyse. Deze tellingen hebben geen opvallende afwijkende waarden. Er is vanuit gegaan dat dit niet of nauwelijks invloed heeft op de resultaten.

Invloed verschillende schadetellers

Het aantal gave peren, beschadigde peren en de schadeveroorzakers zijn bepaald door drie verschillende stagiaires. Ondanks dat zij alle drie op dezelfde wijze zijn geïnstrueerd, is het mogelijk dat de individuen invloed hebben op de resultaten. Zo werkt de ene stagiair secuurder dan de ander en neemt de één sneller de gok voor een bepaalde schadeveroorzaker als hij twijfelt.

Invloed groot verschil gave peren op schadepercentage

Het totaal aantal peren verschilt sterk tussen beide jaren. De opbrengst is op vrijwel alle percelen in 2015 wat hoger dan in 2014. Daarnaast vielen in 2014 en 2015 wisselende proefpercelen uit doordat het krekelsysteem onvoldoende functioneert. De globale schadebeelden zijn in 2014 en 2015 echter ruwweg hetzelfde. De variabele ‘aantal gave peren’ is meegenomen als factor in het statistisch model, dit bleek het model significant te verbeteren. Binnen het model is dus rekening gehouden met het verschil in aantal peren per boom.

Relatief weinig mezen en vogelschade in 2014 en 2015

Hoe meer vogels er zijn, hoe groter de kans op schade en hoe duidelijker de resultaten voor zich zouden moeten spreken mits de krekel effect heeft. Tijdens de proefjaren waren er relatief weinig mezen en was er relatief weinig schade volgens de fruittelers en auteurs. Volgens NIOO was in 2014 het broedsucces van

koolmezen extreem laag in hun proeven. Op dit moment zijn nog geen exacte data beschikbaar over het aantal mezen (aantal broedparen) over de jaren 2014 en 2015 in vergelijking met de jaren ervoor.

Bereik

De veronderstelling is dat door het krekelsysteem vogels ervaren dat ze ingesloten zijn en niet weten waar het geluid vandaan komt. Hierdoor raken ze in paniek, aldus de uitvinder. Van vier kanten horen zij het geluid afkomstig van de krekels. Echter de plots die op 75m en 150m afstand van het krekelsysteem liggen komt het geluid van één diffuse bron. Hierdoor is de kans dat de vogels opvliegen mogelijk kleiner dan als de krekels bijvoorbeeld op 75m uit elkaar geplaatst zijn in een vierkant zodat de vogels mogelijk wel in paniek raken.

Er is voor gekozen om het proefvlak 35x35m te maken zodat zeker was dat het geluid in het hele proefvlak hard genoeg is en het systeem werkt in het hele plot. Aangezien de telbomen ongeveer op 15m afstand van de krekels stonden binnen het proefvlak en daar het effect is waargenomen, is het hoogstwaarschijnlijk dat ze ook 15m buiten het proefvlak effectief zijn. Uit deze afmetingen blijkt dat het systeem minimaal een bereik heeft van ongeveer 50x50m, oftewel 0,25hectare. Mogelijk kunnen de krekels nog wat verder uit elkaar gezet worden in een vierkant zodat het bereik feitelijk wat groter wordt. Touwen rekken en zwieren echter meer hoe groter de te overbruggen afstand is, dit is de beperkende factor in de praktijk.

Daarnaast wordt het geluid versterkt in de richting waarnaar de twee uiteinden van de mantelbuis wijzen. De uiteinden van de mantelbuizen wijzen in de proef in de richting van de andere proefvakken. Ook is de openingsrichting van de mantelbuis parallel aan de rijrichting. Als de openingsrichting dwars op de rijen fruitbomen zou staan dan dempen de perenbomen met hun bladermassa het geluid meer. Beide elementen zouden invloed kunnen hebben op de resultaten. Dit is niet onderzocht.

