

# **BEPALEN VAN ECONOMISCHE SCHADEDREMPELS VOOR GRAANHAANTJE IN WINTERTARWE**

Aantal woorden: 55026

**Bart Laridon**

Stamnummer: 01500332

Promotor: Prof. dr. ir. Geert Haesaert

Tutor: Ing. Elias Van de Vijver

Masterproef voorgelegd voor het behalen van de graad master in de richting Master of Science in de biowetenschappen: land- en tuinbouwkunde

Academiejaar: 2017-2018



# **BEPALEN VAN ECONOMISCHE** **SCHADEDREMPELS VOOR** **GRAANHAANTJE IN WINTERTARWE**

Aantal woorden: 55026

**Bart Laridon**

Stamnummer: 01500332

Promotor: Prof. dr. ir. Geert Haesaert

Tutor: Ing. Elias Van de Vijver

Masterproef voorgelegd voor het behalen van de graad master in de richting Master of Science in de biowetenschappen: land- en tuinbouwkunde

Academiejaar: 2017-2018

De auteur en de promotor geven de toelating deze scriptie voor consultatie beschikbaar te stellen en delen van de scriptie te kopiëren voor persoonlijk gebruik. Elk ander gebruik valt onder de beperkingen van het auteursrecht, in het bijzonder met betrekking tot de verplichting de bron uitdrukkelijk te vermelden bij het aanhalen van resultaten uit deze scriptie.

The author and the promotor give the permission to use this thesis for consultation and to copy parts of it for personal use. Every other use is subject to the copyright laws, more specifically the source must be extensively specified when using the results from this thesis.

8 Juni 2018

**Auteur**

Bart Laridon

**Promotor**

Prof. dr. ir. Geert Haesaert

## Voorwoord

Wat u hier zal lezen is het magnum opus van mijn masteropleiding. Na zes jaar mijn landbouwkennis op te bouwen blijft het mij nog altijd verbazen dat een enkele sector zoveel interessante zaken kan bevatten. Dat er zoveel wetenschappelijke literatuur geschreven is rond een enkele kever is iets wat mij eveneens meermaals wist te verbazen.

Bij deze wil ik mijn familie en vrienden bedanken voor de steun gedurende deze opleiding en andere opleidingen. Na zes jaar studeren, en met nog één jaar te gaan, begin je meer en meer te appreciëren wat dergelijke verbintenissen betekenen.

Daarnaast wil ik ook mijn ouders, mijn zus en haar verloofde bedanken voor het assisteren bij het knippen. Jullie waren geknipt voor deze job! (*pun intended!*)

Een bijzonder woord van dank is op zijn plaats voor mijn tutor, E. Van de Vijver. Het afgelopen jaar heeft hij door zijn enthousiasme en betrokkenheid meermaals de kwaliteit van deze thesis helpen op te drijven.

Bij deze ook een *shout-out* naar mijn petekind in spe (tussen hier en de proclamatie). Op een dag zal hij/zij misschien ook een thesis moeten schrijven. Dan zal ik met dit 200 pagina's tellende document kunnen zwaaien als voorbeeld.

Per aspera ad astra!

## Abstract (Nederlands)

In deze thesis worden actuele economische schadedrempels opgesteld voor graanhaantjes in tarwe. Om deze schadedrempels op te stellen werd de relatie tussen bladmassaverlies en opbrengstverlies bestudeerd in een potproef. In deze proef werden tarweplanten op drie verschillende groeistadia geknipt. Bij het knippen werden vier verschillende ontbladeringniveaus uitgevoerd.

Uit de data bleek dat er ontbladering in deze verschillende groeifasen significant verschillend is ( $F = 3.638$ ,  $P = 0.030$ ). Voornamelijk ontbladering tijdens het strekken van het vlagblad en strekken van de aar zorgden voor duidelijke opbrengstverliezen tegenover planten waar geen bladoppervlakte verwijderd werden. De vier verschillende ontbladeringniveaus hadden eveneens een significante invloed op de opbrengstresultaten ( $F = 5.650$ ,  $P = 0.002$ ). Hoe meer bladoppervlakte er verwijderd werd hoe hoger het opbrengstverlies.

De verschillende groeifasen en niveaus hadden een significante invloed op de stengellengte ( $F = 4.877$ ,  $P = 0.10$ ;  $F = 3.644$ ,  $P = 0.017$ ). Op stengelgewicht hadden de groeifasen geen significante invloed ( $F = 1.847$ ,  $P = 0.171$ ) maar ontbladeringniveaus wel ( $F = 7.795$ ,  $P < 0.05$ ).

Aan de hand van de relatie bladoppervlakteverlies-opbrengstverlies werden economische schadedrempels opgesteld. Deze schadedrempels geven aan bij welke plaagdichtheid het economisch interessant is om een gewasbeschermingsmiddel te gaan toepassen. Uit de berekeningen bleek dat bij een plaagdichtheid van een larve per scheut er een opbrengstverlies tussen 0.80 en 2.01 % gerealiseerd kan worden. Aan de hand van verzamelde data (marktwaarde, kost gewasbeschermingsmiddel) werden hieruit schadedrempels opgesteld. Deze werden verzameld in een schadedrempelmatrix.

Uit deze matrix werden drie concrete schadedrempels bepaald. Bij het strekken van het vlagblad wordt een schadedrempel van 1 larve per scheut gehanteerd, bij het strekken van de aar is dit 2 larven per scheut en bij het late melkstadium 2.5 larven per scheut.

**Kernwoorden:** economische schadedrempels, Graanhaantje, Integrated Pest Management, Ontbladering, tarwe

## Abstract (English)

The aim of this dissertation is the development of economic thresholds for the cereal leaf beetle in wheat. To determine these thresholds-values, the relationship between the loss of leaf surface and yield loss was studied in a pot test. Plants were cut at three different growth stages. At each growth stage plants were defoliated at four different levels.

The generated data showed that defoliation in the different growth stages is significantly different ( $F = 3.638$ ,  $P = 0.030$ ). Mainly defoliation during the stretching of the flag leaf and the stretching of the spike caused clear yield losses compared to plants where no leaf surface was removed. The four defoliation levels each had a significant influence on the yield results ( $F = 5.650$ ,  $P = 0.002$ ). The more leaf area was removed, the higher the yield loss.

The different growth phases and levels had a significant influence on the stalk length ( $F = 4,877$ ,  $P = 0.10$ ,  $F = 3,644$ ,  $P = 0.017$ ). On stalk weight, the growth phases had no significant influence ( $F = 1,847$ ,  $P = 0.171$ ) but defoliation levels did ( $F = 7,795$ ,  $P < 0.05$ ).

Based on the relationship between leaf area loss and yield loss, economic thresholds were established. These thresholds indicate at which pest density it is economically interesting to use a plant protection agent. The calculations showed that with a pest density of one larva per tiller a yield loss between 0.80 and 2.01 % can be expected. Based on collected data (market value, cost of crop protection agent), thresholds were established. These were collected in a damage threshold matrix.

Three concrete economic thresholds were determined from this matrix. When the flag leaf is stretched, a damage threshold of 1 larva per tiller is applied. When the ears are stretching the threshold is 2 larvae per tiller and at the late milking stage 2.5 larvae per tiller.

**Key words:** Cereal Leaf beetle, defoliation, economic threshold, economic injury level, Integrated Pest Management, wheat

# Inhoudsopgave

<i>Voorwoord</i> .....	<i>i</i>
<i>Abstract (Nederlands)</i> .....	<i>ii</i>
<i>Abstract (English)</i> .....	<i>iii</i>
<i>Inhoudsopgave</i> .....	<i>1</i>
<i>Lijst met afkortingen</i> .....	<i>5</i>
<i>Lijst met figuren</i> .....	<i>6</i>
<i>Lijst met tabellen</i> .....	<i>11</i>
<i>Inleiding</i> .....	<i>16</i>
<b>1 Literatuurstudie</b> .....	<b>18</b>
<b>1.1 Het Graanhaantje</b> .....	<b>18</b>
1.1.1 Systematiek en anatomie .....	18
1.1.2 Levenscyclus .....	22
1.1.2.1 Voorjaars adulten.....	23
1.1.2.2 Paring en ovipositie .....	24
1.1.2.3 Larvale stadia.....	29
1.1.2.4 Verpoppen .....	31
1.1.2.5 Najaar adult en winterrust.....	32
1.1.2.6 Verschil Noord-Amerikaanse en Euraziatische graanhaantjes .....	34
1.1.3 Verspreiding .....	35
1.1.3.1 Europese verspreiding .....	35
1.1.3.2 Amerikaanse verspreiding .....	35
1.1.3.3 Canadese verspreiding .....	36
1.1.4 Waardplanten en habitatselectie .....	38
1.1.5 Natuurlijke vijanden .....	42
<b>1.2 Schade en opbrengstverlies</b> .....	<b>44</b>
1.2.1 Schadebeeld.....	44
1.2.1.1 Directe schade.....	44
1.2.1.2 Indirecte schade .....	45
1.2.2 Opbrengstverlies .....	46
1.2.2.1 Relatie tussen bladoppervlakteverlies en opbrengst wintertarwe .....	46
1.2.2.2 Relatie tussen bladoppervlakteverlies en graanhaantje.....	48
1.2.2.3 Relatie graanhaantje en opbrengstverlies.....	49
1.2.3 Schade bij andere gewassen? .....	54
<b>1.3 Plaagmanagement</b> .....	<b>57</b>
1.3.1 Integrated Pest Management .....	57
1.3.1.1 Van Chemical Control naar Integrated Pest Management .....	57
1.3.1.2 IPM, what's in a name .....	58
1.3.1.3 IPM voor het graanhaantje.....	59



1.3.2	Chemische gewasbescherming .....	59
1.3.3	Biologische gewasbescherming .....	61
1.3.4	Mechanische en fysische gewasbescherming.....	62
1.3.5	Culturele maatregelen .....	64
1.3.6	Preventie en monitoren.....	66
1.3.7	To IPM or not to IPM?.....	66
<b>1.4</b>	<b>Economische benadering.....</b>	<b>70</b>
1.4.1	Conceptuele benadering van schadedrempels .....	70
1.4.2	Benadering van de methode en berekening van schadedrempels.....	71
1.4.2.1	Wat te berekenen?.....	71
1.4.2.2	De basisformule .....	71
1.4.2.3	ET, een buitenaards begrip voor een economische term.....	76
1.4.3	Praktische opstellingen van schadedrempels.....	77
1.4.3.1	Casestudie 1: Oulema oryzae.....	77
1.4.3.2	Casestudie 2: Aphis glycines .....	79
1.4.3.3	Casestudie 3: Hypera postica.....	81
1.4.3.4	Casestudies, wat leert dit ons? .....	83
1.4.4	Actuele schadedrempels voor het graanhaantje.....	84
<b>2</b>	<b><i>Materiaal en methoden</i> .....</b>	<b>86</b>
<b>2.1</b>	<b>Proefopzet.....</b>	<b>86</b>
2.1.1	Opstellen proefplan .....	86
2.1.2	Hoe het proefplan lezen.....	86
2.1.3	Proefplannen .....	86
2.1.3.1	Zomertarwe.....	86
2.1.3.2	Wintertarwe .....	87
2.1.4	Zaaimodaliteiten.....	88
2.1.5	Proefverloop.....	89
2.1.6	Proefopzet zomertarwe.....	89
2.1.7	Proefopzet Wintertarwe.....	90
<b>2.2</b>	<b>Simuleren van bladbeschadiging en opbrengstreductie door plagen.....</b>	<b>91</b>
<b>2.3</b>	<b>Berekenen bladoppervlakte .....</b>	<b>92</b>
<b>2.4</b>	<b>Knippen en oogsten.....</b>	<b>92</b>
2.4.1	Knippen.....	92
2.4.2	Oogsten .....	94
<b>2.5</b>	<b>Gebruikte potten voor de statistische verwerking .....</b>	<b>95</b>
<b>3</b>	<b><i>Resultaten</i> .....</b>	<b>96</b>
<b>3.1</b>	<b>Mogelijke invloeden op de resultaten.....</b>	<b>96</b>
3.1.1	Kwantificeren en uittekenen van externe factoren .....	96
3.1.1.1	Schimmelaantasting .....	96
3.1.1.2	Legering.....	97
3.1.1.3	Bladschade.....	99
3.1.2	Statistische interpretatie van de drie factoren.....	100

3.1.2.1	Schimmelaantasting .....	100
3.1.2.2	Legering.....	102
3.1.2.3	Bladschade.....	104
<b>3.2</b>	<b>Gemeten Bladoppervlaktes .....</b>	<b>106</b>
3.2.1	Nagaan normaliteit .....	106
3.2.2	Verschil in groeifasen.....	106
3.2.3	Verschil in niveaus .....	108
<b>3.3</b>	<b>Stengellengte en stengelgewicht .....</b>	<b>110</b>
3.3.1	Nagaan normaliteit .....	110
3.3.2	Verschil in groeifasen.....	111
3.3.3	Verschil in ontbladeringsniveaus .....	113
<b>3.4</b>	<b>Opbrengstgegevens .....</b>	<b>115</b>
3.4.1	Nagaan Normaliteit .....	115
3.4.2	Drogestofpercentage.....	116
3.4.3	Opbrengstresultaten.....	118
3.4.3.1	Opbrengstverschillen bij de verschillende groeifasen .....	118
3.4.3.2	Opbrengstverschillen bij de verschillende ontbladeringniveaus .....	120
<b>3.5</b>	<b>Regressievergelijking.....</b>	<b>122</b>
3.5.1	Verse stof .....	123
3.5.1.1	Alle groeifasen.....	123
3.5.1.2	Groeifase 1 – Strecken van vlagblad .....	125
3.5.1.3	Groeifase 2 – Uitzetten aar .....	127
3.5.1.4	Groeifase 3 – Late melkstadium .....	129
3.5.2	Droge stof.....	131
3.5.2.1	Alle groeifasen.....	131
3.5.2.2	Groeifase 1 – strekken vlagblad.....	133
3.5.2.3	Groeifase 2 – Uitzetten aar .....	135
3.5.2.4	Groeifase 3 – Late melkstadium .....	137
<b>4</b>	<b>Opstellen actuele schadedrempel voor het graanhaantje .....</b>	<b>139</b>
<b>4.1</b>	<b>Bepalen van de schadedrempel.....</b>	<b>139</b>
4.1.1	C – waarde .....	139
4.1.1.1	Kost insecticide.....	139
4.1.1.2	Toepassingskost.....	140
4.1.2	V-waarde .....	141
4.1.3	K-waarde .....	141
4.1.4	DI-waarde.....	141
4.1.4.1	Opbrengst per hectare .....	141
4.1.4.2	Hoeveel bladoppervlakte consumeert een larve? .....	142
4.1.4.3	Percentage opbrengstverlies per larve .....	142
4.1.4.4	Effectieve DI-waarde.....	144
<b>4.2</b>	<b>Vastleggen economische schadedrempel.....</b>	<b>145</b>
4.2.1	Opstellen matrix .....	145
4.2.2	Hoe de matrixen praktisch gebruiken.....	146

4.2.3	De L1-matrix – ESDs bij 2.5 cm <sup>2</sup> per larve per scheut.....	147
4.2.4	De L2-matrix – ESD bij 5.067 cm <sup>2</sup> per larve per scheut .....	148
4.2.5	De L3-matrix – ESD bij 6.683 cm <sup>2</sup> per larve per scheut .....	149
<b>4.3</b>	<b>Van drie matrixen naar “DE” actuele schadedrempel matrix .....</b>	<b>150</b>
4.3.1	Selectieprocedure .....	150
4.3.2	Verdeling van de ESDs bij verschillende factorwaarden .....	150
4.3.3	Bepalen finale ESD per groeifase .....	151
<b>5</b>	<b>Discussie .....</b>	<b>152</b>
<b>5.1</b>	<b>Effect van externe invloeden op de proefresultaten.....</b>	<b>152</b>
5.1.1	Invloed knippen van de planten op de resultaten .....	152
5.1.2	Invloed oogsten van de planten op de resultaten .....	152
5.1.3	Invloed externe factoren op de resultaten.....	152
<b>5.2</b>	<b>Hoe (uitermate) interessant zijn de proefresultaten? .....</b>	<b>153</b>
5.2.1	Vergelijken met de proef van Buntin et al. (2004) .....	153
5.2.2	De ene regressie is de andere nog niet.....	153
<b>5.3</b>	<b>Vergelijking berekende ESDs met bestaande ESDs .....</b>	<b>154</b>
<b>5.4</b>	<b>Schadedrempels in aantal larven per scheut of... .....</b>	<b>154</b>
<b>5.5</b>	<b>Hoeveel kg per ha opbrengstverlies kan men tolereren? .....</b>	<b>155</b>
<b>5.6</b>	<b>Hoeveel schade veroorzaakt één plaagindividu?.....</b>	<b>155</b>
<b>5.7</b>	<b>Hoe accuraat zijn de bepaalde schadedrempels?.....</b>	<b>156</b>
<b>5.8</b>	<b>ESD als onderdeel IPM, maar IPM als onderdeel van ESD? .....</b>	<b>158</b>
<b>6</b>	<b>Algemeen besluit.....</b>	<b>160</b>
<b>7</b>	<b>Bibliografie .....</b>	<b>161</b>
<b>8</b>	<b>Bijlagen.....</b>	<b>178</b>
<b>8.1</b>	<b>Bijlage 1: Gedetailleerde info Cox 1 gen Oulema soorten.....</b>	<b>1</b>
<b>8.2</b>	<b>Bijlage 2: Gedetailleerde lijst verspreiding Oulema species .....</b>	<b>V</b>
<b>8.3</b>	<b>Bijlage 3: Voorbeeld IPM-schema voor graanhaantjes.....</b>	<b>VII</b>
<b>8.4</b>	<b>Bijlage 4: Erkende Belgische actieve stoffen met bijbehorende handelsproducten..</b>	<b>VIII</b>
<b>8.5</b>	<b>Bijlage 5: Logboek .....</b>	<b>IX</b>
<b>8.6</b>	<b>Bijlage 6: Actuele schadedrempelmatrix voor graanhaantjes in tarwe .....</b>	<b>XI</b>

## Lijst met afkortingen

μCT	Micro-computed X-ray tomography
ANOVA	Analysis of variance
BBCH	Biologische Bundesantalt, Bundessortenamt und Chemische Industrie
Bp	Base paren
BYDV	Barley Yellow Dwarf Virus
CLN	Corn Lethal Necrosis
COX 1	Cytochrome c oxidase subunit 1
DS	Droge stof
DS %	Drogestofpercentage, verhouding droge stof op verse stof
EB	Elytra breedte
EFSA	European Food And Safety Agency
EIL	Economic Injury Level
EL	Elytra lengte
ESD	Economische schadedrempel
ET	Economic Threshold
F1	Overwinterde adulten, voorjaarsadulten
F2	Ontpopte adulten, najaarsadulten
FFS	Farm Field Schools
GD	Graaddagen, Degree Days
GF	GroEIFase
GLV	Green leaf volatiles
IPM	Integrated Pest Management
K	Kolom
LAI	Leaf Area Index
LL	Lichaamslengte
MCMV	Maize Chlorotic Mottle Virus
MDMV	Maize Dwarf Mosaic Virus
N	Niveau
QTL	Quantitative Trait Locus
ROS	Reactive Oxygen Species
Stdv	Standaarddeviatie
VOC	Volatiele Organische Componenten
VS	Verse stof
YL	Yield Loss, opbrengstverlies

## Lijst met figuren

Figuur 1: Overzicht van de voornaamste Coleoptera families (Bouchard, et al., 2009).....	18
Figuur 2: De vijf soorten binnen het graanhaantje complex met lichaamsmaten (mm) (Bezdek & Baselga, 2015).....	21
Figuur 3: Drie Belgische soorten binnen grashaantje-complex (Borowiec & Szwalko, 1990).....	21
Figuur 4: Levenscyclus <i>O. melanopus</i> (Kher, 2014, p. 37) .....	22
Figuur 5: Gemiddelde cyclusduur (ei tot adult) <i>Oulema</i> spp. bij drie temperaturen (° C) en veldcondities (Walczak, 2005b).....	23
Figuur 6: Twee eitjes van het graanhaantje (Philips, et al., 2011) .....	24
Figuur 7: Aantal eitjes per halm (X) en aantal larven in het vierde larvale stadium per halm (Y) (Ihrig, et al., 2001).....	25
Figuur 8: Kop (zwart) en staart (wit) grootte (mm) van de langste zaadcel bij verschillende levensstadia (Wellso & Hoxie, 1981) .....	25
Figuur 9: Proporties van de ovipositie per bladniveau, vlagblad en scheut voor leeftijdsklasse 1 (de oudste, donkergrijze balken) en 2 (de jongste, witte balken) (links) en het gemiddeld aantal eitjes per vrouwtje voor de verschillende bladniveaus (rechts) (Hoffman & Rao, 2011).....	26
Figuur 10: Aantal eitjes per rij i.f.v. cumulatief aantal GD bij verschillende plantdata (Hoffman & Rao, 2010).....	27
Figuur 11: Effect lage en hoge Stikstof(N)-gift bij twee leeftijdsklassen (Links, A, Zadok-schaal) en twee bladposities (Links, B) en de N-inhoud (%) van de verschillende bladniveaus (rechts) (Hoffman & Rao, 2011) .....	27
Figuur 12: Gemiddelde incubatieduur (d) bij drie temperaturen (° C) en veldomstandigheden (Walczak, 2005b) .....	28
Figuur 13: Larve met zakje van feces (links) (Gavloski & Meers, 2011) en zonder (rechts) (Philips, et al., 2011) .....	29
Figuur 14: Verband tussen temperatuur (°F) en aantal dagen ontwikkeling voor de vier larvale stadia (Helgesen & Haynes, 1972).....	30
Figuur 15: Gemiddelde duur larvale stadium (d) bij drie temperaturen (°C) en veldomstandigheden (Walczak, 2005b) .....	30
Figuur 16: Relatie tussen ei dichtheid (eitjes per square feet) en larvale mortaliteit (%) tijdens het eerste en vierde larvale stadium (Helgesen & Haynes, 1972).....	31
Figuur 17: Cocon van <i>O. melanopus</i> (links) (Roberts & Walenta, 2012) en <i>O. gallaeciana</i> (rechts) (Luske, et al., 2015) .....	32
Figuur 18: Cumulatief % in GD > 9 °C (=48 °F) voor het uit dormantie komen (Casagrande, et al., 1977).....	33
Figuur 19: Cumulatieve voedselopname (mm <sup>2</sup> ) pre- en non-diapauze bij mannetjes en vrouwtjes op gerst (Wellso & Hoxie, 1981) .....	33

Figuur 20: EI <i>O. melanopus</i> anno 2007 (Links) en bij een stijging van 3 °C (Rechts) (Olfert & Weiss, 2005).....	37
Figuur 21: Verdeling van adulten in 2008 (links) en van adulten en larven in 2009 (rechts) (Reay-Jones, 2010).....	40
Figuur 22: Verdeling van adulten in 2008 (links) en 2009 (rechts) (Reay-Jones, 2010).....	40
Figuur 23: <i>A. flavipes</i> adult (links) en geparasiteerde pop (midden) (Bean & Ciaglo, 2018) en <i>T. julis</i> (rechts) (Roberts, et al., 2014) .....	43
Figuur 24: Percentage eitjes van <i>O. gallaeciana</i> die geparasiteerd werd door <i>Necremnus leucarthros</i> (Links) en vier andere natuurlijke vijanden gedurende de periode 2000-2007 (Jelokova & Gallo, 2008).....	43
Figuur 25: Schade aangebracht door larve (linksboven) (DiFonzo, 2009), adulten op maïs (linksonder) (Herbert & Van Duyn, 2014) en door <i>O. erichsonii</i> adult (Bienkowski, 2010) ..	44
Figuur 26: Relaties tussen opbrengst (g) bij drie groeifases en vijf ontbladeringsniveaus (Buntin, et al., 2004).....	47
Figuur 27: Regressieanalyse van de resultaten uit de studie van Webster en Smith (1983) met aangebrachte bladschade (% , donkergrijs) en het opbrengstverlies in vergelijking met de controlegroep (% , lichtgrijs) .....	50
Figuur 28: Percentage vlagblad ontbladering (Y, %) (links) en percentage opbrengstverlies (rechts) in functie van het aantal larven in het vierde larvale stadium per scheut (X) (Ihrig, Herbert, Van Duyn, & Bradley, 2001) .....	52
Figuur 29: Indeling schade aangebracht door <i>O. melanopus</i> op haver (Wilson, et al., 1969) .	54
Figuur 30: Bladbeschadiging (%) i.f.v. larven per scheut (Wilson, et al., 1969).....	55
Figuur 31: Opbrengst i.f.v. aantal larven per scheut (Wilson, et al., 1969) .....	56
Figuur 32: Ontwikkeling wereldwijde gemiddelde opbrengst per ha voor tarwe, rijst en maïs en uitgaven aan gewasbeschermingsmiddelen voor de periode 1960-2004 (Oerke, 2006).....	57
Figuur 33: IPM-overzicht voor het graanhaantje (gebaseerd op Naranjo, 2011).....	59
Figuur 34: Effect op ontbladering door graanhaantjes bij drie actieve stoffen en een controlegroep bij vroege (10 % egg hatch) en late toepassing (90 % egg hatch) (Buntin, et al., 2004).....	60
Figuur 35: Abundantie van graanhaantjes in 2015 en 2016 bij toepassing van insecticiden (Darab, et al., 2017).....	61
Figuur 36: Effect van bloemenstroken op twee afstanden (near = 0.5 – 10.4 m van rand, far = 10.5-20.4 m van rand) op het aantal larven (a), adulten (b) en toegebrachte schade (%) van graanhaantjes (Tschumi, et al., 2015) .....	63
Figuur 37: Trichomen van wintertarwe cultivars Altigo (Links) en Alcantara (Rechts) (Orsolya, et al., 2017).....	64
Figuur 38: Verband trichoom lengte (µm) vlagblad en percentage bladbeschadiging (Papp & Mesterhazy, 1996).....	65

Figuur 39: Correlatiecoëfficiënt tussen bladschade en trichoomlengte en -dichtheid (*, **, *** significantie met 0.05, 0.01, 0.001) (Papp, et al., 1992) .....	65
Figuur 40: Gemiddeld cumulatieve larve-dagen in 2010, verticale lijnen duiden stdv. aan en de a, b en duiden verschillende gemiddelden aan berekend via de Tukey test (Reisig, et al., 2012) .....	68
Figuur 41: Totale kost (\$) per ha om het graanhaantje te managen volgens de IPM en profylactische methode, de whiskers van de boxplot duiden de 10% en 90 % grens aan (Reisig, et al., 2012).....	69
Figuur 42: Concept van economische schadedrempels (Norris, 1999).....	70
Figuur 43: Concept voor het bepalen van EIL met bijbehorende variabelen (Pedigo, et al., 1986) .....	72
Figuur 44: Opbrengst (g/20 heuvels) in functie van beschadigde bladeren (%) (Links), Relatie tussen percentage bladbeschadiging en relatieve graanopbrengst (Midden), Relatie tussen ei-massa's en percentage beschadigde bladeren (Koyama, 1978) .....	78
Figuur 45: Verband tussen ontbladering (%) en opbrengstverlies (%) (links) en het verband tussen bladmassaverlies (mg per scheut) en opbrengstverlies (kg per ha) (Peterson, Danielson, & Higley, 1993).....	82
Figuur 46: EIL-matrix uitgedrukt in aantal larven per scheut bij verschillende V-waarden (marktprijs, \$ per kg) en C-waarden (management kosten, \$ per ha) (Peterson, et al., 1993). 83	83
Figuur 47: Indeling van de wintertarwe volgens drie klassen (4 april 2018, BBCH 24).....	87
Figuur 48: Geknipte planten tijdens groeifase 1 (BBCH 39) met voorbeeld van afgeknipte bladmassa per pot voor de verschillende niveaus .....	92
Figuur 49: Geknipte planten tijdens groeifase 2 (BBCH 59) met voorbeeld van afgeknipte bladmassa per pot voor de verschillende niveaus .....	93
Figuur 50: Geknipte planten tijdens groeifase 3 (BBCH 77) met voorbeeld van afgeknipte bladmassa per pot voor de verschillende niveaus .....	93
Figuur 51: Aar in individueel zakje (linksboven), droogoven op 60 °C (linksonder), plaatsen van zakjes in de oven (rechtsboven) en droogveilig maken van de zakjes (rechtsonder).....	94
Figuur 52: Gradaties schimmelaantasting op de zomertarwe (foto's van 13 en 16 februari 2018, BBCH 18).....	97
Figuur 53: Gradaties legering van de zomertarwe (foto van 16 maart 2018, BBCH 37) .....	98
Figuur 54: Aangebrachte steun voor de planten (foto van 29 maart 2018, BBCH 39).....	98
Figuur 55: Gradaties bladbeschadiging bij de zomertarwe (foto's van 12 en 16 maart 2018, BBCH 37).....	99
Figuur 56: Grafiek voor de legeringsscore per kolom en per groeifase.....	103
Figuur 57: Gemiddelde verwijderde bladoppervlakte (cm <sup>2</sup> ) per groeifase en niveau.....	107
Figuur 58: Gemiddelde verwijderde bladoppervlakte (cm <sup>2</sup> ) per niveau en per groeifase.....	109
Figuur 59: Gemiddelde stengellengte bij de verschillende groeifasen en niveaus .....	112
Figuur 60: Gemiddelde stengelgewicht bij de verschillende groeifasen en niveaus.....	112

Figuur 61: Gemiddelde stengellengtes bij de verschillende niveaus en groeifasen.....	114
Figuur 62: gemiddelde stengellengtes bij de verschillende groeifasen en niveaus.....	114
Figuur 63: Drogestofpercentages bij de verschillende groeifasen en niveaus .....	117
Figuur 64: Gemiddelde opbrengst (gram verse stof) bij verschillende groeifasen en niveaus .....	119
Figuur 65: Gemiddelde opbrengst (gram droge stof) bij verschillende groeifasen en niveaus .....	119
Figuur 66: Gemiddelde opbrengst (gram verse stof) bij verschillende niveaus en groeifasen .....	121
Figuur 67: Gemiddelde opbrengst (droge stof) bij verschillende niveaus en groeifasen.....	121
Figuur 68: Regressie voor alle bladoppervlakten (cm <sup>2</sup> ) en % opbrengstverlies in VS .....	124
Figuur 69: Verdeling van de gestandaardiseerde residuen (boven) en gegevens (onder) voor de regressie van alle bladoppervlakten en % opbrengstverlies in VS.....	124
Figuur 70: Regressie voor % opbrengstverlies in verse stof voor GF1 .....	126
Figuur 71: Verdeling van de residuen (boven) met gegevens (onder) voor % opbrengstverlies in verse stof voor GF1 .....	126
Figuur 72: Regressie voor % opbrengstverlies in VS voor GF2.....	128
Figuur 73: Verdeling van de residuen (boven) en gegevens (onder) voor % opbrengstverlies in VS voor GF2 .....	128
Figuur 74: Regressie voor % opbrengstverlies in VS voor GF3.....	130
Figuur 75: Verdeling van residuen (boven) en gegevens (onder) voor % opbrengstverlies in VS voor GF3 .....	130
Figuur 76: Regressie voor alle gemeten bladoppervlakten .....	132
Figuur 77:Verdeling van de residuen (boven) en gegevens voor de gegevens van alle gemeten bladoppervlakten .....	132
Figuur 78: Regressiecoëfficiënten voor % opbrengstverlies in DS voor GF1 .....	133
Figuur 79: Regressie voor % opbrengstverlies in DS voor GF1 .....	134
Figuur 80: Verdeling van residuen (boven) en gegevens (onder) voor % opbrengstverlies in DS voor GF1 .....	134
Figuur 81: Regressie voor % opbrengstverlies in DS voor GF2.....	136
Figuur 82: Verdeling van residuen (boven) en gegevens (onder) voor % opbrengstverlies in DS voor GF2 .....	136
Figuur 83: Regressie voor % opbrengstverlies in DS voor GF3.....	138
Figuur 84: Verdeling van residuen (boven) en gegevens (onder) voor % opbrengstverlies in DS voor GF3 .....	138
Figuur 85: L1-matrix – Economische schadedrempel matrix bij 2.5 cm <sup>2</sup> bladoppervlakte per larve per scheut (0.99 % = BBCH39, 0.50 % = BBCH 59, 0.39 % = BBCH 77, 0.65 % = BBCH-onafhankelijk).....	147



Figuur 86: Samenvattende L1-matrix bij 2.5 cm <sup>2</sup> bladoppervlakte per larve per scheut (0.99 % = BBCH39, 0.50 % = BBCH 59, 0.39 % = BBCH 77) .....	147
Figuur 87: L2-matrix – Economische schadedrempel matrix bij 5.067 cm <sup>2</sup> bladoppervlakte per larve per scheut (2.01 % = BBCH39, 1.01 % = BBCH 59, 0.80 % = BBCH 77, 0.80 % = BBCH-onafhankelijk).....	148
Figuur 88: Samenvattende L2-matrix bij 5.067 cm <sup>2</sup> bladoppervlakte per larve per scheut (2.01 % = BBCH39, 1.01 % = BBCH 59, 0.80 % = BBCH 77).....	148
Figuur 89: L3-matrix – Economische schadedrempel matrix bij 6.683 cm <sup>2</sup> bladoppervlakte per larve (2.65 % = BBCH39, 1.33 % = BBCH 59, 1.05 % = BBCH 77, 1.74 % = BBCH-onafhankelijk).....	149
Figuur 90: Samenvattende matrix bij 6.683 cm <sup>2</sup> bladoppervlakte per larve per scheut (2.65 % = BBCH39, 1.33 % = BBCH 59, 1.05 % = BBCH 77).....	149
Figuur 91: Overzicht Cox 1 gen voor Oulema soorten gegenereerd met Multiple Sequence Alignment Viewer (NCBI, 2013).....	II
Figuur 92: Detail Cox 1 gen voor Oulema soorten gegenereerd met Multiple Sequence Alignment Viewer (NCBI, 2013).....	III
Figuur 93: Stamboom van de Oulema soorten gegenereerd met de NCBI's Tree Viewer (NCBI, 2013).....	IV
Figuur 94: Voorbeeld IPM-schema voor het graanhaantje (Robberts & Walenta, 2012).....	VII

## Lijst met tabellen

Tabel 1: Verdeling (%) van de overwinterde graanhaantjes (Casagrande, et al., 1977).....	23
Tabel 2: Afstand tussen nerven ( $\mu\text{m}$ ) van haverplanten op verschillende bladniveaus (Hoffman & Rao, 2011).....	28
Tabel 3: Aantal dagen nodig voor ontwikkelen eitjes in functie van de temperatuur ( $^{\circ}\text{C}$ ) (Guppy & Harcourt, 1978).....	28
Tabel 4: Aantal dagen nodig voor larvale ontwikkeling in functie van temperatuur ( $^{\circ}\text{C}$ ) (Philips, et al., 2011).....	29
Tabel 5: Gemiddelde duur $\pm$ standaarddeviatie (stdv.) (d) ei- en larvale fase bij twee populaties (Guppy, 1979).....	34
Tabel 6: Vruchtbaarheid van twee populaties uitgedrukt in eitjes per kever $\pm$ stdv. (Guppy, 1979).....	34
Tabel 7. Eitjes en adult per m <sup>2</sup> in functie van vijf verschillende perceelgroottes (Sawyer & Haynes, 1986).....	39
Tabel 8: Waargenomen opbrengstverlies met gewas en locatie .....	46
Tabel 9: Geconsumeerde oppervlakte ( $\text{mm}^2$ ), aantal en oppervlakte per letsel ( $\text{mm}^2$ ) (Hoffman & Rao, 2011).....	48
Tabel 10: Uitgezette larven per m <sup>2</sup> , larven per scheut, verhouding, aangebrachte schade (%) en opbrengstverlies tegenover de controlegroep (g) bij vier populatiedichtheden bij drie jaar (Webster & Smith, 1983).....	50
Tabel 11: Aantal larven per scheut, vlagblad ontbladering (%) en opbrengstverlies (Buntin, et al. 2004).....	51
Tabel 12: Overzicht regressievergelijkingen (X = aantal larven per scheut, Y = % opbrengstverlies, L/S = larve per scheut, %OV = percentage opbrengstverlies).....	53
Tabel 13: Hoeveelheid geconsumeerde bladoppervlakte ( $\text{mm}^2$ ) bij twee temperaturen ( $^{\circ}\text{C}$ ) en per larvaal stadium (I – IV) (Wilson, et al., 1969).....	55
Tabel 14: Berekende EIL voor eerste generatie <i>O. nubilalis</i> in mais ( $V = 2.54 \text{ \$/kg}$ , $DI = 6.51 \text{ kg/larve/plant}$ , $K = 0.67$ ) (Higley & Wintersteen, 1992).....	74
Tabel 15: Samenvatting statistische analyse (boven) en de verklaring voor variatie in het model (onder) voor beide plagen (Peterson & Hunt, 2003).....	76
Tabel 16: Percentage beschadigde bladeren (%) en geschatte opbrengst zonder plaagschade (g/20 heuvels) (a = gemiddelde drie herhalingen, b = max. percentage beschadigde bladeren, c = relatieve opbrengst met geschatte opbrengst gelijk aan 100, d = significantie kleiner bij lage populaties, ANOVA $P < 0,05$ ) (Koyama, 1978).....	78
Tabel 17: Schade en opbrengstverlies aangebracht door de bladluizen (Xibei, et al., 1994) ..	80
Tabel 18: Overzicht schadedrempels uit de literatuur.....	85
Tabel 19: Proefopstelling van de zomertarwe met bijbehorende labels (ZT = zomertarwe, GF = groeifase, N = niveau).....	87

Tabel 20: Proefopstelling van de wintertarwe met bijbehorende labels .....	88
Tabel 21: Informatie teeltsubstraat.....	88
Tabel 22: Beoordeling schimmel zomertarwe .....	97
Tabel 23: Beoordeling legering zomertarwe .....	98
Tabel 24: Beoordeling bladschade zomertarwe .....	99
Tabel 25: Beschrijvende data van de potten en gemiddelde waarden per kolom voor de schimmelaantasting .....	100
Tabel 26: ANOVA-analyse voor de gemiddelde schimmelaantasting, per kolom (boven) per groeifase (midden) en per niveau (onder) .....	101
Tabel 27: Welch test voor de gemiddelde schimmelaantasting per kolom (boven), per groeifase (midden) en per niveau (onder).....	101
Tabel 28: Tukey HSD test voor de gemiddelde schimmelaantasting per kolom (boven), per groeifase (linksonder) en per niveau (rechtsonder).....	101
Tabel 29: Beschrijvende data van de potten en gemiddelde waarden per kolom voor de legering-waarden .....	102
Tabel 30: ANOVA-analyse voor de gemiddelde legering per kolom (boven), groeifase (midden) en niveau (onder).....	102
Tabel 31: Welch test voor de legering per kolom (boven), per groeifase (midden) en per niveau (onder).....	102
Tabel 32: Tukey HSD test voor de legering per kolom (boven), groeifase (linksonder) en niveau (rechtsonder).....	103
Tabel 33: Beschrijvende data van de potten en gemiddelde waarden per kolom voor de bladaantasting.....	104
Tabel 34: ANOVA-analyse voor de gemiddelde bladaantasting per kolom (boven), per groeifase (midden) en per niveau (onder) .....	104
Tabel 35: Welch test voor de mate van bladbeschadiging per kolom (boven), per groeifase (midden) en per niveau (onder).....	105
Tabel 36: Tukey HSD test voor de mate van bladbeschadiging per kolom (boven), per groeifase (linksonder) en per niveau (rechtsonder) .....	105
Tabel 37: Algemene gegevens voor de gemeten bladoppervlakten .....	106
Tabel 38: Normaliteitstest van de bladoppervlakten over de verschillende groeifasen (boven) en de verschillende ontbladeringniveaus (onder).....	106
Tabel 39: ANOVA-analyse voor de bladoppervlakten bij de verschillende groeifasen .....	107
Tabel 40: Welch-test voor de bladoppervlakten bij de verschillende groeifasen .....	107
Tabel 41: Tukey HSD test voor de bladoppervlakten bij de verschillende groeifasen .....	107
Tabel 42: Algemene data voor de bladoppervlakten bij de verschillende niveaus .....	108
Tabel 43: ANOVA-analyse voor de bladoppervlakten bij de verschillende niveaus.....	108
Tabel 44: Welch test voor de bladoppervlakten bij de verschillende niveaus .....	108
Tabel 45: Tukey HSD test voor de bladoppervlakten bij de verschillende niveaus .....	109

Tabel 46: Normaliteitstest voor stengellengte en -gewicht bij de verschillende groeifasen (boven) als bij de verschillende ontbladeringsniveaus (onder) .....	110
Tabel 47: Algemene data van alle stengellengtes en -gewichten.....	110
Tabel 48: Welch test voor stengellengte en -gewicht voor de verschillende groeifasen .....	111
Tabel 49: ANOVA-analyse voor de stengellengtes en -gewichten voor de verschillende groeifasen .....	111
Tabel 50: Tukey HSD test voor de stengellengte (links) en het -gewicht (rechts) bij de groeifasen .....	111
Tabel 51: Welch test voor stengellengte en gewicht voor verschillende ontbladeringsniveaus .....	113
Tabel 52: ANOVA-analyse voor de stengellengtes en -gewicht bij de ontbladeringsniveaus .....	113
Tabel 53: Tukey HSD test voor de stengellente (links) en het -gewicht (rechts) bij de ontbladeringsniveaus.....	113
Tabel 54 Normaliteitstest van de opbrengstgegevens over de verschillende groeifasen (boven) en de verschillende ontbladeringsniveaus (onder).....	115
Tabel 55: Welch-test voor de DS% bij de groeifasen (links) en de ontbladeringsniveaus (rechts) .....	116
Tabel 56: DS% voor de verschillende groeifasen (boven) en ontbladeringsniveaus (onder)..	116
Tabel 57: ANOVA-analyse voor het DS% bij de verschillende groeifasen (boven) en niveaus (onder).....	116
Tabel 58: Tukey HSD test voor het DS% bij verschillende groeifasen (links) en ontbladeringsniveaus (rechts) .....	117
Tabel 59: Welch test voor de opbrengstgegevens bij de verschillende groeifasen .....	118
Tabel 60: Opbrengstgegevens voor de verschillende groeifasen .....	118
Tabel 61: ANOVA-analyse voor de opbrengstgegevens bij de verschillende groeifasen .....	118
Tabel 62: Tukey HSD test voor de opbrengstgegevens in droge (links) en verse stof (rechts) bij de groeifasen .....	119
Tabel 63: Welch test voor de opbrengstgegevens bij de verschillende ontbladeringsniveaus	120
Tabel 64: Opbrengstgegevens voor de verschillende ontbladeringsniveaus .....	120
Tabel 65: ANOVA-analyse voor de opbrengstgegevens bij de verschillende ontbladeringsniveaus .....	120
Tabel 66: Tukey HSD test voor opbrengstgegevens in droge (links) en verse stof (rechts) bij de niveaus.....	120
Tabel 67: Determinatiecoëfficiënt voor de regressie van alle bladoppervlakten en % opbrengstverlies in VS .....	123
Tabel 68: ANOVA-analyse voor de regressie van alle bladoppervlakten en % opbrengstverlies in VS.....	123

Tabel 69: Regressiecoëfficiënten voor de regressie van alle bladoppervlakten en % opbrengstverlies in VS .....	123
Tabel 70: Determinatiecoëfficiënt voor % opbrengstverlies in verse stof voor GF1.....	125
Tabel 71: ANOVA-analyse voor % opbrengstverlies in verse stof voor GF1 .....	125
Tabel 72 Regressiecoëfficiënten voor % opbrengstverlies in verse stof voor GF1 .....	125
Tabel 73: Determinatiecoëfficiënten voor % opbrengstverlies in VS voor GF2 .....	127
Tabel 74: ANOVA-analyse voor % opbrengstverlies in VS voor GF2 .....	127
Tabel 75: Regressiecoëfficiënten voor % opbrengstverlies in VS voor GF2 .....	127
Tabel 76: Determinatiecoëfficiënt voor % opbrengstverlies in VS voor GF3 .....	129
Tabel 77: ANOVA-analyse voor % opbrengstverlies in VS voor GF3 .....	129
Tabel 78: Regressiecoëfficiënten voor % opbrengstverlies in VS voor GF3 .....	129
Tabel 79: Determinatiecoëfficiënt voor de regressie van alle bladoppervlakten en % opbrengstverlies in DS .....	131
Tabel 80: ANOVA-analyse voor de regressie van alle bladoppervlakten en % opbrengstverlies in DS.....	131
Tabel 81: Regressiecoëfficiënten voor de regressie van alle bladoppervlakten en % opbrengstverlies in DS .....	131
Tabel 82: Determinatiecoëfficiënt voor % opbrengstverlies in DS voor GF1 .....	133
Tabel 83: ANOVA-analyse voor % opbrengstverlies in DS voor GF1 .....	133
Tabel 84: Determinatiecoëfficiënt voor % opbrengstverlies in DS voor GF2 .....	135
Tabel 85: ANOVA-analyse voor % opbrengstverlies in DS voor GF2 .....	135
Tabel 86: Regressiecoëfficiënten voor % opbrengstverlies in DS voor GF2 .....	135
Tabel 87: Determinatiecoëfficiënt voor % opbrengstverlies in DS voor GF3 .....	137
Tabel 88: ANOVA-analyse voor % opbrengstverlies in DS voor GF3 .....	137
Tabel 89: Regressiecoëfficiënten voor % opbrengstverlies in DS voor GF3 .....	137
Tabel 90: Lijst met gecontacteerde verdelers van gewasbeschermingsmiddelen .....	140
Tabel 91: Overzicht bekomen productprijzen .....	140
Tabel 92: Evolutie van de opbrengstgegevens van wintertarwe in de periode 2006-2011 (Maertens, Bernaerts, Oeyen, & Tcuenier, 2013) .....	141
Tabel 93: Berekening van $b'$ (% opbrengstverlies per plaagindividu) bij 2.5 cm <sup>2</sup> bladoppervlakte per plaagindividu per scheut.....	144
Tabel 94: Berekening van $b'$ (% opbrengstverlies per plaagindividu) bij 5.067 cm <sup>2</sup> bladoppervlakte per plaagindividu per scheut.....	144
Tabel 95: Berekening van $b'$ (% opbrengstverlies per plaagindividu) bij 6.683 cm <sup>2</sup> bladoppervlakte per plaagindividu per scheut.....	144
Tabel 96: DI-waarde voor L1 (links), L2 (midden) en L3 (rechts) bij de verschillende $b'$ waarden .....	144
Tabel 97: Verdeling van de ESD-waarden in Figuur 88.....	150

Tabel 98: Oulema spp. met landen van voorkomen (E: Europa, N: Noord Afrika, A: Azië) (Schmitt, 2010).....	V
Tabel 100: Overzicht erkende actieve stoffen met bijbehorende handelsproducten (EC = Emulgeerbaar Concentraat, EW = Emulsie, olie in Water) (Fytoweb, 2018).....	VIII
Tabel 101: Logboek .....	IX

# Inleiding

In de masterproef die voor u ligt wordt er breed gestart om zo geleidelijk aan tot het eigenlijke doel te komen. Dit doel is het bepalen van een actuele economische schadedrempel voor het graanhaantje. Deze thesis zoekt dan ook het antwoord op volgende onderzoeksvragen:

1. Wat zijn de huidige technieken om de populatie van graanhaantjes te controleren?
2. Wat zijn de huidige bestaande actuele schadedrempels voor graanhaantjes?
3. Hoe gaat men actuele schadedrempels opstellen?
4. In welke mate beïnvloedt het verwijderen van bladoppervlakte de opbrengst bij tarwe?
5. Zijn er verschillen in ontbladering bij verschillende gewasstadia en de opbrengst bij tarwe?
6. Welke plaagdensiteit kan men tolereren zonder economisch verlies te lijden?

Om deze onderzoeksvragen te beantwoorden wordt deze masterproef opgedeeld in vijf delen. De eerste drie delen leveren wetenschappelijke, technische en praktische fundamenteen waarop de twee laatste delen gebouwd kunnen worden.

Het **eerste deel** bevat de literatuurstudie. Deze start met een hoofdstuk rond de biologie van het graanhaantje. Hierin wordt onder meer de levenscyclus en de verspreiding van de plaag besproken. Ook de waardplanten, habitatselectie en natuurlijke vijanden komen hierin aan bod. Deze zaken zijn essentieel om een goed plaagmanagement te gaan opstellen. De plaag kennen en kunnen voorspellen is dan ook de basis voor een kwalitatief en efficiënt management.

Aansluitend op dit eerste deel volgt een hoofdstuk met betrekking tot de schade en opbrengstverlies die het graanhaantje teweegbrengt. Er wordt ingegaan op zowel de directe als de indirecte schade. Het deel die handelt over het opbrengstverlies schetst dan ook het belang van management. De opbrengstverliezen kunnen immers potentieel aanzienlijke proporties aannemen.

Op basis van de biologie en het schadebeeld van graanhaantjes wordt vervolgens de verschillende managementmogelijkheden besproken. Deze technieken worden beschreven binnen het systeem van geïntegreerde plaagmanagement. Na het aanhalen van dit palet aan mogelijkheden wordt er nog even nagegaan waarom men vanuit dit systeem zou moeten handelen en welke voordelen dit heeft tegenover de gangbare managementtechnieken.

In het laatste hoofdstuk van de literatuurstudie wordt het theoretisch model voor het opstellen van schadedrempels besproken. Daarnaast worden een aantal cases besproken die de ontwikkeling van een schadedrempel blootleggen. Veel elementen in dit hoofdstuk zullen de lezer bekend voorkomen. De eerder besproken hoofdstukken met betrekking tot de biologie van de plaag (hoofdstuk 1.1), het opbrengstverlies (hoofdstuk 1.2) en de gekozen gewasbeschermingsbenadering (hoofdstuk 1.3) komen samen dit vierde hoofdstuk.

Na het lezen van het eerste deel zijn de eerste drie onderzoeksvragen reeds aan bod gekomen. In het **tweede deel** van deze masterproef wordt de praktische proef besproken. Deze proef zoekt een antwoord op de drie andere onderzoeksvragen. Met een ontbladeringsproef bij tarwe wordt de relatie tussen bladoppervlakteverlies en opbrengstverlies aangetoond. De mate van bladoppervlakteverlies kunnen zo teruggekoppeld worden aan bepaalde dichtheden graanhaantjes. Zodoende wordt er een link bekomen tussen plaagdichtheid en opbrengstverlies.

Deze link wordt uitgebreid besproken in het **derde deel**. Met statistische analyses wordt er beschreven wat de proef aan relevant cijfermateriaal leverde. Zo wordt gekeken in welke mate er een verband is tussen bladoppervlakteverlies en de stengellengte, stengelgewicht, droge stof opbrengst ... Er wordt eveneens aangehaald hoe deze gegevens geïmplementeerd kunnen worden in een actuele schadedrempel.

Het bepalen van deze actuele Vlaamse schadedrempel is de essentie van het **vierde deel**. Hiervoor worden alle factoren, die in het theoretisch model besproken worden, ingevuld naargelang de huidige Vlaamse waarden. Er wordt eveneens besproken hoe de schadedrempel(s) praktisch gebruikt kunnen worden.

Aansluitend op dit deel volgt het **vijfde deel** met de discussie over de berekende schadedrempel. Een aandachtige lezer zal bij het lezen van deze masterproef vaststellen dat enige nuance af en toe essentieel is om deze berekening te begrijpen. Uit het vorige deel blijkt immers dat er alvast zeker geen sprake is van één exacte schadedrempel.

Ten slotte volgt het algemeen besluit. Hierin wordt kort en krachtig beschreven wat de bevindingen zijn van de proef en welke zaken bijkomend onderzoek verdienen. Na het beantwoorden van de zes onderzoeksvragen blijven een aantal zaken immers onbeantwoord.



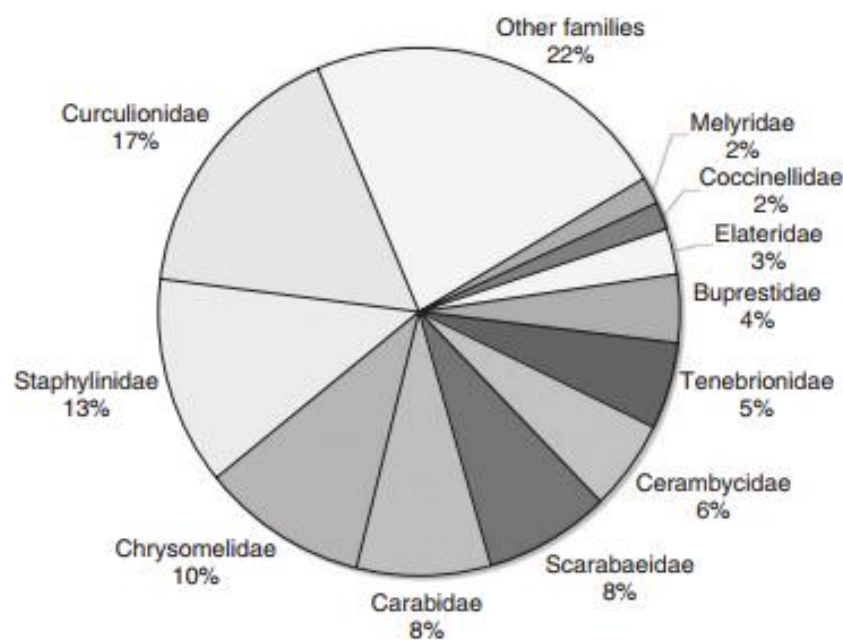
# 1 Literatuurstudie

## 1.1 Het Graanhaantje

### 1.1.1 Systematiek en anatomie

Aan de basis van de taxonomische indeling van de graanhaantjes ligt de orde van de Coleoptera (kevers). Verspreid over alle continenten, met uitzondering van Antarctica, komen bij benadering 357 000 beschreven soorten voor (Bouchard, et al., 2011). Het exacte aantal soorten is moeilijk in te schatten. Men vermoedt dat 70-95 % van de kevers nog niet beschreven zijn (Grove & Stork, 2000).

Binnen de kevers kan men 165 families terugvinden. De zes grootste (mega)families (> 20 000 soorten) bevatten 62 % van het totaal aantal soorten. In Figuur 1 kan men de elf grootste families (> 6 000 soorten) terugvinden. De derde grootste familie zijn de Chrysomelidae (bladhaantjes) met 30 000 tot 50 000 soorten (Jolivet, 1988; Bukejs, 2012) waarvan er 28 560 beschreven zijn (Gavrilovic & Curcic, 2013). Deze familie omslaat 10 % van de soorten binnen de orde (Baselga & Novoa, 2006). Het is tot deze familie dat het graanhaantje behoort (Bouchard, et al., 2009).



Figuur 1: Overzicht van de voornaamste Coleoptera families (Bouchard, et al., 2009)

Vele van deze soorten zijn onbekend voor de primaire sector, hoewel een aantal beruchte vertegenwoordigers zoals het Aspergehaantje (*Crioceris asparagi*), de Coloradokever (*Leptinotarsa decemlineata*), het Leliehaantje (*Lilioceris lili*) en het Populierenhaantje (*Chrysomela populi*) ook tot deze familie behoren (Wellso & Hoxie, 1988). De kevers behorende tot de Chrysomelidae zijn voornamelijk fytofaag en hebben vaak weinig beweeglijke cilindrische larven. De lichaamsvorm en -kleur van de volwassen kever is zeer divers (Klimaszewski & Watt, 1997).

Verder op de taxonomische trap staat het geslacht *Oulema* (Des Gozis, 1886). Ondanks het vele onderzoek en de jaarlijkse aanwezigheid van het kevertje in de Belgische percelen, zijn er vele discussies gevoerd en publicaties geschreven over de classificatie en determinatie van het graanhaantje binnen het genus *Oulema*. Misclassificaties en misinterpretaties kwamen (en komen) regelmatig voor. Dit komt voornamelijk door de moeilijke determinatie, het gelijktijdig voorkomen van sterk op elkaar gelijkende soorten en het gebrek aan een consensus in de wetenschappelijke literatuur. Studies aangaande de determinatie tot op soortniveau vermelden verschillende strategieën hiervoor. Determinatie kan gebeuren op basis van de morfologie en de lichaamsmaten. Om zeker te zijn van de soort gaat men kijken naar de geslachtsdelen van de kever. De aedeagus is bij de mannelijke insecten relatief uniform in structuur, het flagellum is echter soortspecifiek. Bij vrouwelijke insecten zijn de spermatheca en ductus spermathecae soortspecifiek. Afhankelijk van de soort zal de ductus spermathecae één of meerdere draaiingen vertonen. Praktisch gezien is deze methode niet geschikt als veldtechniek wegens de grote van de geslachtsorganen. De determinatie op basis van de geslachtsorganen blijft tot op heden een minutieus werk waarbij foute determinaties niet uitgesloten kunnen worden. De grootste fouten ontstaan echter doordat men gaat aannemen dat een gevonden graanhaantje tot een bepaald genus behoort. Morfologische determinatie op basis van de geslachtsorganen wordt niet altijd uitgevoerd waardoor de kevers fout benoemt kunnen worden. De aanwezigheid van fout gedetermineerde kevers in wetenschappelijke publicaties is helaas meer feit dan fictie (Schmitt & Rönn, 2011; Bezdek & Baselga, 2015).

Een recente invulling van morfologische determinatie is *micro-computed X-ray tomography* ( $\mu$ CT). Met speciale apparatuur gaat men foto's nemen van de geslachtsorganen van de kevers. Deze worden vervolgens omgezet naar een 3D-beeld. Op basis van deze 3D reconstructie kan men de verschillen in aedeagus duidelijk waarnemen. Zo heeft men recent aangetoond dat *O. septentrionis* en *O. erichsonii* duidelijk verschillende geslachtsorganen hebben ten opzichte van *O. melanopus*. Het voordeel van  $\mu$ CT is dat men een gedetailleerd beeld krijgt van de geslachtsorganen zonder dat men het onderzoeksobject, vaak kevers uit musea collecties, moet beschadigen (Schmitt & Uhl, 2017).

Naast determinatie van de morfologie, werd ook reeds onderzoek gedaan naar het genoom van *Oulema* spp. Hierbij gaat men kijken naar kleine stukjes DNA. Zo werd de variatie in het cytochroom c oxidase sub unit 1 (cox 1) gen bestudeerd. Deze is vrij raadpleegbaar in de GenBank (NCBI, 2013). Het mitochondriaal cox 1 gen komt bij vrijwel alle levende wezens voor en is, omwille van eigenschappen die uiterst gunstig zijn voor analyses, vrij grondig bestudeerd. Op elkaar gelijkende organismen verschillen slechts op enkele aminozuren in de sequentie van het gen. als men het genotype van twee organismen vergelijkt kan men via analyses het percentage gen sequentie die gelijk is berekenen. Variatie in het genotype ontstaat als gevolg van het evolutieproces. De techniek is reeds meermaals succesvol gebruikt voor het classificeren van verschillende soorten (Liu & Beckenbach, 1992; Lunt, et al., 1996; Hybert, et

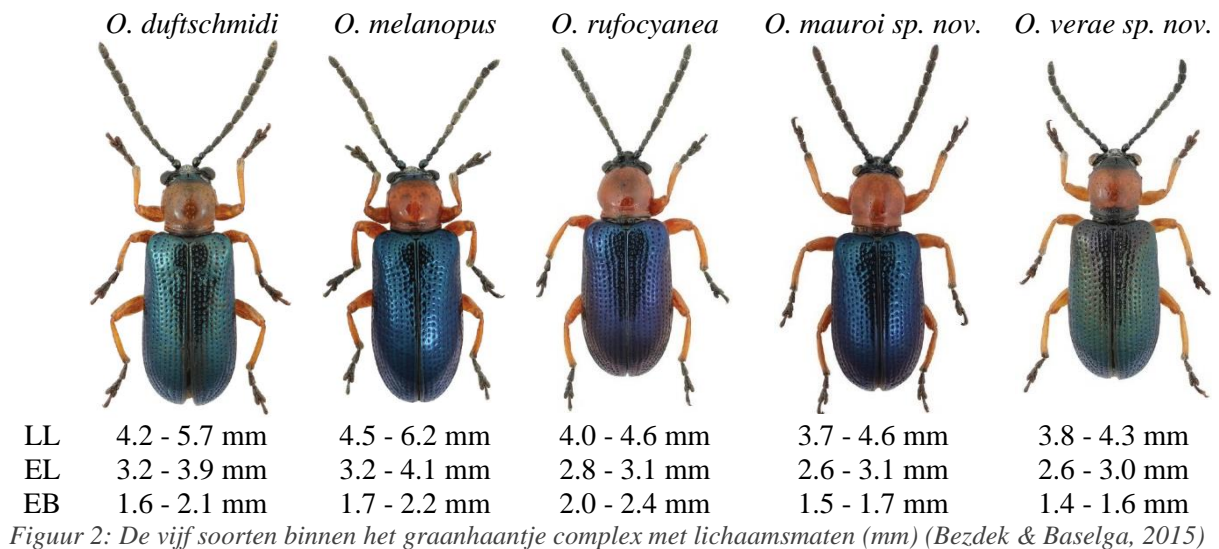
al., 2003) maar het resultaat kan soms niet doorslaggevend zijn (Baselga, et al., 2013). De haplotypes binnen het geslacht *Oulema* vertoonden 90.5-99.5 % sequentiegelijkenissen. Door de sterke genetische gelijkheid is het onmogelijk om de graanhaantjes te determineren op basis van het cox 1 gen. Dit wijst op een sterke genetische band tussen de verschillende soorten. De gen-vergelijking geeft wel een indicatie van de verschillende soorten maar is zeker geen oplossing om de discussie rond de indeling van *Oulema* soorten te beëindigen. In Bijlage 1 kan men gedetailleerde info vinden over de beschikbare genetische gegevens betreffende de grashaantjes (Bertini, et al., 2006; Bezdek & Baselga, 2015).

Het geslacht *Oulema* telt zeventien soorten (NCBI, 2017). Op de Belgische soortenlijst staan er anno 2017 zes soorten binnen het geslacht *Oulema*: *Oulema duftschmidi* (Redtenbacher, 1874), *O. melanopus* (Linnaeus, 1758), *O. rufocyanea* (Suffrian, 1847), *O. erichsonii* (Suffrian, 1841), *O. septentrionis* (Weise, 1880) en *O. gallaeciana* (Heyden, 1879) (Schmitt & Rönn, 2011; KBINW, 2017). Naast deze soorten komen er in Europa ook nog *O. hoffmannseggi* (Lacordaire, 1845), *O. magistrattorum* (Ruffo, 1964) en *O. tristis* (Herbst, 1786) voor (PESI, 2017; Fauna Europaea, 2017). Deze soorten kan men gaan opdelen in twee complexen op basis van morfologie: het graanhaantje-complex en het grashaantje-complex.

Het eerste complex is dit van de graanhaantjes die vijf morfologisch en genetisch sterk op elkaar gelijkende soorten bevat. Dit zijn *O. duftschmidi*, *O. melanopus*, *O. rufocyanea*, *O. mauroi sp. nov.* en *O. verae sp. nov.* De cox 1 sequenties binnen deze groep vertoonden een gelijkheid 91.6-100 %. Van deze vijf werden tot eind de jaren '80 *Oulema melanopus* en *O. duftschmidi* vaak als één en dezelfde gedetermineerd (Berti, 1989; Bechini, et al., 2013). De derde soort, *O. rufocyanea*, komt minder frequent voor en beperkt zich tot centraal en zuid Europa. Door determinatie o.b.v. de geslachtsdelen werden er in 2015 binnen *O. rufocyanea* twee nieuwe soorten beschreven: *O. mauroi sp. nov.* (Noord-Italië) en *O. verae sp. nov.* (Spanje en Portugal) (Bezdek & Baselga, 2015).

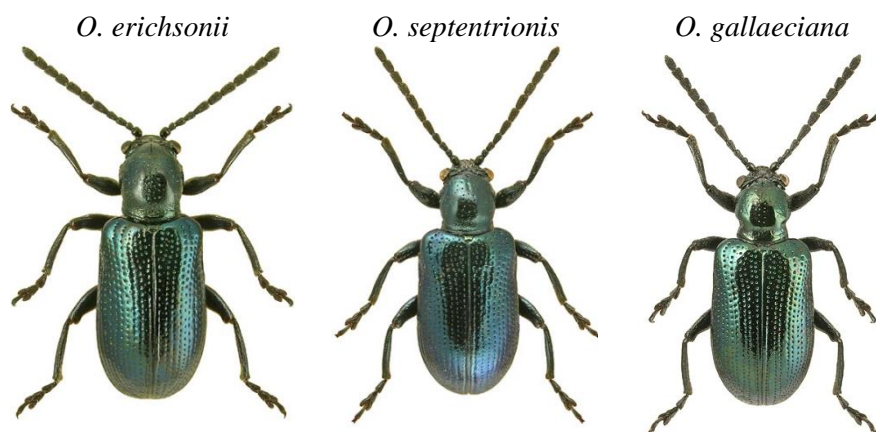
De vijf soorten binnen het Graanhaantje-complex vertonen sterke morfologische gelijkheden (Figuur 2). De naam van het graanhaantje werd niet arbitrair gekozen. De soortnaam (*Melanopus*) is een samentrekking van twee Griekse woorden: melas (= zwart) en pus (= poot). Op deze manier wordt verwezen naar de zwarte coxa, trochanter en tarsus. Daarnaast zijn de roodkleurige femur en tibia (poten) kenmerkend voor deze kevers. De kop is donker, metalliek blauw met zwarte antennen. De pronotum is oranje-rood en de scutellum en elytra zijn metalliek blauw tot zwart. De thorax is eveneens zwart (Bezdek, 2001; Bezdek & Baselga, 2015).

De lichaamslengte (LL) varieert van 3.7 tot 6.2 mm en de elytra is 1.4 tot 2.2 mm breed (EB). De antennes nemen afmetingen aan van 1.8 tot 3.1 mm. De verhouding van elytra lengte (EL) op EB kan een indicatie geven in soort. *O. duftschmidi* en *O. melanopus* hebben een hogere verhouding (1.87-2.05) en *O. rufocyanea* en *O. mauroi sp. nov.* Een lagere verhouding (1.69-1.87). *O. verae sp. nov.* valt hier tussenin (1.75-2.00) maar kan op basis van de beperkte geografische spreiding al dan niet uitgesloten worden (Bezdek, 2001; Bezdek & Baselga, 2015).



Drie van de zes *Oulema* soorten die in België voorkomen behoren tot het eerste complex van de graanhaantjes. De andere drie behoren tot het grashaantje-complex (Figuur 3). Dit zijn *O. erichsonii*, *O. septentrionis* en het eigenlijke grashaantje *O. gallaeciana*. Hiervan is *O. erichsonii* wijdverspreid in Europa, hoewel de dichtheid in het veld vaak beperkt is. *O. septentrionis* toont erg veel gelijkenissen met *O. erichsonii* op morfologisch vlak, maar is minder geografisch verspreid. De geografische spreiding van *O. septentrionis* beperkt zich tot de driehoek gevormd door Frankrijk, Polen en Zweden. Beide soorten vormden oorspronkelijk één soort. De classificatie van beide soorten was ook hier vatbaar voor diverse interpretaties. Zowel *O. erichsonii* (*Lema erichsonii*, *L. Weisei*) als *O. septentrionis* (*L. erichsonii*) ondergingen een aantal naamsveranderingen. Morfologisch zijn deze twee sterk gelijkend. Determinatie van de soorten kan gebeuren op basis van verschillen in de geslachtsorganen (Beenen, et al., 2009; Bukejs, 2010; Schmitt & Rönn, 2011; Hubble, 2013; PESI, 2017).

Een laatste soort van het genus *Oulema* die in België voorkomt, is het grashaantje: *O. gallaeciana*. Synoniemen voor deze kever zijn *O. obscura* (Stephens, 1831) en *O. lichenis* (Voet, 1806). Net als *O. melanopus* kan deze soort schade aanbrengen met een economische relevantie. Het volledig lichaam is zwart tot blauw metalliek kleurig (Ulrich, et al., 2004; Walczak, 2005b; Noordijk, et al., 2009; Noordijk, et al., 2016).

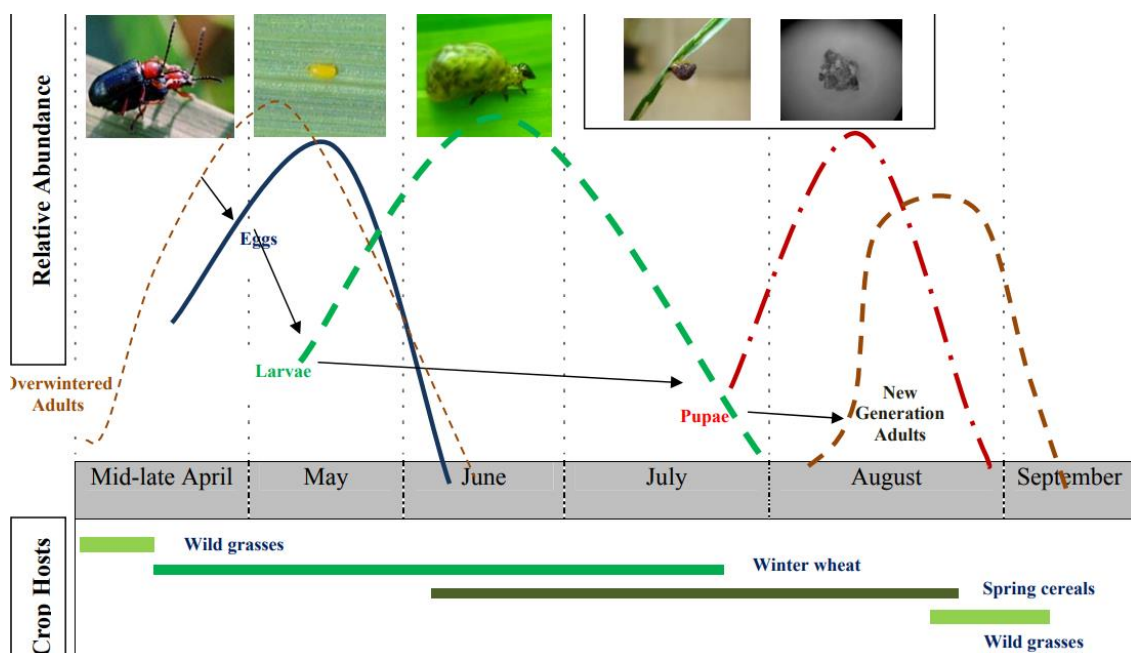


*Figuur 3: Drie Belgische soorten binnen grashaantje-complex (Borowiec & Szwalko, 1990)*

### 1.1.2 Levenscyclus

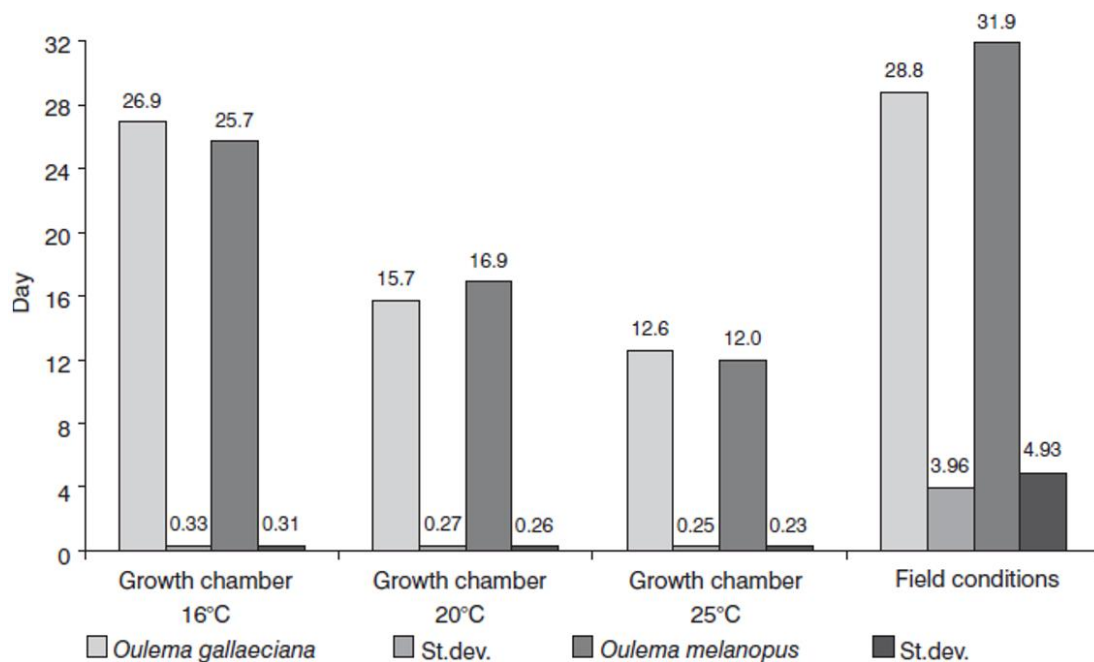
Het graanhaantje is univoltien (één generatie per jaar). Uit enkele bronnen blijkt echter dat onder sommige omstandigheden uitzonderlijk een tweede generatie kan waargenomen worden. Een cyclus duurt tussen de 10 en 90 dagen, waarbij deze lengte sterk afhankelijk is van temperatuursinvloeden (McPherson, 1983; Philips, et al., 2011).

Gedurende zijn leven doorloopt het graanhaantje vijf verschillende levensstadia. In Figuur 4 kan men de levenscyclus van *O. melanopus* terugvinden. Uit deze figuur kan men ook afleiden dat in een populatie de verschillende stadia elkaar overlappen en zo samen kunnen voorkomen. Het insect is holometabool, waardoor een verpopping nodig is tussen het larvale en adulte levensstadium. Omdat in een enkel jaar adulten voorkomen van een verschillende generatie spreekt men van de F1 en F2 adulten. De F1 adulten fungeren als aangrijpingspunt voor het bespreken van de levenscyclus en vormen zo het **eerste levensstadium**. Deze adulten komen na de eerste warme dagen van de lente uit hun overwinterplaats. Na een tweetal weken start het **tweede levensstadium**: het paren en de ovipositie. De vrouwtjes starten met de ei-afleg waarna vervolgens na een week deze eitjes uitkomen. Hiermee start direct ook een **derde levensstadium** met vier larvale (sub)stadia. Tijdens dit stadium voeden de larven zich met de epidermis en parenchym op de bovenzijde van bladeren. De larven hebben gele lichamen met kop en poten maar worden volledig omgeven door een zakje met mucus en feces waardoor ze een zwart en nat uiterlijk krijgen. Hierdoor worden ze in de praktijk vaak verward met slakachtigen. In een **vierde stadium** gaan de larven verpoppen. Na het verpoppen verschijnen in een **laatste stadium** de nieuwe adulten (F2) eind juli die zich eventueel verplaatsen naar andere waardplanten. Dit zijn voornamelijk *Poaceae* waaronder ook maïs (*Zea mays L.*). Hierna gaan deze najaar-adulten in winterrust (Helgesen & Haynes, 1972; Buntin, et al., 2004; Philips, et al., 2011; Herbert & Van Duyn, 2014).



Figuur 4: Levenscyclus *O. melanopus* (Kher, 2014, p. 37)

*O. melanopus* komt in de lente enkele dagen eerder tevoorschijn dan *O. gallaeciana*. De ovipositie van *O. melanopus* vindt ook eerder plaats dan die van *O. gallaeciana*. De larven van beide soorten bereiken echter op eenzelfde moment de lengte van 4 mm. Dit komt omdat de cyclus van *O. gallaeciana* sneller verloopt dan die van *O. melanopus* (gemiddeld 3.1 dagen). In Figuur 5 kan men de gemiddelde cyclusduur terugvinden voor *O. melanopus* en *O. gallaeciana*. Hieruit kan men tevens afleiden dat naarmate de temperatuur stijgt de cyclus sneller voltooid wordt (Walczak, 2005b).



Figuur 5: Gemiddelde cyclusduur (ei tot adult) *Oulema* spp. bij drie temperaturen ( $^{\circ}$  C) en veldcondities (Walczak, 2005b)

#### 1.1.2.1 Voorjaars adulten

Adulten (F1) overwinteren in plaatsen die bescherming bieden tegen temperatuurextremen. In de literatuur worden onder meer bosstrooisel, graanstoppels en schors vermeld. Maar ook in sojavelden, taxus planten en kerstbomen werden de kevers teruggevonden (Hess, 1971; Clark, et al., 2004). De overlevingskans is het grootst aan de randen van bossen.

Casagrande et al. (1977) onderzochten de verdeling van verschillende overwinteringsplaatsen (Tabel 1). Het merendeel van de graanhaantjes overwinteren aan bosranden en dunne bossen. Kevers die overwinteren boven de grond onder schors of in omheiningspalen hebben een overlevingskans van 6 % (Wellso & Hoxie, 1981). Casagrande et al. (1977) beschreven voor de bovengronds overwinterende graanhaantjes een mortaliteit van 89.7 tot 97.4 % Deze fase eindigt eind maart tot april (Wellso & Hoxie, 1988).

Tabel 1: Verdeling (%) van de overwinterde graanhaantjes (Casagrande, et al., 1977)

	Landbouwgewas	Dichte bossen	Dunne bossen	Bosrand	Omheining
%	1.0	11.4	33.3	39.7	14.6

Gutierrez (1974) beschrijft in een Amerikaans artikel een gemiddelde weektemperatuur van minimum 14.4 °C voor het uit dormantie komen van de kevers. Andere auteurs (Severini, et al., 2003) berekende in een Italiaans artikel een minimumtemperatuur van 10 °C. Na het overwinteren voeden de adulten zich met wintergranen en andere grassen. Bij lage temperaturen (< 14.4 °C) en hogere windsnelheden zoeken de kevers schuilplaatsen op (Helgesen & Haynes, 1972; Gutierrez, et al., 1974; KMI, 2017).

#### 1.1.2.2 Paring en ovipositie

De overwinterde kevers starten met paren midden april tot juni. Dit gaat gepaard met een periode van hogere voedselopname door de adulte kevers. Ongeveer 60 % van de adulte kevers zijn vrouwtjes (Gutierrez, et al., 1974). De vrouwelijke kever legt de eitjes in paar, apart of per drie op de middennerf van het blad. Een gelatineuze massa zorgt ervoor dat de eitjes blijven kleven. Het aantal varieert van 50 tot 300. De eitjes zelf zijn langwerpig, geel en ongeveer 1 mm groot (Figuur 6). Naarmate ze rijpen worden de eitjes donkerder van kleur (Philips, et al., 2011).

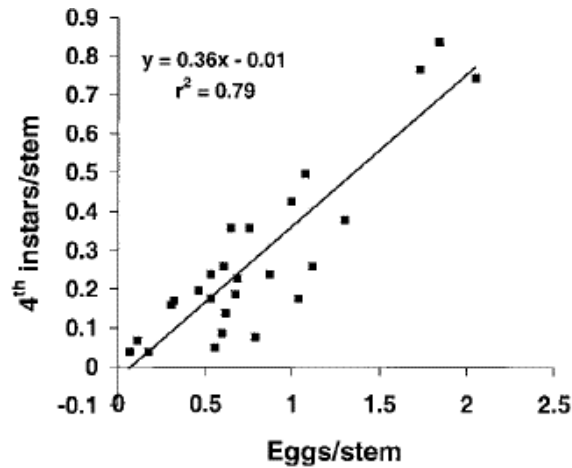


Figuur 6: Twee eitjes van het graanhaantje (Philips, et al., 2011)

Gutierrez et al. (1974) stelde in een populatiemodel een vergelijking op waarmee men op basis van het aantal teruggevonden eitjes per halm (X) het aantal F2 adulten kan bepalen. Uit vergelijking 1 kan men afleiden dat men vanaf vier eitjes per plant één adult per plant kan aantreffen.

$$Y (\text{aantal } F2's) = 0.07 + 0.23X \quad (1)$$

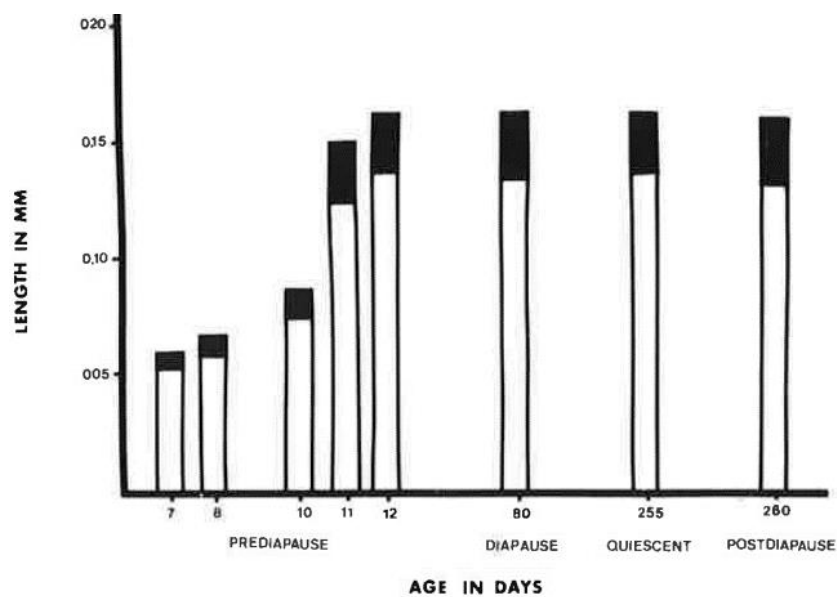
Ihrig et al. (2001) deden onderzoek naar de relatie tussen aantal eitjes en aantal larven in het vierde larvale stadium. Uit de bekomen regressievergelijking (Figuur 7) komt men te weten dat bij de aanwezigheid van één eitje per scheut men 0.35 larve in het vierde stadium per scheut kan verwachten. Volgens de vergelijking van Gutierrez et al. (1974) komt zou uit dit ene eitje 0.30 F2 adult per scheut komen.



Figuur 7: Aantal eitjes per halm (X) en aantal larven in het vierde larvale stadium per halm (Y) (Ihrig, et al., 2001)

De vrouwelijke kevers hebben een winterrust nodig alvorens ze seksueel actief worden (Connin & Hoopingarner, 1971). Tijdens de diapauze stimuleert het juveniele hormoon de ontwikkeling van de geslachtsorganen (Danks, 1987; Watanabe & Tanaka, 2000). De geslachtsorganen van seksueel inactieve vrouwtjes zijn slechts 65-70 % de lengte en breedte van de actieve reproducerende vrouwtjes (Welso, 1972). Onbevuchte vrouwtjes kunnen niet levensvatbare eitjes leggen (Connin & Jantz, 1969). Bevruchte vrouwtjes leggen 2.2 tot 2.6 keer meer eitjes dan onbevuchte (Wellso, Ruesink, & Gage, 1975).

De testes bij de inactieve mannetjes zijn 20 % kleiner dan de actieve (Welso, 1972). De hoeveelheid daglicht zou een factor zijn in de aanzet tot paren. De mannetjes zijn echter eerder vruchtbaar dan de vrouwtjes. Wellso en Hoxie (1981) bestudeerden de vruchtbaarheid van mannetjes op verschillende dagen na het verpoppen (Figuur 8). Zaadcellen dienen een bepaalde lengte te bereiken alvorens ze vruchtbaar zijn. Ze stelden vast dat de mannetjes ouder dan 12 dagen, ontwikkeld bij een temperatuur van 26.7 °C, reeds vruchtbaar waren.



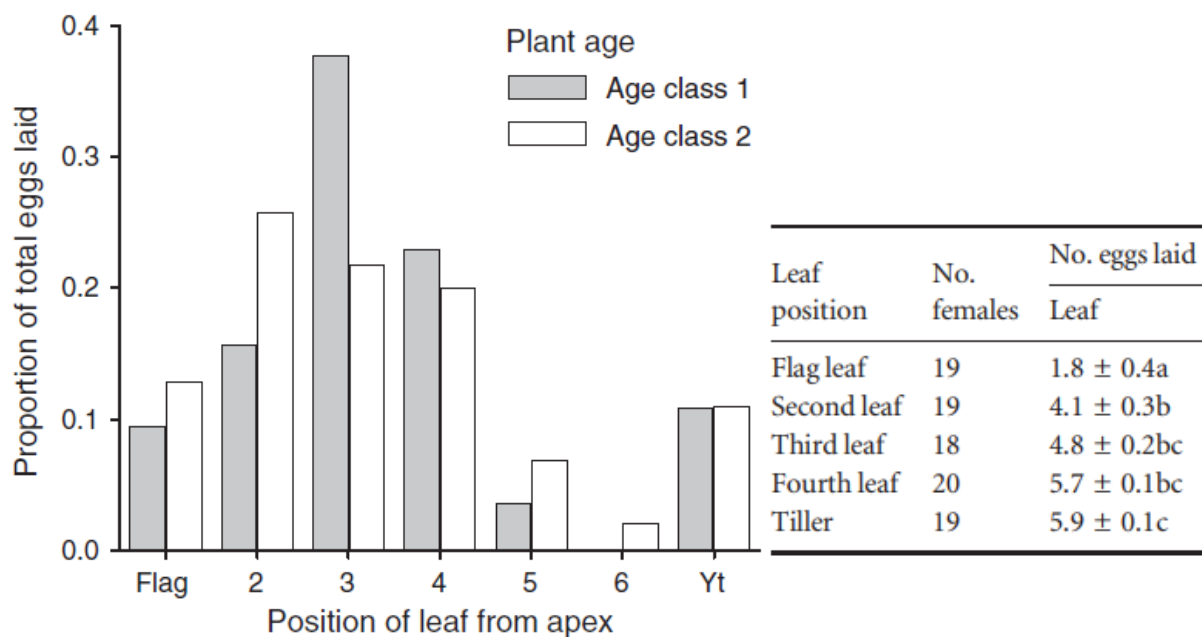
Figuur 8: Kop (zwart) en staart (wit) grootte (mm) van de langste zaadcel bij verschillende levensstadia (Wellso & Hoxie, 1981)



Naast een absolute diapauze hebben ook feromonen een invloed op het paringsproces. Zo bestudeerde Rao et al. (2003) het aggregatie feromoon (E)-8-hydroxy-6-methyl-6-octen-3-one dat eerder ontdekt werd door Cossé et al. (2002). Mannelijke kevers kunnen per dag 6 µg van deze stof afscheiden. Met dit hormoon worden andere kevers aangetrokken. Daarom geeft de kever het hormoon af op de waardplant/broedplaats. De afgifte is minstens vijf keer hoger tijdens de dag dan tijdens de nacht. Dit toont aan dat de kevers vooral actief zijn tijdens de dag. De mannelijke kevers starten ongeveer vijf dagen na de winterrust met de afgifte en kunnen dit 28 dagen volhouden. Zowel de antennes van vrouwtjes als mannetjes reageren op deze stof (Cossé, et al., 2002).

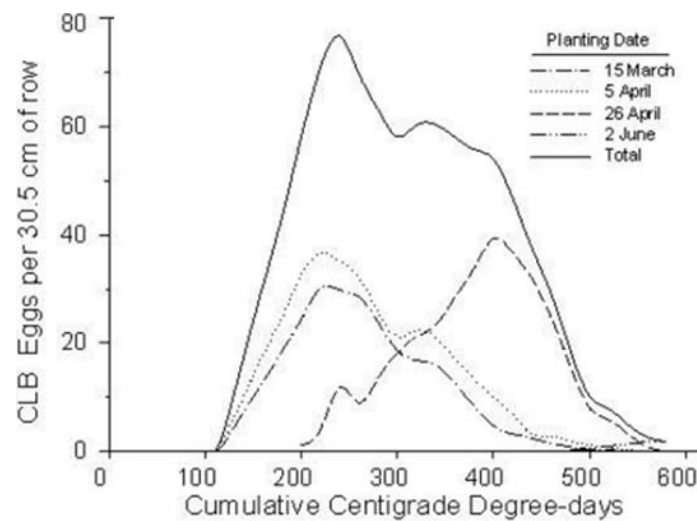
Het graanhaantje is kieskeurig als het gaat over de plaats waar ze haar eitjes legt. Hoffmann en Rao (2011) onderzochten de voorkeuren die vrouwelijke graanhaantjes hebben op haverplanten. Een eerste factor is het bladniveau. Zoals te zien op Figuur 9 worden de eitjes grotendeels tussen het tweede en vierde bladniveau gelegd. Ongeveer 10 % van de eitjes worden teruggevonden op het vlagblad. Op dit niveau worden er echter gemiddeld het minst eitjes gelegd. Het gemiddeld aantal eitjes per vrouwtje is eveneens hoger op de derde en het vierde bladniveau.