Kosteneffectiviteit

Door het beperkte bereik en de relatief hoge aanschafkosten van het systeem kost deze €2.480 per hectare per jaar. Dit is nog exclusief arbeid van de teler voor plaatsing en controle. Dit is een hoog bedrag dat veel telers er niet voor over hebben. Het gaat hier om een prototype. Zowel de uitvinder als degene die misschien het krekelsysteem op de markt wil brengen is van mening dat het goedkoper kan en moet. Een optie kan zijn om het geluid hoogwaardig op te nemen en met voldoende kwaliteit (verschil in toonhoogte) af te spelen. Er zijn momenteel systemen met andere geluiden op de markt die dit kunnen voor een lager bedrag per hectare. Daarbij zijn deze systemen veel onderhoudsarmere dan het ingewikkelde krekelsysteem, wat de arbeidskosten aanzienlijk kan terugbrengen. Een voorbeeld is een angstkretensysteem van Alcetsound. Dit systeem kost in aanschaf (1 geluidsbron met 2 boxen) € 1.611 (AlcetSound, 2015). Dit apparaat heeft een bereik van 5 tot 6 hectare, en met een afschrijftermijn van 5 jaar komen de kosten uit op circa € 65 ha/jaar. Met dit systeem zou het opgenomen geluid van de krekels afgespeeld kunnen worden.

Conclusies en aanbevelingen

Effect krekelsysteem en kosteneffectiviteit

Het krekelsysteem vermindert de vogelschade in de Conference-perenteelt. Het systeem heeft een significant effect ($P < 0,001$) in het proefvlak direct bij het systeem (0m) in vergelijking met het gemiddelde over de andere drie plots (op 75, 150 en 250m afstand van het krekelsysteem). De schade is nabij het krekelsysteem 1,33%, in de andere plots gemiddeld 3,01%.

Het schadeniveau is in zowel 2014 als 2015 relatief laag vergeleken met langjarige gemiddeldes, vermoedelijk omdat de mezenpopulatie tijdelijk kleiner is.

Voor de fruitteelt is het daarom relevanter om de schadereductie te beoordelen. Dit is het verschil in schadepercentage tussen de plot met krekel en de overige plots. Dit schadereductiepercentage is 1,68% ($3,01\% - 1,33\%$). Bijhorend schadereductiefactor over de jaren 2014 en 2015 over de 5 weken voorafgaande aan de oogst is 2,3. De schade wordt door het krekelsysteem dus 2,3x zo laag in vergelijking met de blanco.

De vastgestelde schade in dit onderzoek betreft alleen de directe schade. In de praktijk is schade aanzienlijk hoger. De indirecte schade ontstaat doordat beschadigde peren gave peren in dezelfde tros aan de boom infecteren met ziekten, en doordat beschadigde peren die mee worden geoogst, in de koeling andere peren infecteren met ziekten. Daarnaast kost het extra arbeid om de beschadigde peren van de boom te verwijderen of uit te sorteren.

Wat betekent deze reductiefactor nu in de praktijk? De werkelijke schade onder fruittelers wordt geschat op jaarlijks tussen 2008 en 2010 12,5 miljoen euro (Guldmond et al, 2013). Als de schade gereduceerd wordt met factor 2,3 bedraagt de schade nog 5,6 miljoen euro. Dit is een verlaging van circa 7 miljoen euro voor de Nederlandse fruitsector. Voor het overgrote deel betreft dit schade aan Conference peren. In 2011 was het areaal Conference-peren in Nederland circa 6.000ha (NFO, 2011). Als het krekelsysteem alle vogelschade weet te voorkomen, voorkomt dit gemiddeld 2.083 euro schade per hectare per jaar (12,5 miljoen gedeeld door 6.000ha). De kosten van het krekelsysteem bedragen 2.480 euro per hectare per jaar (exclusief arbeid) en wegen dus niet op tegen de investering.

Het is dus niet rendabel om het krekelsysteem te gebruiken voor het hele perenareaal. Het kan echter wel rendabel zijn om het plaatselijk in te zetten waar veel schade optreedt. De gemiddelde opbrengst van één hectare Conference peren is ongeveer 20.000 euro per jaar (Helmus, 2013b). Het krekelsysteem kost 2.480 euro per hectare per jaar, dit is ongeveer 12% van de gemiddelde opbrengst. Om het systeem dus rendabel te gebruiken moet de vogelschade in het perceel hoger dan 12% zijn. Dit zal zelden voor een geheel perenperceel het geval zijn. Het is echter wel mogelijk dat de schade plaatselijk, bijvoorbeeld aan de randen van een perceel, hoger is dan in de rest van het perceel. Het verdient aanbeveling juist op deze plekken waar veel schade optreedt vogelwerende middelen toe te passen. Aandachtspunt is wel het risico dat de vogels simpelweg een stukje verderop in het perceel, waar het krekelsysteem niet effectief is, weer neerdalen.