De verdeling van de eitjes zijn significant verschillend voor de twee leeftijdsklassen. Bij de jongere planten (Age Class 2, witte balken) werden meer eitjes dicht bij de apex gevonden in vergelijking met de oudere planten (Age Class 1, donkergrijze balken). Bladeren onder de vierde positie waren reeds in senescentie of waren dood waardoor er minder eitjes op gelegd werden.



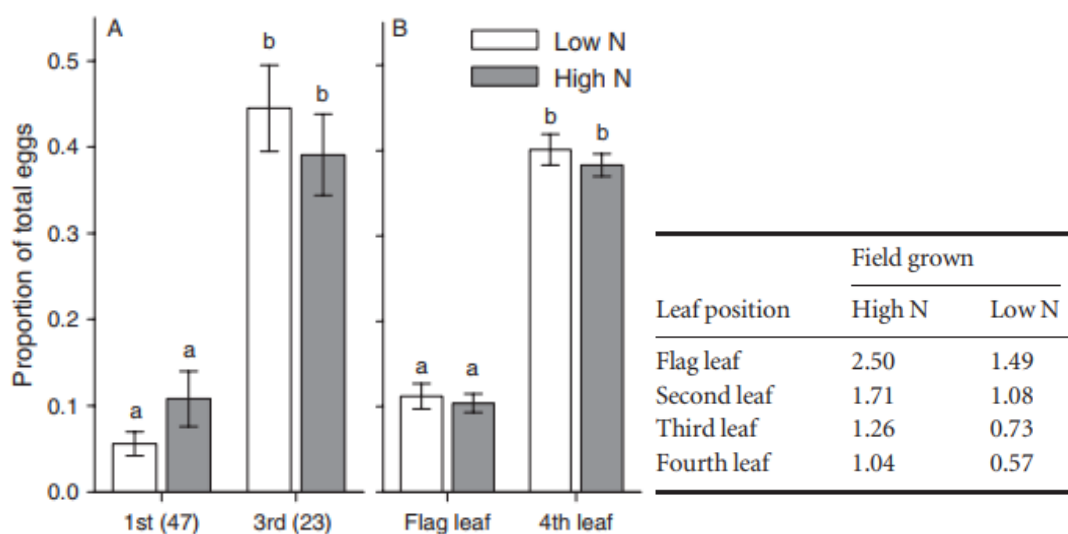
Figuur 9: Proporties van de ovipositie per bladniveau, vlagblad en scheut voor leeftijdsklasse 1 (de oudste, donkergrijze balken) en 2 (de jongste, witte balken) (links) en het gemiddeld aantal eitjes per vrouwtje voor de verschillende bladniveaus (rechts) (Hoffman & Rao, 2011)

Dit is dan eveneens een tweede factor in die meespeelt in het kiezen van een geschikte ovipositie plaats. Eitjes worden voornamelijk op jonge planten gelegd. Deze voorzien de larve langer en van zachter voedsel. In Figuur 10 kan men de gemiddelde densiteit in functie van het aantal graaddagen (GD) bij haver geplant op vier verschillende data. In eerste instantie worden eitjes gelegd op de haver van 5 april. Deze is immers jonger dan die van 15 maart. In een latere fase, als de planten van 15 maart en 5 april al in latere groeifasen zitten, gaan de graanhaantjes eitjes leggen op de jongste (26 april). Na 2 juni werden er geen eitjes meer gelegd. Hoe vroeger men dus plant, hoe minder eitjes er op de planten gelegd zullen worden (Karren, 1993; Hoffman & Rao, 2010; Hoffman & Rao, 2011).



Figuur 10: Aantal eitjes per rij i.f.v. cumulatief aantal GD bij verschillende plantdata (Hoffman & Rao, 2010)

Een derde factor is de plant zelf. Hoffman & Rao (2011) vermoedde een verband tussen de stikstofbemesting en ovipositie. De eitjes worden immers het meest gelegd op de bladeren die de laagste stikstofgehalten hebben (Figuur 11, Rechts). In Figuur 11 worden de eerste twee factoren gecombineerd met de het effect van hoge en lage stikstofbemesting. Ondanks het verschil van stikstofgehalte in de bladeren lijkt dit de ovipositie niet sterk te beïnvloeden.



Figuur 11: Effect lage en hoge Stikstof(N)-gift bij twee leeftijdsklassen (Links, A, Zadok-schaal) en twee bladposities (Links, B) en de N-inhoud (%) van de verschillende bladniveaus (rechts) (Hoffman & Rao, 2011)

Daarnaast is er bijvoorbeeld ook de afstand tussen de bladnerven. De auteurs berekenden de afstand tussen de nerven en het aantal nerven per bladniveau (Tabel 2). Het derde en vierde bladniveau hebben de meeste ruimte tussen de nerven en ook het minst aantal nerven per mm. Dit heeft te maken met de anatomie van de larven en de manier waarop ze zich voeden met het bladweefsel. In Hoofdstuk 1.2.1 wordt dit uitvoeriger besproken.

Tabel 2: Afstand tussen nerven ( $\mu\text{m}$ ) van haverplanten op verschillende bladniveaus (Hoffman & Rao, 2011)

Leaf position	Space between major veins ( $\mu\text{m}$ )	Space between any two veins ( $\mu\text{m}$ )	No. veins per mm	Width of minor veins ( $\mu\text{m}$ )
Flag leaf	995 $\pm$ 19cd	198 $\pm$ 03d	3.42 $\pm$ 0.07a	104 $\pm$ 5ab
Second leaf	1097 $\pm$ 32bc	293 $\pm$ 09bc	2.52 $\pm$ 0.06b	118 $\pm$ 5a
Third leaf	1251 $\pm$ 31a	383 $\pm$ 21a	2.32 $\pm$ 0.05b	92 $\pm$ 4b
Fourth leaf	1228 $\pm$ 24ab	321 $\pm$ 12b	2.22 $\pm$ 0.04b	108 $\pm$ 8ab
Young tiller	875 $\pm$ 58d	261 $\pm$ 15c	3.10 $\pm$ 0.25a	70 $\pm$ 5c

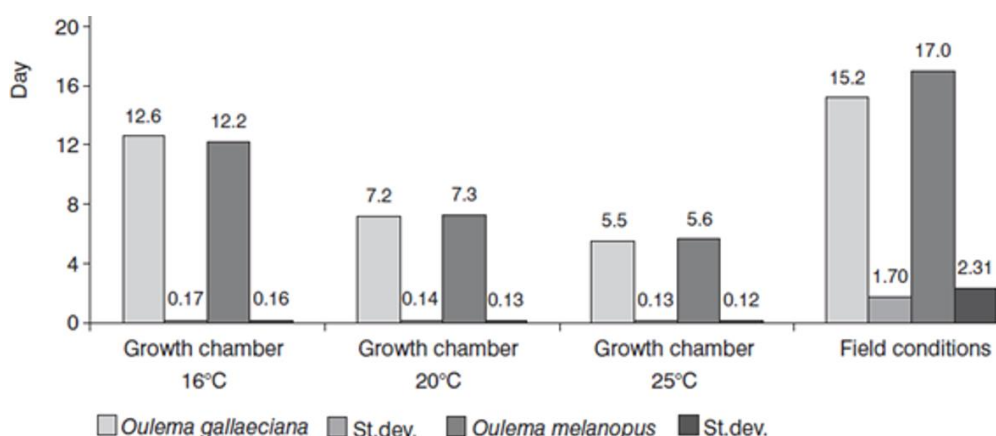
Bij optimale temperaturen (22-25 °C) komen de eitjes uit na ongeveer vijf dagen (Tabel 3). Dit kan variëren tussen de 41.3 dagen bij 8 °C en 3.9 dagen bij 32 °C. Bij temperaturen buiten het interval van 6-34 °C komen de eitjes niet uit (Philips, et al., 2011; Guppy & Harcourt, 1978).

Tabel 3: Aantal dagen nodig voor ontwikkelen eitjes in functie van de temperatuur (°C) (Guppy & Harcourt, 1978)

T(°C)	8	10	12	14	18	22	25	28	30	32	34
Dagen	41.3	38.5	25.3	17.9	10.1	6.1	4.5	3.8	3.7	3.9	-

Een Italiaans onderzoek stelde een minimale ontwikkelingstemperatuur vast van 11.2 °C voor *O. duftschmidi*. Deze is hoger dan die van *O. melanopus*, hetzelfde onderzoek stelde deze op 10 °C, omdat deze laatste meer voorkomt in de gematigde streken van Europa waar *O. duftschmidi* meer voorkomt in de warmere streken van Europa (Severini, et al., 2003).

Een Pools onderzoek bestudeerde de ontwikkeling van *O. gallaeciana* (Walczak, 2005a). In Figuur 12 kan men zien dat deze in grote orde gelijklopen. In de klimaatkamers varieerde de temperatuur met 2 °C en bedroeg de relatieve vochtigheid 60 %. Onder veld condities varieerde de temperatuur meer en bedroeg de relatieve vochtigheid 70 %. Desondanks kan men ook hier vaststellen dat bij hogere temperatuur (25 °C) de ontwikkeling sneller verloopt dan bij lagere temperatuur (16 °C) (Walczak, 2005b).



Figuur 12: Gemiddelde incubatieduur (d) bij drie temperaturen (°C) en veldomstandigheden (Walczak, 2005b)

De mortaliteitcijfers voor eitjes variëren tussen de 0 en 31 %. Predatoren en parasitoïden kunnen de eitjes infecteren. Helgesen & Haynes (1972) minimaliseerden het belang hiervan. Later onderzoek wees echter op het belang van deze natuurlijke vijanden en de mogelijkheid om dit in te zetten in het kader van IPM (Noordijk, et al., 2016). Een voorbeeld is *Anaphes flavipes*, een vliesvleugelig insect uit de familie van de Mymaridae. De adult legt haar eitjes via een ovipositor in het eitje van graanhaantjes en *O. gallaeciana*. De larven van *A. flavipes* eten het eigeel van de gastheer op zodat de eitjes niet meer levensvatbaar zijn. In 1965 werd deze vanuit Europa in de Verenigde Staten geïntroduceerd ter bestrijding van graanhaantjes. Het belang van natuurlijke vijanden wordt verder besproken in hoofdstuk 1.1.5 (Anderson & Paschke, 1968; Helgesen & Haynes, 1972; Gutierrez, et al., 1974).

### 1.1.2.3 Larvale stadia

Het graanhaantje doorloopt vier larvale stadia die in 12 tot 20 dagen voltooid worden. Deze zijn temperatuursafhankelijk. De larven gaan op warme lentedagen schaduwplaatsen opzoeken op de plant. Op bewolkte dagen doen ze het omgekeerde. De larven worden omgeven door een zak met feces en mucus (Figuur 13) (Helgesen & Haynes, 1972; Olfert, et al., 2004).



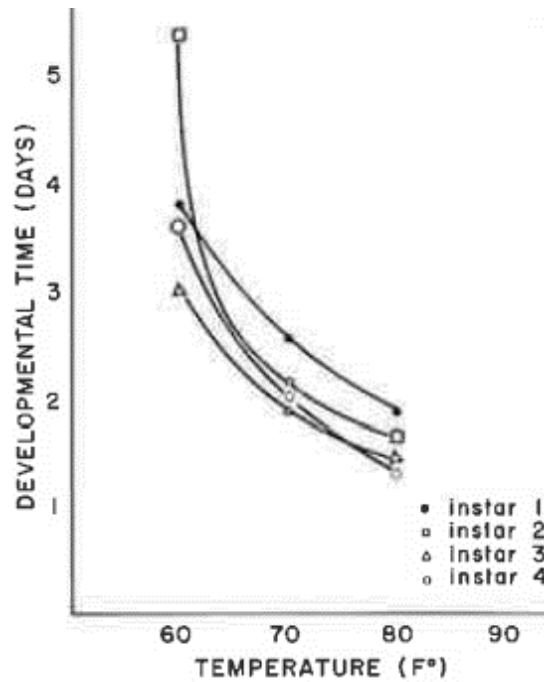
Figuur 13: Larve met zakje van feces (links) (Gavloski & Meers, 2011) en zonder (rechts) (Philips, et al., 2011)

In Tabel 4 kan men het aantal larvale ontwikkelingsdagen terugvinden in functie van de temperatuur voor *O. melanopus* (Philips, et al., 2011). Larven overleven binnen een temperatuursinterval van 8 °C tot 32 °C (Guppy & Harcourt, 1978). Net zoals bij het vorige stadium is er hier een hogere temperatuursdrempel bij *O. duftschmidi*, namelijk  $13.8 \pm 0.38$  °C (Morlacchi, et al., 2007).

Tabel 4: Aantal dagen nodig voor larvale ontwikkeling in functie van temperatuur (°C) (Philips, et al., 2011)

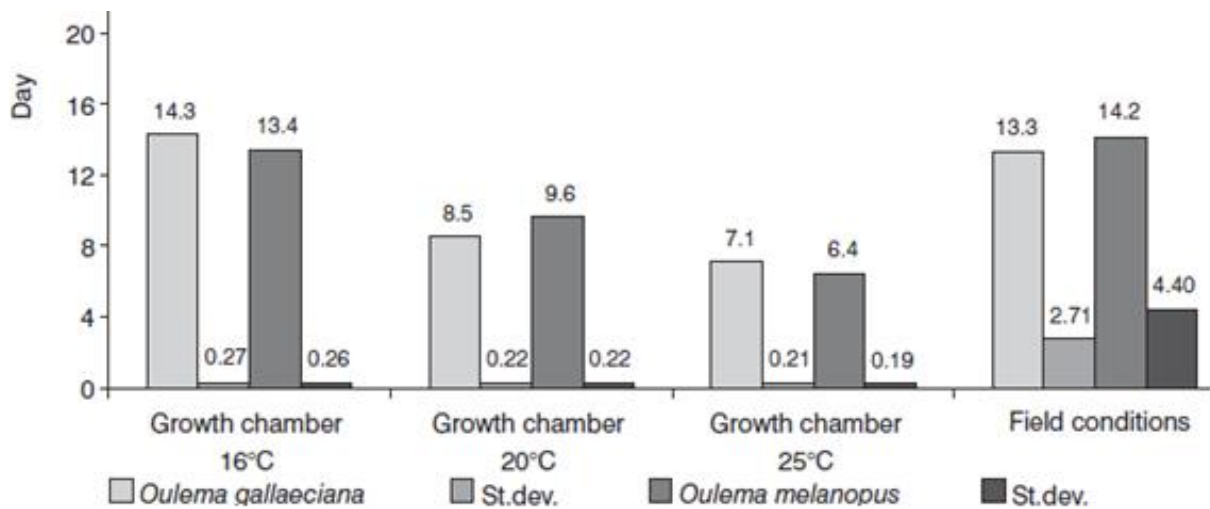
T(°C)	8	10	12	14	18	22	25	28	30	32	34
Dagen	47.5	46.2	32.5	25.2	15.7	10.8	8.5	7.0	6.4	6.6	-

Op Figuur 14 kan men het effect van temperatuur op de ontwikkelingsfase per larvaal stadium terugvinden. Naarmate de temperatuur stijgt van 15.5 °C (60 °F) tot 26.7 °C (80 °F) dalen de ontwikkelingstijd. Elke larvaal stadium neemt minder tijd in beslag dan de vorige. Enkel bij het laatste larvale stadium, dat meer beïnvloed wordt door temperatuur, kan dit langer duren dan de vorige stadia (Helgesen & Haynes, 1972).



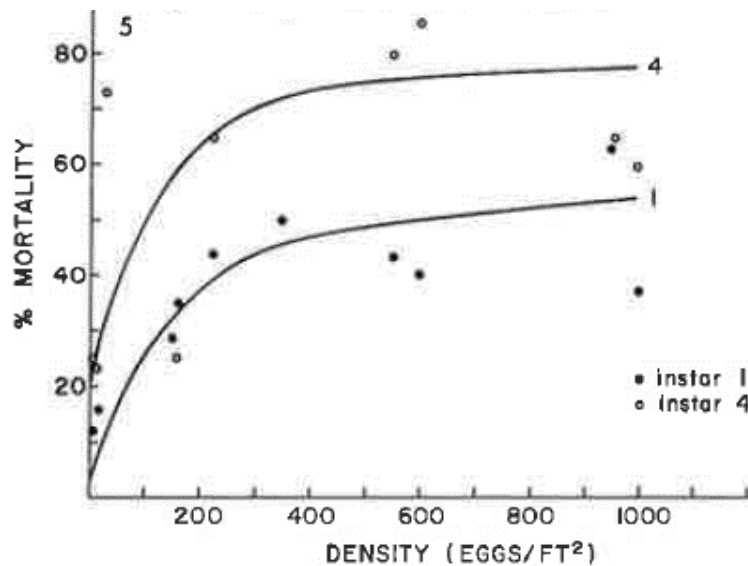
Figuur 14: Verband tussen temperatuur (°F) en aantal dagen ontwikkeling voor de vier larvale stadia (Helgesen & Haynes, 1972)

Uit het Pools onderzoek van Walczak (2005b) blijkt dat het larvale stadium van *O. gallaeciana* onder veldomstandigheden bijna een dag sneller verloopt dan *O. melanopus*. Zoals te zien in Figuur 15 is dit afhankelijk van temperatuur. Bij een hogere temperatuur (25 °C) verloopt de ontwikkeling voor beide soorten sneller.



Figuur 15: Gemiddelde duur larvale stadium (d) bij drie temperaturen (°C) en veldomstandigheden (Walczak, 2005b)

De globale mortaliteit over de vier larvale stadia heen varieert van 66-97 %. Deze wordt beïnvloed door de populatiedichtheid, groeiomstandigheden (zoals regen, windsnelheid, zonnestraling en luchtvochtigheid) en temperatuur. Hoe groter de populatie, hoe lager de verhouding beschikbare voedselbron/aantal individuen. In Figuur 16 kan men het effect van het aantal eitjes per square feet (dit komt overeen met ± 30x30 cm) op de totale mortaliteit terugvinden.



Figuur 16: Relatie tussen ei dichtheid (eitjes per square feet) en larvale mortaliteit (%) tijdens het eerste en vierde larvale stadium (Helgesen & Haynes, 1972)

De relatie tussen mortaliteit en de populatiedichtheid is verschillend in de vier larvale stadia. Bij het eerste larvale stadium is er nog weinig voedselcompetitie omwille van de lage voedselopname. Desondanks moet de larve na het uitkomen van het ei direct iets kunnen eten. Larven die in de zone rond het ei hebben opgegeten kunnen hier een beperkende factor vormen. Bij voedseltekort zal de vrouwelijke kever eitjes leggen op minder goede plaatsen. De larven die hieruit komen hebben dus al een kleine achterstand en een grotere kans op verhongering. De tweede en derde larvale stadia worden weinig beïnvloedt door de populatiedichtheid omwille van de beweeglijkheid die ze bezitten.

In de vierde fase, een fase met aanzienlijke gewichtstoename (factor 4), is populatiedensiteit wel een factor inzake de mortaliteit. Daarnaast kunnen predatoren en parasitoïden de mortaliteitscijfers doen stijgen (Helgesen & Haynes, 1972).

De groeiomstandigheden hebben een directere invloed op de mortaliteit in de larvale stadia. Zo kan bijvoorbeeld één enkele regenbui een mortaliteit van 3 tot 28 % veroorzaken. Larven die op de grond terechtkomen worden namelijk blootgesteld aan predatoren, pathogenen, verstikking, verdrinking en verhongering (Shade, et al., 1970; Helgesen & Haynes, 1972).

#### 1.1.2.4 Verpoppen

Om te verpoppen kruipen de larven van graanhaantjes ongeveer 5 cm onder de grond. Dit is verschillend bij het grashaantje. Deze verpopt immers op de plant zelf. Zo beschrijven Chambon et al. (1983) in de omgeving van Parijs de cocon van *O. gallaeciana* als een wit schuimend zakje op de bovenste delen van de plant.

De mortaliteit bij de poppen varieert tussen 0 en 67 % (Helgesen & Haynes, 1972). Gutierrez et al. (1974) beschrijft een mortaliteit van 50 % tijdens het ingraven. Onder meer verschillen in temperatuur, luchtvochtigheid en bodemsoort beïnvloeden de variatie in mortaliteit (Helgesen & Haynes, 1972).



Figuur 17: Cocon van *O. melanopus* (links) (Roberts & Walenta, 2012) en *O. gallaeciana* (rechts) (Luske, et al., 2015)

Het graanhaantje gaat verpoppen bij temperaturen tussen 8 °C en 32 °C. Bij deze twee temperaturen ligt de overlevingskans echter op een lage 3 % (Guppy & Harcourt, 1978). De minimumtemperatuur voor het verpoppen is bij *O. duftschmidi*  $12.71 \pm 0.79$  °C (Morlacchi, et al., 2007).

#### 1.1.2.5 Najaar adult en winterrust

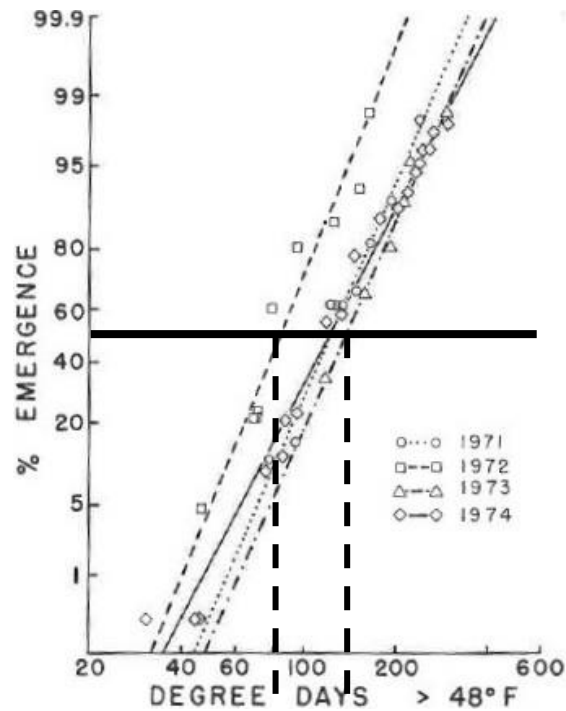
Na het verpoppen verplaatsen de kevers zich naar andere planten. De volwassen kevers bijten volledig door het blad waardoor een gestript vreetbeeld ontstaat. De adulten kunnen vliegen waardoor een wijde verspreiding mogelijk is (Karren, 1993).

De najaarsadulten (F2) worden gekenmerkt door een hoge mortaliteit. Casagrande et al. (1977) beschrijft voor de eerste twee weken na de verschijning een gemiddelde mortaliteit van 9.2 % per dag. Na de twee weken zou de populatie met 75 % gedaald zijn. In deze studie die liep van 1971 tot 1974 werden mortaliteitspercentages van 19.8 %, 4.5 %, 6.8 % en 5.9 %. Dit is te verklaren door het feit dat na het verpoppen de kever vaak op zoek moet naar een nieuwe voedselbron. Er treed eveneens competitie op met de andere graanhaantjes.

Graanhaantjes hebben in hun levenscyclus rustperiodes die gekenmerkt worden door een daling in activiteit en een lager metabolisme. Er zijn twee types te onderscheiden: estivatie en diapauze.

Estivatie is niet obligaat, de winterrust of diapauze is dat wel. Estivatie zorgt ervoor dat de kever kan overleven tijdens ongunstige klimaatomstandigheden. Als het graanhaantje zijn levenscyclus in gunstige omstandigheden doorloopt zal er geen estivatie optreden. De eigenlijke diapauze duurt minimum 120 (Olfert, et al., 2004) tot 140 dagen (Wellso & Hoxie, 1981). De totale diapauze duurt ongeveer 160 dagen: 12 dagen prediapauze, 143 dagen diapauze en 5 dagen postdiapauze (Olfert, et al., 2004).

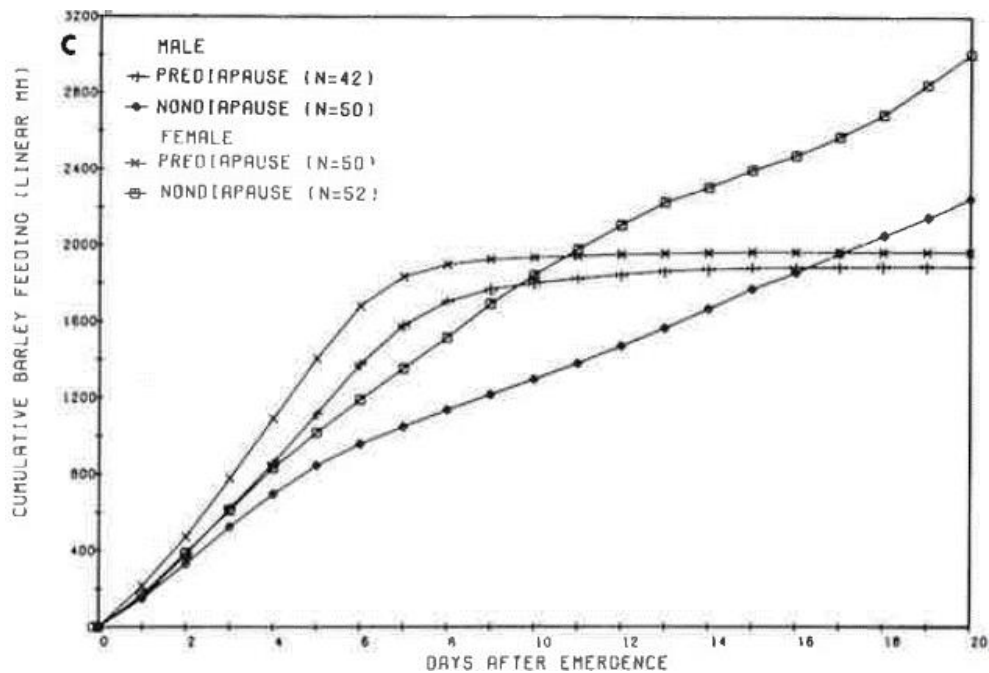
Casagrande et al. (1977) bestudeerden het aantal graaddagen die graanhaantjes nodig hebben om uit de dormantie te komen (Figuur 18). Tijdens hun vier jaar durende studie lag het 50 % punt op 121, 83, 135 en 123 GD. Dit komt overeen met de laatste twee weken van april.



Figuur 18: Cumulatief % in GD > 9 °C (=48 °F) voor het uit dormantie komen (Casagrande, et al., 1977)

De diapauze wordt geïnitieerd onder invloed van fotoperiode en temperatuur met een gemiddelde weektemperatuur van 11.0 °C als inductietemperatuur. Een gemiddelde weektemperatuur onder de 6 °C in de winter initieert diapauze (Olfert, Weiss, et al., 2004).

Tijdens de prediapauze daalt de voedselopname van de kevers. Uit Figuur 19 kan men afleiden dat de kevers die in diapauze gaan een periode van hogere voedselopname kennen ten opzichte van de kevers die niet in diapauze gaan. Uit dezelfde figuur kan men afleiden dat vrouwtjes een hogere voedselopname hebben dan mannetjes (Wellso & Hoxie, 1981).



Figuur 19: Cumulatieve voedselopname (mm<sup>2</sup>) pre- en non-diapauze bij mannetjes en vrouwtjes op gerst (Wellso & Hoxie, 1981)



Na de periode van hogere voedselopname worden de kevers fotonegatief en zoeken donkere rustplaatsen op. Voedende kevers hebben tussen de antennes een hoek van 65°. Bij kevers in rust is dit 10° (Wellso, et al., 1970). Tijdens de diapauze doet de kever beroep op lichaamsreserves (Gutierrez, et al., 1974). Het zijn voornamelijk triglyceriden die in deze periode benut worden (Watanabe & Tanaka, 2000).

#### 1.1.2.6 Verschil Noord-Amerikaanse en Euraziatische graanhaantjes

In 1962 werd *O. melanopus* geïntroduceerd in Michigan. In de loop van de jaren verspreidde het graanhaantje zich over het Noord-Amerikaanse continent (Haynes & Gage, 1981). Guppy (1979) bestudeerde het verschil tussen populaties uit Zwitserland en Michigan. De ontwikkeling van de eitjes waren voor beide populaties hetzelfde voor de vijf temperaturen (Tabel 5). Bij de Europese larven duurt de ontwikkeling bij 17 °C korter en bij 31 °C langer dan de Noord-Amerikaanse larven. Deze data voor de ontwikkeling van de eitjes en de larven komt overeen met de data in Tabel 3 en Tabel 4 (Guppy & Harcourt, 1978).

Tabel 5: Gemiddelde duur ± standaarddeviatie (stdv.) (d) ei- en larvale fase bij twee populaties (Guppy, 1979)

Stage and Population	Temperature (°C)					
	17	22	25	27	31	
Egg	N.A.	11.3 ± 0.06	6.0 ± 0.07	4.9 ± 0.04	4.2 ± 0.03	3.8 ± 0.06
	EUR.	11.5 ± 0.10	6.0 ± 0.07	4.9 ± 0.03	4.2 ± 0.03	3.8 ± 0.07
Larva	N.A.	17.3 ± 0.27	10.3 ± 0.09	8.3 ± 0.12	7.2 ± 0.06	6.3 ± 0.12
	EUR.	16.5 ± 0.15	10.6 ± 0.15	8.1 ± 0.06	7.3 ± 0.13	6.9 ± 0.14
t-value <sup>1</sup>		2.86**	1.41	1.42	0.39	3.15**

In dezelfde proef werd ook de vruchtbaarheid van de twee populaties bekeken. Wat meteen opvalt is dat het aantal eitjes per kever bij de Amerikaanse populatie groter is dan de Europese (Tabel 98). Europese kevers zouden eveneens minder voortplantingsgedrag tonen. In combinatie met de afwezigheid van natuurlijke vijanden kan dit als gevolg hebben dat er sneller een hogere plaagdruk zal optreden in Noord-Amerika (Guppy, 1979).

Tabel 6: Vruchtbaarheid van twee populaties uitgedrukt in eitjes per kever ± stdv. (Guppy, 1979)

Test No.	Weeks Storage	N.A.	Eur.	Difference	t-value
1	27	186.3 ± 28.9	124.9 ± 31.3	61.4	1.15
2	35	196.3 ± 34.0	112.6 ± 26.8	83.7	1.93
3	42	126.0 ± 46.4	58.4 ± 20.5	67.6	1.20
Average		169.9 ± 22.1	102.4 ± 19.0	67.5	2.33**

Asadeh et al. (2009) onderzochten een *O. melanopus*-populatie in Noord-Iran. De onderzoekers stelden vast dat de incubatieperiode en de larvale ontwikkelingsperiode respectievelijk  $8.05 \pm 1.02$  en  $29.23 \pm 1.03$  dagen in beslag nam. De cyclus start er vroeger dan in de Amerikaanse populaties. Dit komt voornamelijk door de hogere Iraanse temperaturen. Reeds in midden februari (gemiddeld 8.9 °C) kwamen de eerste graanhaantjes uit hun overwinteringsplaats. In maart (11 °C) piekte de ovipositie waardoor de larven in mei bij een gemiddelde temperatuur van 21.7 °C konden ontwikkelen. Het aantal dagen nodig voor de ontwikkeling van de eitjes in Iran komt overeen met de gegevens in Tabel 3. Het aantal larven piekte in mei (21.7 °C). Dit komt niet overeen met de gegevens in Tabel 4 (Clima-data.org, 2018).

### 1.1.3 Verspreiding

De vertegenwoordigers van het geslacht *Oulema* komen op vrijwel alle continenten voor. Sommige kevers komen frequent voor zoals bijvoorbeeld *O. melanopus*. Andere species komen slechts in een enkel land voor zoals bijvoorbeeld *O. mauroi* sp. nov. In Bijlage 2 kan men een overzicht terugvinden van een aantal *Oulema* spp. met bij elke soort de landen waar deze voorkomen. Uit deze tabel kan men drie belangrijke zaken afleiden:

1. *Oulema* spp. komen voornamelijk voor in Europese landen;
2. Er is slechts één soort die in Noord-Amerika voorkomt, namelijk *O. melanopus*;
3. Op basis van aantal landen is *O. melanopus* de koploper.

Door deze elementen kan men concluderen dat niet alleen de Europese graanhaantjes belangrijk zijn. Als men ever over de grenzen kijkt ziet men dat ook in Amerika en Canada deze plaag voor opbrengstreducties zorgt. Om een inzicht te krijgen in de verspreiding van het graanhaantje en de historische evolutie ervan worden kort de Europese, Noord-Amerikaanse en Canadese verspreiding besproken. Hierdoor komt men te weten waarom er zoveel Amerikaans literatuur voor handen is en waarom het graanhaantje een wereldwijd goed bestudeerd organisme is.

#### 1.1.3.1 Europese verspreiding

Zoals men kan afleiden uit de tabel in Bijlage 2 komen een groot aantal *Oulema* spp. voor in Europa. In het Paelearctisch gebied komen 21 soorten voor (Bezdek & Baselga, 2015). Het aantal landen waar een soort voortkomt varieert zeer sterk. Zo werd *O. septentrionis* in 14 landen en *O. duftschmidi* in 52 landen waargenomen (Schmitt, 2010; Bezdek & Baselga, 2015).

*O. melanopus* en *O. duftschmidi* komen vaak samen voor in Centraal-Europa (Schmitt & Rönn, 2011). De geografische verspreiding van *O. duftschmidi* en *O. melanopus* zijn afhankelijk van temperatuursinvloeden op zowel de ontwikkelingssnelheid als de mortaliteit en vruchtbaarheid (Bechini, et al., 2013). Door deze invloeden kunnen beiden een densiteit van economische relevantie bereiken. Dit is onder meer het geval in Italië en Zwitserland. In deze landen zorgen de omgevingsparameters voor een hogere ovipositie en lagere mortaliteit (Bezdek, 2001).

#### 1.1.3.2 Amerikaanse verspreiding

Het geslacht *Oulema* is alomtegenwoordig op het Europees continent. Naast Noord-Afrika en delen van West-Azië komt het geslacht *Oulema* ook voor in Noord-Amerika. De precieze wijze hoe het graanhaantje in Amerika gekomen is en hoe deze zich heeft kunnen in stand houden, is ongekend. In juni 1962 werden een aantal kevers gevangen in de Michigan. Deze werden gedetermineerd als *O. melanopus*. Via populatiemodellen berekende men dat de eerste kevers daar zouden toegekomen zijn tussen 1947 en 1949 (Haynes & Gage, 1981).

Om uitbreiding naar andere staten te voorkomen werden in eerste fase quarantainemaatregelen genomen. In 1962 werden in Michigan en Indiana 25 dorpen onder quarantaine geplaatst. Hierbij werden alle graanproducten behandeld alvorens ze de regio mochten verlaten. Zelfs landbouwmachines en graszoden werden uiteindelijk behandeld om de quarantaine te

handhaven (Araya & Foster, 1992). In 1967 werden de quarantainemaatregel opgeheven omdat het graanhaantje reeds overal voorkwam (Haynes & Gage, 1981).

Het mislukken van de quarantaine startte een tweede fase waarbij grovere technieken werden ingezet. Volledige regio's, velden en steden werden via vliegtuigen voorzien van een *blanket spray* techniek met malathion en carbaryl (Bailey, et al., 1991). De oppervlakte die zo behandeld werd liep op van 560 km<sup>2</sup> (ongeveer vier keer de stad Gent) in 1964 tot 6 540 km<sup>2</sup> (ongeveer de oppervlakte van West- en Oost-Vlaanderen) in 1966. In 1969 werden uiteindelijk alle eradicatie maatregelen opgeheven. Er waren ondertussen reeds andere programma's opgestart (steriele mannetjes, lokstoffen, biologische controle met *A. flavipes* ...) maar geen enkele kon de verspreiding tegengaan (Haynes & Gage, 1981).

In een derde fase werd onderzoek gedaan naar plantresistentie (Haynes & Gage, 1981). Het uitblijven van een algemeen goed werkende oplossing stimuleerde onderzoeksinstellingen om onderzoek te doen naar graanhaantjes, Veel Amerikaans onderzoek richt zich dan ook op *O. melanopus* en niet op het geslacht *Oulema*. *O. melanopus* staat er bekend als "The Cereal Leaf Beetle" (Helgesen & Haynes, 1972; Van Duyn, et al., 1997; Buntin, et al., 2004; Ulrich, et al., 2004; Philips, et al., 2011). In de volgende decennia spreidde het graanhaantje zich uit naar de andere Amerikaanse staten. Tegen 1980 werden reeds enkele *O. melanopus* species waargenomen in Ontario die via Michigan de Canadese grens hadden overgestoken (Harcourt, et al., 1984) Bailey, et al., 1991; Barbosa, et al., 1993; Philips, et al., 2012).

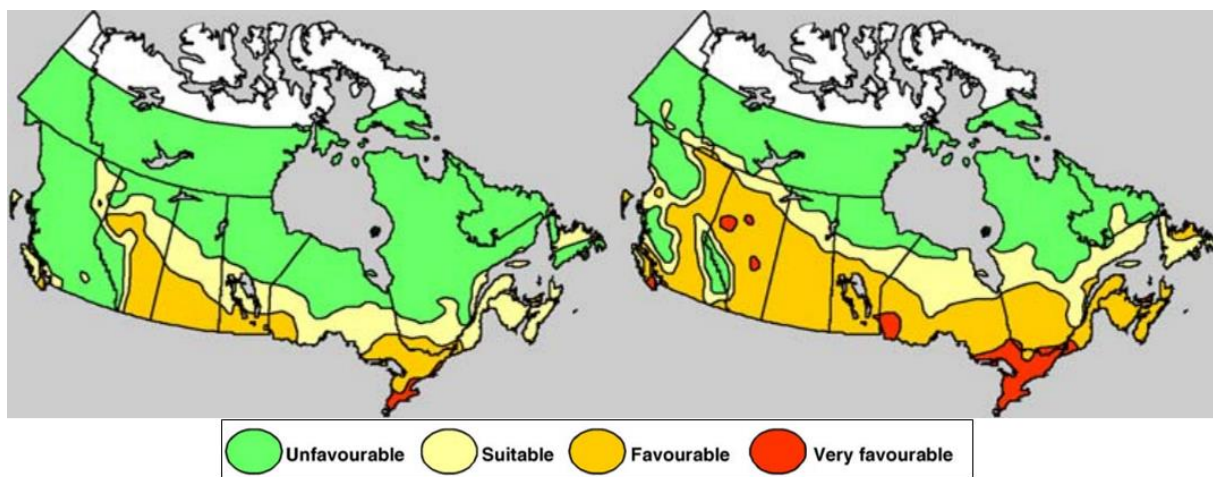
Een hypothese over de verspreiding van *O. melanopus* stelt dat de volwassen kevers overwinterden in coniferen die later als kerstboom werden verkocht en zich zo snel over de verschillende staten kon verspreiden. Omwille van deze hypothese werden verplichte certificaten opgelegd voor kerstbomen (Hess, 1971; Haynes & Gage, 1981). Ondanks de genomen maatregelen kon *O. melanopus* zich vrijwel over de volledige verenigde staten, met uitzondering van Californië, verspreiden (Robberts & Walenta, 2012). Andow et al. (1990) berekende dat dit met een snelheid van 26.5 tot 89.5 km per jaar was. Vandaag de dag bestaan er nog altijd export- en importmaatregelen om de verspreiding van graanhaantjes in te beperken.

### 1.1.3.3 Canadese verspreiding

De Amerikaanse staat Michigan ligt op de grens van de Canadese provincie Ontario. Reeds bij het vaststellen van de eerste *O. melanopus* in Michigan had men in Canada al vrees voor potentiële grensoverstekers. Na het waarnemen van de eerste graanhaantjes in 1965 werden er in 1974 quarantainemaatregelen genomen. Desondanks slaagde het graanhaantje er toch in om zich verder te verspreiden. Een jaar na het uitzetten van *T. julis* in 1974 had deze larvale parasitoïde een parasitisme ratio van 15 % tot 95 % wat ervoor zorgde dat de populatie graanhaantjes aanzienlijk daalde. Het succesvol inzetten van de parasitoïde zorgde voor het einde van het programma. Na een nieuwe plaagdruk werd het biologisch programma in 1993 terug opgestart (LeSage, et al., 2007; Dossall, et al. 2011).

De beschikbaarheid van waardplanten in de andere provincies maakt de kans dat het graanhaantje zich nog verder gaat verspreiden op het Canadees grondgebied reëel. Een andere factor die deze kans zou vergroten is klimaatsverandering (LeSage, et al., 2007).

In Canada onderzochten Olfert en Weiss (2005) de gevolgen van de klimaatsverandering op de verspreiding van *O. melanopus*. De modellen voorspelden voor komende eeuw een temperatuurstijging van 1 - 3 °C in optimale omstandigheden en 3.5 - 7.5 °C bij een scenario van hogere emissies. Voor het bepalen van voorkeursgebieden werd gebruik gemaakt van een Eco-klimaat Index (EI). Deze EI is afhankelijk van temperatuur, diapauze, licht, vochtigheid, hittestress, koudestress, droogtestress en vochtigheidsstress. Met de berekende EI gaat men gebieden indelen in ongewenst (0<10), geschikt (10<20, voorkeur (20<30) en uiterst geschikt (30<40). In Figuur 20 kan men de voorkeursgebieden zien bij het huidige klimaat en bij een stijging van 3 °C. Hierbij zou respectievelijk 13.2 % en 36.3 % van het gebied een EI groter dan 20 hebben. Dezelfde auteurs stelden in een eerder onderzoek vast dat de verspreiding van het graanhaantje bij huidige klimaatsvoorwaarden beperkt zou worden tot de graanregio's in het Zuiden van Canada (Olfert, et al., 2004). De stijging met 3 °C zou er dus voor zorgen dat deze beperking in zeker mate wordt opgeheven. Daarnaast zouden temperatuurstijgingen ook de winterrust verlengen en de blootstelling aan koudestress doen dalen. Hierdoor zou *O. melanopus* zich nog verder over het Amerikaanse continent kunnen verspreiden (Olfert & Weiss, 2005).



Figuur 20: EI *O. melanopus* anno 2007 (Links) en bij een stijging van 3 °C (Rechts) (Olfert & Weiss, 2005)

#### 1.1.4 Waardplanten en habitatselectie

De waardplanten van graanhaantjes zijn in grote lijn gelijklopend. *O. duftschmidi* en *O. melanopus* komen voor op gewassen als gerst, tarwe en haver. In aantal komt *O. melanopus* meer voor dan *O. duftschmidi* doordat de eerste respectievelijk een hogere ei-afleg en een lagere mortaliteit heeft (Bechini, et al., 2013; Bezdek & Baselga, 2015).

De kevers opteren bij de ovipositie voor jongere planten. Bij haver is er volgens Hoffman en Rao (2010) geen absolute voorkeur voor jonge en oude planten. Dit komt volgens de auteurs omdat oudere planten zowel oude als jonge bladeren bevat. De keverlarven worden ook teruggevonden op andere grasachtigen (Noordijk, et al., 2016).

Larven vertonen een voorkeur voor de kleine granen zoals haver, gerst, tarwe, spelt en rijst. Binnen de *Poaceae* vertonen *Setaria*, *Echinochloa* en *Arundinaria* een zekere mate van resistentie. Voedergrassen kunnen bij uitzondering een voorkeur genieten maar hierop verloopt de ontwikkeling trager (Wilson & Shade, 1966).

Clarck et al. (2004) beschreven de verschillende waardplanten voor bladhaantjes in Noord-Amerika en Canada. *O. melanopus* heeft volgens de auteurs 38 verschillende waardplanten. Naast deze waardplanten maakt men ook melding van waarnemingen op *Medicago sativa* L. (alfalfa) en *Trifolium pratense* L. (rode klaver). Al vermoed men dat dit geen waardplanten zijn (Lyon, 1969).

Onderzoek uit Macedonië wees op de mogelijkheid van *Lamium* spp. (Dovenetel) als waardplanten voor *O. rufocyanea* (Rozner & Rozner, 2008). Specifieke waardplanten voor *O. rufocyanea*, *O. mauroi* sp. nov. en *O. verae* sp. nov. zijn nog niet gekend. *O. oryzae* (*Kuwayama*) wordt geassocieerd met *Oryza sativa* (Bezdek & Baselga, 2015).

Er zijn bladhaantjes die een onkruid als specifieke waardplant hebben. Zo zal de Euraziatische *Lema cyanella*, ook een bladhaantje, vaak vermeld worden in de biologische bestrijding van *Cirsium arvense* (akkerdistel) in Canada en Amerika (Peschken & Johnson, 1979; Peschken, 1984). In een rapport over de wettelijk verplichte bestrijding van distels in Vlaanderen halen de auteurs *O. melanopus* en *O. gallaeciana* aan als insect waarvan de larven aan distels gebonden zijn. Men omschrijft beide kevers als een polyfage soort, de larven komen op distels voor maar ook op niet verwante soorten (Decler & Leten, 1997).

*O. melanopus* komt naast granen ook op maïs voor. Doordat de maïs vanaf begin april tot begin juni gezaaid wordt kunnen op de vroeg gezaaide maïsplanten eitjes gelegd worden door de F1-kevers en kunnen deze later ook vraatschade vertonen door de F2-kevers. Het gaat dan voornamelijk over maïspercelen die naast graanvelden liggen (Van Duyn et al. 1997; Noordijk et al. 2016). De F2-kevers die zich voedden met de eerste bladeren van de maïsplant doen dit echter met een groot risico. Ongeveer twee derde van de F2-kevers die zich met het derde blad van de maïsplant voeden overleefden dit niet (Wellso, 1978).

De afstand tussen de bladnerven blijkt een bepalende factor te zijn voor de geschiktheid van een waardplant. Bij jonge maïsplanten is er een te nauwe afstand tussen bladnerven. Vanaf de planten 10 tot 35 cm hoog zijn daalt de mortaliteit van de graanhaantjes (Shade & Wilson, 1967; Meissle, et al., 2012). Men zou hierdoor eerder graanhaantjes terugvinden op C3-planten (bijvoorbeeld tarwe, gerst) dan op C4-planten (bijvoorbeeld maïs, sorghum). Bij C3-grassen is de afstand tussen de nerven immers vaak groter dan bij de C4-grassen. Op C4-grassen is de verhouding van het aantal nerven per lengte-eenheid blad vaak hoger dan C3-grassen. Het graanhaantje kan zo fysiek niet in staat zijn om het bladepidermis tussen de nerven af te schrapen (Caswell, et al., 1973, Ueno, et al., 2006). De mandibula's van de kevers kunnen een maximale breedte van  $357 \pm 11 \mu\text{m}$  uit het blad schrapen (Hoffman & Rao, 2011).

Op perceelsniveau komen de graanhaantjes meer voor op velden die slechte groei-eigenschappen vertonen, zoals een laag stikstof niveau, een lage pH of een zanderige bodem (Buntin, et al., 2004). Op grote percelen is de plaagdruk lager dan kleine. Sawyer en Haynes (1986) bestudeerden het effect van vier verschillende perceelgroottes op het aantal eitjes en het aantal volwassen kevers per vierkante meter over een aantal GD.

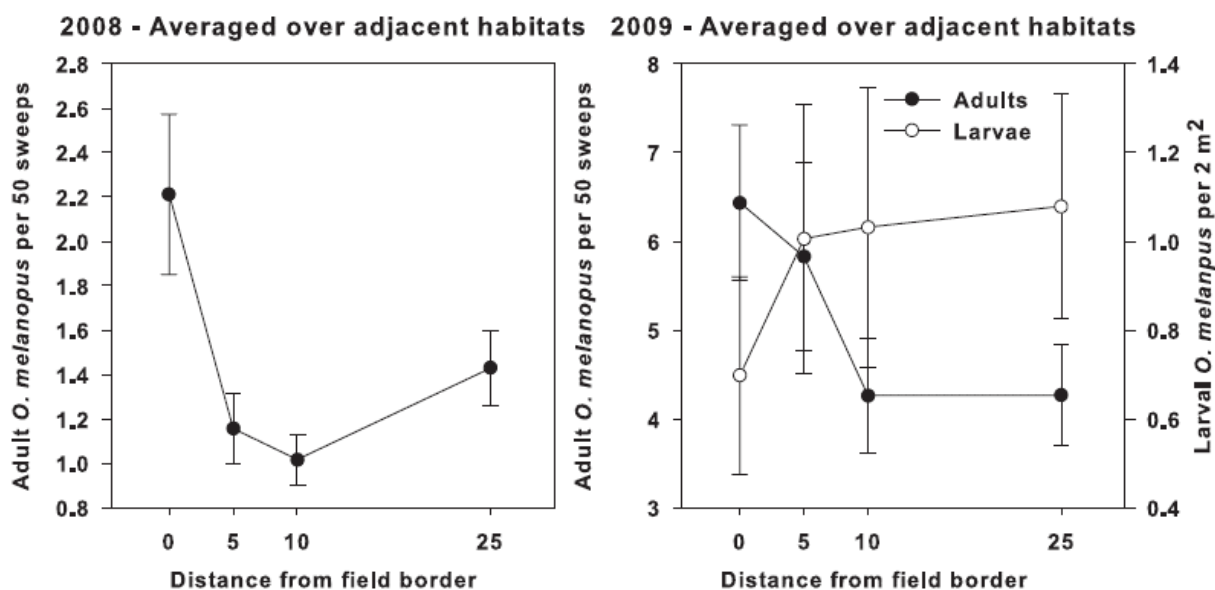
Zoals te zien in Tabel 7 is er een verschil van 28.7 procentpunten bij een perceel van 65 ha en 4 ha. Een groter verschil is te vinden bij het aantal adulten die voorkomen, namelijk 33.5 procentpunten. Dit komt omdat naarmate het veld groter wordt, het centrale deel meer verwijderd is van overwinteringsplaatsen. Dit is dan ook de reden dat bij het langwerpige perceel van 36 ha er een grotere plaagdruk is dan op het vierkante perceel.

Tabel 7. Eitjes en adult per m<sup>2</sup> in functie van vijf verschillende perceelgroottes (Sawyer & Haynes, 1986).

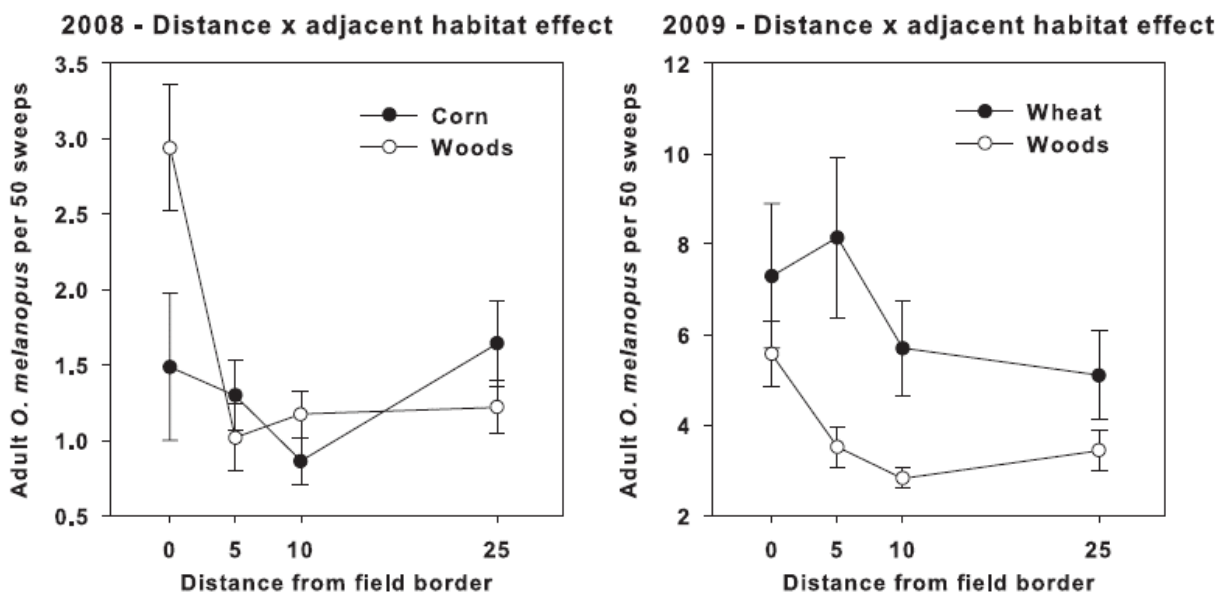
	<b>65 ha</b>	<b>36 ha Vierkant</b>	<b>36 ha Langwerpig</b>	<b>16 ha</b>	<b>4 ha</b>
<b>Eitjes per m<sup>2</sup></b>	87.8	90.4	98.5	101.1	113.0
	100.0 %	103.0 %	112.2 %	115.1 %	128.7 %
<b>Adult-GD per m<sup>2</sup></b>	430	444	494	497	574
	100.0 %	103.3 %	114.9 %	115.6 %	133.5 %

Een studie rond het effect van verschillende akkerranden stelt vast dat de gewasschade van graanhaantjes op 1 m en op 60 m van 20.4 % naar 25.6 %. Dit is te verklaren door de hogere densiteit van natuurlijke vijanden op de akkerranden die de eitjes en larven gaan parasiteren. Het type akkerrand (met onder andere grasstroken en bemeste- en onbesmette randen) had echter een beperkt effect op de populatie graanhaantjes (Canters, 1996).

Het is vooral de omgeving die de densiteit op het veld zou bepalen (Canters, 1996). Reay-Jones (2010) bevestigt dit in een studie omtrent de verdeling van graanhaantjes op tarwevelden. Zoals te zien op Figuur 21 zijn de adulten meer vertegenwoordigd aan de rand van het veld dan op 5 en 10 m afstand. Het aantal larven stijgt naarmate men het veld in gaat. Voor tarwevelden werd het effect van een aanliggend maïsveld, bos of tarweveld bekeken (Figuur 22). Bij aanliggende maïsvelden is het verschil tussen een afstand van 0 en 25 m minder groot. Bij percelen met aanliggende bossen is er een groter verschil tussen de rand en het perceel (Reay-Jones, 2010).



Figuur 21: Verdeling van adulten in 2008 (links) en van adulten en larven in 2009 (rechts) (Reay-Jones, 2010)



Figuur 22: Verdeling van adulten in 2008 (links) en 2009 (rechts) (Reay-Jones, 2010)

Akkerranden met dichte bebossing worden geassocieerd met een lagere pestdruk in aanliggende graanvelden. Graanhaantjes komen meer voor naarmate de hoeveelheid rand toeneemt. Daarnaast is de verspreiding hoger in braakliggende percelen rond het veld. Dit zorgt bij grotere percelen voor een lagere instroom van adulten naar het centrum vanuit de akkerrand tegenover kleinere percelen (Sawyer & Haynes, 1986; Buntin, et al., 2004).

Graanhaantjes kunnen hun waardplant kiezen in functie van de aan- of afwezigheid van een Volatiel Organisch Component (VOC). Als een insect schade aanbrengt dan kan de plant VOC's produceren. Deze kunnen de insecten aantrekken of weghouden. Een studie bekeek het effect van een aantal VOC's bij twee leden van de Chrysomelidae-familie (*Cerutoma ruficornes* en *Gynandrobrotica guerreoensis*). Vrouwelijke kevers vertoonden een duidelijke afkeer voor planten met een hoge en lage concentratie VOC. De mannelijke kevers wende zich enkel bij

hoge concentraties af. Bij lage concentraties werden deze aangetrokken tot de plant. Dergelijk verschil op basis van geslacht tegenover VOC's werden bij graanhaantjes slechts met kleine verschillen waargenomen (Pieseik, et al. 2010, Piesik, et al., 2011a, Ballhorn, et al., 2013)

Wel werd reeds aangetoond dat graanhaantjes gevoelig zijn aan bepaalde VOC's. Piesik et al. (2011a) bekeken het effect van een aantal VOC's geproduceerd door *Fusarium* spp. geïnfecteerde maïsplanten. Graanhaantjes bleken aangetrokken te worden door twee Green Leaf Volatiles (GLV), namelijk (Z)-3-hexeen-1-yl acetaat en (Z)-3-hexenal, en door twee terpenen, namelijk linalool en bèta-caryofylleen. De GLV's worden vrijgegeven als het bladweefsel beschadigd wordt. Reeds bij lage dosissen (1 ng.min<sup>-1</sup>) werden kevers aangetrokken tot de maïsplanten. De planten trekken echter niet alleen de kevers aan maar ook de natuurlijke vijanden (Rostas, et al., 2006; Piesik, et al., 2011a). Dezelfde VOC's worden ook door gerst, haver en tarwe geproduceerd. Ze worden zowel door *O. melanopus* als *O. gallaeciana* geïnduceerd (Piesik, et al., 2011b). Aan de andere kant produceren tarweplanten en gerst VOC's die de graanhaantjes van de plant weghouden (Panella, et al., 1974; Piesik, et al., 2010; Delaney, et al., 2013).



### 1.1.5 Natuurlijke vijanden

Toen het graanhaantje als exoot in Amerika terecht kwam, waren er geen natuurlijke vijanden die de populatiegroei kon onderdrukken. Deze afwezigheid droeg bij aan de verspreiding van het graanhaantje. Na de introductie van de graanhaantjes en uiteindelijk het economisch doorbreken in de jaren '60 werd enkel de familie van de Coccinellidae (lieveheersbeestjes) als mogelijke natuurlijke vijand beschreven (Helgesen & Haynes, 1972). Tussen de jaren 1964 en 1967 werden vier parasitoïden succesvol ingezet in de strijd tegen de graanhaantjes: *A. flavipes*, *Tetrastichus julis*, *Diaparsis carinifer* en *Lemophagus curtus* (Haynes & Gage, 1981). In Europa wezen studies op een parasiteringsgraad van 12.3 % voor *D. carinifer*, 10.4 % voor *T. julis* en 5.6 % voor *L. curtus* (Dysart, et al., 1973).

Een eerste groep belagers van het graanhaantje zijn de Ichneumonidae (sluipwespen). Deze vliesvleugelen (Hymenoptera) leggen met behulp van een ovipositor eitjes in of op een gastheer. *D. carinifer*, *D. temporalis* en *L. curtus* zijn allen vliesvleugeligen en zijn eveneens larvale parasitoïden. De sluipwespen zijn vaak generalisten. Het parasiteren van *Oulema* spp. in Europa komt dus eerder incidenteel voor (Noordijk, et al., 2016).

Eén vrouwelijke sluipwesp zou gemiddeld 185 eitjes leggen (Haynes & Gage, 1981). *D. temporalis* komt voor in Midden-Europa, waaronder ook België (Khalaim, 2005). *L. curtus* parasiteert jonge keverlarven. De ontwikkeling van de sluipwesplarve begint pas nadat de keverlarve verpopt is. De sluipwesp verlaat hierop zijn gastheer door zich een weg naar buiten te bijten (Noordijk, et al., 2016).

Een tweede groep natuurlijke vijanden zijn de Chalcidoidea (bronswespen). *A. flavipes* (Figuur 23, links) is een bronswesp (Chalcidoidea: Hymenoptera) die de eitjes van graanhaantjes gaat parasiteren. Met behulp van een ovipositor legt de vrouwelijke adult één tot zeven eitjes in de gastheer. Bij een temperatuur van 21 °C gaan de larven reeds na twee dagen in hun gastheer bewegen. De ontwikkeling kan zes tot acht weken uitgesteld worden zonder dat dit de mortaliteit van de parasitoïde beïnvloedt. Na zeven dagen gaat de larve verpoppen (Figuur 23, midden). Reeds 45 minuten na het verlaten van de gastheer is reproductie mogelijk (Anderson & Paschke, 1968). Deze vliesvleugelige heeft een zeer goede vruchtbaarheid en heeft meerdere generaties per jaar. Hierdoor kunnen ze de eitjes van graanhaantjes vanaf eind mei tot begin juni gaan parasiteren (Haynes & Gage, 1981). In Oostenrijk zou *A. flavipes* gemiddeld 67.3 % van de eitjes parasiteren maar dit zou kunnen oplopen tot 95.7 % (Meindl, et al., 2001).

Een tweede bronswesp is *T. julis* (Figuur 23, rechts). Deze gastheerspecifieke endoparasiet overwintert in de grond om na het verschijnen de larven van *O. melanopus* te gaan parasiteren. De parasiteringsgraad variëren sterk van 5 – 10 % maar kunnen zelfs 100 % bedragen (Evans, et al., 2006). De ontwikkeling van deze vliesvleugelige komt zodanig sterk overeen met die van *O. melanopus* dat ook de geografische verspreiding gelijkloopt (Hervert, et al., 2016). *T. julis* heeft twee generaties per jaar. Net als *A. flavipes* zijn ze zeer vruchtbaar. Al is de dispersie van *T. julis* beperkter dan die van *A. flavipes* (Haynes & Gage, 1981). *T. julis* werd eveneens

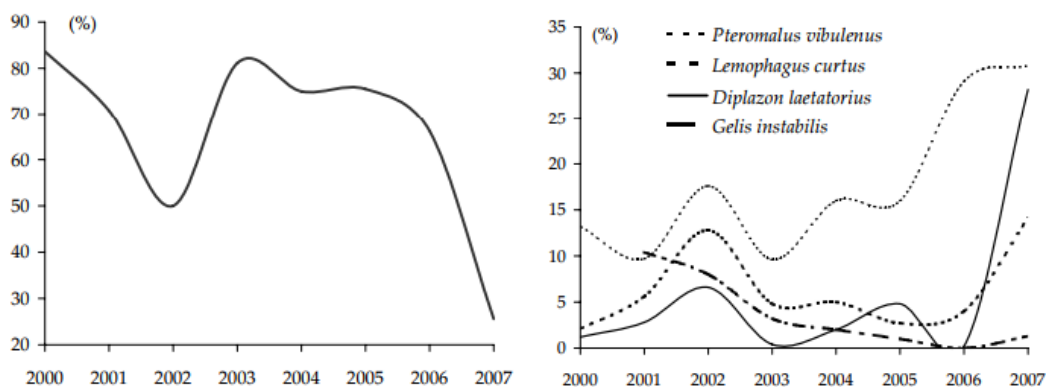
succesvol ingezet in Canada (De Clerck-Floate & Carcamo, 2011). Deze laatste zou echter samen met *O. melanopus* de Amerikaanse grens zijn overgestoken (Philip, 2007).

De parasiteringsgraad van *T. julis* zou meer beïnvloed worden door temperatuur dan de parasiteringsgraad van het jaar ervoor. Uit een tien jaar durende studie concludeerde Evens et al. (2013) dat tijdens warme lentes er een fenologische *mismatch* plaatsheeft. Door de te hoge temperaturen doorloopt het graanhaantje zijn levensfasen immers sneller.



Figuur 23: *A. flavipes* adult (links) en geparasiteerde pop (midden) (Bean & Ciaglo, 2018) en *T. julis* (rechts) (Roberts, et al., 2014)

Parasitoïden van *O. gallaeciana* werden beschreven in Slovaakije. Jelokova en Gallo (2008) bestudeerden een aantal parasitoïden van *O. gallaeciana*. De dominante parasitoïde is *Necremnus leucarthros*. Gemiddeld 63 % van de Slovaakse *O. gallaeciana* zou volgens deze auteur geparasiteerd worden door deze parasitoïde (Figuur 24, links). In Tsjechië zou *N. leucarthros* tot 39 % en in Duitsland de helft van de populatie grashaantjes parasiteren. Daarnaast werden de parasiteringsgraad van vier andere natuurlijke vijanden bekeken (Figuur 24, rechts). Deze variëren meer maar kunnen toch in bepaalde jaren bij tot een derde van de cocons werden teruggevonden *T. julus* en *A. flavipes* werden eveneens beschreven als natuurlijke vijanden van het grashaantje (Hervert, et al., 2016).



Figuur 24: Percentage eitjes van *O. gallaeciana* die geparasiteerd werd door *Necremnus leucarthros* (Links) en vier andere natuurlijke vijanden gedurende de periode 2000-2007 (Jelokova & Gallo, 2008)

Specifieke predatoren lijkt het graanhaantje niet te hebben. Wel zijn er generalisten die het graanhaantje gaan belagen. Zo zouden bepaalde Coccinellidae, bijvoorbeeld *C. septempunctata*, zich af en toe te goed doen aan de eitjes van graanhaantjes. *Chrysopa carnea* (groene gaasvlieg) gaat dan weer voor de larven. Nabis spp. (sikkelwantsen) voeden zich met zowel eitjes als larven (Meindl, et al., 2001; Kher, et al., 2011).

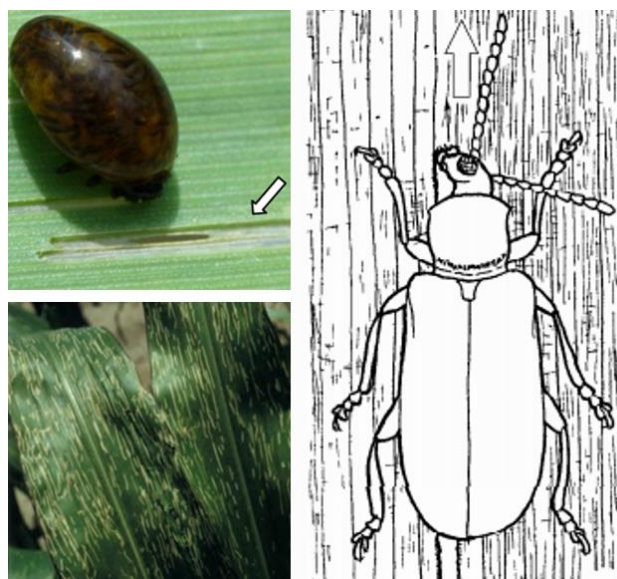
## 1.2 Schade en opbrengstverlies

### 1.2.1 Schadebeeld

#### 1.2.1.1 Directe schade

De schade veroorzaakt door graanhaantjes kan men opdelen in directe en indirecte schade. Het directe schadebeeld wordt veroorzaakt door het verlagen van de fotosynthetische capaciteit van de plant. Het zijn voornamelijk de larven die opbrengstdaling veroorzaken. De larven schrapen lange repen epitheel- en parenchymweefsel van het blad en verlagen hierdoor de fotosynthetische capaciteit van de plant (Van Duyn, et al., 1997; Philips, et al., 2012). Eén enkele larve zou naar schatting de assimilatie met 10 % doen dalen. Bij een grote plaagdruk kan deze schade oplopen tot 80 % (Ulrich, et al. 2004). Dit verlies kan in de praktijk aanleiding geven tot een verlies in de korrelopbrengst van +- 1 ton per ha. In Noord-Amerika schat men het opbrengstverlies op 10-20 % terwijl dit in sommige regio's kan oplopen tot wel 30 % (Buntin, et al. 2004). Graanhaantjes beïnvloeden de kwalitatieve kenmerken van graan, zoals eiwitgehalte, slechts weinig (Gallun, et al., 1967; Hennecke, 1987; Piesik & Piesik, 1998).

Het schadebeeld die veroorzaakt wordt door graanhaantjes is afhankelijk van het levensstadium waarin deze zich bevindt. Bij larven ziet men vooral vensterschade (Figuur 25, linksboven) en het skeletteren van het blad. Hierbij schrapen de larven langs de nerven de bladepidermis en het parenchym van het blad af. Ze vreten echter niet door het blad heen. Van op een afstand lijken de bladeren witte zones te hebben. De adulten bijten wel door het blad heen en geven het blad eerder een gestript uiterlijk (Figuur 25, linksonder) (Hudson & Buntin, 1996; DiFonzo, 2009; Philips, et al., 2011). Bienkowski (2010) stelde vast dat de adult zijn kop naar het blad toebuigt, vervolgens de kop in een hoek van 90° in de ene richting draait om vervolgens na enkele snelle beten de kop in 90° in de andere richting te draaien (Figuur 25, rechts). De incisie is lang en smal en past bijna volledig tussen de nerven.



Figuur 25: Schade aangebracht door larve (linksboven) (DiFonzo, 2009), adulten op maïs (linksonder) (Herbert & Van Duyn, 2014) en door *O. erichsonii* adult (Bienkowski, 2010)

### 1.2.1.2 Indirecte schade

Graanhaantjes kunnen ook indirecte schade veroorzaken. Ze kunnen drager zijn van bepaalde pathogenen en de plant inoculeren tijdens het aanvreten. In de literatuur wordt Maize Chlorotic Mottle Virus (MCMV, (+)ssRNA, Tombusviridae) beschreven als dergelijk pathogeen. Binnen de Chrysomelidae zijn er zes soorten, waaronder *O. melanopus*, die als vector fungeren voor MCMV. MCMV werd voor het eerst in Peru beschreven en werd later in de Amerikaanse staat Kansas vastgesteld. Zowel adulten als larven fungeren als vector. Adulten kunnen na infectie het virus gedurende zes dagen verspreiden (Nault, et al., 1978). MCMV kan bij maïs een opbrengstverlies van 10-15 % veroorzaken.

Er is een synergisme tussen MCMV en Maïs Dwarf Mosaic Virus (Potyviridae, (+)ssRNA). Infectie met beide virussen kan leiden tot Corn Lethal Necrosis (CLN). CLN kan een opbrengstverlies van 75 % tot 90 % veroorzaken (Gordon, et al., 1984; Stanley & Jensen, 1985; Goldberg & Brakke, 1987; Selman, 1988; Xia, et al., 2016).

Naast het MCMV worden bladhaantjes algemeen vermeld als drager van andere virussen. Voorbeelden hiervan zijn cocksfoot mottle virus (Sobemovirus, (+)ssRNA) (Makinen, et al., 1995), phleum mottle virus (-,(+)ssRNA) (Catherall, 1970; Benigno & Brook, 1972) en het brome mosaic virus (Bromoviridae, (+)ssRNA) (Chamberlain & Catherall, 1976; Gaborjanyi & Szabolcs, 1987). In het Hongaars onderzoek van Gaborjanyi en Szabolcs (1987) werden *O. gallaeciana*, *O. ruffocyanea* en *O. septentrionis* bestudeerd als vector van het brome mosaic virus. Door het lage aantal adulten konden geen conclusies met betrekking tot de virusoverdracht van deze soorten genomen worden. Wel werd er genoeg data verzameld voor *O. melanopus*. Na een enkele dag op de plant kon het graanhaantje de plant inoculeren. Op gezonde planten is de infectiviteit lager.

Tijdens de infestatie van de graanhaantjes treden er bij de waardplant een aantal defensiemechanismen in werking. Eén ervan is de generatie van *Reactive Oxygen Species* (ROS). Dit zijn chemische componenten die naast een signaalfunctie ook apoptose (geprogrammeerde celdood) veroorzaken. Deze verbindingen worden door de plant geproduceerd nadat deze werd blootgesteld aan omgevingsstress zoals bijvoorbeeld droogte of insecten die aan de bladeren kauwen. Czerniewicz et al. (2017) onderzochten in het kader van ROS het effect van *O. melanopus* op wintertarwe. De onderzoekers stelden vast dat binnen de 24 uur na het blootstellen aan adulten de hoeveelheden waterstofperoxide ( $H_2O_2$ ) en superoxide-ion ( $O_2^-$ ) respectievelijk met 35 % en 20-30 % toenamen. Beide stoffen induceerde een *oxidative burst* bij de plant. Deze zorgt voor hypersensitieve reacties van de plant. Door deze reactie kunnen zeer snel delen van de plant gaan afsterven. Hierdoor kunnen pathogenen zich minder snel verspreiden en zullen insecten de plant minder geschikt als voedingsbron achten (Breusegem, et al., 2001; Held, 2015).

## 1.2.2 Opbrengstverlies

Door de aangebrachte directe en indirecte schade kan het gewas in die mate aangetast worden dat er een opbrengstverlies optreedt. In Tabel 8 kan men verschillende waargenomen opbrengstverliezen terugvinden die vastgesteld werden door verschillende onderzoekers.

Om een zicht te krijgen in hoe deze opbrengstverliezen gerealiseerd worden zal hierna eerst de relatie tussen bladoppervlakteverlies en opbrengstverlies toegelicht worden. Daarna wordt de relatie tussen bladoppervlakteverlies en graanhaantjes toegelicht. Zodoende kunnen de twee relaties verbonden worden en kan een link tussen graanhaantjes en opbrengstverlies gemaakt worden.

Tabel 8: Waargenomen opbrengstverlies met gewas en locatie

Opbrengstverlies	Gewas	Land	Auteur
<b>Europa</b>			
9 % (1 larve per plant)	Tarwe	Duitsland	(Papp & Mesterhazy, 1996)
0.5 – 4 %	Wintertarwe	Polen	(Ulrich, et al., 2004)
3 – 8 %	Gerst		
<b>Noord-Amerika</b>			
12.65 % (459 kg/ha) (1 larve (4e) per halm)	Wintertarwe	Georgia	(Buntin, et al., 2004)
0 – 23 %	Tarwe		(Gallun, et al., 1967)
18.25 % (1 larve per halm)	Tarwe		(Ihrig, et al., 2001)
80.34 kg/ha (1 larve per halm)	Haver	Ohio	(Lyon, 1969)
4.7 % (1 larve per halm)	Haver	Michigan	(Merritt & Apple, 1969)
336 – 403 kg/ha (1 larve per vlagblad)	Granen	Washington	(Roberts, et al., 2014)
55 % 23 % 75 %	Zomertarwe Wintertarwe Haver/Gerst		(USDA-APHIS, 1995)
470 kg/ha	Mais	North Carolina	(Van Duyn, et al., 1997)
17 % (4 – 20 %) (0.5 larven per halm)	Zomerhaver	Michigan	(Webster, et al., 1980)
17.6 – 25.6 % (4.3-10.4 larven per halm)	Wintertarwe		(Webster, et al., 1981)
45 % (15 larven per halm)	Granen	Michigan	(Webster & Smith, 1983)
71.74 – 143.48 kg/ha (1 larve per halm)	Haver	Indiana	(Wilson, et al., 1969)

### 1.2.2.1 Relatie tussen bladoppervlakteverlies en opbrengst wintertarwe

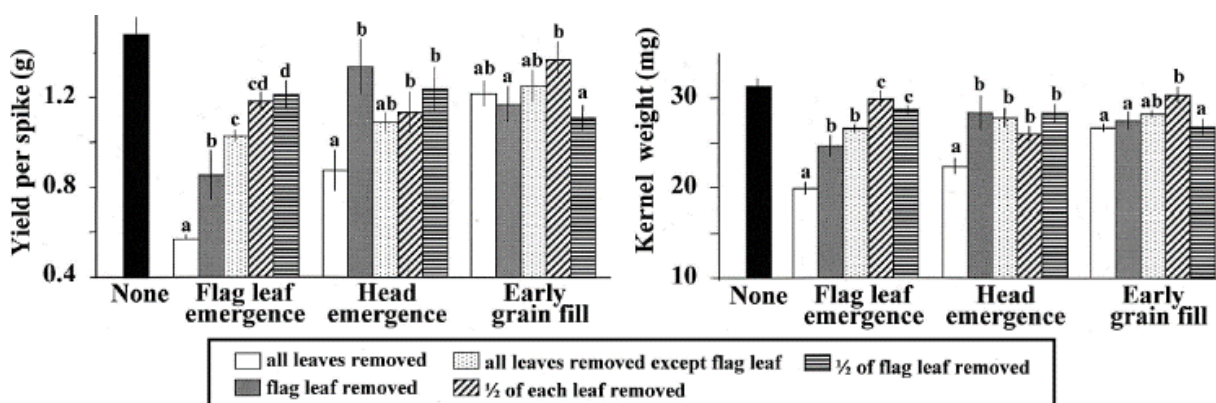
Buntin et al. (2004) deed in 1998 een ontbladeringsproef op wintertarwe in Alabama. In deze proef werd van een bepaald tarwe cultivar (NK-Coker9543) individuele zaden gezaaid met een rijafstand van 30 cm. De zaden werden voor de zaai in de herfst behandeld met imidacloprid. In februari kregen de planten een behandeling met  $\lambda$ -cyhalothrin ter preventie van BYDV (Barley Yellow Dwarf Virus, Luteoviridae, (+)ssRNA) infecties aangebracht door bladluizen.

Uiteindelijk werden vier planten uit de proef gehaald omdat ze symptomen van BYDV vertoonden. De planten werden willekeurig onderverdeeld in drie groeistadium categorieën: vlagblad ontluiking, aar ontluiking of vroege zaadvulling. Voor iedere groeistadium werden zes niveaus van ontbladering gemeten:

1. Alle bladeren van alle scheuten verwijderen;
2. Alle lage bladeren verwijderen, vlagblad blijft aanwezig;
3. Het apicale gedeelte van alle bladeren verwijderen;
4. Het vlagblad verwijderen;
5. Het apicale gedeelte van het vlagblad verwijderen;
6. Geen bladeren verwijderen.

Door het ontbladeren op de drie verschillende momenten kwamen de ene groep sneller in aar dan de andere. Daarom werden alle scheuten elke drie tot vijf dagen geëvalueerd op ontwikkeling. Bij de oogst werden van elke plant scheuten geselecteerd en onderverdeeld in primaire scheuten en secundaire scheuten. Zaden werden gedorst met behulp van een kleine bundel dorsmachine. De tarwekorrels werden in de oven gedroogd en vervolgens gewogen. De gegevens werden statistisch geanalyseerd met ANOVA (analysis of variance) en Fisher test (Buntin, et al., 2004).

In Figuur 26 is het effect te zien van manueel verwijderen van bladeren op opbrengst per aar (links) en korrelgewicht (rechts). Het aantal aren per plant wordt niet significant beïnvloed door het ontbladeren. Zowel opbrengst per aar als korrelgewicht zijn het laagst bij ontbladering tijdens het ontluiken van het vlagblad met respectievelijk  $1.00 \pm 0.05$  g en  $25.9 \pm 0.7$  mg. Bij afwezigheid van ontbladering is dit  $1.50 \pm 0.07$  g en  $30.9 \pm 0.8$  mg. Het volledig ontbladeren bij vlagblad ontluiking zorgt voor een opbrengst per aar onder de 0.6 g en een korrelgewicht onder de 20 mg. Het verwijderen van het vlagblad als deze ontluikt zorgt voor een opbrengstverlies van 37 % (Buntin, et al., 2004).



Figuur 26: Relaties tussen opbrengst (g) bij drie groeifases en vijf ontbladeringsniveaus (Buntin, et al., 2004)

### 1.2.2.2 Relatie tussen bladoppervlakteverlies en graanhaantje

Verschillende onderzoekers onderzochten het simuleren van plaagschade (Boote, et al., 1979; Buntin & Pedigo, 1985; Peterson, et al., 2004). Een aantal onderzoekers deden dit specifiek bij tarwe (Buntin, et al., 2004; Capinera & Roltsch, 1980; Macedo, et al., 2006). Macedo et al. (2007) onderzochten insect versus artificiële bladbeschadiging. Het verschil was niet significant ( $F = 2.12$ ,  $df = 2.19$ ,  $P = 0.14$ ). Bij zowel bij de controlegroep (geen bladschade) als bij de door insecten en kunstmatig beschadigde planten bleef de fotosynthese ( $\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$ ), stomatale geleidbaarheid ( $\text{H}_2\text{O}/\text{m}^2/\text{s}$ ), en de transpiratie ( $\text{mol H}_2\text{O}/\text{m}^2/\text{s}$ ) van de overblijvende bladeren bleef gelijk. Enkel voor de stomatale geleidbaarheid kon men een verschil waarnemen bij de insectenbeschadiging. Hier bleek deze 24 uur na de ontbladering significant hoger te zijn ( $F = 4.54$ ,  $df = 2.39$ ,  $P = 0.02$ ).

Macedo et al. (2007) onderzochten eveneens het effect van de plaats van het weggeknipte deel. Zo werd bij tarwe het bovenste, middelste (middennerf blijft over) en onderste deel van de bladeren weggeknipt. Dit werd gedaan voor 25 % en 50 % van het blad en bij vier verschillende groeifasen. Er werd geen verschil in de fysiologische parameters beschreven tussen de verschillende groeifasen. Wel hadden de planten waar geknipt werd op het onderste deel van het blad een lagere fotosynthese ten gevolge van een lagere stomatale geleidbaarheid en transpiratie.

In een onderzoek van Hoffman en Rao (2011) werd de geconsumeerde hoeveelheid bladoppervlakte door de larven in het eerste larvale stadium op haverplanten bijgehouden (Tabel 9). De geconsumeerde oppervlakte is het grootst op het derde blad. Dit komt omdat hier het meeste eitjes gelegd worden. De larve die uit het eitje komt zal meestal ook daar schade veroorzaken.

Tabel 9: Geconsumeerde oppervlakte ( $\text{mm}^2$ ), aantal en oppervlakte per letsel ( $\text{mm}^2$ ) (Hoffman & Rao, 2011)

Leaf position	Area			
	No. larvae	consumed ( $\text{mm}^2$ ) <sup>1</sup>	No. feeding scars	Area per scar ( $\text{mm}^2$ )
Flag leaf	10	$1.26 \pm 0.15a$	$4.8 \pm 0.51a$	$0.25 \pm 0.03a$
Second leaf	9	$1.31 \pm 0.09a$	$4.9 \pm 0.20a$	$0.26 \pm 0.02a$
Third leaf	9	$1.51 \pm 0.18a$	$6.1 \pm 0.89a$	$0.25 \pm 0.04a$
Fourth leaf	8	$1.16 \pm 0.24a$	$6.2 \pm 1.14a$	$0.19 \pm 0.03a$
Young tiller	9	$1.90 \pm 0.23a$	$6.2 \pm 1.15a$	$0.33 \pm 0.08a$

Ongeveer 70 % van de schade wordt veroorzaakt door de larven in het vierde larvale stadium (Kher, et al., 2011). De hoeveelheid bladoppervlakte die een larve consumeert varieert binnen de wetenschappelijke literatuur. Buntin et al. (2004) vonden een sterke correlatie tussen de hoeveelheid bladoppervlakteverlies en het aantal larven (1997,  $r = 0.92$ ,  $n = 20$ ,  $P < 0.0001$ ; 1998,  $r = 0.93$ ,  $n = 28$ ,  $P < 0.0001$ ). Volgens Papp en Mesterhazy (1996) vreet elke larve vreet ongeveer  $2.5 \text{ cm}^2$  bladoppervlakte op, wat overeenstemt met ongeveer 10 % van de bladoppervlakte. Eén larve moet ongeveer een half blad eten om zijn ontwikkeling te voltooien.

### 1.2.2.3 Relatie graanhaantje en opbrengstverlies

In de vorige twee hoofdstukken werd enerzijds de relatie tussen bladoppervlakteverlies en opbrengst en anderzijds de relatie tussen het graanhaantje en bladoppervlakteverlies. Met deze gegevens kan men zo de link maken van graanhaantjes naar bladoppervlakteverlies en naar opbrengstverlies, of dus kortweg graanhaantjes en opbrengstverlies.

Zoals reeds aangegeven in Tabel 8 varieert zowel het opbrengstverlies als bijbehorende plaagdruk sterk. Sommige auteurs laten de aangebrachte bladschade per plaagdruk achterwege en beschrijven het verband tussen het aantal graanhaantjes en opbrengstverlies. Zo vonden Gallun et al. (1967) een oogstreductie van 23 % als het vlagblad voor meer dan 90 % was aangetast door larven van graanhaantjes.

Een aantal auteurs stellen regressievergelijkingen op die in functie van het aantal larven (X) het opbrengstverlies (Y) gaat bepalen. De meeste auteurs maken geen onderscheid tussen de verschillende larvale stadia. Reisig et al. (2012) stelde echter een vergelijking op waarop gefocust werd op larven in het vierde larvale stadia. Volgens vergelijking 2 resulteert 1 larve per scheut (X) in 20.67 % oogstverlies (Y). Merk op dat deze vergelijking geen lineaire maar een tweedegraadsvergelijking is. Op de parabool zijn er dus twee nulpunten ( $x = 0$  en  $x = 2.93$ ) en een buigpunt ( $x = 1.46$ ). Deze vergelijking lijkt te impliceren dat het opbrengstverlies maximum 22.97 % kan bedragen. Eerder vermelde data lijkt dit tegen te spreken.

$$Y (\% \text{ opbrengstverlies}) = 31.41X - 10.74X^2 \quad (2)$$

Om een beeld te krijgen op de mate waarin graanhaantjes schade kunnen aanbrengen worden vier cases besproken. Bij elke case wordt er een regressievergelijking gegeven die het opbrengstverlies bij een bepaalde plaagdruk berekend. Bij de eerste case werd deze berekend op basis van de gegevens die de auteur vermelde in zijn paper. Bij de tweede en derde case werden deze door de auteur zelf besproken. Aansluitend op deze cases worden deze drie regressievergelijkingen met elkaar vergeleken. De selectie is zo gedaan dat de cases vergeleken kunnen worden. Hierdoor valt bovenstaande vergelijking buiten beschouwing.

#### **Case 1: Webster & Smith (1983)**

Webster en Smith (1983) bestudeerden in een driejarig onderzoek het effect van larven in het vierde larvale stadium op de opbrengst. Adulten (F2) werden in verschillende dichtheden uitgezet eind april tot begin mei op wintertarwe in het vijfde tot zesde bladstadium. Een maand later werden het aantal larven geteld.

De resultaten (Tabel 10) tonen aan dat bij eenzelfde plaagdruk (larven per scheut) de opbrengstverliezen kunnen variëren. Dit heeft onder andere te maken met de mortaliteit van de uitgezette adulten en het verschil in ovipositie. Dit uit zich in een variërende verhouding van larven per scheut per uitgezette adult (Webster & Smith, 1983).