Op dit moment is het krekelsysteem te onbetrouwbaar, en het installeren en onderhouden van het krekelsysteem is zeer tijdrovend. Het krekelsysteem is momenteel een prototype. Wil het van nut zijn

voor de telers dan dient het krekel-geluid en systematiek (geluid komt van vier kanten) betrouwbaarder, goedkoper en arbeidsextensiever te klinken in de boomgaard. Met opname van de krekelgeluiden en afspelen via geluidboxen zijn aanzienlijke besparingen denkbaar, maar dan moet de werking van dit systeem wel opnieuw getest worden. Daarbij zou de frequentie verhoogd en interval van het geluid van de krekel verkort kunnen worden. Mogelijk kan de schade hiermee verder gereduceerd worden. Het is aan te bevelen ook het “insluiten” van vogels met geluid vanuit vier punten tegelijk op te nemen in een nieuw te testen systeem (bijv. 4 boxen op geringere afstand van elkaar in plaats van één- of tweehonderd meter uiteen).

Bereik

Uit de resultaten blijkt dat de krekel een significant effect heeft. Dit effect is echter beperkt tot de nabije omgeving van het krekelstelsel. De schade op 75m en 150m van de krekel wijkt niet significant af van die op 250 meter afstand. Het betrouwbare bereik van de krekel is dus ruwweg 0,25 hectare, gelijk aan de afmetingen van het proefvlak bij de krekel plus de werking naar buiten. Om een nauwkeuriger bereik van het systeem vast te stellen dienen ook metingen tussen het proefvlak bij de krekel (0m) en die op 75 meter afstand gedaan te worden.

Gewenning

In de proef zijn geen aanwijzingen gevonden dat vogels wennen aan het krekelstelsel in de jaren 2014 en 2015. Het verschil in schade tussen dichtbij de krekel en verder daar vandaan neemt in 2014 toe in de tijd, en blijft even groot in de laatste telweken in 2015. Veiligheidshalve is het aan te bevelen is om het krekelstelsel te combineren en af te wisselen met andere vogelwerende maatregelen. Een mix van akoestische, visuele en eventueel reukstoffen is ideaal. Telers dienen direct na de oogst ook de vogelwerende maatregelen te verwijderen. Ook dienen telers ze pas op te hangen als ze vogelschade verwachten of de eerste pikschade waarnemen. Hoe later de telers maatregelen installeren, hoe kleiner de kans is dat vogels wennen en dus niet meer schrikken van de maatregelen.

Schadeveroorzakers

In *figuur 11* zijn de schadeveroorzakers over de proefpercelen weergegeven. In 2014 en 2015 is de dader respectievelijk 58% en 68% onbekend. Zangvogels bedraagt beide jaren ca. 31%. Kraaiachtigen is in 2014 vastgesteld op 10% en in 2015 op 0%. Wesp is in 2014 in 1% van de beschadigde peren de veroorzakers, een jaar later is dit 0%. Het is aannemelijk dat de “onbekende schade” in gelijke verhoudingen is toe te schrijven aan de wel bekende schadeveroorzakers. Daarmee valt te concluderen dat de meesachtigen voor het overgrote deel verantwoordelijk zijn voor de schade in de Conference perenteelt. Dit komt overeen met aanwijzingen uit eerdere onderzoeken. Nog meer zekerheid over welke soortengroep verantwoordelijk is zou kunnen worden verkregen door tellingen eens per 3-4 dagen uit te voeren, en of cameravallen te plaatsen.

Literatuur

Alcetsound. (2015). *Gaskanon mechanisch ZM4*. Op 30 november 2015 ontleend aan <http://www.alcetsound.nl/zon-gaskanon-mechanisch-zm-4.html>

Bosch, M. van den., Lommen, J.L. & Kloen, H. (2014a). *Inventarisatie en beoordeling van vogelwerende maatregelen in perenteelt*. CLM, Culemborg.

Bosch, M. van den., Lommen, J.L. & Kloen, H. (2014b). *Vogelwering met het 'krekelsysteem': Resultaten van de verkennende proef in de Conference perenteelt (2013)*. CLM, Culemborg.

Van den Bremer L. & Hallmann C. 2011. *Preventie van vogelschade bij fruitbedrijven; veldtoets met de Firefly bakenkaart op bedrijven met Conference peren. SOVON-onderzoeksrapport 2011/19*. SOVON Vogelonderzoek Nederland, Nijmegen.