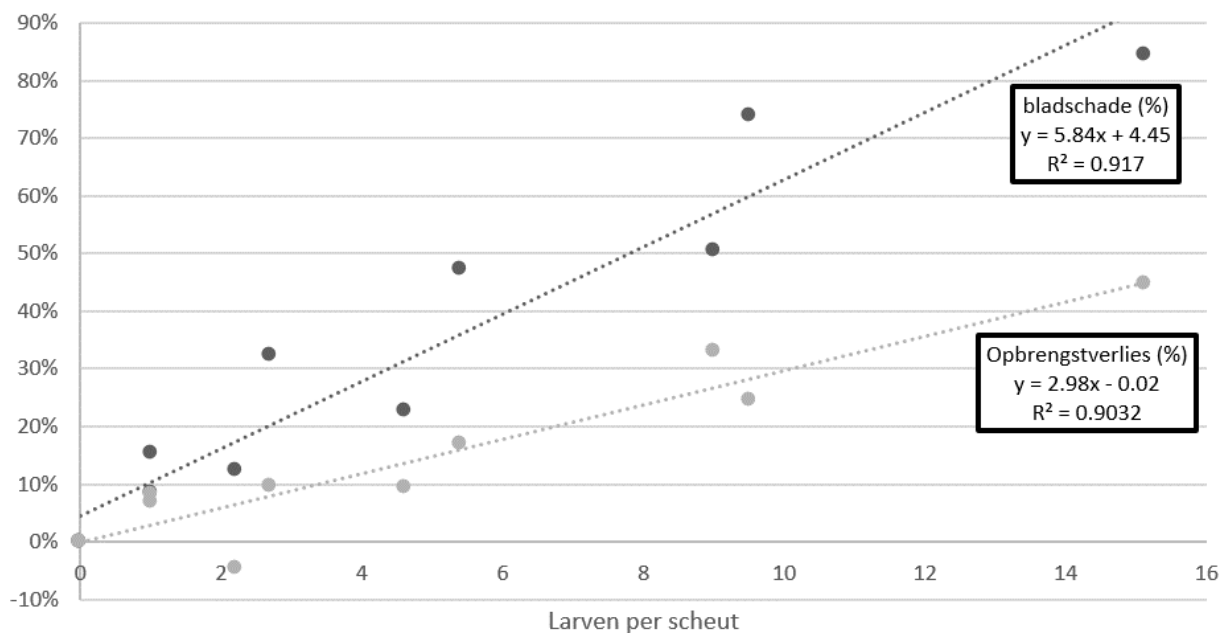
Tabel 10: Uitgezette larven per m<sup>2</sup>, larven per scheut, verhouding, aangebrachte schade (%) en opbrengstverlies tegenover de controlegroep (g) bij vier populatiedichtheden bij drie jaar (Webster & Smith, 1983)

	Uitgezette Adulten/m <sup>2</sup> (a)	Larven per scheut (b)	Verhouding (b/a)	Schade vlagblad (%)	Opbrengst (g/m <sup>2</sup> )	Opbrengst- verlies (%)
1977	0	0		0	469.00	-
	54	5.4	0.10	47.4	388.80	17.1
	108	9.5	0.09	74.0	353.16	24.7
	216	15.1	0.07	84.5	257.95	45.0
1978	0	0		0	382.00	-
	54	2.2	0.04	12.5	399.19	-4.5
	108	4.6	0.04	22.7	344.95	9.7
	216	9.0	0.04	50.6	255.94	33.0
1979	0	0		0	588.00	-
	54	1	0.02	8.6	547.43	6.9
	108	1	0.01	15.6	538.61	8.4
	216	2.7	0.01	32.6	529.79	9.9

Via regressieanalyse van de data werden twee vergelijkingen bekomen die een verband geven tussen het aantal larven per scheut (X) en de aangebrachte bladschade (Y) (3) en opbrengstverlies (Y) (4) (Figuur 27). Beide vergelijkingen kunnen gebruikt worden om in te schatten wat het oogstverlies is bij een bepaald aantal vastgestelde larven per scheut. Bij een plaagdruk van 1 larve per scheut kan men volgens deze vergelijking een opbrengstverlies van 2.96 % en een bladschade van 10.2 % verwachten (Webster & Smith, 1983).

$$Y (\% \text{ vlagbladschade}) = 5.84x + 4.45 \quad (3)$$

$$Y (\% \text{ opbrengstverlies}) = 2.98x - 0.02 \quad (4)$$



Figuur 27: Regressieanalyse van de resultaten uit de studie van Webster en Smith (1983) met aangebrachte bladschade (% , donker grijs) en het opbrengstverlies in vergelijking met de controlegroep (% , licht grijs)

### Case 2: Ulrich et al. (2004)

Ulrich et al. (2004) baseerde zich op oogst- en plaaggegevens van wintertarwe in 1995 tot 1997 in Polen. De auteurs werken in hun onderzoek met de formule weergegeven in vergelijking 5 ( $r^2 = 0.615$ ). De auteurs stelden in hun onderzoek een oogstverlies vast die varieerde tussen 0.5 tot 3 %. Men dient echter rekening te houden met het feit dat het in deze case gaat om een Europese studie. Zoals besproken in hoofdstuk 1.1.2.6 is er niet zozeer een verschil in de populaties op de twee continenten maar is er eerder een verschil in de aanwezigheid van natuurlijke vijanden (hoofdstuk 1.1.5). Dit is dan ook een mogelijke verklaring waarom deze vergelijking lager is dan die van Buntin et al. (2004).

$$Y (\% \text{ opbrengstverlies}) = 5.56X - 1.06 \quad (5)$$

### Case 3: Buntin et al. (2004)

Buntin et al. (2004) beschreven de opbrengstverliezen in functie van het aantal larven per scheut en de mate van ontbladering van het vlagblad. In Tabel 11 worden oogstverliezen weergegeven van data uit Georgia en Alabama. Ontbladering varieerde tussen 0 en 42.9 % wat overeenkwam met een opbrengstverlies van 0 % en 8.4 %. Het grootste opbrengstverlies (16.1 %) correspondeerde met een ontbladering van  $16.1 \pm 7.0$  % en een piek aantal larven van  $0.67 \pm 0.06$  per scheut. Op basis van deze resultaten stelden de auteurs een regressievergelijkingen op. Deze kan men terugvinden in vergelijking 6 ( $r^2=0.56$ ,  $F = 17.5$ ,  $P = 0.0009$ ). Bij het waarnemen van gemiddeld één larve per scheut bekomt men dus een schadebeeld van 12.65 % verlies.

$$Y (\% \text{ opbrengstverlies}) = 11.64X + 1.01 \quad (6)$$

Tabel 11: Aantal larven per scheut, vlagblad ontbladering (%) en opbrengstverlies (Buntin, et al. 2004)

Year	State	Larvae per stem		Defoliation (%)	Yield loss	
		Peak	6-8 DAT <sup>a</sup>		kg/ha	%
1995	GA	0	0	—	0	0
		$0.84 \pm 0.12$	$0.36 \pm 0.16$	—	-98	-2.8
1995	AL	0	$0.02 \pm 0.01$	—	0	0
		$0.19 \pm 0.04$	$0.15 \pm 0.03$	—	311	8.7
1996	GA	$0.01 \pm 0.01$	$0.01 \pm 0.01$	—	0	0
		$1.05 \pm 0.15$	$0.57 \pm 0.28$	—	375	8.7
1996	AL	$0.01 \pm 0.01$	$0.01 \pm 0.01$	$0.2 \pm 0.1$	0	0
		$0.17 \pm 0.07$	$0.17 \pm 0.07$	$6.7 \pm 1.6$	106	2.0
		$0.31 \pm 0.15$	$0.31 \pm 0.15$	$15.0 \pm 5.3$	-21	-0.4
1997	GA	0	0	$0.2 \pm 0.2$	0	0
		$0.12 \pm 0.03$	$0.12 \pm 0.03$	$3.7 \pm 1.9$	63	3.7
		$0.37 \pm 0.18$	$0.37 \pm 0.18$	$10.7 \pm 4.9$	378	10.7
		$0.67 \pm 0.06$	$0.67 \pm 0.06$	$16.1 \pm 7.0$	491	16.1
1997	AL	$0.02 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$	0	0	0
		$0.15 \pm 0.04$	$0.15 \pm 0.04$	$7.5 \pm 1.9$	663	13.7
1998	GA	0	0	$1.0 \pm 0.2$	0	0
		$0.17 \pm 0.07$	$0.17 \pm 0.07$	$12.8 \pm 5.0$	133	3.7
		$0.81 \pm 0.09$	$0.62 \pm 0.11$	$42.9 \pm 6.9$	302	8.4

#### Case 4: Ihrig et al. (2004)

Een vierde case behandelt de studie van Ihrig et al. (2001). Er werd onderzoek gedaan naar de relaties tussen de eitjes en larven (vierde larvale stadium) van graanhaantjes en de ontbladering van wintertarwe. Het onderzoek werd uitgevoerd in velden in North Carolina en Virginia.

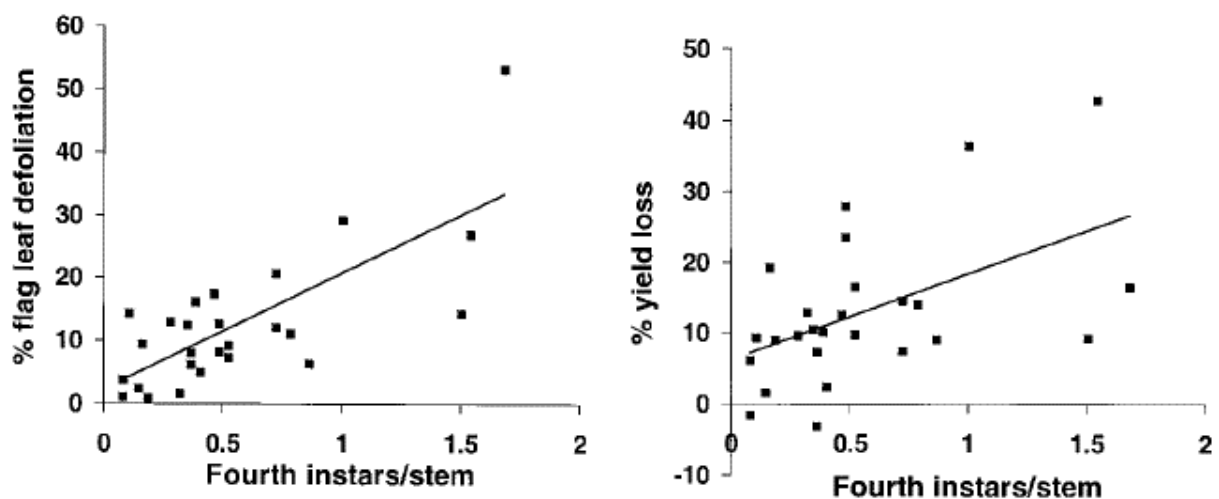
In het onderzoek van drie jaar werden op 26 verschillende velden met wintertarwe data verzameld. Bij metingen werden de aantallen larven en eitjes geteld. Per meting werden er 10 larven ingedeeld in larvale stadia op basis van de kopbreedte. Om binnen de proefvelden variaties in populatiedichtheden te creëren werden een aantal veldjes behandeld met lambda-cyhalothrin.

Het verband tussen het aantal eitjes per scheut en het aantal larven in het vierde larvale stadium werd reeds besproken in hoofdstuk 1.1.2.2 ( $y = 0.36x - 0.01$ ;  $r^2 = 0.79$ ). De data resulteerde echter in nog twee andere verbanden. Het eerste is dat tussen het aantal larven in het vierde larvale stadium per scheut (X) en het percentage ontbladering van het vlagblad (Figuur 28 links en vergelijking 7). Volgens deze vergelijking ( $r^2 = 0.60$ ) kan men bij een plaagdichtheid van 1 larve per scheut 21.53 % vlagbladontbladering verwachten.

Daarnaast stelde de auteurs een regressievergelijking die het opbrengstverlies in functie van het aantal larven in het vierde larvale stadium per scheut stelt. Deze vergelijking (8) ( $r^2 = 0.26$ ) indiceert echter een zwak verband. De auteurs verklaren dat dit laag verband vermoedelijk tot stand is gekomen door externe invloeden op de proef.

$$Y (\% \text{ ontbladering vlagblad}) = 20.29x + 1.34 \quad (7)$$

$$Y (\% \text{ opbrengstverlies}) = 11.74x + 6.51 \quad (8)$$



Figuur 28: Percentage vlagblad ontbladering (Y, %) (links) en percentage opbrengstverlies (rechts) in functie van het aantal larven in het vierde larvale stadium per scheut (X) (Ihrig, Herbert, Van Duyn, & Bradley, 2001)

## Vergelijking van de vier cases

Een aandachtige lezer zal opgemerkt hebben dat het percentage aangebrachte schade per individu aanzienlijk kan verschillen. Een overzicht van de regressievergelijkingen werd opgemaakt in Tabel 12 met enkele ingevulde waarden. Deze tabel is de basis om een reflectie te maken bij de proefresultaten. Zoals zal worden besproken in hoofdstuk 1.4.2 is de hoeveelheid opbrengstverlies dat één plaagindividu realiseert een basiselement voor het berekenen van een schadedrempel.

Uit onderstaande tabel ziet men dat volgens vergelijking zes van Buntin et al. (2004) een enkel plaagindividu vier keer zoveel opbrengstverlies realiseert als bij vergelijking vier van Webster en Smith (1983). Afhankelijk van welke regressievergelijking men gebruikt zal men dus een andere schadedrempel bepalen.

Stel dat de schadedrempel overeenkomt met 25 % opbrengstverlies, dan zal men volgens de data van Webster en Smith (1983) een schadedrempel van 8.40 larven per scheut vastleggen. Met de data van Buntin et al. (2004) zal de schadedrempel op 2.06 larven per scheut komen te liggen. Met deze laatste schadedrempel zal men dus sneller overgaan naar een chemische gewasbescherming. Een enkel individu brengt dan ook volgens de data van deze auteurs meer schade aan dan bij Webster en Smith (1983).

Tabel 12: Overzicht regressievergelijkingen ( $X$  = aantal larven per scheut,  $Y$  = % opbrengstverlies,  $L/S$  = larve per scheut, %OV = percentage opbrengstverlies)

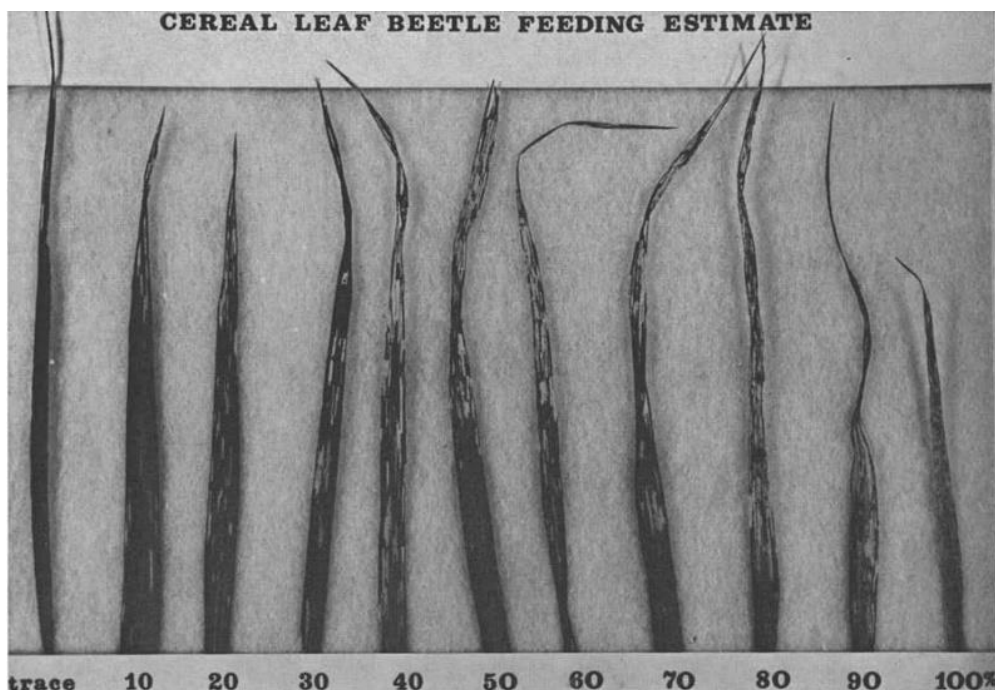
	<b>Webster &amp; Smith (1983) (Vgl. 4)</b>	<b>Ulrich et al. (2004) (Vgl. 5)</b>	<b>Buntin et al. (2004) (Vgl. 6)</b>	<b>Ihrig et al. (2001) (Vgl. 8)</b>
<b>Locatie</b>	Amerikaans	Europees	Amerikaans	Amerikaans
<b>Vergelijking</b>	$Y = 2.98X - 0.02$	$Y = 5.56X - 1.06$	$Y = 11.64X + 1.01$	$Y = 11.74X + 6.51$
<b>1 L/S (X=1)</b>	2.96	4.50	12.65	18.25
<b>2 L/S (X=2)</b>	5.94	10.06	24.29	29.99
<b>5 L/S (X=5)</b>	14.88	26.74	59.21	65.21
<b>10 %OV (Y=10)</b>	3.36	1.99	0.77	0.30
<b>25 %OV (Y=25)</b>	8.40	4.69	2.06	1.57
<b>50 %OV (Y=50)</b>	16.79	9.18	4.21	3.70

### 1.2.3 Schade bij andere gewassen?

In de vorige twee hoofdstukken werd er voornamelijk gehandeld over de schade in tarwe. Zoals besproken in hoofdstuk 1.1.4 komt het graanhaantje ook voor op andere (graan)gewassen. In Tabel 8 staan dan ook naast tarwe ook gerst, haver en maïs vermeld.

Aan de hand van het onderzoek van Wilson et al. (1969) wordt er even gekeken naar wat de schade is bij haver en welke vergelijking er met de eerder besproken conclusies gemaakt kunnen worden. Het bespreken van dit artikel levert niet alleen een inzicht in de schade bij haver maar ook bij het schadeverschil bij de verschillende larvale stadia en verschillen bij omgevingstemperatuur.

De auteurs analyseerden in een driejaar durende studie de schade bij verschillende populatiedichtheden, temperaturen en larvale stadia op haver. Op Figuur 29 kan men de gradaties van aangebrachte schade terugvinden.



Figuur 29: Indeling schade aangebracht door *O. melanopus* op haver (Wilson, et al., 1969)

Als 98 % van de larven aan het verpoppen waren werden 20 scheuten beoordeeld volgens deze percentages. Per scheut werden de vijf bladeren per plant geanalyseerd. Vervolgens werd het gemiddelde van de 100 bladeren genomen. Uit de resultaten kan men dezelfde conclusies trekken als besproken in het vorig hoofdstuk. Zo is te zien in Tabel 13 is ook bij haver de grootste aangebrachte schade het grootst bij het vierde larvale stadia. Bij een temperatuur van 26 °C was de cyclusduur 8 dagen en bij een temperatuur van 21 °C was dit 12 dagen. Het totaal aantal geconsumeerde bladoppervlakte verschilt slechts weinig bij de twee temperaturen. Deze waarden zijn hoger dan de vermelde waarden in hoofdstuk 1.2.2.2. Daar wordt er immers gesteld dat elke larve 250 mm<sup>2</sup> bladoppervlakte moet consumeren om de larvale cycli te doorlopen.

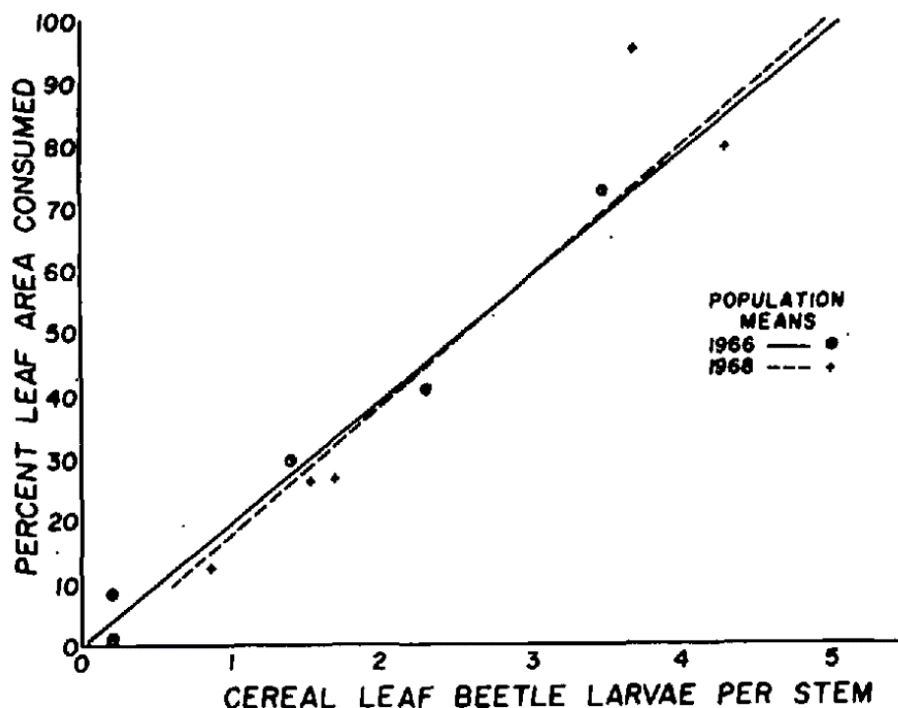
Tabel 13: Hoeveelheid geconsumeerde bladoppervlakte (mm<sup>2</sup>) bij twee temperaturen (°C) en per larvaal stadium (I – IV) (Wilson, et al., 1969)

Instar	Leaf surface area consumed at			
	21°C		26°C	
	mm <sup>2</sup>	%	mm <sup>2</sup>	%
I	18.8	3.0	18.4	2.8
II	57.8	9.4	49.0	7.3
III	109.0	17.7	113.0	16.9
IV	431.0	70.0	487.9	73.0

Bij de proeven werden de dichtheden bepaald door de planten met verschillende concentraties malathion te behandelen. In de onbehandelde groep liep de beschadiging op tot 96.8 % bij 4.64 larven per scheut wat correspondeerde met een opbrengstverlies van 30.15 %.

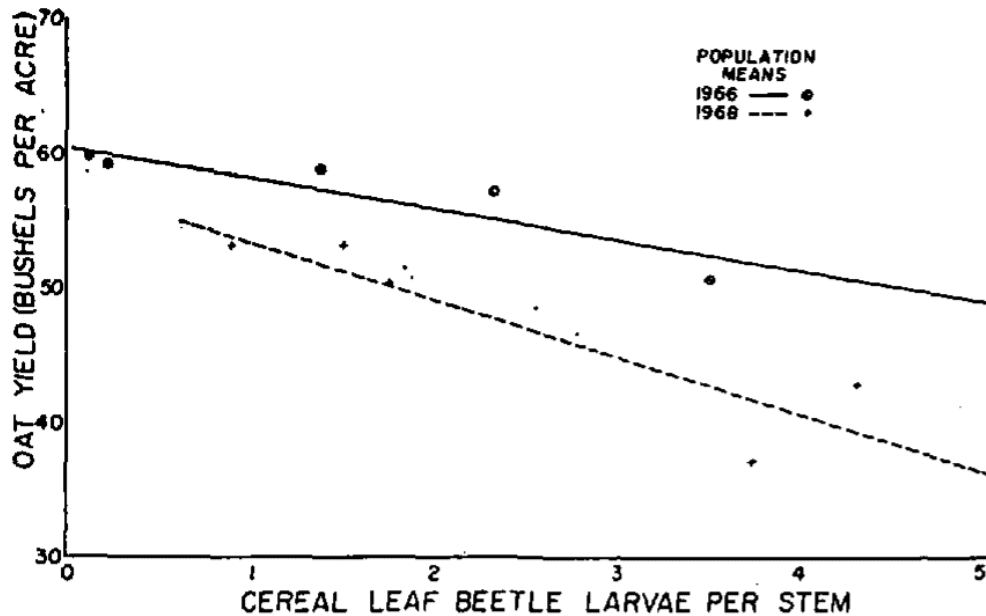
Uit de verkregen data en aangevuld met ongepubliceerde data concludeert de auteur dat een enkele larve per scheut voor de volledige ontwikkeling 20 % van de bladoppervlakte consumeert en dat 70 % van deze schade aangebracht wordt tijdens het vierde larvale stadium.

Net zoals bij de vier cases die besproken werden in het vorige hoofdstuk werd ook hier een regressievergelijking opgesteld. Al vermeld de auteur hier enkel het regressiecoëfficiënt. Voor de hoeveelheid bladbeschadiging (%) in functie van het aantal graanhaantjes (Figuur 30) bekomt de auteur in 1966 een b-waarde van 20.20 ( $r^2 = 0.99$ ) en in 1968 een b-waarde van 21.51 ( $r^2 = 0.88$ ). Dit wil zeggen dat bijvoorbeeld in 1966 de bladschade met 20.20 % steeg per larve per scheut. Dit ligt dicht bij de b-waarde van 20.29 die Ihrig et al. (2001) berekenden voor larven in het vierde stadium op tarwe (hoofdstuk 1.2.2.2).



Figuur 30: Bladbeschadiging (%) i.f.v. larven per scheut (Wilson, et al., 1969)

Eenzelfde vergelijking kan gemaakt worden voor de opbrengstverliezen. De regressielijnen op Figuur 31 hebben een b-waarde van  $-2.29$  ( $r^2 = 0.85$ ) in 1966 en  $-4.10$  ( $r^2 = 0.73$ ) in 1968. Dit wil zeggen dat per larve de opbrengst daalt met 2.29 of 4.10 bushels per acre. Rekening houdende met de opbrengstgegevens bij de controlegroep (59.3 bushels/acre 1966, 53.4 bushels/acre 1968) komt dit neer op een procentuele daling van 3.86 % in 1966 en 7.68 % in 1968. Procentueel gezien past dit bij de vergelijkingen gegeven in Tabel 12. Al tonen beide percentages aan dat ook bij andere gewassen het oogstverlies per larve kan variëren. Zo berekenden Merritt en Apple (1969) een reductie van 4.7 per larve per scheut bij haver.



Figuur 31: Opbrengst i.f.v. aantal larven per scheut (Wilson, et al., 1969)

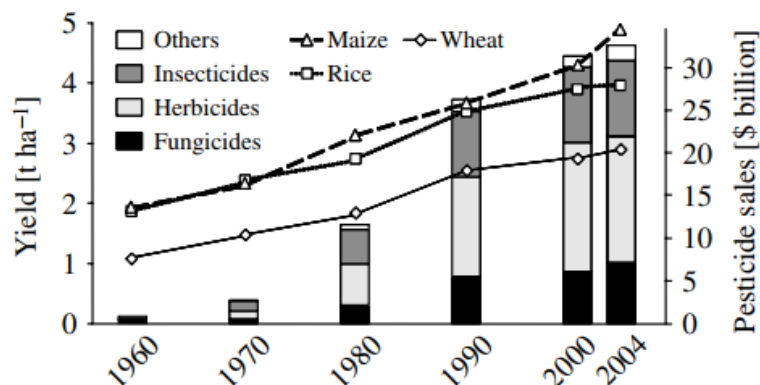
## 1.3 Plaagmanagement

Het graanhaantje kan in die mate schade aanbrengen aan een landbouwgewas dat het voor een landbouwer financieel interessant wordt om een gewasbeschermingsstrategie te ontwikkelen. Deze kan uitgaan van een chemische of biologische basis. Er kan ook gebruik gemaakt worden van de techniek die een evenwicht zoekt tussen deze tweespalt: *Integrated Pest Management* (IPM).

### 1.3.1 Integrated Pest Management

#### 1.3.1.1 Van Chemical Control naar Integrated Pest Management

In de 19<sup>e</sup> eeuw bestond het gewasmanagement voornamelijk uit een eenvoudige bemestingsstrategie en een basisteeltrotatie. In het begin van de 20<sup>ste</sup> eeuw waren chemische gewasbeschermingsmiddelen bijna onbestaande. Anorganische koperzouten en zwavelzuur waren de eerste gewasbeschermingsmiddelen die conventioneel als herbicide gebruikt werden (Hammil, et al., 2004). Als er iets positiefs voortgekomen is uit de twee wereldoorlogen dan was het de wil naar voedselzekerheid. Na (en tijdens) de tweede wereldoorlog werd er dan ook onderzoek gedaan om deze wens te garanderen. Denk bijvoorbeeld aan de ontwikkeling van Dichloordifenylothrichloorethaan (DDT) begin jaren '40. Door deze wetenschappelijke boost ontstonden er tijdens de decennia die volgden, naast teelttechnische ontwikkelingen, een groei in de gewasbeschermingssector. Zoals te zien op Figuur 32 ging de stijgende opbrengst per ha vanaf de jaren '60 er sterk op vooruit. Door deze verhoogde efficiëntie (men had meer opbrengst per m<sup>2</sup>) werd het eveneens financieel interessanter om het gewas optimaal te gaan beschermen (men kon meer kosten maken per m<sup>2</sup>). Landbouwers konden zich voornamelijk richten op de *cash crops* en de gewassen die ze nodig hadden voor de dierlijke productie op het bedrijf (Oerke, 2006; Ehler, 2006). Deze focus werd versterkt door het eerste gemeenschappelijk landbouwbeleid in 1962. Dit resulteerde in een overproductie van deze *cash crops* met een hervorming van dit landbouwbeleid in 1984 als gevolg (EEG, 1957; EC, 2016). Naast de productie steeg ook het gebruik van insecticiden, herbiciden en fungiciden aanzienlijk (Oerke, 2006; Ehler, 2006).



Figuur 32: Ontwikkeling wereldwijde gemiddelde opbrengst per ha voor tarwe, rijst en maïs en uitgaven aan gewasbeschermingsmiddelen voor de periode 1960-2004 (Oerke, 2006)



De keerzijde van de medaille bleef niet lang onzichtbaar. Reeds in het begin van de jaren '60 bracht het boek 'Silent spring' van Rachel Carson een sociale beweging in actie die op de nadelen van de chemische stoffen wees (Carson, 1962; Lytle, 2007). Het blijvend telen van eenzelfde gewas resulteerde in de typerende monocultuur met bijbehorende hoge eis van gewasbescherming. Door het grootschalig gebruik werden de nadelen meer dan duidelijk: plaagresistentie, secundaire plagen, milieuvervuiling, carcinogene eigenschappen van actieve stoffen ... Door de geopolitieke verschuiving die hiermee gepaard ging ontstond er een nieuw besef in de landbouwsector. Er ontstonden meer alternatieven die het bestrijden van een plaag proberen te realiseren met niet-chemische middelen (Ehler, 2006; Oerke, 2006). Naast biologische agrosystemen en -technieken ontstond het idee van Integrated Pest Management (IPM). Het artikel "*The Integrated Control Concept*" dat Stern et al. (1959) schreven vormt de basis voor deze benadering van plaagmanagement.

#### 1.3.1.2 IPM, what's in a name

Prokopy (2003) analyseerde zestig IPM-definities en vatte deze samen in één alomvattende definitie. IPM kan men definiëren als "*a decision-based process involving coordinated use of multiple tactics for optimizing the control of all classes of pests (insects, pathogens, weeds, vertebrates) in an ecologically and economically sound manner*". Men gaat dus verschillende gewasbeschermingstechnieken combineren om zo via een holistische benadering het gewas te gaan beschermen. Praktisch gezien heeft dit enkele implicaties:

- Men gaat meerdere plagen tegelijk gaan managen;
- Men gaat meerdere onderdrukkende technieken toepassen;
- Men gaat regelmatig het gewas monitoren, op zowel plagen als de natuurlijke vijanden;
- Men gaat pas over naar chemische gewasbeschermingsmiddelen na het overschrijven van economische schadedrempels (Ehler, 2006).

Vanuit Europa wordt IPM gepromoot in de vorm van een Richtlijn (Richtlijn (EG) Nr. 128, 2009). Hierin definieert men geïntegreerde gewasbescherming als:

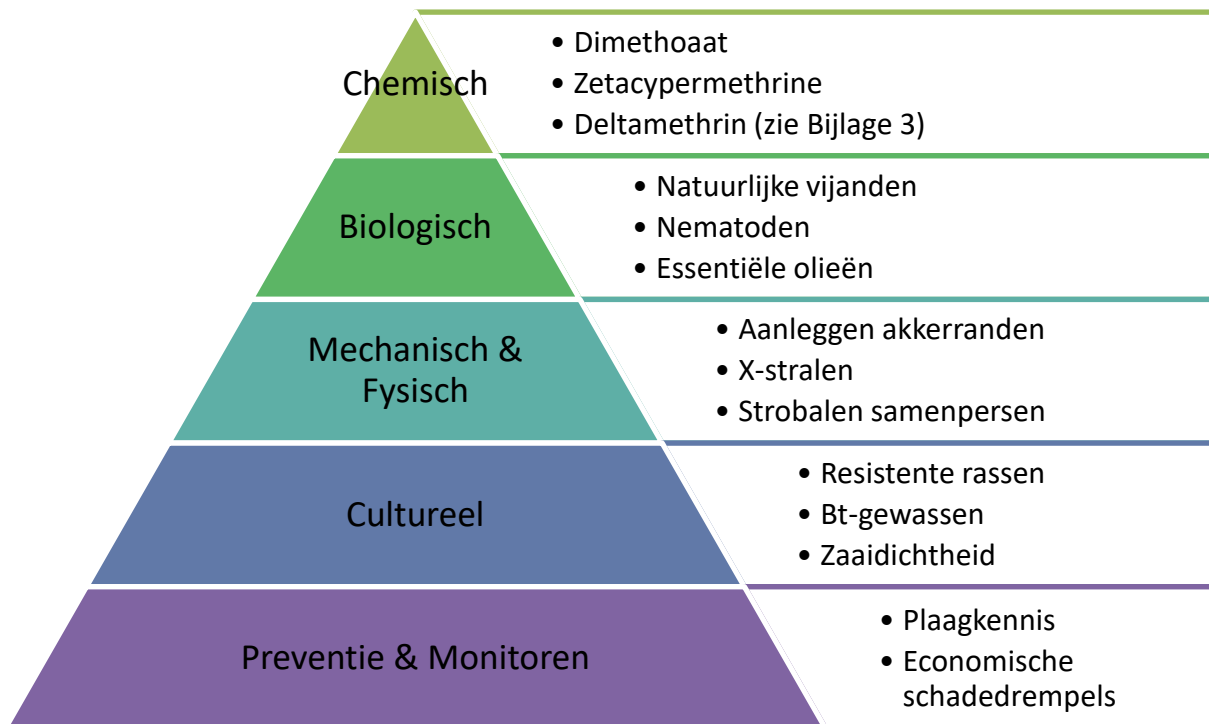
*"... de zorgvuldige afweging van alle beschikbare gewasbeschermingsmethoden, gevolgd door de integratie van passende maatregelen die de ontwikkeling van populaties van schadelijke organismen tegengaan, het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen en andere vormen van interventie tot economisch en ecologisch verantwoorde niveaus beperkt houden en het risico voor de gezondheid van de mens en voor het milieu tot een minimum beperken. Bij de geïntegreerde gewasbescherming ligt de nadruk op de groei van gezonde gewassen, waarbij de landbouwecosystemen zo weinig mogelijk worden verstoord en natuurlijke plaagbestrijding wordt aangemoedigd."* (Richtlijn (EG) Nr. 128, 2009)

Het toepassen van IPM bij graanhaantjes is een uitdaging voor landbouwers die aangenomen moet worden. In Japanse rijstteelt heeft men dit al aan den lijve ondervonden. *O. oryzae* vertoont er resistentie tegen het conventioneel gebruikte fipronil (Nakao, et al., 2012).

### 1.3.1.3 IPM voor het graanhaantje

Men kan deze definities grafisch voorstellen in een pyramide waarin men *bottom-up* een strategie gaat opstellen. In Figuur 33 wordt een, weliswaar niet exhaustief, overzicht gegeven van de mogelijke maatregelen die genomen kunnen worden in het kader van een geïntegreerde bestrijding van het graanhaantje.

In Bijlage 3 is een praktisch voorbeeld terug te vinden van een IPM-schema opgesteld door de Washington State University. Het schema start met het monitoren van het gewas. Als de drempel van 3 eitjes of larven per scheut voor het verschijnen of 1 larve per vlagblad na het verschijnen van het vlagblad dient men over te gaan naar de volgende stap. Hierbij gaat men 30 tot 50 larven vangen en de parasiteringsgraad ervan laten bepalen. Indien meer dan 75 % gearasiteerd is gaat men niet behandelen, tussen de 45 en 70 % gaat men in zones behandelen en als minder dan 40 % gearasiteerd is gaat men een veldbehandeling uitvoeren. Indien de drempel overschreden is raad men aan om in het volgende groeiseizoen stroken met haver aan te leggen om de natuurlijke vijanden aan te trekken (Robberts & Walenta, 2012).



Figuur 33: IPM-overzicht voor het graanhaantje (gebaseerd op Naranjo, 2011)

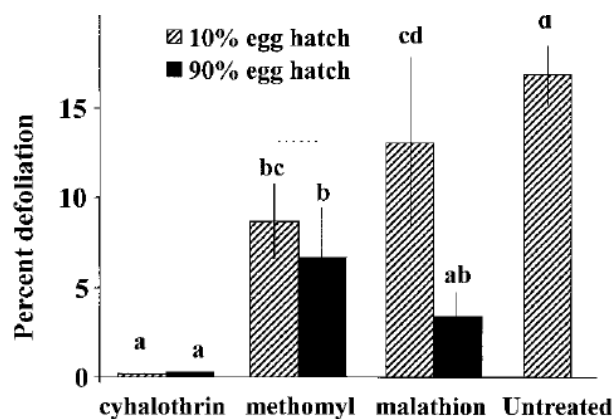
### 1.3.2 Chemische gewasbescherming

In België zijn er drie erkende actieve stoffen die ingezet kunnen worden in de chemische bestrijding van graanhaantjes. In Tabel 99 in Bijlage 4 kan men de elf erkende gewasbeschermingsmiddelen terugvinden die deze actieve stoffen bevatten. Alle producten mogen enkel in open luchtteelt toegepast worden (Fytoweb, 2018).

Chemische bestrijding van het graanhaantje worden voornamelijk in graangewassen gebruikt. Omdat de schade aan maïs beperkt blijft gaat men er vaak geen gewasbeschermingsmiddelen

voor gebruiken. In Servië werden in 2004 wel maïsvelden behandeld waarop maïszaad werd geproduceerd (Stamenkovic, 2004; Tanaskovic, et al., 2012).

Verschillende onderzoekers onderzochten het effect van actieve stoffen op graanhaantjes (Ruppel, 1974; Coats, et al., 1979; Kjaer, et al., 1998; Popov, et al., 2005, Tanaskovic, et al., 2012; Darab, et al., 2017). Zo onderzochten Buntin et al. (2004) het effect van drie actieve stoffen op de eitjes van *O. melanopus*. Anno 2018 zijn er twee hiervan (methomyl en malathion) niet meer op de Belgische markt verkrijgbaar. Cyhalothrine is dit wel (Fytoweb, 2018). Zoals te zien in Figuur 34 is het verschil tussen een goed werkende actieve stof zoals (lambda) cyhalothrin en de controlegroep aanzienlijk. Het tijdstip van applicatie is eveneens van belang. Bij (te) vroege toepassing, dit wil zeggen nadat 10 % van de eitjes reeds zijn uitgekomen, lijken methomyl en malathion niet voldoende. Malathion, die vaak gebruikt werd in de jaren '60 in de bestrijding van graanhaantjes, leek wel voldoende bescherming te bieden bij latere toepassing.

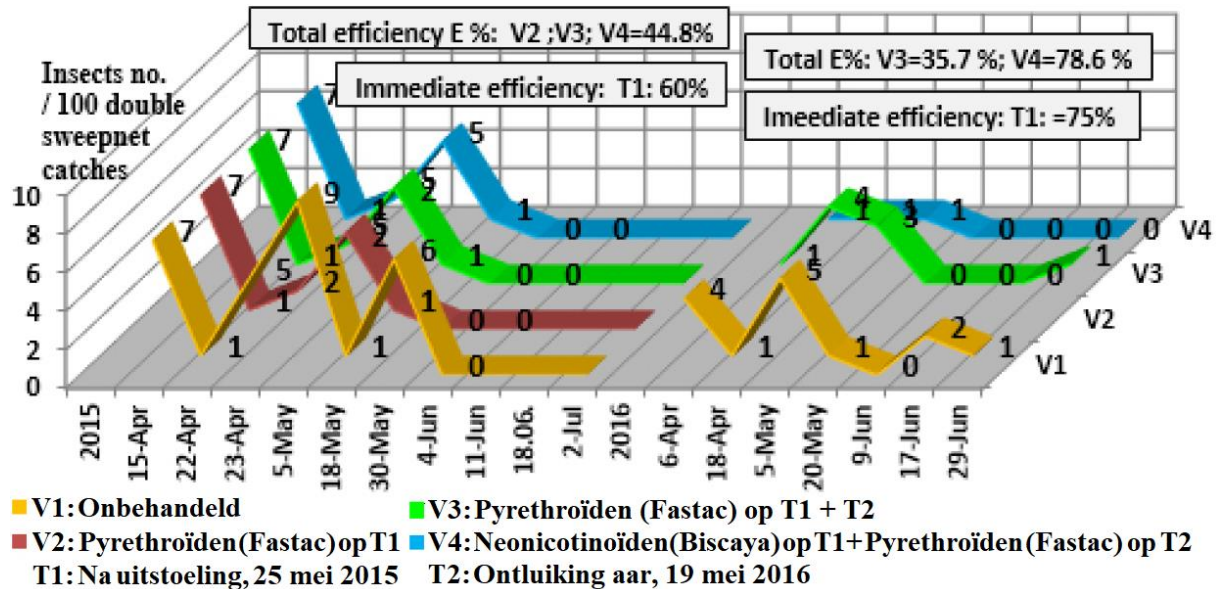


Figuur 34: Effect op ontbladering door graanhaantjes bij drie actieve stoffen en een controlegroep bij vroege (10 % egg hatch) en late toepassing (90 % egg hatch) (Buntin, et al., 2004)

Darab et al. (2017) deden in Roemenië een onderzoek naar het toepassen van pyrethroïden en neonicotinoïden op graanhaantjes. In de controlegroep (V1), zoals te zien op Figuur 35, zijn er drie pieken in de populatie graanhaantjes. Een eerste piek is te verklaren door de overwinterde adulten. De tweede en derde piek zijn vermoedelijk de larven. Het toepassen van pyrethroïden (V2) na het uitstoelen (T1) en het toepassen van pyrethroïden (V3) na uitstoelen (T1) en na het verschijnen van het vlagblad (T2) heeft geen verschil in waargenomen aantal graanhaantjes. Het behandelen met pyrethroïden op T1 en met neonicotinoïden op T2 (V4) heeft de beste werking. De totale efficiëntie, dit wil zeggen het reduceren van de populatie, lag op 78.6 % waar V3 een totale efficiëntie had van 35.7 % in 2016.

Het gebruik van neonicotinoïden en andere gewasbeschermingsmiddelen kunnen nefast zijn voor de biodiversiteit met in het bijzonder de bijen (*Bombus terrestris*) (McLaughlin & Mineau, 1995; Bengtsson, Ahnström, & Weibull, 2005). Vanuit maatschappelijke en wetenschappelijke hoek groeide het bewustzijn van de invloed van neonicotinoïden op de bijenpopulaties. Zo wees een proef op verlaagde populatiegroei en een reductie tot 85 % in het produceren van koninginnen (Whitehorn, et al., 2012).

De neonicotinoïden, die via zaadbehandeling worden toegepast, vinden zich een baan naar het stuifmeel door de systemische eigenschappen van deze actieve stoffen. Ook het stuifmeel van de behandelde planten raken zo “gecontamineerd” met de actieve stof. Recent bevestigde het *European Food And Safety Agency* (EFSA) het risico die zaadbehandelingen met clothianidin (EFSA, 2018a), imidacloprid (EFSA, 2018b) en thiamethoxam (EFSA, 2018c) vormen voor honingbijen en wilde bijen (hommels, solitaire bijen).



Figuur 35: Abundantie van graanhaantjes in 2015 en 2016 bij toepassing van insecticiden (Darab, et al., 2017)

### 1.3.3 Biologische gewasbescherming

Een alternatief op de conventionele gewasbescherming is de biologische variant. De raad van de Europese Unie definieert biologische productie als:

“...een alomvattend systeem van landbouwbeheer en levensmiddelenproductie waarbij de beste praktijken op milieugebied worden gecombineerd met een hoog niveau van biodiversiteit, de instandhouding van natuurlijke hulpbronnen, de toepassing van strenge normen op het gebied van dierenwelzijn en een productie die is afgestemd op de voorkeur van bepaalde consumenten voor producten die worden vervaardigd met natuurlijke stoffen en procedés” (Verordening (EG) Nr. 834, 2007).

In het kader van een biologische gewasbeschermingsstrategie tegen het graanhaantje is vooral het behouden van biodiversiteit van belang. Insecticiden gaan immers incidenteel andere organismen gaan bestrijden, waaronder ook een aantal natuurlijke vijanden van plagen. Daarom worden “voor het voorkomen van schade door plagen (...) vooral vertrouwd op de bescherming van natuurlijke vijanden, de keuze van soorten en rassen, op vruchtwisseling, teelttechnieken en thermische processen” (Verordening (EG) Nr. 834, 2007). Wat niet wil zeggen dat er geen insecticiden mogen gebruikt worden. Indien een bedreiging van het gewas is vastgesteld mogen een aantal, weliswaar via een selectieprocedure goedgekeurde, gewasbeschermingsmiddelen gebruikt worden (Verordening (EG) Nr. 834, 2007; Verordening (EG) Nr. 889, 2008). Er is

echter overlapping met het biologisch model en het IPM-model. De niveaus onder het biologisch niveau op Figuur 33 kunnen in principe ook tot de biologische beheersing van de plaag gerekend worden.

Een eerste biologische gewasbeschermingsmethode is het inzetten van natuurlijke vijanden. In Hoofdstuk 1.1.5 werden de natuurlijke vijanden van het graanhaantje reeds besproken. Deze kunnen strategisch ingezet worden om de verspreiding en het aanbrengen van schade door het graanhaantje te beperken. Zo werden *A. flavipes* ingevoerd uit Frankrijk en Joegoslavië naar Michigan en Indiana in 1966 en 1967 (Maltby, et al., 1971). De introductie van de soort was succesvol. In 1974 werd *A. flavipes* spontaan teruggevonden in de Oostelijke staat Maryland (Barbosa, et al., 1993). Een andere maatregel waren het introduceren van *D. temporalis*, *L. curtus* en *T. julis* in Michigan in de periode van 1968-1971 (Stehr, et al., 1974). Van 1974 tot 1981 werden deze drie uitgezet in Maryland omwille van de toenemende dispersie van het graanhaantje (Barbosa, et al., 1993).

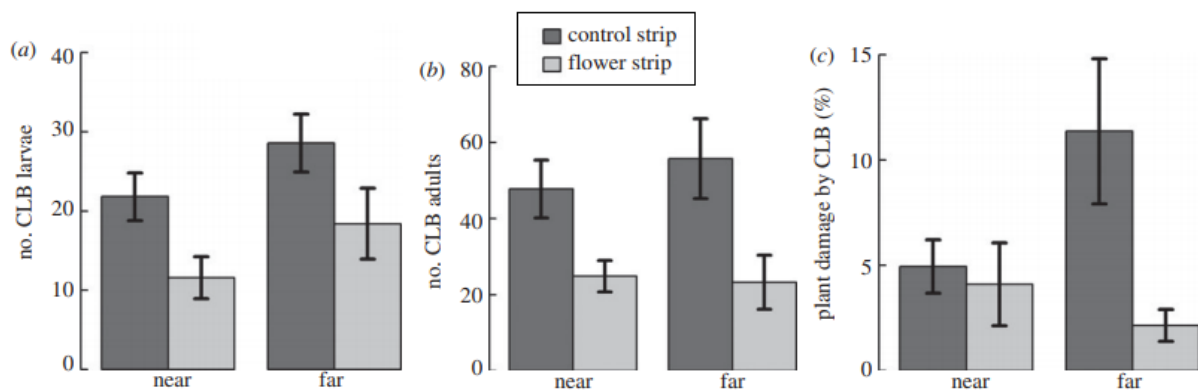
Het gebruik van nematoden is eveneens een mogelijkheid. Laznik et al. (2010a) beschreven voor drie *Steinernema* spp. het effect op graanhaantjes. Met *S. carpocapsae* behaalde men een mortaliteitsgehalte van 96 % bij overwinterde graanhaantjes. In Slovenië is deze techniek reeds beschikbaar in een commerciële vorm. Het product Entonem, met actieve component *S. feltiae*, kan mortaliteitsgraden van 100 % behalen. Al is de efficiëntie van het product sterk afhankelijk van temperatuur. Het product wordt via een oplossing als bladtoepassing gebruikt (Koppert, 2018). Het gebruik van deze nematoden zou een volwaardig alternatief zijn voor chemische gewasbeschermingsmiddelen (Laznik, et al., 2010b; Laznik, et al., 2012).

Een tweede mogelijkheid is de applicatie van essentiële oliën. Zarabuva et al. (2014) de mogelijkheid voor het inzetten van essentiële oliën van *Citrus sinensis* (sinaasappel) voor het beschermen van tarwe tegen het graanhaantje. Deze olie bestaat voornamelijk uit d-limoneen, alpha-pineen, myrceen en linalool. De olie werkt niet tegen de adulten maar wel tegen de larven. Na één uur blootstelling was er een mortaliteit van  $12.5 \pm 4.3$  %. Na 24 u en na 48 u lag dit op  $42.5 \pm 8.3$  en  $85.0 \pm 5.0$ . Door de lage toxiciteit en de beperkte negatieve impact op het milieu vormen deze essentiële oliën een veelbelovend alternatief.

#### 1.3.4 Mechanische en fysische gewasbescherming

Het aanleggen van akkerranden met bloemstroken kan voordelig zijn in het managen van graanhaantjes. Tschumi et al. (2015) onderzochten in een Zwitserse studie het effect van bloemstroken bij wintertarwe op graanhaantjes en op bijbehorende natuurlijke vijanden. De aangelegde drie meter brede bloemranden bevatte onder meer *Anethum graveolens* L. (Apiaceae, dille), *Anthemis arvensis* L. (Asteraceae, valse kamille), *Anthriscus cerefolium* (L.) Hoffm. (Apiaceae, echte kervel), *Centaurea cyanus* L. (Asteraceae, korenbloem), *Coriandrum sativum* L. (Apiaceae, koriander), *Fagopyrum esculentum* Moench (Polygonaceae, boekweit) en *Papaver rhoeas* L. (Papaveraceae, grote klaproos).

In wintertarwepercelen met bloemenranden waren er 40 % minder larven ten opzichte van wintertarwepercelen met wintertarwe randen (Figuur 36, a). Verder weg van de rand stegen de larven in aantal in zowel de controle als de bloemenrand strook. Zowel dicht en ver van de rand is het aantal larven met een bloemenstrook lager dan in de controlegroep. Het aantal larven werd zo van  $0.50 \pm 0.05$  larven, wat boven de vooropgestelde schadedrempel van 0.40 larven, teruggebracht naar  $0.30 \pm 0.05$  larven per scheut. Eenzelfde tendens is te vinden bij het aantal adulten (Figuur 36, b). Het aantal adulten daalt met 53 % in bloemenranden ten opzichte van de controle. Opmerkelijk is de verlaging in gewasschade (Figuur 36, c). Op een afstand van 20 m van de rand werd een reductie van 61 % waargenomen. Het aantal natuurlijke vijanden nam eveneens toe wat een eerste verklaring is voor het succes van deze bloemenranden. Een tweede verklaring is het gericht samenstellen van de bloemenranden in functie van de graanhaantjes en hun natuurlijke vijanden (Tschumi, et al., 2015).



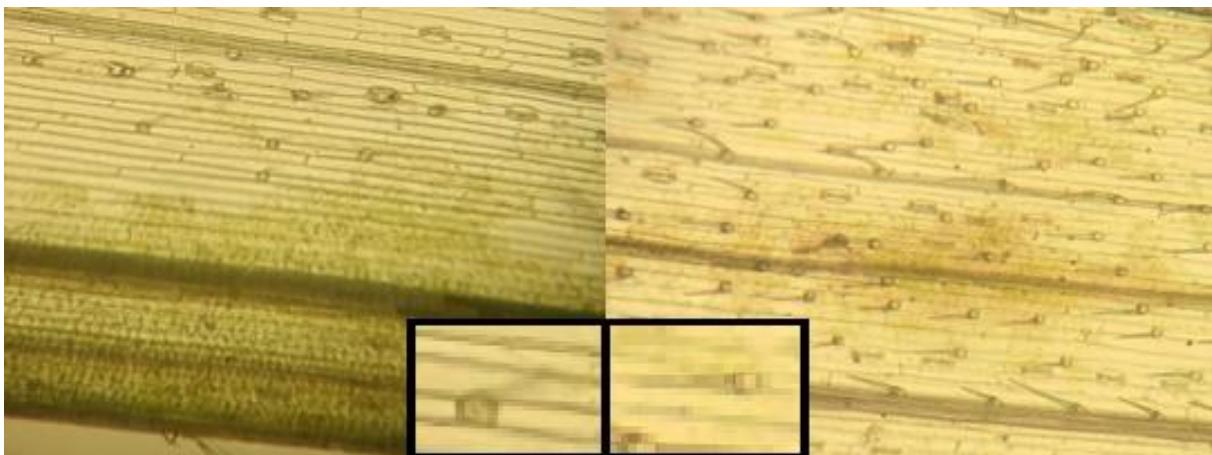
Figuur 36: Effect van bloemenstroken op twee afstanden (near = 0.5 – 10.4 m van rand, far = 10.5-20.4 m van rand) op het aantal larven (a), adulten (b) en toegebrachte schade (%) van graanhaantjes (Tschumi, et al., 2015)

Naast mechanische technieken bestaan er eveneens fysische technieken. Hierbij worden natuurlijke krachten (zoals bijvoorbeeld warmte, druk, radiatie...) benut in het nadeel van het plaagorganisme. Een voorbeeld van een fysische techniek is het bestralen van insecten met X-stralen. In Amerika werd in 1968 onderzoek gedaan naar het inzetten van met X-stralen behandelde mannelijke graanhaantjes. Deze mannetjes zouden dan onvruchtbaar worden maar wel nog in staat zijn om met vrouwtjes te paren. Hierdoor stijgt het aantal eitjes die onvruchtbaar zijn met een lager aantal larven als gevolg. Als de helft van de mannelijke populatie op een perceel met X-stralen behandeld zou worden, dan zou het aantal larven met een derde dalen. Omwille van ecologische en economische redenen is deze techniek echter niet aan te raden (Myser, 1969). De natuurlijke vijand *A. flavipes* is wel nog in staat om zich volledig te ontwikkelen in bestraalde eitjes die gelegd worden door de bestraalde vrouwtje (Barton & Stehr, 1970). Een van de mogelijkheden om exportproducten te vrijwaren van graanhaantjes is het onder compressie brengen van strobalen. Dit werd bestudeerd in het kader van export van rijststrobalen naar Japan. Larven overleven een druk van 105 kg/cm<sup>2</sup> niet. Bij adulten is de mortaliteit bij blootgestelde druk 99.8 %. In combinatie met een fumigatie kan men wel de strobalen gaan exporteren (Yokoyama & Miller, 2002).

### 1.3.5 Culturele maatregelen

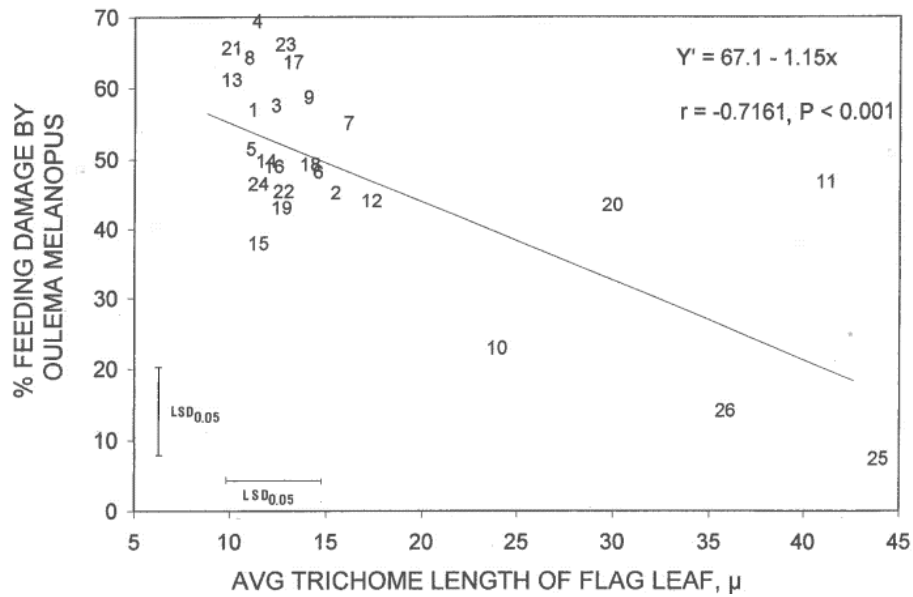
Een eerste culturele maatregel is het kiezen van een ras die resistentie vertoont tegen graanhaantjes. Deze resistentie wordt geassocieerd met de beharing van de bladeren. De hogere trichoomdensiteit zorgt ervoor dat het aantal eitjes op de planten daalt tot 94 % (Gallun, et al., 1972). Bij rassen met meer trichomen komen minder dan 10 % van de eitjes uit en slechts 20 % van de eerste larven overleven drie dagen (Schillinger & Gallon, 1968). Bij de resistente rassen vertonen de eerste larven een lager gewicht (0.41 mg tegenover 1.53 mg op niet-resistente tarwe) (Schillinger, 1969). Larven in het eerste stadium bijten de trichomen in drie fragmenten om aan het nutritionele cytoplasma te geraken. Larven in het vierde stadium consumeren 72 % van de 200  $\mu\text{m}$  grote trichomen. Sommige van de opgegeten trichomen penetreren de larve waaraan deze sterft. De poppen en adulten zijn kleiner doordat er minder voedsel werd opgenomen (Wellso, 1986).

Een dergelijk ras heeft dan bijvoorbeeld meer dan 71 trichomen/ $\text{mm}^2$  op het vlagblad tegenover 28 trichomen/ $\text{mm}^2$  bij het niet resistente ras Arthur (Gallun, et al., 1972). In Figuur 37 kan men een voorbeeld vinden van een wintertarwe cultivar met lage en hoge dichtheid trichomen. De cultivars zijn Altigo (met lage dichtheid en lange trichomen) en Alcantara (met hoge dichtheid maar korte trichomen) (Peter, et al., 1995).



Figuur 37: Trichomen van wintertarwe cultivars Altigo (Links) en Alcantara (Rechts) (Orsolya, et al., 2017)

De lengte van de trichomen heeft ook een invloed op de resistentie. Papp en Mesterhazy (1996) vonden een sterke correlatie ( $r = -0.7161$ ,  $p < 0.001$ ) tussen de lengte van de trichomen op het vlagblad en de aangebrachte schade door graanhaantjes (Figuur 38). Tussen de dichtheid van de trichomen en de aangebrachte schade bleek er geen verband te zijn ( $r = 0.0893$ ) (Papp & Mesterhazy, 1996).



Figuur 38: Verband trichoom lengte ( $\mu\text{m}$ ) vlagblad en percentage bladbeschadiging (Papp & Mesterhazy, 1996)

Dezelfde auteurs onderzochten enkele jaren eerder reeds het effect van de dichtheid en lengte van trichomen op zowel het vlagblad als het tweede en derde blad van een zaailing bij 28 wintertarwe cultivars. Bij deze cultivars varieerde de trichoomlengte van het vlagblad tussen de 8.8 en 57.2  $\mu\text{m}$ . De trichoomdichtheid varieerde van 45.7 en 108.4 trichomen/ $\text{mm}^2$ . Het tweede en derde blad van een jonge tarwe werden eveneens bekeken. De lengte varieerde tussen 90.7 en 295.0  $\mu\text{m}$  en de dichtheid tussen 5.8 en 52.9 trichomen/ $\text{mm}^2$ . De correlatiecoëfficiënten (Figuur 39) komen overeen met de eerder besproken studie. Alhoewel er een lagere dichtheid en kortere trichomen op de jonge planten voorkomen is er eenzelfde verband waar te nemen als bij het vlagblad (Papp, et al., 1992).

Parameters	Correlations with leaf-feeding damage of <i>O. melanopus</i>	
	Linear	Exponential
<b>Total trichome length, <math>\mu/\text{mm}^2</math></b>		
Flag leaf	-0.664***	-0.635***
2nd-3rd leaf	-0.673***	-0.709***
<b>Trichome density, no./<math>\text{mm}^2</math></b>		
Flag leaf	0.115	0.171
2nd-3rd leaf	-0.499*	-0.521**

Figuur 39: Correlatiecoëfficiënt tussen bladschade en trichoomlengte en -dichtheid (\*, \*\*, \*\*\* significantie met 0.05, 0.01, 0.001) (Papp, et al., 1992)

In een onderzoek naar resistentiegenen zochten Joukhadar et al. (2013) in het genoom van 134 tarwe-genotypen. De resistentiegenen werden gevonden bij broodtarwelandrassen uit Kyrgyzstan. Er werden twee QTL's (Quantitative Trait Locus) gevonden op de chromosomen 7D en 3B. De chromosomen 4B en 7B worden geassocieerd met bladbehering (Dobrovolskaya, et al., 2007; Taketa, Chang, Ishii, & Takeda, 2002). Een verband tussen de resistentiegenen en het graanhaantje moeten nog onderzocht worden.



Een mogelijkheid is het inzetten van genetisch gemodificeerde gewassen (ggo's). Meissle et al. (2012) onderzochten de gevoeligheid van Bt-mais. Deze maïs varianten bevatten genen van de bacterie *Bacillus thuringiensis* (Naranjo, 2011). Als de genen tot expressie komen worden een aantal eiwitten worden geproduceerd waaronder Cry1Ab en Cry3Bb1. De eerste werkt eerder in op Lepidoptera (vlinders) en de tweede op Coleoptera (kevers). Het werd aangetoond dat Cry3Bb1 de mortaliteit van de larven op Bt-maïsplanten meer dan verdubbelt. Doordat de larven enkel de bladepidermis en parenchym weefsel opeten, nemen ze de delen op waar het meest van de eiwitten gelokaliseerd zijn (Vilas-Bôas, et al., 2007). Buntin et al. (2004) onderzochten het effect van M-trak op graanhaantjes. Dit product bevat geëncapsuleerde Cry eiwitten (Sanahuja, et al., 2011). Deze bleek echter niet effectief te zijn tegen het graanhaantje. Een dunnere stand en late zaai zouden graanhaantjes in de hand spelen waardoor hun aantal groter zou zijn. Hierover is echter nog enige onenigheid (Buntin, et al., 2004). De periode drie weken voor de bloei is de meest kritische voor de graanopbrengst (Frederick & Bauer, 1999).

### 1.3.6 Preventie en monitoren

Kennis van een gewas met bijbehorende plagen is de basis voor een goede gewasbeschermingsstrategie. In ontwikkelingslanden zorgen Farm Fields Schools (FFS) voor reducties van chemische stoffen en het toepassen van IPM in de landbouw (Feder, et al., 2004). FFS zijn educatieve landbouworganisaties die vanuit de Verenigde Naties werden opgericht. Een doorsnee FFS brengt 25 landbouwers wekelijks samen op een veld waar er zowel conventioneel als experimenteel geteeld wordt. De landbouwers kunnen zo de meest geschikte methodes ontwikkelen (FAO, 2018). Een voorbeeld is de reductie van insecticiden met 92 % met een opbrengstverhoging van 9 % bij de rijstteelt in Bangladesh die door een FFS gerealiseerd werd (Van Den Berg & Jiggins, 2007).

Maar ook bij het graanhaantje kan kennis van de plaag leiden tot een betere gewasbescherming. Denk bijvoorbeeld aan het correct aanleggen van akkerranden of op het correcte tijdstip een perceel behandelen met een gewasbeschermingsmiddel. Het ontwikkelen van een economische schadedrempel kan hiervoor de basis vormen. Met behulp van deze drempel kan een landbouwer op het geschikte moment in actie komen. Wat wil zeggen dat hij niet te vroeg, maar ook niet te laat, insecticiden gaat toepassen (Reisig, et al., 2012).

### 1.3.7 To IPM or not to IPM?

Deze shakespeariaanse vraag kan men eenvoudig beantwoorden. Het positief antwoord op deze vraag ligt namelijk wettelijk vast. Vanuit de Europese regelgeving worden land- en tuinbouwers immers verplicht om een geïntegreerde bestrijding toe te passen (Richtlijn (EG) Nr. 128, 2009). In België gaat het NAPAN (Nationaal Actie Plan d'Action National), een taskforce die het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen moet reduceren, de implementatie van deze wetgeving verzorgen (NAPAN, 2014). De meest recentste wet dateert van 2013 (KB, 19 maart 2013).

Om de lezer een opsomming van wetteksten te besparen is het beter om vanuit wetenschappelijke hoek het gebruik van IPM te gaan motiveren. Hiervoor wordt het onderzoek van Reising et al. (2012) gebruikt. Deze onderzoekers onderzochten de werkzaamheid en waarde van profylactische en geïntegreerde gewasbescherming bij graanhaantjes in tarwe.

De auteurs schetsen dat in Amerika vaak nog profylactisch behandeld wordt. Deze benadering houdt in dat insecticiden worden gebruikt op basis van het gewasstadium. De benaderingen zijn theoretisch en zijn in de praktijk vaak inferieur aan IPM (Way & Van Emden, 2000; Bueno, et al., 2011). De hoofdreden waarom men aan het profylactisch behandelen blijft vasthouden is de relatief lage kost van de gewasbeschermingsmiddelen (Trumble, 1998).

De auteurs bestudeerden in een driejarig onderzoek het verschil van de profylactische (de kalenderbespuiting) en IPM-benadering op de kosten-batenanalyse. Bij de profylactische proefvelden werd er op een bepaald gewasstadium behandeld. Bij de IPM-proefvelden werd er chemisch behandeld vanaf het moment dat er 2.5 of meer eitjes of larven per 10 scheuten aanwezig waren op de planten. In beide gevallen werd er behandeld met lambda-cyhalothrin. Bij de IPM-velden was dit echter enkel nodig in de proefvelden in 2010 en niet in 2011. Er werden eveneens landbouwers gecontacteerd die tarwe teelde waarbij hun teelttechniek werd bekeken. Alvorens de landbouwers een behandeling uitvoerden werden op deze percelen door de auteurs de aantallen larven en eitjes geteld. Alle landbouwers behandelde met een actieve stof binnen de pyrethroïde klasse. Ook gedurende de teelt werden deze gemonitord.

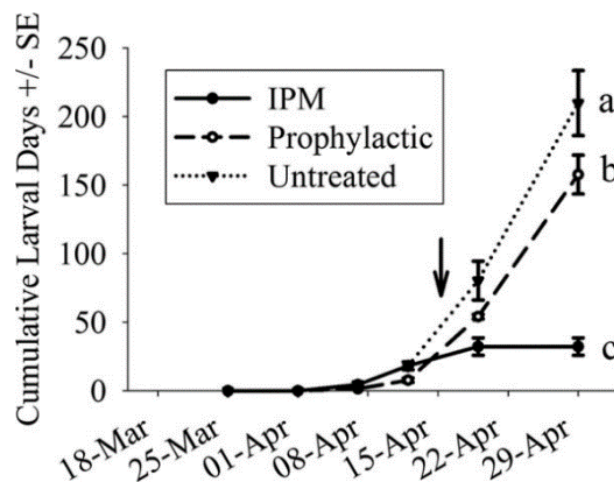
De economische benadering bestond eruit om de totale kost van de behandeling te gaan benaderen. Deze bestond uit twee delen. Het eerste deel was het opbrengstverlies. Zoals later besproken zal worden gaat het gebruik van schadedrempels enige vorm van oogstverlies tolereren. Deze kost gaat men uitdrukken in euro per ha ( $\% \text{opbrengstverlies} \times \text{opbrengst in kg per ha} \times \text{marktprijs in euro per kg}$ ). Het tweede deel is de applicatiekost per ha.

Voor de profylactische benadering werd er gerekend met een oogst van 148 bushels per hectare. De kost van graanverlies werd vastgesteld op 6 \$ per bushel. De kost voor het insecticide lag op 7.41 \$ per ha. Voor deze data werd er informeel gepolst bij verdelers van gewasbeschermingsmiddelen. Applicatiekosten zoals brandstof, gebruik van het spuittoestel, onderhoud e.d. werden niet ingecalculeerd. Deze zijn namelijk onafhankelijk van de gebruikte methode.

De totale kost voor de IPM werd op eenzelfde manier berekend. Als de larven de economische schadedrempel overschreden werd een vast opbrengstverlies percentage genomen. Via een regressievergelijking werd deze vastgepind op 7.18 %. De reden hiervoor is dat als de drempel overschreden wordt, er een behandeling volgt die bijkomende schade door graanhaantjes elimineert. Voor het volledige IPM-verhaal werden er kosten per ha voor monitoring (7.41 \$), insecticide (7.41 \$) en de applicatie ervan (14.83 \$), schade door graanhaantjes (63.77 \$) en schadeverlies door het veld te betreden ingecalculeerd. Voor deze laatste werd met de breedte van de banden gewerkt. Deze breedte werd vermenigvuldigd met de afstand dat met de tractor

tijdens de behandeling werd afgelegd. Op deze oppervlakte hield men rekening met een opbrengstverlies van 100 %. Door deze oppervlakte te vermenigvuldigen met de prijs per hectare komt men op een bedrag die een indicatie geeft van deze schade. Als er behandeld werd in gewasstadia waarin betreding geen effect heeft op de oogst, werd er geen rekening gehouden met deze kost.

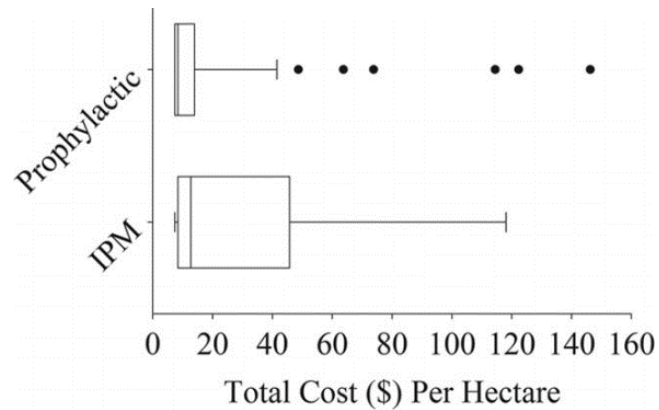
Op Figuur 40 kan men de populatiedichtheden tergvinden voor de proef in 2010. Deze grafiek drukt populatiedichtheden uit in cumulatieve larve-dagen. Deze eenheid drukt het aantal larven uit in functie van tijd. Deze figuur leert ons dat in de onbehandelde percelen de plaagdichtheden het grootst zijn. Ook bij de profylactische benadering zijn de plaagdichtheden aanzienlijk hoger.



Figuur 40: Gemiddeld cumulatieve larve-dagen in 2010, verticale lijnen duiden stdv. aan en de a, b en duiden verschillende gemiddelden aan berekend via de Tukey test (Reisig, et al., 2012)

De oogst per ha verschilde slechts weinig tussen beide benaderingen. Bij het vochtgehalte was er wel een hogere waarde bij de IPM-benadering dan bij de profylactische. In 2010 werd de schadedrempel bij de profylactische op 9 % en bij de IPM-velden op 44 % overschreden. In 2011 lag dit op respectievelijk 0 % en 16 %.

Op Figuur 41 worden de waargenomen kosten per benadering weergegeven. In 75 % van de waargenomen profylactische cases zijn de kosten van de behandeling kleiner dan in 50 % van de IPM-cases. Bij deze laatste is er dan ook een grotere spreiding in de kosten per ha. Dit is mogelijk te verklaren in de grote diversiteit aan mogelijke behandelingsopties binnen het IPM-kader. De gemiddelde kost bij profylactische behandeling lag op 18.72 \$ en bij de IPM 39.44 \$. In enkele gevallen bleek de profylactische behandeling niet voldoende waardoor behandelingen herhaald moeten worden. Hierdoor kan de behandelingskost sterk oplopen.



*Figuur 41: Totale kost (\$) per ha om het graanhaantje te managen volgens de IPM en profylactische methode, de whiskers van de boxplot duiden de 10% en 90 % grens aan (Reisig, et al., 2012)*

Hoewel op korte termijn de kost voor de IPM-benadering groter is (Figuur 41) dan bij de profylactische, wordt op lange termijn de plaag beter onder controle gehouden met de IPM-benadering (Figuur 40).

De hogere kost van de IPM-benadering wordt door de auteurs verklaard door mogelijke overschatting van de ingerekende kosten. Zo is de behandelingskost quasi gelijk aan de profylactische als men de schade door betreding en monitoring niet meerekent.

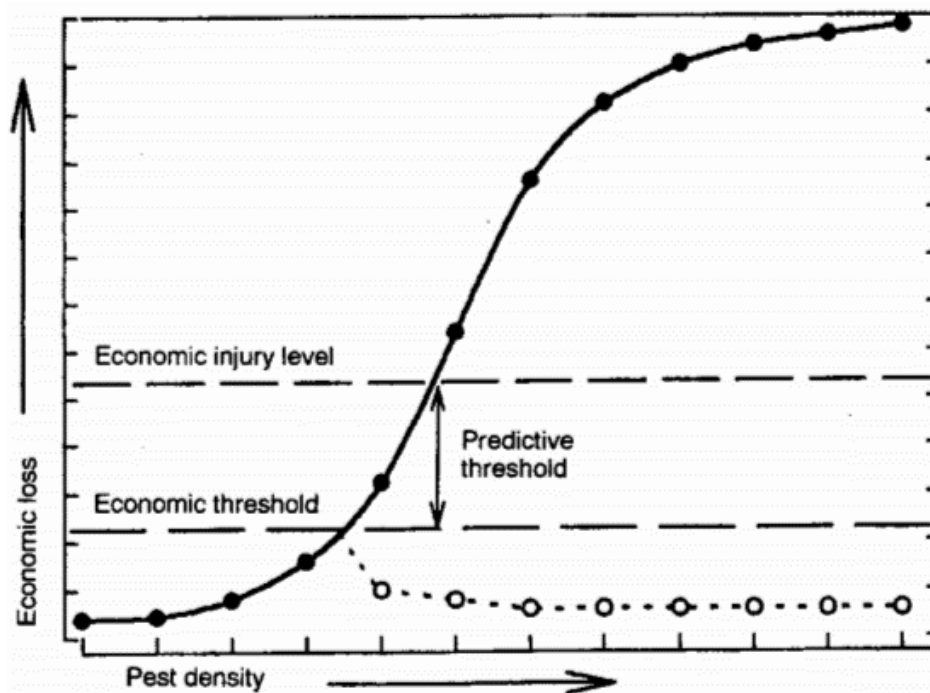
Landbouwers gaan vaak bij de profylactische benadering blijven omdat deze op korte termijn geld en tijdbesparend is. De profylactische benadering biedt de landbouwer eveneens een gevoel van zekerheid en veiligheid om een minimumopbrengst te verzekeren (Schoon & Grotenhuis, 2000). Het is eveneens het gevolg van de voorgestelde winst die volgens verkopers van gewasbeschermingsmiddelen gemaakt kunnen worden bij het gebruik van deze middelen. Naast deze vaststellingen duiden de auteurs ook op het feit dat er in dit artikel geen nadruk werd gelegd op de ecologische en socio-economische effecten die IPM heeft. De winsten op lange termijn die deze aspecten bieden kan het gebruik van IPM alleen maar bevorderen (Trumble, 1998).

## 1.4 Economische benadering

### 1.4.1 Conceptuele benadering van schadedrempels

Om binnen het kader van IPM te bepalen wanneer men overgaat naar gewasbeschermingsmiddelen kan men gebruik maken van schadedrempels. Het basisconcept van een economische schadedrempel (ESD) is een afweging van kost en opbrengst. Zoals te zien in Figuur 42 zal naarmate de plaagdruk toeneemt (x-as) de economische schade (y-as) toenemen. Als er op het kritisch moment niet gehandeld wordt (de zwarte bollen) dan kan de populatie sterk gaan uitgroeien en (hoge) economische gaan veroorzaken. Indien er wel gehandeld wordt op dit kritisch moment dan zal de plaagdruk ingeperkt worden (de witte bollen). Door het onderbreken van de levenscyclus van de plaag daalt de kans dat de plaagdruk opnieuw aanzienlijk toeneemt.

De aanwezigheid van een plaagorganisme wordt dus niet als problematisch aanzien indien deze een bepaalde populatiedichtheid niet overschrijdt (Peterson & Hunt, 2003). De basis voor deze kosten-baten analyse voor plagen werden reeds gelegd in de jaren '50 (Sten, et al., 1959). In de jaren die volgden werden, aansluitend op de plagen, schadedrempels ontwikkeld voor nematoden, pathogenen en onkruiden. Ook bij deze belagers van voedselgewassen kaderde de ontwikkeling van ESD in IPM en het beperken van gewasbeschermingsmiddelen (Norris, 1999; Sexton, et al., 2007).



Figuur 42: Concept van economische schadedrempels (Norris, 1999)

Met een ESD bepaalt men een punt waar het opbrengstverlies de kosten van de behandeling overschrijden. Hierdoor kan men de berekening van een schadedrempel opsplitsen in drie luiken: het opbrengstverlies, de kosten voor de behandeling en het zoeken naar een evenwichtspunt tussen deze eerste twee.

Het eerste wat bepaald moet worden is het oogstverlies. De opbrengst wordt gereduceerd door de verlaagde fotosynthesecapaciteit. De aangebrachte schade is afhankelijk van de plaagdruk. Een hoge plaagdruk zal een hoger opbrengstverlies veroorzaken en dus sneller de kost van behandeling overschrijden. Tijd is hier een belangrijke factor. Zo kan een bepaalde densiteit de drempel overschrijden als deze in een vegetatief stadium wordt aangetroffen zijn of net onschadelijk als deze in een afrijpingsstadium wordt aangetroffen.

Daarnaast dient de behandelingskost bepaald te worden. De kost van behandeling kan men simpelistisch gaan benaderen door hier te focussen op gewasbeschermingsmiddelen. Men kan berekenen hoeveel een veldtoepassing kost (aanschaffen product, toepassen product, gewasverlies door het veld te betreden met de tractor...). Er wordt een kostenplafond bepaald waarop de opbrengstverliezen kunnen worden afgewogen. Bij een meer gedifferentieerde kostenbenadering kan men ook de kosten met betrekking tot IPM meerekenen. Denk bijvoorbeeld aan het aanleggen van akkerranden, resistente rassen gebruiken die eventueel minder opbrengen dan een conventioneel ras of het aanschaffen van natuurlijke vijanden.

In een derde stap worden beide met elkaar in verband gebracht. Zodoende kan men stellen dat als er in een bepaalde periode een bepaald aantal individuen van de plaag worden aangetroffen, het economisch interessant is om een behandeling te gaan uitvoeren (Riley, 2004; Peterson & Hunt, 2003).

## 1.4.2 Benadering van de methode en berekening van schadedrempels

### 1.4.2.1 Wat te berekenen?

Schadedrempels kunnen breed benaderd worden waardoor er tal van ESD-soorten bestaan. Voorbeelden hiervan zijn *competition threshold*, *statistical threshold*, *predictive threshold*, *economic optimum threshold*, *predictive threshold*, *safety threshold*, *action threshold*, *no seed threshold*, *zero threshold* en de *probalistic economical injury level*. Deze drempels vertonen vaak een mate van overlapping waardoor deze termen vaak door elkaar gebruikt worden.

De verschillen bij deze benaderingen zijn voornamelijk te verklaren door het gebruik van een aangepaste basisformule en het kiezen van tijdsinterval tussen de plaagdruk die economisch schadelijk is en de plaagdruk waarop men actie neemt (Peterson & Hunt, 2003; Norris, 1999).

In de literatuur worden de twee door Stern et al. (1959) gedefinieerde benaderingen als basis gebruikt. Dit zijn het *economical injury level* (EIL) en *economic threshold* (ET).

### 1.4.2.2 De basisformule

Met het EIL wordt het punt aangegeven waarbij binnen een productiesysteem de kosten geassocieerd met de plaag gelijk zijn met de voordelen die het plaagmanagement bieden. Bij plaagpopulaties onder het EIL is het economisch niet interessant om tegen de plaag op te treden. Het EIL kan men uitdrukken in aantal plaagindividuen per plant. Theoretisch gezien bedoelt men echter een schade-index waarbij men de index terugkoppelt naar een bepaalde populatie plaagindividuen (Peterson & Hunt, 2003; Higley & Pedigo, 1993).

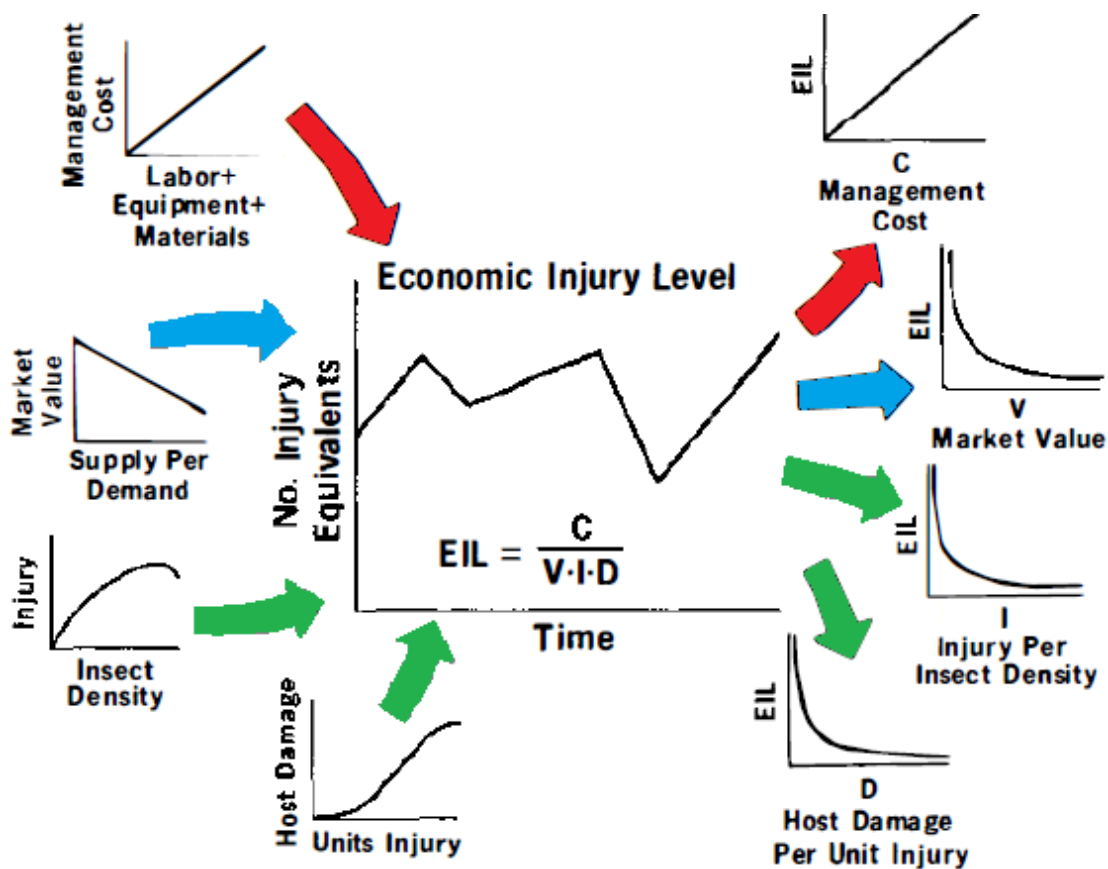
De berekening van het EIL kende de laatste decennia verschillende formuleringen. Na het beschrijven door Stern et al. in 1959 duurde het immers tot de jaren '70 voor de eerste drempels werden ontwikkeld. Wetenschappers gaven echter verschillende invulling aan de term schadedrempel (Pedigo, et al., 1986).

Voor de berekening van het EIL gaat men meestal uit van de basisformule zoals weergegeven in vergelijking 9 (Riley, 2004). Deze kan in de literatuur in verschillende vormen teruggevonden worden maar het basisprincipe blijft hetzelfde. De formule is samengesteld door vijf variabelen:

- C, management kost per productie-eenheid (Euro per plant, Euro per ha);
- V, marktprijs per productie-eenheid (Euro per plant, Euro per kg);
- D, schade per schade eenheid (kg schade per ha per schade eenheid);
- I, schade eenheden per plaaginsect (schade eenheid);
- K, proportionele reductie door schade bij management (%) (Riley, 2004).

$$EIL = \frac{C}{V \cdot I \cdot D} \quad (9)$$

In Figuur 43 kan men het volledige EIL-concept terugvinden. Ook de invloed van elke variabele op het EIL is hierin terug te vinden. Zo ziet men dat als de kost stijgt, het EIL stijgt. Als de marktprijs stijgt, daalt het EIL.



Figuur 43: Concept voor het bepalen van EIL met bijbehorende variabelen (Pedigo, et al., 1986)

## De formule

Aan de hand van een fictief voorbeeld wordt de formule duidelijk. Stel dat op een bepaalde oppervlakte het oogstverlies per plaagindividu 2 kg per plant bedraagt (combinatie van D en I), de behandeling een kost heeft van 6 euro per plant (C), het gebruikte product een efficiëntie heeft van 75 % en het product een marktprijs heeft van 16 Euro per plant (V) dan bekomt men een EIL van 0.25 plaagindividuen per plant. In de praktijk kan men dit bepalen door random 10 planten te bekijken. Als men dan op 2.5 van de 10 planten een plaagindividu tegenkomt dan is het EIL bereikt (Riley, 2004; Peterson & Hunt, 2003).

## C-waarde

De C-waarde omslaat de kost die gemaakt wordt om de plaag te gaan bestrijden. Hoe hoger deze kost, hoe lager het EIL. In de literatuur gaat men diverse invullingen geven aan de C-waarde. Zo kan men enkel de kost van het middel inrekenen. Men kan ook opteren om de toepassingskost in te rekenen of zelfs de afschrijvingen van de machines en schade aangebracht aan het gewas door het veld te betreden (Higley & Wintersteen, 1992).

Aan de C-waarde kan men ook de ecologische en sociale kost rekenen. De kost op omgevingselementen (bv. grondwater, oppervlaktewater, waterorganismen, natuurlijke vijanden) en menselijke gezondheid (bv. acute en chronische toxiciteit van actieve stoffen) kan zo ingecalculereerd worden.

Higley en Wintersteen (1992) onderzochten hoe men dit kan incalculeren in het EIL. De auteurs berekenden de kost voor zeven omgeving categorieën. Elke categorie werd een bepaald risiconiveau (hoog, gemiddeld, laag, geen) toebedeeld. De acute toxiciteit op de mens werd bijvoorbeeld beoordeeld op basis van de LD<sub>50</sub>. Er werden 1 475 voedselproducenten geënquêteerd om te bepalen in welke mate ze deze categorieën het belangrijkste vinden en welke financiële waarde de verschillende risiconiveaus hebben. Acute toxiciteit haalt zo op een  $9.44 \pm 1.37$  op een totaal van 10 van wat neerkomt op een relatieve score van 0.1362. Door deze relatieve score te vermenigvuldigen met het bedrag dat men overheeft voor een risiconiveau bekomt men de kost binnen de categorie. Een actieve stof met een lage LD<sub>50</sub> zal een laag risiconiveau toebedeeld krijgen wat een waarde heeft van 5.79 \$ en zal voor acute toxiciteit aan een kost van 0.79 \$ gekoppeld worden. Op diezelfde manier wordt er aan elke categorie een kost gekoppeld volgens risiconiveau en relatieve score. De kost van alle categorieën kunnen zo gesommeerd worden om de kost per actieve stof te gaan bepalen. Deze kost kan dan bij de C-waarde gerekend worden. Naarmate er gewerkt wordt met een meer risicovol middel zal de C-waarde hoger zijn. In Tabel 14 kan men een uitgewerkt voorbeeld vinden voor de Europese maïsboorder (*Ostrinia nubilalis*), een vlinder uit de familie van de grasmotten (Crambidae) waarvan de rups schade aanbrengt in mais. De insecticide kost varieert van 12.20 \$ naar 15.67 \$ en de omgevingskost van 2.25 \$ naar 11.52 \$. Bij de insecticiden met een hogere milieukost ligt de aangepaste EIL dan ook aanzienlijk hoger dan de conventionele (Higley & Wintersteen, 1992).



Tabel 14: Berekende EIL voor eerste generatie *O. nubilalis* in mais ( $V = 2.54$  \$/kg,  $DI = 6.51$  kg/larve/plant,  $K = 0.67$ ) (Higley & Wintersteen, 1992)

Insecticide		Cost, \$			EIL	
Common name	Trade name	Insecticide	Environmental	Total	Conventional	Environmental
<i>B. thuringiensis</i>	Dipel 10G	14.63	2.25	16.88	1.32	1.53
Carbofuran	Furadan 15G	14.47	10.76	25.23	1.31	2.28
Chlorpyrifos	Lorsban 15G	14.55	10.18	24.73	1.32	2.24
Diazinon	Diazinon 14G	15.67	8.95	24.62	1.42	2.23
Fonofos	Dyfonate 20G	14.14	11.52	25.66	1.28	2.32
Methyl parathion	Pennacp-M	15.43	10.19	25.62	1.40	2.32
Permethrin	Pounce 1.5G	12.20	8.25	20.45	1.10	1.85

Het voordeel van dergelijk model is dat men hierdoor ruimte krijgt om variaties in de andere factoren kan incalculeren. Stel bijvoorbeeld dat men te maken krijgt met temperaturen die ideaal zijn voor de plaag. Hierdoor kan de levenscyclus van de plaag zich sneller ontwikkelen en dus eventueel sneller/meer schade veroorzaken. Men kan dan bijvoorbeeld opteren om te kiezen voor een middel met een lage EIL en dus lage ecologische impact. Anderzijds kan de marktprijs van het product stijgen waardoor het financieel interessanter wordt om producten met een hogere ecologische impact te gaan gebruiken (Higley & Wintersteen, 1992).

### V-waarde

De marktprijs van het product is bepalend voor het bepalen van het EIL. Bij lage marktprijzen gaat men een hogere plaagdruk tolereren. Bij hoge marktprijzen gaat men bij een lage plaagdruk reeds ingrijpen. Voor de V-waarde neemt men vaak de gangbare marktprijs van het product (Higley & Pedigo, 1993).