Faunafonds, (2010). *Faunafonds jaarverslag 2010*. Faunafonds, Dordrecht.

Guldemon, J. A., den Hollander, H. J., van Well, E. A. P., Keuper, D. D. J. (2013) *Kosten en baten voor de landbouw van schadesoorten*. CLM, Culemborg.

Helmus, P. (2013a). *Schadesoorten in de perenteelt: Detectietechnieken en –methodiek voor schade door vogels*. CLM, Culemborg.

Helmus, P. (2013b) *Hagelnetten in de Nederlandse perenteelt: Effecten, toepasbaarheid en rendabiliteit*. CLM, Culemborg

NFO, 2011. *Fruitteelt statistieken, Nederland*. Op 24 november 2015 ontleend aan <http://www.nfofruit.nl/sites/default/files/bestanden/pdf%20archief/arealen%20fruit%202011.pdf>

Snijders, J. (2015). *Aantasting van onbeschadigde Conference peren door wespen*. CLM, Culemborg.

Bijlagen

Bijlage 1

De statistische analyse is opgezet en uitgevoerd door dr. C.J.M. Musters, onderzoeker van Instituut voor Milieuwetenschappen, Leiden University.

Opbouw GLM-model

Voor de statistische analyse is gebruikt gemaakt van de meest basale verzamelde gegevens. Dat wil zeggen dat alle bomen apart zijn opgenomen in het databestand. Per boom zijn de volgende variabelen meegenomen: bedrijfsnummer (in verslag perceelnummers), afstand tot krekel, weeknummer, jaar, aantal beschadigde peren per boom, actueel aantal gave peren per week en het schade percentage (aantal beschadigde peren / actueel aantal gave peren).

Bij de statistische analyse is voor de variabele weeknummer terug geteld vanaf de laatste telweek. Dit is gedaan omdat de laatste teldatum per bedrijf verschilt, afhankelijk van de oogst – en rijpheid – van de peren, en juist in de laatste weken de meeste schade optreedt. De laatste week voor de oogst is in dit bestand week 0. Telweek 4 of 5 (scheelt per bedrijf) in het verslag komt in het de analyse dus overeen met week 0. Eén week daarvoor is week -1, en zo verder.

Voor de statistische analyse van het effect van het krekelsysteem op de schade aan Conference peren is gebruik gemaakt van een GLM-Model (Generalised Linear Mixed Model). Dit is gedaan in een R omgeving, package lme4. Er is uitgegaan van een Poisson verdeling van de response variabele: het aantal beschadigde peren per boom. Omdat die verdeling van het aantal beschadigde peren niet helemaal Poisson bleek, is een extra correctiefactor ingezet (de random factor ID), zodat de feitelijke verdeling kan worden beschouwd als een quasi-Poisson verdeling.

De random variabelen die in het model zijn opgenomen zijn: Jaar, Bedrijfnr en Boomnr.

De fixed variabelen van het model zijn: Afstand, Weeknr, de interactie tussen Afstand en Weeknr en het aantal gave peren aan het begin van de week.

Het aantal beschadigde peren is de te verklaren variabele (= responsevariabele).

Wat betreft de dosisvariabelen is gekozen om de verschillende afstand-categorieën en weeknummers als echte categorieën te beschouwen. Zo is een parameter geschat voor iedere afstand en week. Dit bleek een beter model op te leveren dan een lineair model, dat uitgaat van een consequent op- of aflopende lijn.

Voor het testen zijn steeds modellen onderling vergeleken: het model met een bepaalde variabele en het model zonder deze variabele. Als die modellen onderling significant van elkaar verschillen heeft de variabele een significante bijdrage aan het model. Dit heet een Likelihood Ratio Test (LRT). Het verschil tussen de modellen wordt uitgedrukt in χ^2 (Chisq) en daarvan kan, als het aantal vrijheidsgraden (Df) bekend is, de p-waarden worden berekend (Pr, de kans dat de twee vergeleken modellen gelijk zijn ondanks het feit dat de variabele in het ene model wel aanwezig en in het andere niet).

De conclusies die uit het opgestelde model blijken, gelden ook voor het percentage beschadigde peren. Dit omdat per week het aantal gave peren is gecorrigeerd met het aantal beschadigde peren.

Bijlage 2

Output GLM-model

Eerst is getest of de interactie tussen Afstand en Weeknr significant bijdraagt aan het model. Dat blijkt niet het geval (LRT-test, $p=0.2667$; *tabel 1*). Dus het model zonder interactie, ModelF2, is gekozen als beste model voor verdere analyses.

<i>Tabel 1</i>	Df model	AIC	BIC	logLik	deviance	Chisq	Df Chisq	Pr(>Chisq)
ModelF2	14	6835.3	6926.5	-3403.7	6807.3			
ModelF1	26	6844.8	7014.2	-3396.4	6792.8	14.554	12	0.2667

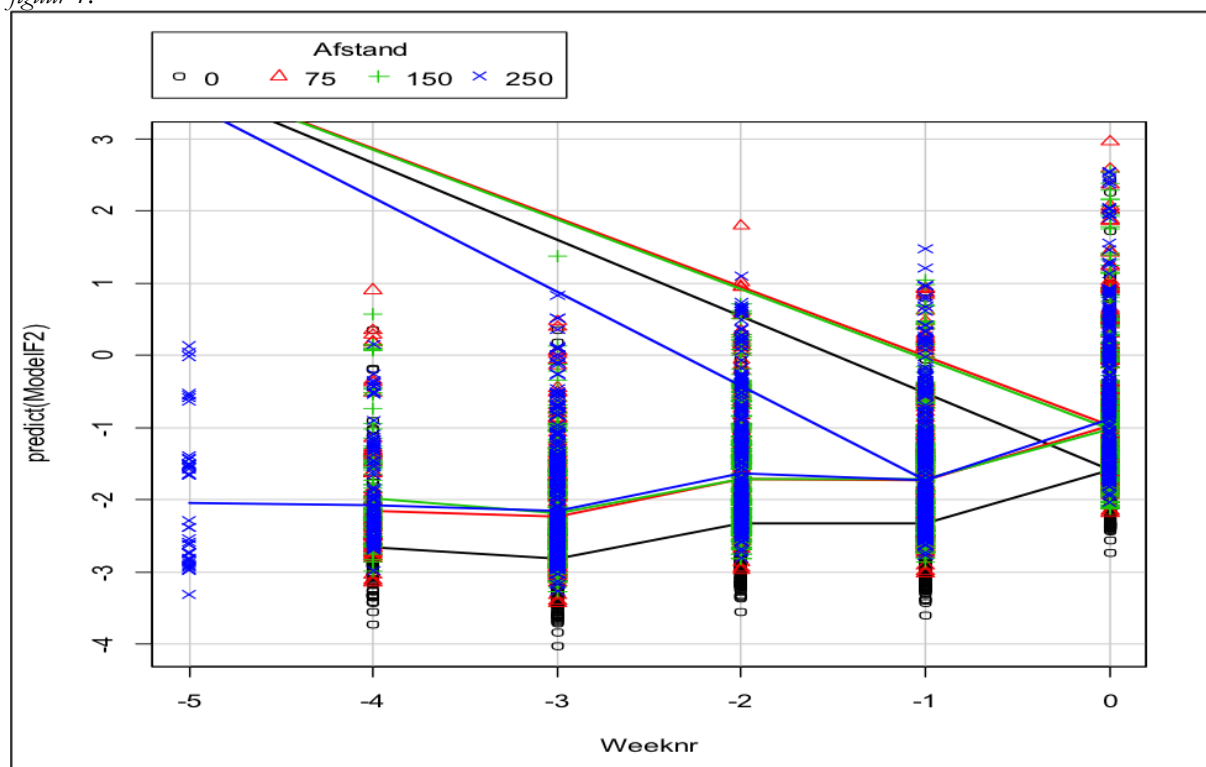
Vervolgens is getest of Afstand significant bijdraagt aan het model. In *tabel 2* is te zien dat dat het geval is.. Afstand draagt zeer significant (LRT-test, $p<0.001$) bij aan het model.

<i>Tabel 2</i>	Df model	AIC	BIC	logLik	deviance	Chisq	Df Chisq	Pr(>Chisq)
ModelF2ExclAf	11	6912.4	6984	-3445.2	6890.4			
ModelF2	14	6835.3	6926.5	-3403.7	6807.3	83.042	3	< 2.2e-16 ***

Daarna is getest of Weeknr significant bijdraagt aan het model. In *tabel 3* is te zien dat dit het geval is. Ook Weeknr is zeer significant (LRT-test, $p<0.001$).