De marktprijs wordt in het huidige vrije marktsysteem bepaald door vraag en aanbod. Prijzen kunnen hierdoor variëren. De V-waarde kan eveneens variëren door het speculeren in de toekomstige marktprijs, de financiële context van het gewas en seizoenpatronen in marktprijzen (Pedigo, Hutchins, & Higley, 1986). Vanuit het standpunt van de producent kan men weinig maatregelen uitvoeren om de marktprijs te beïnvloeden (Higley & Pedigo, 1993).

### D- en I-waarde

De D-waarde geeft aan hoeveel gewasschade (opbrengstverlies) er gerealiseerd wordt per schade-eenheid. Deze eenheid kan bijvoorbeeld percentage of gewicht bladverlies zijn. De I-waarde geeft aan hoeveel schade eenheden er per plaagindividu aangebracht worden.

Zo kan bijvoorbeeld een plaagindividu bij het gewas 50 gram bladmassa consumeren en kan bij het gewas 1 000 gram bladmassaverlies corresponderen met een opbrengstverlies van 3 000 gram per plant. De schade-eenheid in dit geval is het aantal gram bladmassaverlies. De D-waarde is in dit geval 3 000 gram opbrengstverlies per 1 000 gram bladmassaverlies of kortweg 3 kg per kg schade. De I-waarde is 50 gram per larve.

De D- en I- waarde worden soms samengenomen om een eenheid in aangebrachte schade per individu te bekomen. In onderzoek gaat men hiervoor proeven opstellen waarbij op

verschillende planten verschillende dichtheden van het plaaginidivdu worden uitgezet. Daarop wordt er bekeken in welke mate het opbrengstverlies hierdoor gereduceerd wordt. Zodoende stelt men een regressievergelijking op die de vorm heeft van “ $Y = a + bX$ ” waarbij Y staat voor het opbrengstverlies en de X voor het aantal plaaginidivden. De a-waarde ontstaat vaak uit ruis bij de metingen. Zodoende kan men bepalen hoeveel opbrengstverlies (Y) één individu ( $X = 1$ ) gaat realiseren (Higley & Pedigo, 1993). Voorbeelden van deze regressievergelijking werden reeds in hoofdstuk 1.2.2.3 besproken.

In het hierboven beschreven voorbeeld at één larve 0.05 kg bladmassa en was er een opbrengstverlies van 3 kg opbrengstverlies per kg bladmassaverlies. Als men beide combineert bekomt men een DI-waarde van 0.15 kg opbrengstverlies per larve. Als men 1 kg bladmassaverlies deelt door 0.05 kg bladmassa komt men uit op het aantal larven dat men nodig heeft om dit te realiseren: 20 larven. Als men de 3 kg opbrengstverlies deelt door de 20 larven die dit realiseren bekomt men een schade van 0.15 kg per larve. De combinatie van D-I is immers niets meer dan het toepassen van de regel van drie. Men kan dit voorbeeld nu ook tot een regressievergelijking omvormen:  $Y = 0 + 0.15X$ .

De D-waarde kan variëren door het tijdstip van aangebrachte schade, deel van de plant dat beschadigd wordt, type en intensiteit van de schade en omgevingseffecten die het compensatievermogen van de plant gaat remmen (Pedigo, et al., 1986). Doordat plagen op verschillende gewasstadia en omgevingsfactoren een verschillende hoeveelheid schade kunnen veroorzaken kan men de D/I-waarde hierop gaan aanpassen. Men kan opteren om verschillende EIL's op te stellen in functie van gewasstadia. Zodoende kan een model opgesteld worden waarin rekening gehouden wordt met tijd, temperatuur en plaagdruk (Peterson & Hunt, 2003; Riley, 2004).

### **K-waarde**

De K-waarde dient om de efficiëntie van het product in te calculeren. De efficiëntie duidt op de mate waarin het gewasbeschermingsmiddel de plaag gaat bestrijden. Als het gewasbeschermingsmiddel een werking van 50 % heeft zal men 0.50 als K-waarde nemen (Riley, 2004).

Een vereenvoudigde formule rekent voor K een waarde van 100 %. Door de technologische vooruitgang zijn de gewasbesbescheringsmiddelen zodanig geëvolueerd dat deze hoge werkingspercentages behalen. Zo werkt Xibei et al. (1994) met een K-waarde van 95 %.

### **Betrouwbaarheid EIL**

De basisformule voor EIL werkt met de potentiële schade aangebracht door een plaaginidivdu. Hieruit volgt de implicatie dat de potentiële schade die kan aangebracht worden door dit individu niet bereikt wordt (Higley & Pedigo, 1993).

Peterson & Hunt (2003) bestudeerden de implementatie van variatie in het EIL Deze variatie ontstaat door de biologische en economische factoren die in de EIL-formule zitten. Via

computermodellen werden EIL's voor twee plagen getest. Het softwaremodel berekende 10 000 EIL's door ad random een waarde te kiezen voor de V-, D-, I- en K-waarde binnen ingestelde grenzen. Zo lag de marktprijs voor de *Alfalfa weevil* tussen de 0.14 en 0.19 \$/kg met een ingegeven gemiddelde van 0.15 \$/kg. Deze grenzen werden bepaald door de verzamelde data met betrekking tot de plaag. De C-waarde stond vast. De resultaten (Tabel 15) tonen aan dat de grootste variantie te verklaren is door de aangebrachte schade per schade-eenheid (D) en aangebrachte schade per insect (I). De reden hiervoor is dat de aangebrachte schade per individu en het effect hiervan op de opbrengst. Zoals besproken in 1.2.2 is dit ook het geval voor het graanhaantje. De marktprijs (V) en de K-waarde verklaren slechts in beperkte mate de variantie in EIL's.

Tabel 15: *Samenvatting statistische analyse (boven) en de verklaring voor variatie in het model (onder) voor beide plagen (Peterson & Hunt, 2003)*

Output statistics	Values	
	Alfalfa weevil	Bean leaf beetle
Trials	10,000	10,000
Mean	5.35	9.82
Median	4.94	9.22
SD	2.14	10.21
SE	0.02	0.03
Skewness	14	2.18
Kurtosis	596	15.11
Range	1.98–117.39	3.88–51.86

Variable	% Contribution to variance	
	Alfalfa weevil	Bean leaf beetle
Damage per unit injury, D	72.1	54.1
Injury per insect, I	22.3	40.8
Market value, V	5.1	5
Percent control, K	0.5	0.1

#### 1.4.2.3 ET, een buitenaards begrip voor een economische term

Naast het EIL bestaat er ook een ET. Stern et al. (1959) definieert de ET als de populatiedichtheid waarbij actie moet genomen worden om te voorkomen dat de plaagpopulatie het EIL bereikt. De ET is dus het operationele niveau van het EIL. De berekening van de ET is complex omwille van de variabiliteit binnen de berekening van het EIL, de plaag- en gastheer fenologie, verschillen in populatiegroei, verschillen in aangebrachte schade per individu en de invloed van de verschillende technieken in het IPM-programma. Dit maakt dat de ET een ruwere benadering is dan het EIL (Higley & Pedigo, 1993).

De ET kan men eenvoudig bereken door het EIL te vermenigvuldigen met een bepaalde factor. Stel bijvoorbeeld dat het EIL werd vastgelegd op 10 individuen per plant. Het is geweten dat deze plaag zich zodanig voortplant dat de populatie verdubbelt per week. Als men rekent met een periode van een week tussen monitoring en behandeling dan kan men hieruit berekenen

dat als men 5 individuen per plant waarneemt, men over een week aan het EIL zal zitten. Deze 5 individuen per plant vormt zo de ET (Peterson & Hunt, 2003; Riley, 2004).. Volgens Peterson et al. (1993) is een van de gangbare benaderingen het vermenigvuldigen van het EIL met 80 %.

### 1.4.3 Praktische opstellingen van schadedrempels

Na de benadering van de algemene methodiek en de conceptuele benadering is het interessant om te bestuderen hoe schadedrempels in wetenschappelijke studies worden opgesteld. Men gebruikt hiervoor de eerder besproken formulering als een kader waaraan men zelf een invulling geeft. Deze invulling is het gevolg van de verschillen in biologie van de plagen en de gewassen waarop deze plagen zich vestigen. Om een inzicht te krijgen in de praktische invulling van dit theoretisch model worden drie cases besproken. Zodoende kan een beeld verkregen worden in hoe wetenschappers schadedrempels genereren.

Bij elke case wordt kort het proefopzet gesitueerd en de gekozen benadering voor EIL en ET besproken. Er wordt ook besproken hoe de auteurs invulling geven aan dit theoretisch model. Na het bespreken van de cases volgt een korte bespreken wat er uit deze cases kan meegenomen worden in het bepalen van de schadedrempel voor graanhaantjes.

#### 1.4.3.1 Casestudie 1: *Oulema oryzae*

De Japanse onderzoeker Koyama stelde in 1978 een schadedrempel op voor *Oulema oryzae* (Kuwayama, 1929). Dit bladhaantje is een belangrijke plaag in de rijstteelt in Noord-Japan. De auteur maakt gebruik van de termen *tolerable injury level* en *control threshold*. Deze eerste wordt gedefinieerd als het maximumschadeniveau dat praktisch geen opbrengstverlies veroorzaakt. De *control threshold* komt overeen met wat eerder als het EIL werd besproken (Koyama, 1978; Ishizaki & Isikawa, 2010).

Gedurende drie jaar werden rijstvelden bestudeerd. De cyclus van dit bladhaantje is univoltien. Van mei-juni leggen de adulten (F1) eitjes op de rijstbladeren. De larven geven de rijstplanten eenzelfde schadebeeld als kenmerkend bij de graanhaantjes. De larven verpoppen eind juni waarna de nieuwe adulten (F2) zich kort voeden op het rijstveld. Daarna zoeken ze een schuilplaats waarop ze in diapause gaan van augustus tot mei van het jaar erop (Koyama, 1978). Het *Tolerable Injury Level* werd geschat op verschillende rijstvelden waarop drie populatieniveaus (laag, medium en hoog) larven werden uitgezet. Om lage levels *O. oryzae* te bereiken werden de plots met carbaryl behandeld en om hoge levels te bereiken werden extra larven uitgezet. Vanaf juni tot juli werden aantal larven, aantal bladeren en aantal beschadigde bladeren gemonitord. Nadat de meeste larven verpopt waren werden de velden met fungiciden en insecticiden behandeld om oogstresultaten te vrijwaren van andere plaag- en ziekte invloeden. De auteurs onderzochten eveneens de link tussen aantal eitjes (uitgedrukt in ei-massa's per rijstveldje) en de aangebrachte schade. Het tellen van het aantal eitjes was te tijdrovend. In een enkele ei-massa zaten gemiddeld 10 eitjes. In Tabel 16 kan men de resultaten vinden van de studie (Koyama, 1978).

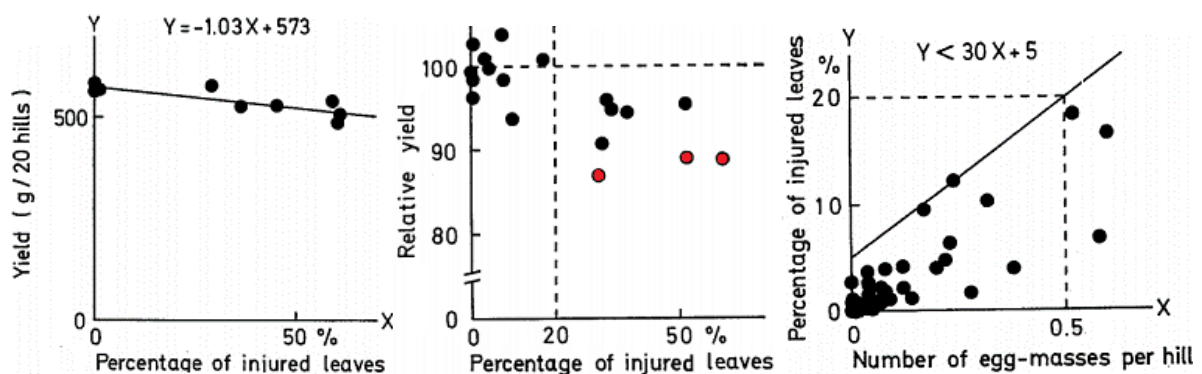
Tabel 16: Percentage beschadigde bladeren (%) en geschatte opbrengst zonder plaagschade (g/20 heuvels) (a = gemiddelde drie herhalingen, b = max. percentage beschadigde bladeren, c = relatieve opbrengst met geschatte opbrengst gelijk aan 100, d = significantie kleiner bij lage populaties, ANOVA  $P < 0,05$ ) (Koyama, 1978)

Year	Transplanted by	Mean value <sup>a</sup> at three population levels						Estimated yield without damage (g/20 hills)
		Low		Medium		High		
		A <sup>b</sup>	B <sup>c</sup>	A	B	A	B	
1975	hand	8.0	98.4	17.4	100.8	32.6	95.9	762
1975	machine	4.6	99.6	10.0	93.6	30.0	86.9* <sup>d</sup>	559
1976	hand	0.3	98.6	3.1	100.9	51.8	88.9*	569
1976	machine	0.5	96.3	7.6	103.7	33.9	94.8	519
1977	hand	0.2	99.3	37.2	94.4	60.3	88.8*	573
1977	machine	0.7	102.7	31.3	90.6	51.5	95.4	580

Om het *Tolerable Injury Level* te bepalen werden verschillende grafieken opgesteld waarop men lineaire regressie kon toepassen om zo een lineaire vergelijking op te stellen. Het eerste model (Figuur 44, links) stelt de opbrengst (gram per 20 heuvel, rijstveldje) in functie van het percentage beschadigde bladeren (% , aantal beschadigde bladeren t.o.v. aantal bladeren per plant) voor. Het percentage beschadigde bladeren werd bepaald door het maximum per plot.

Op Figuur 44 (midden) kan men eveneens de relatie tussen het maximum percentage beschadigde bladeren (%) en de relatieve opbrengst (%) terugvinden. Hierop kan men afleiden dat er onder 20 % beschadigde bladeren geen significant verlies te vinden is. Dit percentage is het gezochte *Tolerable Injury Level*, het percentage bladverlies waarbij men net geen relevant opbrengstverlies kan waarnemen. De waarden die significant zijn (rode punten) hebben relatief een opbrengstverlies van 10 % of meer.

Rechts op Figuur 44 staat het verband tussen de aantal ei-massa's per heuvel en het maximum percentage beschadigde bladeren. Hierop werd het *tolerable injury level* afgetekend. Via de regressievergelijking kan men uitrekenen dat 20 % (y-waarde) overeenstemt met een densiteit van 0.5 ei-massa's per heuvel. Hiermee werd de *control threshold*, in principe het EIL, bepaald (Koyama, 1978).



Figuur 44: Opbrengst (g/20 heuvels) in functie van beschadigde bladeren (%) (Links), Relatie tussen percentage bladbeschadiging en relatieve graanopbrengst (Midden), Relatie tussen ei-massa's en percentage beschadigde bladeren (Koyama, 1978)

In de discussie haalt de auteur aan dat deze drempel geldig is voor die streek waar deze bepaald werd. Enkel opbrengstverlies werd berekend, de kost van insecticide applicatie werd niet in rekening gebracht. Deze eerste case toont aan dat het EIL vanuit unieke hoeken kan benaderd worden. In plaats van af te wegen op een economische kost (bv. behandeling) gaat de auteur hier statistische significantie als drempel nemen. Daarnaast kan men ook opmerken dat er bij beschadigingen hoger dan 20 % ook gevallen zijn die geen significant opbrengstverlies veroorzaken (Figuur 44, midden). Dit duidt dan ook op een tekortkoming van de drempel. Men kan immers gaan behandelen op basis van de drempel, in dit geval 20 % bladbeschadiging of 0.5 ei-massa's per heuvel, terwijl er nooit relevante schadelijke niveaus zouden bereikt worden. Dit is te verklaren door milieu-invloeden die ervoor zorgen dat de populatie uitbreiding ingeperkt wordt of dat de mortaliteit verhoogd wordt. Het is echter vanuit economische perspectief dat men deze drempel kan gaan verdedigen. Onder de 20 % schade is er immers geen significant verlies waargenomen. Zolang men dus een populatie aantreft die onder de schadedrempel ligt kan men quasi zeker zijn dat er geen relevante schade zal aangebracht worden en men dus niet moet behandelen. Bij populaties boven de drempel zal men altijd het risico hebben dat men onnodig zal behandelen. Het al dan niet volgen van de schadedrempel is een kwestie van de economische en maatschappelijke (bv. tijdens een hongersnood) waarde van het product (Koyama, 1978). Dit is dan ook de reden waarom in de standaard EIL-formule een V- (marktprijs) en C-waarde (behandelingskost) aanwezig is.

#### 1.4.3.2 Casestudie 2: *Aphis glycines*

In een volgende case wordt het EIL en de ET bepaald voor *Aphis glycines* (Matsumara). Deze bladluis (Aphididae) brengt economisch relevante schade aan in de sojateelt (*Glycine max* L.) in Canada en het Noorden van de Verenigde Staten. Deze exoot van Aziatische oorsprong kan een opbrengstverlies realiseren dat oploopt tot 50 %. Doordat *A. glycines* zich zeer snel kan vermenigvuldigen, een verdubbeling van de populatie in 1.5 dagen, kan de plaag zich zeer snel verspreiden over het gewas (Nielsen & Hajek, 2005; Alves, et al., 2015).

Xibei et al. (1994) bepaalden een EIL en ET voor *A. glycines* bij jonge sojaplanten in China. Hiervoor werden 30 proefplots voorzien van elk twee vierkante meter. De planten, uitgezaaid eind juni, werden in het eerste bladstadium geïnoculeerd met zeven verschillende dichtheden die drie keer herhaald werden. Per plot werden tien planten geselecteerd die tot het vijfde knoopstadium (eind juli) elke vijf dagen werden gemonitord op aantal bladluizen. Daarna werden de planten behandeld met insecticiden zodat alle planten plaagvrij waren. Het doel van de auteurs is immers de schade te bepalen die aangebracht wordt op jonge sojaplanten. Plaaginvoeden in latere gewasstadia werden zo geëlimineerd. Daarnaast werden andere variabelen, zoals planthoogte, zaden per plant en het 100 korrel gewicht, gemeten. In Tabel 17 kan men de verkregen resultaten terugvinden. Het opbrengstverlies varieerde tussen 2.73 % en 51.78 %. Er was dan ook een duidelijk waarneembaar verband ( $y = -18.0751 + 13.324\ln X$ ;  $r = 0.9955$ ) tussen het aantal bladluizen ( $x$ ) en het opbrengstverlies ( $y$ ).

Tabel 17: Schade en opbrengstverlies aangebracht door de bladluizen (Xibei, et al., 1994)

No. of soybean per plant	Product of plot (kg)	Product Per Mau (kg)	Loss of product according to control	Proportions of loss of product
5	0.564	188	5.3	2.73
10	0.513	170.9	22.4	11.59
50	0.363	121.1	72.2	37.35
100	0.321	107.1	86.2	44.59
150	0.303	101	92.3	47.75
220	0.28	93.2	100.1	51.78
CK	0.58	193.3		

Het EIL werd berekend aan de hand van een formule vergelijkbaar met vergelijking 9. In de teller rekent men met het product van de behandelingskost en een bijkomende factor. Deze factor heeft de functie om extra ecologische en sociale efficiëntie in te calculeren. Voor deze factor werd twee genomen. Door deze factor stijgt het kritische punt, men zal dus een hogere plaagdichtheid bekomen als EIL. De auteurs argumenteren dat te vroeg handelen een even grote kost heeft op ecologisch en sociaal gebied als de behandelingskost. In de noemer werd het product gemaakt van de sojaopbrengst, de marktprijs van de soja en de efficiëntie van de behandeling. Dit komt, met uitzondering van de bijkomende factor, overeen met de basisformule.

Rekening houdende met een efficiëntie van 95 %, een behandelingskost van 6.2 Yuan/667m<sup>2</sup>, een marktprijs van 2.2 Yuan/kg en een opbrengst van 150 kg/667m<sup>2</sup> bekomt men een EIL van 3.96 %. Uit het EIL werd de ET berekend aan de hand van eerder vermelde regressievergelijking. Zodoende bekwam men een ET van 5.23 plaagindividuen per plant of praktisch genomen een waarneming van 523 *A. glycines* per 100 planten. De auteurs adviseren in hun conclusie om te werken met 550 *A. glycines* per 100 planten en een kolonisatie van de plaag op 35 % van de planten. (Xibei, et al., 1994).

Het gaat hier echter over jonge planten. Ragsdale et al. (2007) onderzochten in een uitgebreide studie de shadedrempels voor *A. glycines* bij planten in een later groeistadium. De auteurs kwamen uit op een ET van  $273 \pm 38$  individuen per plant. In de berekeningen van de auteurs werd er onder meer rekening gehouden met de *cumulative aphid-days*, een eenheid die de mate van plaagdichtheid over een bepaalde tijd weergeeft (Hodgson, et al., 2012). Rekenend met deze eenheid en met de snelle verdubbelingstijd van de bladluizen lag het EIL op  $574 \pm 95$  plaagindividuen per plant. Het verschil tussen de ET van beide auteurs is groot (factor 100) maar wil zeker niet zeggen dat ze elkaar uitsluiten. Bij Ragsdale et al. (2007) gaat het immers over oudere planten. Dit bewijst dus dat jongere planten gevoeliger zijn voor bepaalde plagen. Johnson et al. (2009) bestudeerden de efficiëntie van diverse gewasbeschermingstechnieken en -benaderingen met betrekking tot *A. glycines* in soja. De ET van Ragsdale et al. (2007) werd hierin meegenomen. Het onderzoek concludeerde dat het beste management gebaseerd is op monitoring en het toepassen van een insecticide als de ET wordt bereikt. Het IPM-systeem met een ET scoorde dan ook beter in opbrengst dan de profylactische benadering.

#### 1.4.3.3 Casestudie 3: *Hypera postica*

In deze derde casestudie wordt de schadedrempel voor de gewone luzernekever (*Hypera postica*, Gyllenhal, 1813) die berekend werd door Peterson et al. (1993). Deze kever brengt schade aan op luzerne (*Meicago sativa L.*). De larven kunnen de opbrengst met 56.1 % doen dalen. Daarnaast reduceert de plaag het aantal gevormde scheuten, de lengte van het gewas en het eiwitgehalte (Hintz, et al., 1976; Berberet, et al., 1981)

Peterson et al. (1993) bestudeerden in 1990 en 1991 de opbrengstdaling die correspondeerde met verschillende niveaus van ontbladering. Op een perceel versus drie ontbladeringsniveaus, plus een controlegroep, schade werd aangebracht op de planten op een periode van tien dagen. Op basis van de wetenschappelijke literatuur (Fick & Liu, 1975) concludeerde de auteurs dat deze periode de aangebrachte schade van de gewone luzernekever beter simuleert.

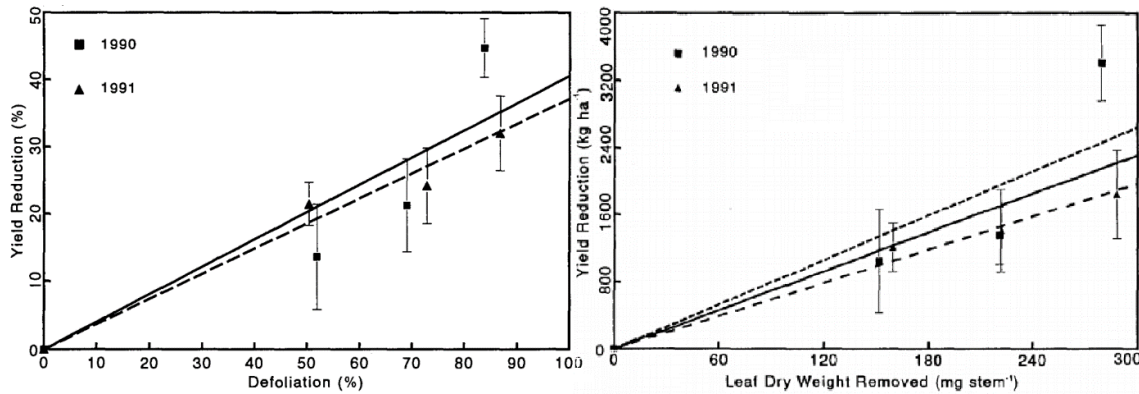
Er werd gestart met ontbladering als het gewas in de fase zat die correspondeerde met de fase waarin *H. postica* het meeste schade aanbrengt. De ontbladeringsniveaus werden bepaald door de *Leaf Area Index* (LAI) van de planten. Dit is de verhouding van bladoppervlakte ten opzichte van grondoppervlakte. De planten werden op een periode van tien dagen ontbladerd tot een LAI van 3, 2 en 1. In 1990 kwam dit overeen met een ontbladeringspercentage van respectievelijk  $50.5 \pm 3.2 \%$ ,  $72.9 \pm 3.2 \%$  en  $86.7 \pm 4.2 \%$ . Om dit te bekomen werden in eerste instantie de bovenste bladeren op zijn geheel weggenomen. Op de tijdsperiode van tien dagen werd dit gedaan pro rata de schade aangebracht door *H. postica*. Dit werd gedaan volgens het aantal bladoppervlakte de larve consumeert per dag. Vervolgens werd er, net zoals de kever dit zou doen, gradueel naar de onderste bladeren gegrepen. Het gewicht en de oppervlakte van de verwijderde bladeren werden steekproefsgewijs bijgehouden.

In het labo werd de consumptie per larve bestudeerd door een luzerneblad in een schaal met een larve te plaatsen. De bladeren waren afkomstig van het proefveld. Telkens werd het tegenoverstaande blad mee geoogst. Het eerste blad werd gevoed aan de larve en werd na een periode van 24 uur weggenomen. Het tweede blad en het eerste blad na consumptie door de larve werd gedroogd volgens een protocol. Het gewicht op droge stof basis van het tweede blad min het gewicht van het eerste blad geeft de consumptie van de larve op een periode van 24 uur. Dit werd herhaald tot de larve zich volledig ontwikkeld had om een idee te krijgen hoeveel de larve in totaal consumeert.

De data van de twee jaar kwamen overeen ( $P > 0.05$ ) wat duidt op een consistente methode. Uit de resultaten bleek eveneens dat het aantal scheuten bij ontbladerde planten groter is dan bij de controlegroep. Dit duidt op het recupererend karakter die planten vertonen. Er werd een duidelijk verband waargenomen tussen de LAI en opbrengst reductie voor zowel 1990 ( $n = 16$ ,  $\beta \pm SE = -9.523 \pm 2.106$ ,  $r^2 = 0.59$ ,  $P < 0.01$ ) als 1991 ( $n = 16$ ,  $\beta \pm SE = -8.028 \pm 1.831$ ,  $r^2 = 0.58$ ,  $P < 0.01$ ). Eenzelfde verband werd gevonden tussen ontbladering en opbrengstverlies in 1990 ( $n = 16$ ,  $\beta \pm SE = 0.406 \pm 0.44$ ,  $r^2 = 0.85$ ,  $P < 0.01$ ) en 1991 ( $n = 16$ ,  $\beta \pm SE = 0.372 \pm 0.032$ ,  $r^2 = 0.9$ ,  $P < 0.01$ ). Dit laatste verband wordt weergegeven op Figuur 45 (links). Rechts op



Figuur 45 kan men het verband zien tussen de verwijderde bladmassa en de opbrengstreductie voor het jaar 1990 ( $n = 16$ ,  $\beta \pm SE = 8.814 \pm 1.18$ ,  $r^2 = 0.79$ ,  $P < 0.01$ ) en 1991 ( $n = 16$ ,  $\beta \pm SE = 6.555 \pm 0.791$ ,  $r^2 = 0.82$ ,  $P < 0.01$ ). De volle lijn op deze figuur geeft de combinatie van beide jaren aan ( $n = 32$ ,  $\beta \pm SE = 7.697 \pm 0.729$ ,  $r^2 = 0.78$ ,  $P < 0.01$ ). Deze laatste regressiewaarde, 7.697 kg opbrengstverlies per mg bladverlies, werd gebruikt in de calculatie van het EIL.



Figuur 45: Verband tussen ontbladering (%) en opbrengstverlies (%) (links) en het verband tussen bladmassaverlies (mg per scheut) en opbrengstverlies (kg per ha) (Peterson, Danielson, & Higley, 1993)

Voor het bepalen van het EIL werd de basisformule gebruikt (C/VID). Het EIL werd uitgedrukt in aantal larven per scheut. Voor de D-waarde werd de 7.697 kg opbrengstverlies per ha genomen uit eerder vermelde regressieberekening. Voor de I-waarde werd er gebruik gemaakt van de totale consumptie door de larven. De consumptie studie in het lab berekende dat een enkele larve  $8.09 \pm 0.22$  mg ( $n = 25$ ) blad consumeerde.

In plaats van een enkele EIL-waarde te berekenen opteerde de auteur om een matrix samen te stellen. In deze matrix (Figuur 46) staat de EIL uitgedrukt bij verschillende V- en C-waarden. Deze varieert van 2.40 tot 13.23 larven per scheut. Als men rekent met de I- en D- waarden die hierboven vermeld staan en met een marktprijs van 19.768 \$ per ha en met een marktprijs van 0.072 \$ per kg dan bekomt men een EIL van 4.41 larven per scheut.

De auteurs vergelijken deze uitkomst met reeds gekende literatuur. Zo beschrijven Berberet et al. (1981) een ID-waarde van 188.1 kg opbrengstverlies per ha per larve per scheut. Dit is meer dan de gebruikte ID-waarde van 62.3 kg opbrengstverlies per ha per larve per scheut (7.697 kg opbrengstverlies per ha per mg geconsumeerd blad x 8.09 mg blad per larve). Als men met deze grotere DI-waarde zou rekenen dan zouden de herrekende EIL lager liggen. Dit wil zeggen dat men sneller zou overgaan naar het inzetten van gewasbeschermingsmiddelen. In het eerder besproken voorbeeld zou het EIL op 1.46 larven per scheut liggen.

Hetzelfde geldt voor de I-waarden. De D-waarde was in deze studie constant over beide jaren. De I-waarden was echter significant verschillend in beide jaren. Koehler en Pimentel (1973) berekenden een I-waarde van 6.92 mg geconsumeerd blad per larve. Als men dit in vorig voorbeeld zou implementeren bekomt men een EIL van 5.15 larven per scheut. Deze auteurs berekenden echter een EIL van 56 larven per scheut. De variërende marktprijs en managementkost is hiervoor een mogelijke verklaring.

Management cost, \$ ha <sup>-1</sup> †	Forage value, \$ kg <sup>-1</sup> ‡							
	0.039	0.050	0.061	0.072	0.083	0.094	0.105	0.116
17.30	7.12	5.56	4.55	3.86	3.35	2.96	2.65	2.40
19.77	8.14	6.35	5.21	4.41	3.83	3.38	3.02	2.74
22.24	9.16	7.14	5.86	4.96	4.30	3.80	3.40	3.08
24.71	10.18	7.94	6.51	5.51	4.78	4.22	3.78	3.42
27.18	11.19	8.73	7.16	6.06	5.26	4.64	4.16	3.76
29.65	12.21	9.52	7.81	6.61	5.74	5.07	4.54	4.11
32.13	13.23	10.32	8.46	7.17	6.22	5.49	4.91	4.45

Figuur 46: EIL-matrix uitgedrukt in aantal larven per scheut bij verschillende V-waarden (marktprijs, \$ per kg) en C-waarden (management kosten, \$ per ha) (Peterson, et al., 1993)

Uit het EIL kan men de ET gaan berekenen. Volgens de auteurs gaat men in gelijkaardige onderzoeken het 80 % van het EIL nemen. Met deze factor zou er voldoende tijd moeten zijn om de behandeling uit te voeren. Omdat men in dit onderzoek gewerkt heeft met het derde en vierde larvale stadium van de plaag dienen er echter nog aanpassingen te gebeuren. Om een ET te bekomen die alle larvale stadia dekt stellen de auteurs voor om eerst 10 % bij de I-waarde te tellen, dus 1.10 keer de geconsumeerde bladoppervlakte, en hieruit de EIL te herrekenen. Op deze EIL' kan men vervolgens 80 % gaan rekenen om zo een ET vast te stellen. Een EIL van 7.12 larven per scheut resulteert dus in een ET van 5.70 larven per scheut. Dit wel zeggen dat als men op een veld 5.70 larven per scheut vaststelt men mag verwachten dat deze een populatie van 7.12 larven zal bereiken. Vanaf 5.70 larven per scheut zal het dus economisch interessant zijn om te gaan behandelen. In de conclusie van het artikel vermelden de auteurs geen finale ET. Dit komt omdat de marktprijs en de managementkost sterk varieert. Aan de hand van

#### 1.4.3.4 Casestudies, wat leert dit ons?

De drie cases hebben al zeker minstens één zaak gemeen met elkaar: een goede plaagkennis is nodig om de drempel op te stellen. Men dient onder andere te weten wanneer de piek dichtheid plaatsheeft, welke levensfase de relevante schade aanbrengt, hoe het schadebeeld er uit ziet ...

De cases benadrukken eveneens dat de basisformule voor het berekenen van een EIL en ET gelijk blijft maar dat deze verschillend ingevuld kan worden. In de tweede studie werd er zo een milieufactor ingecalculerd. Deze resulteerde in een verdubbeling van het EIL. Ook de verschillen in marktprijs en behandelingskost kunnen het EIL aanzienlijk gaan beïnvloeden.

Hierop geeft de derde case een goede oplossing. Met een matrix (Figuur 46) kunnen EIL, of uiteindelijk zelfs ET, weergegeven worden bij verschillende marktprijzen en behandelingskosten. Zodoende kan men een schema opstellen waarop een landbouwer eenvoudig kan aflezen op welk moment hij met de huidige marktprijs en behandelingskost hij moet handelen. Al loopt men het risico dat men vandaag zegt dat men morgen moet handelen en dat men morgen zegt dat men gisteren had moeten behandelen.

Er kunnen twee methodes gebruikt worden om de schade die een plaag aanbrengt in te calculeren in de ET. Een eerste is de plaag uitzetten op het gewas en vervolgens het gewas met

verschillende niveaus gewasbeschermingsmiddelen behandelen. Dit werd zo gedaan in de eerste case. Hierdoor bekomt men verschillende plaagniveaus en kan men met de oogstgegevens een lineair model opzetten op basis van de plaagniveau-opbrengst relatie (case 1 en 2). Een andere methode is planten manueel ontbladeren en zo op een meetbare wijze de opbrengst systematisch beïnvloeden. Zo verzamelden de onderzoekers in de derde case genoeg data om een regressievergelijking te krijgen. In combinatie met een proef om te bepalen hoeveel een plaagindividu kan consumeren resulteert dit in een benadering van de plaagdensiteit-opbrengstverlies relatie. Door de plaagschade in labo-omstandigheden uit te voeren gaat men milieu-invloeden op de ontwikkeling van de plaag vermijden. Door de exacte benadering van verloren bladmassa gaat men deze eveneens vermijden. Men bekomt dus een exactere benadering. Al dient wel opgemerkt te worden dat deze berekening geen rekening houdt met het effect van een hogere plaagdichtheid op de plant in de praktische omstandigheden. Door voedselconcurrentie kan een larve immers minder blad consumeren of kan er een hogere mortaliteit optreden. Opvallend is ook dat in de derde case de bladschade in een bepaalde tijdsperiode werd aangebracht.

#### 1.4.4 Actuele schadedrempels voor het graanhaantje

In de literatuur worden verschillende schadedrempels gehanteerd voor graanhaantjes. In Tabel 18 kan men een overzicht vinden van verschillende gehanteerde schadedrempels met gewas en land van voorkomen. Buiten de wetenschappelijke literatuur bieden bepaalde instellingen ook schadedrempels aan. Zo beschrijft het Nederlandse Louis Bolk Instituut een schadedrempel van 0.5 larven per halm. De auteurs van dit rapport beschrijven eveneens dat als 20 % van het bladoppervlak aangetast wordt door de larven de opbrengst daalt (Luske, et al., 2015).

De ene drempel ligt lager dan de andere waardoor er bij sommige drempels sneller naar een behandeling zal worden gegrepen. Zo hanteerde Van Duyn (1997) een schadedrempel van 25 eitjes of larven per 100 scheuten. Buntin (2004) berekende een schadedrempel van 0.4 larven per scheut tijdens de ontluiking van de aar tot de bloei. In de staat Virginia en Noord-Carolina wordt in het kader van IPM een drempel van 25 eitjes en/of larven, waarvan minstens de helft larven, per 100 scheuten gehanteerd. Men stelt hier tevens dat als de tarwe reeds in het harde deeg stadium zit de kever geen grote opbrengstverliezen meer kan veroorzaken (; Philips, et al., 2011; Flessner, et al., 2017). In grote lijnen is de schadedrempel afhankelijk van locatie, gewassoort en gewasstadium.

Auteurs vermelden vaak dat graanhaantjes economische relevante niveaus bereiken in het land van onderzoek. In een groot aantal studies wordt er vervolgens dieper ingegaan op de biologie van het graanhaantje en de aangebrachte schade. Op het economische aspect wordt er vaak niet dieper op ingegaan (Chambon, et al., 1983; Laznik, et al. 2010; Tanaskovic, et al. 2012; Bechini, et al., 2013; Joukhadar, et al., 2013).

Over de impact van *O. duftschmidi* is er weinig bekend aangezien deze vaak als *O. melanopus* geïdentificeerd wordt. In gebieden waar veel graan geteeld wordt zou ook deze soort mogelijk wel relevante niveaus bereiken (Bechini, Morlacchi, & Baumgartner, 2013).

Wetzel et al. (1983) bekeken het effect op de opbrengst bij het samen voorkomen van graanhaantjes en bladluizen (*Sitobion avenae* en *Rhopalosiphum padi*) in wintertarwe. De auteurs concluderen dat als beide samen voorkomen, in dichtheden die onder de schadedrempels liggen deze toch economisch relevante schade kunnen aanbrengen. De auteur stelt voor dat als er drie graanbladluizen per scheut voorkomen, de schadedrempel voor graanhaantjes van 1 naar 0.5 larven per scheut verlaagd wordt.

Tabel 18: Overzicht schadedrempels uit de literatuur

Schadedrempel	Gewas	Land	Auteur
<b>Eurazië</b>			
< 25 F2 adulten/m <sup>2</sup> in akkerrand > 2 (< 5t/ha), 1 - 1.5 (5-6 t/ha) en 0.5 - 1 (> 6t/ha) larven op vlagblad	Granen	Kroatië	(Barcic & Culjak, 2001)
2,50 larven per scheut	Granen	Frankrijk	(Chambon, et al., 1983)
0.75-1.5 larven per vlagblad 0.5-1 larven vlagblad 0.5-1 larven per blad 0.5-1.5 larven per blad	Haver Tarwe Gerst Rogge	Duitsland	(Heyer & Wetzel, 1990)
0.5-15 larven per scheut (20-30 % vlagbladbeschadiging)	Wintertarwe	Rusland	(Sokolov, 1999)
2.5 larven per scheut	Granen	België	(Stiltman, 1995)
1 larve per plant	Wintertarwe	Servië	(Tanaskovic, et al., 2012)
<b>Noord-Amerika</b>			
> 3 eitjes/larven per scheut (voor vlagblad) > 1 larve op vlagblad	Granen	Montana	(Blodgett, et al., 2004)
0.40 larven per scheut (ontluiking aar tot bloei)	Wintertarwe	Georgia	(Buntin, et al., 2004)
1.5 larve plant	Tarwe/Haver		(Gutierrez, et al., 1974)
0.25 eitjes en/of larven per scheut	Granen	Virginia	(Herbert & Van Duyn, 2014)
3 eitjes/larven per plant (voor vlagblad) 1 ei/larve per vlagblad	Granen	Washington	(Webster & Smith, 1983; Robberts & Walenta, 2012; Roberts, et al., 2014)
0.25 eitjes/larven per scheut	Tarwe	N. Carolina	(Van Duyn, et al., 1997)

## 2 Materiaal en methoden

### 2.1 Proefopzet

#### 2.1.1 Opstellen proefplan

Het doel van deze proef is het bepalen van de relatie tussen bladoppervlakteverlies bij verschillende groeistadia en de opbrengst. Bladoppervlakteverlies kan men zo terugkoppelen aan de plaagdruk in een bepaald groeistadium. Een bepaalde graad van plaagdruk zal immers een hoeveelheid bladoppervlakteverlies veroorzaken en dus de opbrengst beïnvloeden.

Er worden drie groeifasen gekozen: strekken van het vlagblad (GF1, BBCH 39), uitzetten van de aar (GF2, BBCH 59) en late melkstadium (GF3, BBCH 77). Voor elke fase wordt bekeken wat het effect is van verschillende niveaus bladoppervlakteverlies. Voor deze proef wordt gewerkt met vijf niveaus bladoppervlakteverlies: geen bladeren wegnippen (N0, controlegroep), vlagblad half wegnippen (N1), vlagblad volledig wegnippen (N2), bovenste twee bladlagen volledig wegnippen (N3) en alle bladeren wegnippen (N4). Elke combinatie krijgt zes (zomertarwe) of zeven (wintertarwe) herhalingen. Er zijn twaalf combinaties (vier bladniveaus maal drie groeifasen) en een controlegroep. Dit komt neer op 78 potten [6 x (12 combinaties + 1 controle)] voor de zomertarwe en 91 potten [7 x (12 combinaties + 1 controle)] voor de wintertarwe.

#### 2.1.2 Hoe het proefplan lezen

In totaal zijn er telkens 13 mogelijke combinaties waarbij een enkele combinatie (bv. groeifase 3, niveau 2) gelijk staat aan één pot. Elke combinatie wordt zes keer herhaald zodat er bij elke combinatie zes potten behoren. Bij het plaatsen van de potten volgens het proefplan werden de potten zo geplaatst dat er op de tafel zes kolommen waren. Elke kolom bevat elke combinatie dus éénmaal en bevat dus dertien potten. Kolom 1 ligt het meest links op het proefplan en kolom 6 het meest rechts (kolom 1 en 6 vormen dus de buitenste randen van de tafel). Het proefplan van de zomertarwe werd zodanig opgesteld dat elke rij eveneens elke combinatie slechts éénmaal bevat.

Bij het gebruik van de term “kolom” wordt er dus eigenlijk “herhaling” bedoelt. Kolom heeft echter een meer ruimtelijke dimensie aan het proefplan, wat van nut kan zijn. Als er bijvoorbeeld gesproken wordt over het feit dat er in “kolom” drie meer legering is, dan weet men dat dit gaat over de derde herhaling die meer in het midden gesitueerd is.

#### 2.1.3 Proefplannen

##### 2.1.3.1 Zomertarwe

In Tabel 19 kan men de proefopstelling zien van de zomertarwe in compartiment 214. Elk object komt éénmaal voor per kolom en in elke rij komt een object maar één keer voor. Deze randomisatie voorkomt invloeden van positie op de opbrengstresultaten. Gedurende het verloop van de proef bleven de planten op deze locatie staan.