<i>Tabel 3</i>	Df model	AIC	BIC	logLik	deviance	Chisq	Df Chisq	Pr(>Chisq)
ModelF2ExclWe	9	7025.5	7084.1	-3503.7	7007.5			
ModelF2	14	6835.3	6926.5	-3403.7	6807.3	200.13	5	< 2.2e-16 ***

Zowel Afstand als Weeknr zijn dus significant. Hun relatie met het aantal beschadigde peren per week blijkt duidelijk als de modelvoorspellingen worden bekeken. Deze voorspellingen zijn weergegeven in *figuur 1*.



Daarin is te zien dat de schade oploopt met de weken en dat de laagste schade te vinden is op afstand 0 (zwarte lijn). Ook is duidelijk dat de andere afstanden onderling niet verschillen. De krekel werkt dus tot hooguit 75 meter. Op de Y-as staat het natuurlijke logaritme van het aantal beschadigde peren.

Figuur 1. Voorspellingen perenschade per week van best passende GLM-model. Op de y-as staat het natuurlijke logaritme van het aantal beschadigde peren.

Op grond van de voorspelde waarden door het model is het verschil in aantal beschadigde peren tussen afstand 0m en >0m (75, 150 en 250m) uitgerekend. Dit staat weergegeven in *tabel 4*. Dit geeft een gemiddelde van $0,21 \pm 0,54$ beschadigde peren op afstand 0 en een gemiddelde van $0,41 \pm 0,94$ beschadigde peren op 75 m of meer. Een verschil van 0,2 beschadigde peren per boom dus.

Tabel 4. Gemiddeld aantal beschadigde peren per boom op afstand 0 en op afstand >0 m

group:	>0											
Vars	n	mean	sd	median	trimmed	mad	min	max	range	skew	kurtosis	se
1 1	3833	0.41	0.94	0.2	0.24	0.15	0.03	19.25	19.21	9.01	110.56	0.02
group:	0											
Vars	n	mean	sd	median	trimmed	mad	min	max	range	skew	kurtosis	se
1 1	1156	0.21	0.54	0.11	0.13	0.09	0.02	11.23	11.21	13.19	229.32	0.02

In *tabel 5* wordt een samenvatting van het beste en model weergegeven. Hierin staan alle gebruikte variabelen vermeld.

Tabel 5: ModelF2					
Random effects					
Groups	Name	Variance	Std.Dev.		
ID	(Intercept)	1.29054	1.136		
Boomnr	(Intercept)	0.0611	0.2472		
Bedrijfnr	(Intercept)	0.29408	0.5423		
Jaar	(Intercept)	0.02524	0.1589		
Fixed effects					
	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)	
(Intercept)	-3.37756	0.48788	-6.923	4.42E-12	***
FWeeknr-4	0.34958	0.44802	0.78	0.43522	
FWeeknr-3	0.05253	0.4354	0.121	0.90397	
FWeeknr-2	0.53533	0.43181	1.24	0.21507	
FWeeknr-1	0.48192	0.43176	1.116	0.26435	
FWeeknr0	1.40864	0.43008	3.275	0.00106	**
FAfstand75	0.72006	0.11168	6.447	1.14E-10	***
FAfstand150	0.70166	0.1116	6.287	3.23E-10	***
FAfstand250	0.95615	0.10965	8.72	< 2E-16	***
scale(GaafBegin)	0.38461	0.04963	7.749	9.23E-15	***

Bijlage 3

Tabel kostenberekening krekelsysteem

In deze bijlage staat de kostenberekening van het krekelsysteem per hectare weergegeven in *tabel 1*. Hierbij is uitgegaan van een bereik van 0,25 hectare per krekelsysteem.

Tabel 1. Kostenberekening krekelsysteem. Kosten zijn weergegeven per systeem en per hectare.

	Per krekelsysteem	Per hectare
Aantal systemen	1	4
Bereik	0,25 ha	1 ha
Aanschafkosten per krekelsysteem	€2357	€9428
Afschrijffperiode	5 jaar	5 jaar
<i>Aanschafkosten per jaar</i>	€471,40	€1885,60
<i>Onderhoudskosten per jaar</i>	€150	€600
Totaal per jaar	€621,40	€2485,60