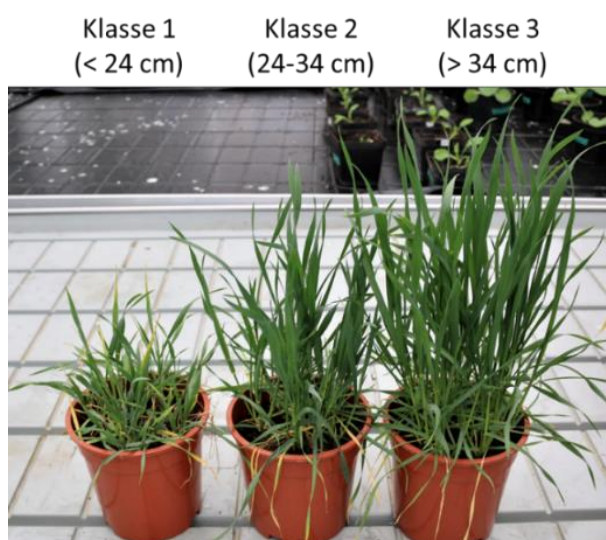
Tabel 19: Proefopstelling van de zomertarwe met bijbehorende labels (ZT = zomertarwe, GF = groeifase, N = niveau)

	Kolom 1	Kolom 2	Kolom 3	Kolom 4	Kolom 5	Kolom 6
Rij 1	ZTC	ZTGF2N2	ZTGFN1	ZTGF2N1	ZTGF1N4	ZTGF1N2
Rij 2	ZTGF2N1	ZTGF3N1	ZTGF2N3	ZTGF1N1	ZTGF3N3	ZTGF1N3
Rij 3	ZTGF1N4	ZTGF3N4	ZTC	ZTGF1N2	ZTGF1N3	ZTGF3N2
Rij 4	ZTGF1N3	ZTGF3N2	ZTGF2N1	ZTGF2N3	ZTGF3N1	ZTGF1N4
Rij 5	ZTGF3N1	ZTGF1N4	ZTGF2N2	ZTGF3N2	ZTGF3N4	ZTGF2N4
Rij 6	ZTGF2N3	ZTGF1N2	ZTGF2N4	ZTC	ZTGF1N1	ZTGF3N1
Rij 7	ZTGF3N3	ZTGF1N3	ZTGF3N1	ZTGF2N2	ZTGF2N4	ZTC
Rij 8	ZTGF2N4	ZTGF1N1	ZTGF1N4	ZTGF1N3	ZTGF2N1	ZTGF3N3
Rij 9	ZTGF1N2	ZTC	ZTGF3N2	ZTGF2N4	ZTGF2N3	ZTGF3N4
Rij 10	ZTGF1N1	ZTGF2N3	ZTGF1N3	ZTGF3N4	ZTGF3N2	ZTGF2N2
Rij 11	ZTGF3N2	ZTGF2N4	ZTGF3N4	ZTGF3N3	ZTGF1N2	ZTGF2N1
Rij 12	ZTGF2N2	ZTGF2N1	ZTGF3N3	ZTGF1N4	ZTC	ZTGF2N3
Rij 13	ZTGF3N4	ZTGF3N3	ZTGF1N2	ZTGF3N1	ZTGF2N2	ZTGF1N1

### 2.1.3.2 Wintertarwe

Bij de wintertarwe is het opstellen van het proefplan gelijkaardig. Het enige verschil is dat er een zevende herhaling is en dat er een meer heterogene opkomst was van het gewas. Het eerste werd opgelost door kolom 1 en 6 gelijkaardig in te delen zoals bij de zomertarwe (rij 1 tem 13) om dan voor rij 13 de zevende herhaling te verdelen over drie extra rijen (rij 14 tem 16).

Het tweede verschil werd aangepakt door de potten in te delen in drie klassen: klasse 1 (< 24 cm), klasse 2 (24-34 cm) en klasse 3 (> 34 cm) (Figuur 47). Tot deze klasse behoorden er respectievelijk 14, 29 en 54 potten van de 97 potten in totaal.



Figuur 47: Indeling van de wintertarwe volgens drie klassen (4 april 2018, BBCH 24)

Omdat er 91 potten nodig waren werden de kleinste (in hoogte) twee potten van klasse 3 naar klasse twee en de kleinste vijf potten binnen klasse twee naar klasse 1 overgeheveld. Tenslotte werden de zes kleinste potten binnen klasse 1 uit de proef gesloten. Zodoende bekomt men een

indeling van 13 potten in klasse 1, 26 potten in klasse 2 en 52 in klasse 3. Voor de 13 objecten kwamen voor de zeven herhalingen één pot uit klasse 1, twee potten uit klasse 2 en 4 potten uit klasse 3 zodat elk object een gelijk aantal potten uit elke klasse heeft. Deze werden vervolgens ad random op het proefschema geplaatst.

Het proefschema werd op eenzelfde manier gerandomiseerd en opgesteld als de zomertarwe. Op de grijze cellen (bv. Kolom 1 rij 14) werden de uitgeselecteerde planten (te lage opkomst) geplaatst. Deze werden niet gemeten of in de proef opgenomen.

Tabel 20: Proefopstelling van de wintertarwe met bijbehorende labels

	Kolom 1	Kolom 2	Kolom 3	Kolom 4	Kolom 5	Kolom 6
<b>Rij 1</b>	WTGF3N1	WTGF2N2	WTGF1N4	WTGF3N4	WTGF3N2	WTGF2N4
<b>Rij 2</b>	WTGF1N3	WTGF2N1	WTGF3N2	WTGF3N1	WTGF2N3	WTGF1N4
<b>Rij 3</b>	WTGF2N3	WTGF2N4	WTGF1N2	WTGF1N1	WTC	WTGF3N1
<b>Rij 4</b>	WTGF1N1	WTGF1N3	WTGF2N3	WTGF3N2	WTGF3N4	WTGF2N2
<b>Rij 5</b>	WTGF3N3	WTGF3N1	WTGF1N3	WTGF2N4	WTGF2N2	WTC
<b>Rij 6</b>	WTGF2N4	WTGF1N4	WTGF1N1	WTGF2N1	WTGF1N3	WTGF3N3
<b>Rij 7</b>	WTGF3N2	WTGF3N4	WTGF2N4	WTGF1N2	WTGF3N3	WTGF2N1
<b>Rij 8</b>	WTGF2N2	WTGF3N3	WTGF2N1	WTC	WTGF1N4	WTGF2N3
<b>Rij 9</b>	WTGF3N4	WTGF1N2	WTGF3N3	WTGF2N2	WTGF3N1	WTGF1N1
<b>Rij 10</b>	WTGF1N4	WTC	WTGF3N4	WTGF1N3	WTGF1N2	WTGF3N2
<b>Rij 11</b>	WTC	WTGF1N1	WTGF2N2	WTGF1N4	WTGF2N1	WTGF1N2
<b>Rij 12</b>	WTGF1N2	WTGF3N2	WTC	WTGF2N3	WTGF2N4	WTGF3N4
<b>Rij 13</b>	WTGF2N1	WTGF2N3	WTGF3N1	WTGF3N3	WTGF1N1	WTGF1N3
<b>Rij 14</b>			WTGF1N1	WTGF2N3	WTGF3N2	WTGF2N2
<b>Rij 15</b>	WTGF3N4	WTGF3N3	WTGF1N2	WTGF3N1	WTC	
<b>Rij 16</b>	WTGF1N3	WTGF2N1	WTGF2N4	WTGF1N4		

#### 2.1.4 Zaaimodaliteiten

De gekozen rassen zijn Sahara voor de wintertarwe en Tybalt voor de zomertarwe. De beide rassen werden op twee verschillende locaties in potten gezaaid. Na verloop van tijd werden ze wel in eenzelfde compartiment ondergebracht.

Er werd gebruik gemaakt van universele potgrond van het merk Jardino (70 L, basic). In Tabel 21 kan men een overzicht vinden van de informatie met betrekking tot het gebruikte teelsubstraat.

Tabel 21: Informatie teelsubstraat.

<b>Teelsubstraat: Potgrond op basis van tuinturf, turfstrooisel, compost, meststoffen op basis van calcium en magnesium, en meststoffen</b>	
<b>Droge Stof</b>	30 %
<b>Organische stof</b>	20 %
<b>pH (water) zone</b>	5.0-6.0 (1:1.5 H <sub>2</sub> O)
<b>Elektrische geleidbaarheid</b>	1.2 mS/cm
<b>Samengestelde meststof NPK 14-16-18</b>	1.2 kg/m <sup>3</sup>

### 2.1.5 Proefverloop

In Bijlage 5 kan men een chronologisch overzicht vinden van het proefverloop. Hierin worden de verschillende handelingen met bijbehorende groeistadium weergegeven.

De groeistadia van de planten werd opgevolgd en beoordeeld volgens de BBCH-schaal (*Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt und Chemische industrie*). Deze schaal maakt een onderscheid tussen 10 hoofdstadia die telkens onderverdeeld worden in een aantal substadia. De code bestaat telkens uit twee cijfers waarbij het eerste cijfer de hoofdstadia aanduidt en het tweede cijfer de substadia. Hoe hoger het getal, hoe meer de plant ontwikkeld is (BBCH, 2001).

### 2.1.6 Proefopzet zomertarwe

#### **Uitzaai, opkomst en uitdunnen**

De zomertarwe (Tybalt) werd uitgezaaid in de serre van het ILVO, compartiment 216, te Melle op 10 november 2017 (BBCH 00). In elke pot, met 15 cm diameter, werden tien zaadjes van hetzelfde ras uitgezaaid. Hiervoor waren er 800 zaadjes nodig (80 potten x 10 zaadjes per pot). De planten stonden per vier potten in een bak waarin regenwater werd toegediend.

Op 17 november (BBCH 10) werden de opgekomen planten geteld. In totaal kwamen er 769 van de 800 uit (96.13 %). Indien er uitgedund werd naar 9 planten per pot zouden er slechts 72 potten beschikbaar zijn. Omdat er 78 potten nodig waren voor de proef werd er op 21 november (BBCH 11) uitgedund naar 8 plantjes per pot. De pot met 7 planten en een tweede pot werden uit de studie geweerd.

#### **Proeflocatie**

Begin december (BBCH 12) werden de planten verplaatst naar een ander compartiment (214) waar zowel de dag- en nacht temperatuur als de watergift kon geregeld worden. De dag temperatuur lag in eerste instantie op 15 °C met verluchten vanaf 20 °C. De nacht temperatuur lag op 10 °C met verluchten vanaf 15 °C.

Eind april (BBCH 56) werd de temperatuur verhoogd naar 20 °C met verluchten vanaf 24 °C bij dag en tijdens de nacht naar 16 °C met verluchten vanaf 20 °C. Tot dat moment werd er niet bijverlicht. Bij het verhogen van de temperatuur werd eveneens verlichting geactiveerd tussen 5 uur en 21 uur. Bij zonlicht boven de 150 W/m<sup>2</sup> werden deze uitgeschakeld.

De bedden, 1.6 m op 4.7 m, beschikken over een automatisch irrigatiesysteem, aangesloten op regenwater. Hiervoor werden deze bedekt met geperforeerde zwarte folie. Er werd driemaal per dag (8 uur, 9 uur en 17 uur) water via een vloed-en-eb-principe gegeven.

#### **Gewasbescherming**

In totaal werden vijf behandelingen uitgevoerd. Op 2 januari (BBCH 18) werden bladluizen waargenomen. De planten werden vervolgens behandeld met Okapi (5 g/l Lambda-cyhalothrin en 100 g/l pirimicarb). Dit product wordt in de tarweteelt gebruikt tegen bladluizen. De dosis



van 1.2 l/ha werd omgerekend naar een oplossing van 4 ml in 1 l water. Er werd eveneens een preventieve behandeling met Adexar (62.5 g/l epoxyconazool en 62.5 g/l fluxapyroxad) uitgevoerd. De actieve stof werken tegen diverse schimmels waaronder bladvlekkenziekte, echte meeldauw en bruine roest. De dosis van 2 l/ha werd omgerekend naar een verhouding van 6.7 ml in 1 l water.

Begin februari (BBCH 17) werd er een behandeling tegen meeldauw uitgevoerd met Evora XPRO (75 g/l bixafen, 100 g/l prothioconazool, 100 g/l tebuconazool). De dosis van 1.25 l/h werd toegepast aan een verhouding van 4.167 ml in 1 l water. De actieve stoffen van dit fungicide hebben een brede werking. Omdat de behandeling niet aansloeg én omdat de aanwezigheid van schimmel op de zomertarwe grote proporties aannam (details in hoofdstuk 3.1) werd een week later (BBCH 18) een tweede behandeling met Evora XPRO uitgevoerd a ratio van de eerste behandeling met dit product.

Nog een week later (BBCH 18) werd er een bijkomende behandeling met Ceriax (41.6 g/l epoxyconazool, 41.6 g/l fluxapyroxad en 66.6 g/l pyraclostrobin) en Mesurol (500 g/l methiocarb) uitgevoerd. De eerste is een fungicide en de tweede een contactinsecticide die ingezet werd ter bestrijding van trips. Het fungicide, met een dosering van 3 l/ha werd omgerekend naar 10 ml in 1 l water. Voor het insecticide werd de dosis van 1.25 l/ha herrekend naar een oplossing van 1.167 ml in 1 l water.

Ten slotte werd een laatste behandeling uitgevoerd eind april (BBCH 59). Hierbij werden er twee fungiciden toegepast: Granovo (140 g/l boscalid en 50 g/l epoxyconazool) en Bravo (500 g/l chloorthalonil). Beide worden ingezet in graangewassen. De eerste werkt tegen verschillende schimmels, de tweede tegen roest en bladvlekkenziekte. De bijbehorende dosissen van 1.7 l/ha en 1 l/ha werden omgerekend naar 6 ml en 3.5 ml per liter water.

Een eerste bemesting werd uitgevoerd eind januari (BBCH 15). Er werden 60 eenheden K<sub>2</sub>O (Patentkali) en 30 eenheden stikstof (39 %, Ureumammoniumnitraat, vloeibare oplossing) voorzien. Een tweede stikstofbemesting werd begin maart (BBCH 21) gegeven.

### 2.1.7 Proefopzet Wintertarwe

#### **Uitzaai, opkomst en uitdunnen**

De wintertarwe werd uitgezaaid op 20 november 2017 (BBCH 00). Er werden in 99 potten tien zaden gezaaid (990 zaden). Deze potten werden 8 weken in een frigo geplaatst ter vernalisatie. Op 11 januari (BBCH 10) werden de planten overgeplaatst naar een kleine serre bij de proefhoeve van Bottelare.

Eind februari (BBCH 18) werden de planten per pot geteld. In twee potten werd er een slechte opkomst vastgesteld. Deze werden uit de telling geweerd. Voor de 97 resterende potten was er een gemiddelde opkomst van 96.08 %. Er waren 93 potten met 9 (30 potten) of 10 (63) planten per pot. Omdat er 91 potten nodig waren kon er uitgedund worden naar 9 planten per pot.

## **Proeflocatie**

Na een periode van vernalisatie werden de planten uiteindelijk op 30 maart overgebracht naar het compartiment van ILVO waar de zomertarwe stond. Op 4 april werden deze volgens het proefschema opgesteld.

## **Gewasbescherming**

De wintertarwe stond er tijdens de proefperiode altijd sterker bij dan de zomertarwe. Er was geen legering en er waren de eerste weken geen fungiciden of insecticide nodig. Op 28 april (BBCH 37) werden de planten behandeld met een mix van twee fungiciden. Het eerste is Granovo (140 g/l boscalid en 50 g/l epoxyconazool) en het tweede Bravo (500 g/l chloorthalonil). De bijbehorende dosissen van 1.7 l/ha en 1 l/ha werden omgerekend naar 6 ml en 3.5 ml per liter water.

Een halmverkorting werd gegeven op 2 april (BBCH 22). Er werd gebruik gemaakt van Meteor 369 (368 g/l chloormequat en 0.8 g/l imazaquin), een groeiregulator die de halmstevigheid en weerstand tegen legeren verhoogd. Hiervoor werd de dosis van 2 l/ha omgerekend naar 6.67 ml in 1 l water.

Er werd een bemesting uitgevoerd op 6 april (BBCH 24). Er werden 30 eenheden stikstof (39 %, Ureumammoniumnitraat, vloeibare oplossing) voorzien.

## **2.2 Simuleren van bladbeschadiging en opbrengstreductie door plagen**

Net zoals in de derde case besproken in hoofdstuk 1.4.3.3 wordt in deze proef de plaagbeschadiging gesimuleerd door manueel bladeren weg te knippen. Doordat men exact weet hoeveel bladoppervlakte per plant verwijderd wordt, kan men door te vergelijken met, wat het effect is op de opbrengst.

Via studies met betrekking tot het plaagindividu kan men te weten komen hoeveel bladoppervlakte een enkel plaagindividu veroorzaakt. Beiden kan men samen koppelen om een beeld te krijgen hoeveel opbrengstverlies een plaagindividu veroorzaakt.

Voor deze proef werd de plaagbeschadiging gesimuleerd door manueel met een schaar bladeren weg te knippen. Zoals eerder vermeld werd dit op vier ontbladeringsniveaus gedaan.

In deze proef wordt voor het eerste ontbladeringsniveau de bovenste helft van het vlagblad weggeknipt. Ondanks dat de studie van Macedo et al. (2007) aantoont dat het deel van het blad dat weggeknipt wordt invloed heeft op de fotosynthetische capaciteit van de plant zal er in deze studie consequent de bovenste helft van het vlagblad weggeknipt worden. Dit werd gedaan door het vlagblad in twee te plooien om zo het blad in de helft te doorknippen.

Voor het tweede (volledig vlagblad), derde (bovenste twee bladeren) en vierde (alle bladeren) bladniveau werden de bladeren tot aan de stengel, inclusief de oortjes, weggeknipt. In een aantal gevallen waren bij de tarweplanten de onderste bladeren in een verre mate van senescentie waardoor het meten van deze bladeren onmogelijk was. Het gaat hier dan meestal over het zesde en vijfde blad. Deze werden wel verwijderd maar niet gemeten of opgenomen in de data.

## 2.3 Berekenen bladoppervlakte

Bij het knippen van de planten werden bij de verwijderde bladeren de breedte en lengte gemeten. Op basis van de lengte en breedte kan de bladoppervlakte gemeten worden. Bij tarwe beschrijft de literatuur dat de oppervlakte bepaald kan worden door het product van de lengte en de maximale breedte te vermenigvuldigen met een factor. Deze factor is varieert echter in de literatuur (Chanda & Singh, 2002; Rodriguez, Keltjens, & Goudriaan, 1998).

In deze proef zal gewerkt worden met de factor van Chanda en Singh (2002). De auteurs bepaalden een factor van 0.75. Dit deden ze door een lineair model op te stellen (oppervlakte =  $0.03 + 0.75LB$ ,  $r = 0.985$ , std. err. =  $24.60 \text{ cm}^2$ ). Bij een van de objecten wordt er echter een half blad weggeknipt. Voor deze groep blijft de factor van 0.75 gelden omdat deze formule slechts gebruikt wordt voor het benaderen van de oppervlakte. Ook het feit dat er beschadigde bladeren, door het toepassen van insecticiden, wordt als tolereerbare ruis gezien.

## 2.4 Knippen en oogsten

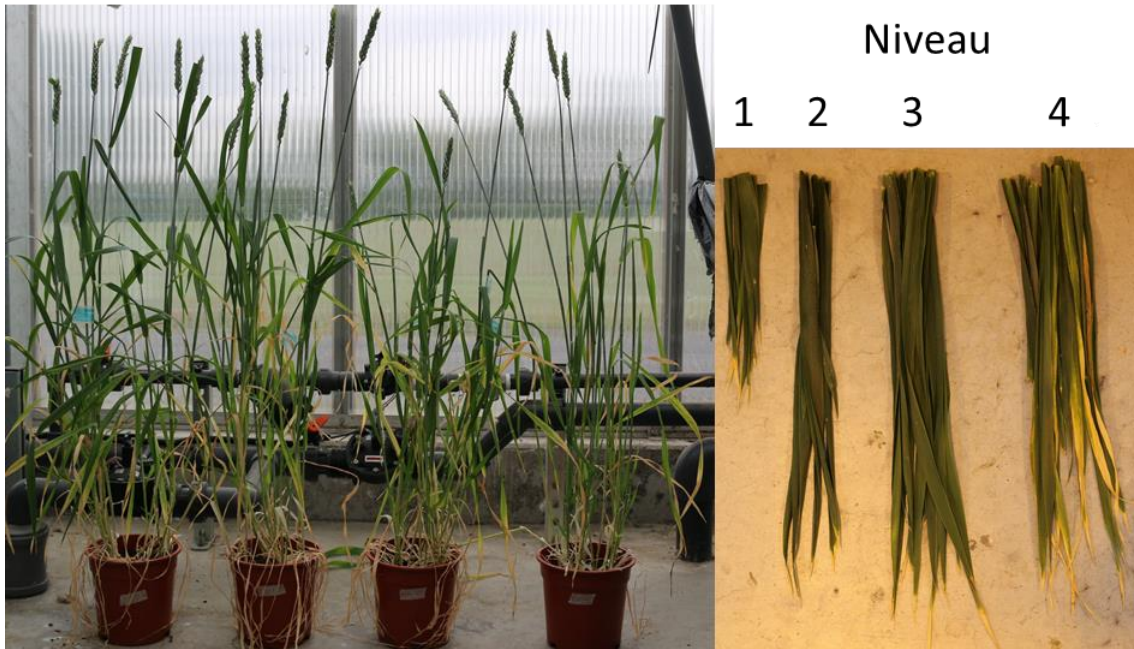
### 2.4.1 Knippen

Zowel de zomertarwe als de wintertarwe zou geknipt worden in drie groeifasen. Bij de zomertarwe was er sprake van een heterogene groei. Er werd geknipt als het merendeel van de planten in de betreffende groeifase zat.

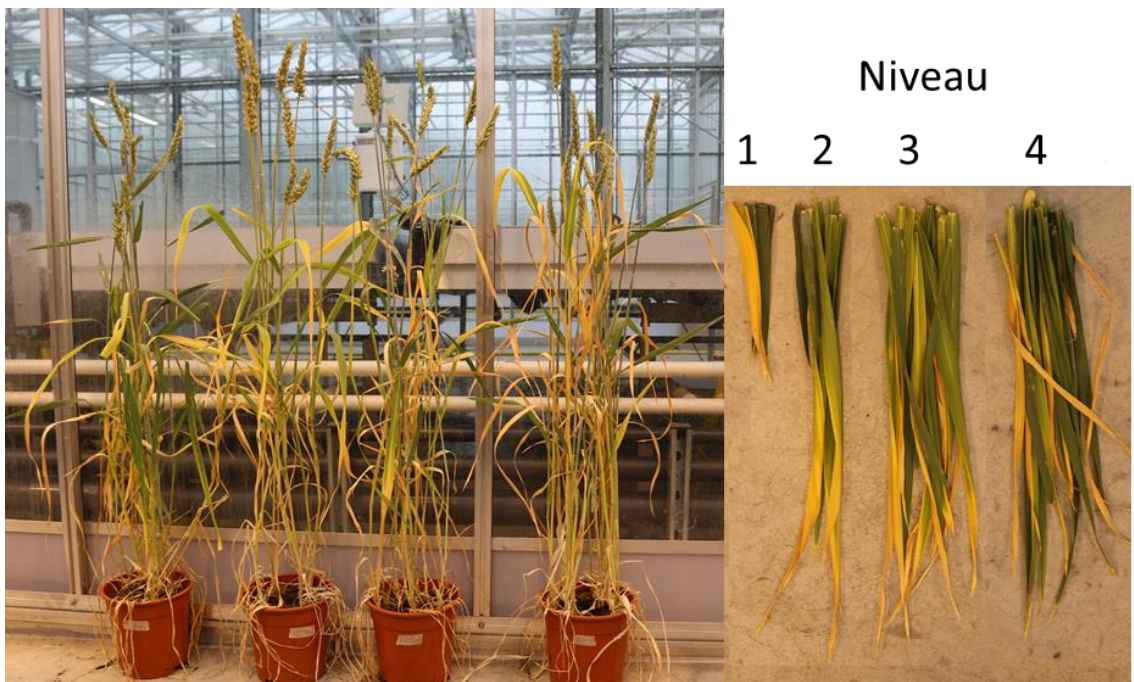
Voor de zomertarwe was kon op de drie verschillende groeifasen (BBCH 39, 59 en 77) geknipt worden. Indien een plant nog niet in de groeifase zat werd deze niet geknipt. Omdat er met gemiddelde potwaarden gewerkt wordt is dit niet problematisch.



*Figuur 48: Geknipte planten tijdens groeifase 1 (BBCH 39) met voorbeeld van afgeknipte bladmassa per pot voor de verschillende niveaus*



*Figuur 49: Geknipte planten tijdens groeifase 2 (BBCH 59) met voorbeeld van afgeknipte bladmassa per pot voor de verschillende niveaus*



*Figuur 50: Geknipte planten tijdens groeifase 3 (BBCH 77) met voorbeeld van afgeknipte bladmassa per pot voor de verschillende niveaus*

## 2.4.2 Oogsten

Het oogsten van de zomertarwe werd, omwille van het beperkte tijdsbestek van de thesis, uitgevoerd in het vroege deegrijpstadium (BBCH 83). Voor het oogsten werden vijf aren per pot geknipt. Van de geknipte planten werd eveneens het stro gemeten en gewogen. De aren zelf werden eveneens gewogen.

Na het wegen werd elke individuele aar in een luchtdoorlatend zakje geplaatst. De vijf aren uit een pot, en dus vijf kleine zakjes, werden in een grote luchtdoorlatende zak geplaatst. De aren werden gedurende drie dagen in een *Vötsch Industrietechnik GmbH* droogoven (Figuur 51, linksonder) geplaatst bij een temperatuur van 60 °C.

De zakken werden willekeurig op twee niveaus geplaatst in de oven. Om te voorkomen dat de zakjes zouden openwaaien of over elkaar zouden komen te liggen, werd er op de zakjes een rooster gelegd (Figuur 51, rechtsonder).

Na het drogen van de aren werden deze opnieuw gewogen. Bij de statistische verwerking zal er gewerkt worden met de opbrengstgegevens van de gedroogde aren.



Figuur 51: Aar in individueel zakje (linksboven), droogoven op 60 °C (linksonder), plaatsen van zakjes in de oven (rechtsboven) en droogveilig maken van de zakjes (rechtsonder)

## 2.5 Gebruikte potten voor de statistische verwerking

Bij de wintertarwe verliep de ontwikkeling iets trager dan voorzien was. Wegens het beperkte tijdsbestek van de thesis waren deze planten niet voldoende ontwikkeld om te kunnen oogsten. Alhoewel de eerste twee groeifasen uitgevoerd waren werd besloten om deze planten niet te oogsten. Daarom wordt in de verdere verwerking enkel nog de zomertarwe besproken.

Een aantal potten werden niet meegenomen in de statistische verwerking van de potten. Er zijn hiervoor drie selectiecriteria: de pot moet voldoende planten bevatten die geknipt zijn (1), de pot moet voldoende aren produceren om oogstgegevens te genereren (2) en er mogen niet meer aren geoogst worden uit een pot dan dat er planten geknipt zijn (3). Als een pot aan deze drie criteria voldoet, dan wordt deze meegenomen in de statistische verwerking.

Tot het eerste selectie criterium behoorden drie potten. In deze drie potten werden er minder dan drie planten per pot gemeten. Zowel knip- als oogstgegevens van deze potten werden uit de dataset verwijderd. Deze drie potten behoorden allen tot groeifase twee en waren gepositioneerd in kolom 3.

Bij het oogsten waren er in enkele gevallen een beperkt aantal aren aanwezig waardoor onvoldoende geoogst kon worden. Er dient echter een opsplitsing gemaakt te worden tussen twee oorzaken die dit als gevolg kunnen hebben. Een eerste oorzaak zijn externe factoren. Legering, schimmelaantasting of niet intentionele bladschade kunnen ervoor zorgen dat de plant minder aren ontwikkelde. Een tweede oorzaak is dat door het wegknippen van bladoppervlakte de plant geen aren heeft ontwikkeld. Het is niet mogelijk om op basis van de verzamelde data de betreffende potten in deze twee groepen in te splitsen. Er waren vier potten die geen aren geproduceerd hebben. Alle vier deze potten behoorden tot groeifase één. Twee van de vier werden op niveau drie geknipt en de twee andere op niveau vier. Deze potten werden uit de dataset verwijderd.

Er werd eveneens nagegaan of er foute metingen in de data zaten. Een voorbeeld hiervan is een pot waar er meer aren geoogst zijn dan dat er planten geknipt zijn. Deze werden niet gevonden in de dataset.

In totaal werden er zeven potten uit de statistische verwerking gehaald. In bepaalde delen van de statistische verwerking wordt de data van deze potten wel nog gebruikt. Een voorbeeld hiervan is de blootstelling aan externe factoren.

## 3 Resultaten

### 3.1 Mogelijke invloeden op de resultaten

Tijdens het proefverloop waren een aantal factoren aanwezig die de resultaten van de proef mogelijk beïnvloeden. Deze factoren worden eerst besproken zodat er bij het bespreken van de resultaten gereflecteerd kan worden op deze factoren. Hiervoor worden alle 78 potten gebruikt.

De mate waarin potten werden blootgesteld aan deze factoren werd tijdens het proefverloop gekwantificeerd. In een eerste stap werden er scores berekend. Deze worden in een tweede stap uitgetekend volgens het proefplan waardoor mogelijke hotspots blootgelegd kunnen worden. In een derde stap wordt er gekeken of er verbanden zijn tussen deze factoren onderling.

#### 3.1.1 Kwantificeren en uittekenen van externe factoren

##### 3.1.1.1 Schimmelaantasting

Op 13 februari (BBCH 18) werden schimmels vastgesteld. Hierop werd een schets gemaakt van de verspreiding van de schimmel en de graad van aantasting per pot. Per pot werd gekeken in welke mate elke plant was aangetast. De mate van aantasting werd ingedeeld volgens drie scores: geen aantasting (0), hier en daar aantasting op blad (1) en aantasting op stengel en blad (2) (Figuur 52). Per pot werd vervolgens een totaalscore berekend door de score van aantasting van de acht planten bij elkaar op te tellen.

Deze potscore werd vervolgens gedeeld door 16 (maximum score, 6 planten met score 2) om zo een eindscore te krijgen waarvan het maximum 1 is. In kolom 1, rij 1 bijvoorbeeld werden er zes planten met score 0, twee planten met score 1 en nul planten met score 2 waargenomen. In totaal heeft dit een potscore van 2 ( $6 \times 0 + 2 \times 1 + 0 \times 3$ ). Delen door 16 (het maximum, 8 planten  $\times$  score 2) geeft een score van 0.13 op 1.

Elke cel in Tabel 22 komt overeen met een pot volgens de proefopstelling in Tabel 19. In elke cel wordt de waargenomen score weergegeven met bijbehorende kleurencode (rood = meer aangetast, groen = weinig aangetast). Hierdoor zijn er twee hotspots waar te nemen.

Er dient opgemerkt te worden dat bij de observaties de planten niet werden verzet waardoor een mogelijke slechte observatietechniek voor bias in de data zorgt. Dit kan verklaren waarom de twee hotspots zich aan de zijkant, waar de wandelpaden zich bevinden, lopen. Gemiddeld genomen bevat elke pot 4.9 planten met score 0, 2.9 planten met score 1 en 0.24 planten met score 2. De gemiddelde aantastingsgraad bedraagt 0.21.



Figuur 52: Gradaties schimmelaantasting op de zomertarwe (foto's van 13 en 16 februari 2018, BBCH 18)

Tabel 22: Beoordeling schimmel zomertarwe

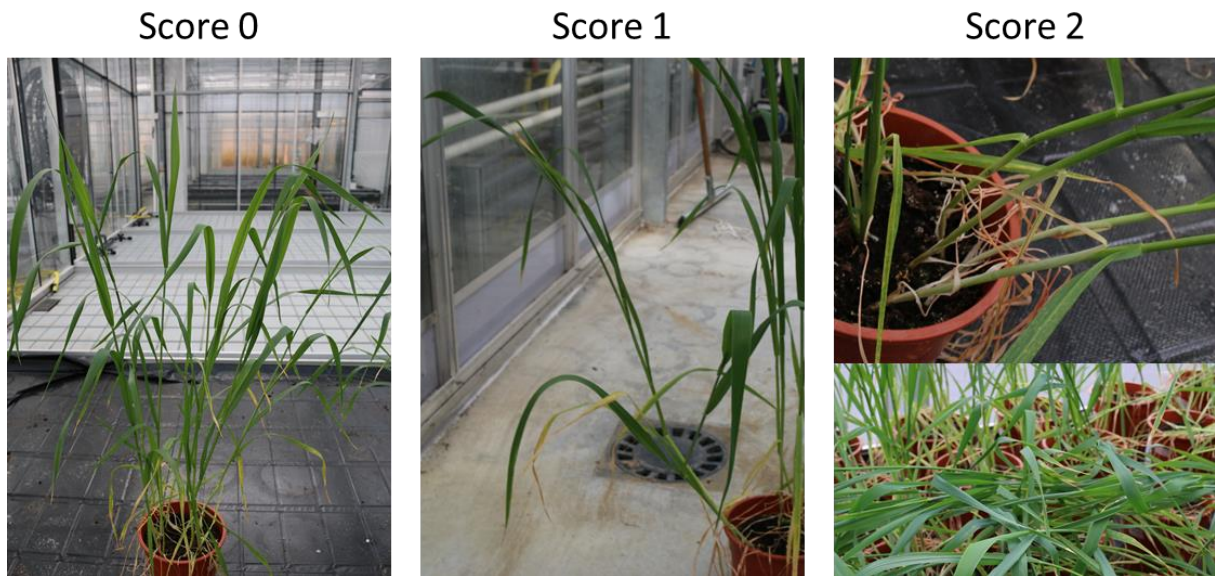
	K1	K2	K3	K4	K5	K6
R1	0.13	0.13	0.06	0.13	0.13	0.06
R2	0.13	0.06	-	0.13	0.13	0.06
R3	0.06	0.13	0.06	0.25	0.13	0.13
R4	0.13	0.19	0.13	0.13	0.06	0.31
R5	0.25	0.06	0.06	0.06	0.25	0.56
R6	0.13	0.19	0.13	0.13	0.31	0.50
R7	0.44	0.06	0.06	0.06	0.19	0.88
R8	0.38	0.19	-	0.06	0.38	0.75
R9	0.56	0.06	0.06	0.06	0.50	0.56
R10	0.50	0.13	0.13	0.13	0.31	0.44
R11	0.50	0.25	0.13	0.13	0.19	0.38
R12	0.56	0.13	0.06	0.19	0.19	0.25
R13	0.19	0.25	0.19	0.13	0.25	0.19

### 3.1.1.2 Legering

Op 12 maart (BBCH 37) werd vastgesteld dat een aantal planten geplooid waren. In analogie met de schimmels werden de planten gescoord. Aan elke acht planten werd een score gegeven: 0 (de plant staat recht), 1 (de plant staat schuin of heeft neiging tot omvallen) en 2 (de plant ligt bijna of volledig horizontaal op de rand van de pot) (Figuur 53). Om mogelijke bias te vermijden werden alle potten van de tafel gehaald en één voor één gescoord.

Zoals te zien in Tabel 23 is er een concentratie van legering bij de middelste planten. Deze potten haalden een maximum score van 1 (acht planten met score 2). De laagste scores zijn te vinden aan de randen. Om negatieve invloeden van de legering te voorkomen werden steunelementen aangebracht (Figuur 54). Hierdoor werd legering van de planten tegengegaan.

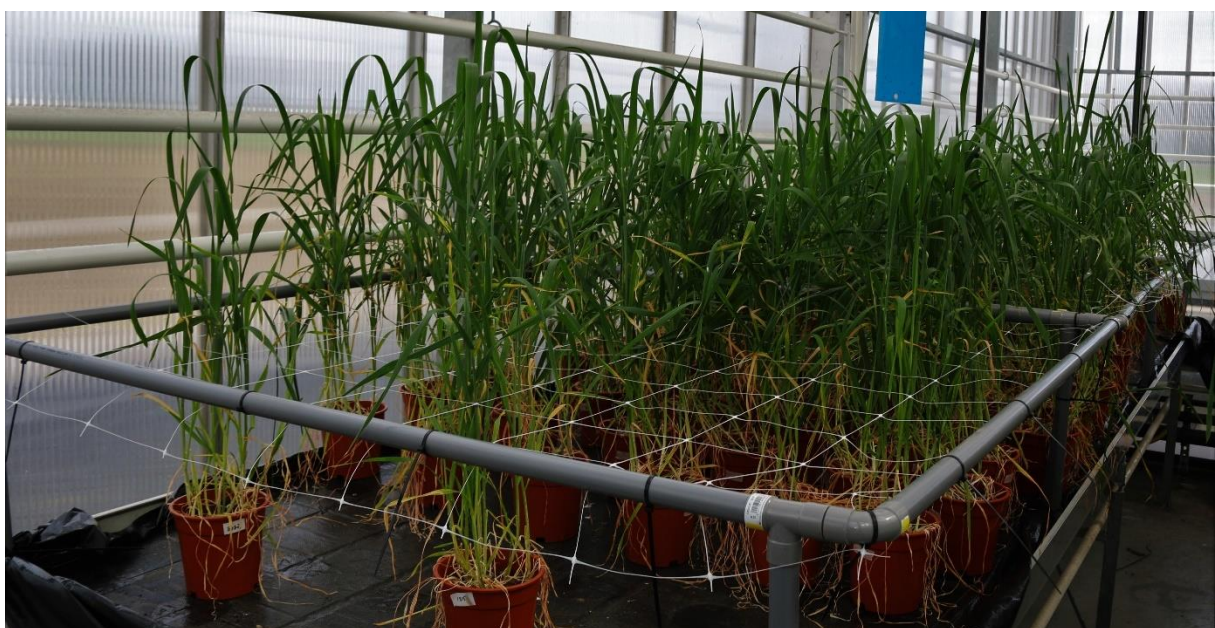




Figuur 53: Gradaties legering van de zomertarwe (foto van 16 maart 2018, BBCH 37)

Tabel 23: Beoordeling legering zomertarwe

	K1	K2	K3	K4	K5	K6
R1	0.25	0.06	0.19	0.13	0.13	0.06
R2	0.31	0.75	0.69	0.63	0.44	0.06
R3	0.69	0.50	0.81	0.81	0.81	-
R4	0.25	0.88	0.94	0.75	0.63	0.25
R5	0.50	1.00	1.00	0.94	1.00	0.13
R6	0.50	1.00	1.00	1.00	0.63	-
R7	0.13	0.81	1.00	1.00	0.63	0.75
R8	0.38	0.44	0.75	0.69	0.63	0.06
R9	0.13	0.88	1.00	0.94	0.81	0.38
R10	-	0.88	0.63	0.88	0.69	0.56
R11	0.13	0.25	0.88	0.75	0.44	0.13
R12	0.06	0.31	0.25	0.56	0.56	-
R13	-	-	0.50	-	0.06	-

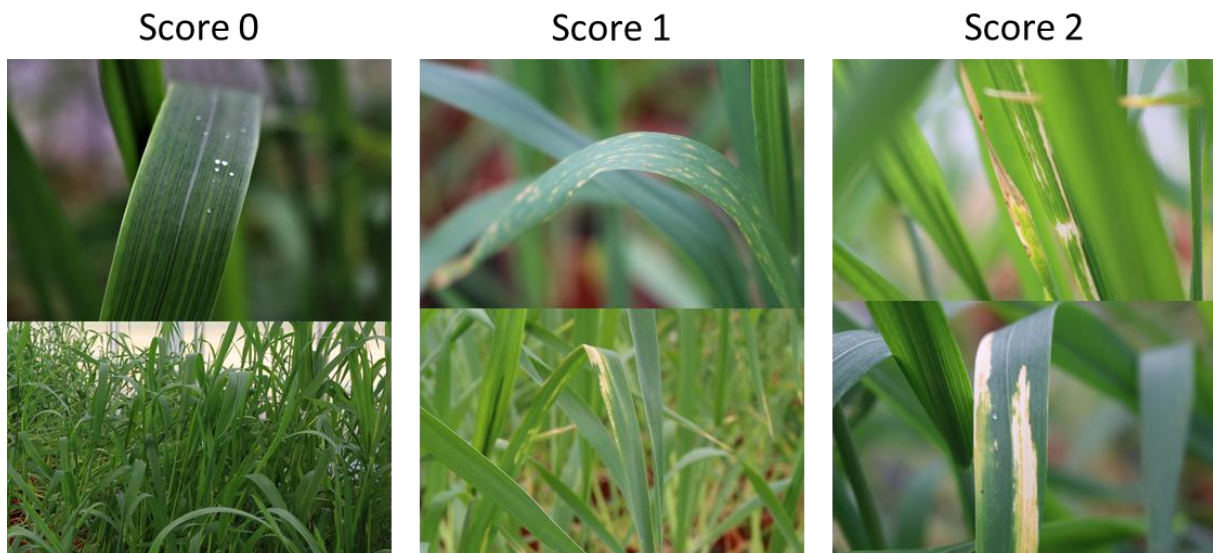


Figuur 54: Aangebrachte steun voor de planten (foto van 29 maart 2018, BBCH 39)

### 3.1.1.3 Bladschade

Een derde mogelijke invloed op de opbrengstgegevens is bladschade. Na de toepassing van eerder besproken fungiciden werden deze eveneens gescoord. De planten zaten gemiddeld in groeistadium 37 (vlagblad zichtbaar maar nog niet ontrold) bij de scoring waardoor er gemiddeld genomen 5 bladeren en een niet ontrold vlagblad van enkele centimeters op de plant aanwezig waren. Bij zowat alle planten was er bladbeschadiging waar te nemen.

De beoordeling gebeurde eveneens via hetzelfde systeem als de schimmels. De planten kregen een score naargelang de aantasting (Figuur 55). Onder score 0 vielen de planten waarvan geen enkele van de vijf bladeren aangetast waren of waar er slechts een enkele bladvlek of top beschadigd is. Onder score 1 vielen de planten waar er één van de vijf bladeren ernstig was aangetast. Score 2 werd voorbehouden voor de planten waar meer dan één blad aangetast was. In Tabel 24 kan men de berekende scores terugvinden voor de aangerichte bladschade. Men kan vaststellen dat er niet direct een patroon waarneembaar is. Al lijkt er wel mindere beschadiging bij de linkse planten te zijn.



Figuur 55: Gradaties bladbeschadiging bij de zomertarwe (foto's van 12 en 16 maart 2018, BBCH 37)

Tabel 24: Beoordeling bladschade zomertarwe

	K1	K2	K3	K4	K5	K6
R1	0.06	0.13	0.25	0.19	0.19	0.44
R2	0.13	0.13	0.19	0.13	0.06	0.19
R3	0.13	0.25	0.38	0.56	0.25	0.19
R4	0.13	0.13	0.25	0.19	0.19	0.19
R5	0.06	0.25	0.31	0.38	0.19	0.19
R6	0.13	0.13	0.25	0.38	0.31	0.31
R7	0.19	0.56	0.31	0.38	0.25	0.56
R8	0.13	0.38	0.31	0.13	0.44	0.13
R9	0.19	0.19	0.25	0.31	0.19	0.44
R10	0.06	0.31	0.13	0.31	0.13	0.19
R11	-	0.06	0.13	0.19	0.13	0.19
R12	0.06	0.13	0.13	0.25	0.19	0.13
R13	0.13	0.13	0.25	0.13	0.31	0.19

### 3.1.2 Statistische interpretatie van de drie factoren

De zone-maps geven reeds een indicatie of er een patroon is in de data. Om dit statistisch te onderbouwen werden deze gegevens verwerkt met SPSS. Zodoende kan bekeken worden of bepaalde groeifasen, niveaus of kolommen meer blootgesteld werden aan deze factoren.

Om te kijken of er verschillen zijn wordt er gebruik gemaakt van een ANOVA-analyse, de Welch-(t)-test en de Tukey post hoc test. Deze eerst bekijkt of er al dan niet een verschil is tussen verschillende groepen. Deze laatste bekijkt welke groep significant verschilt van een andere groep. Voor de statistische verwerking wordt er gewerkt met alle potten.

#### 3.1.2.1 Schimmelaantasting

Op de zone-map van de schimmelaantasting (Tabel 22) kan men zien dat er twee hot-spots zijn (kolom 1 en kolom 6). Uit de data blijkt inderdaad dat de gemiddelden van deze kolommen hoger liggen in deze kolommen, namelijk  $0.303 \pm 0.19$  en  $0.389 \pm 0.27$ .

De ANOVA-analyse toont aan dat er een significant verschil is tussen de kolommen ( $F = 8.676$ ,  $P < 0.05$ ). De Welch test indiceert eveneens een significant verschil tussen de verschillende kolommen ( $F = 8.179$ ,  $P < 0.05$ ). Aan de hand van de Tukey HSD test komt men te weten dat er significante verschillen zijn tussen de verschillende kolommen. Zo zijn kolom 3 en 4 significant verschillend van kolom 1 en 6. Hieruit kan men concluderen dat de buitenste kolommen verschillend scoren dan de middelste kolommen. De eerder besproken bias kan aan de grond liggen van deze conclusie.

De scoring van de schimmelaantasting werd gedaan voordat er geknipt werd. Hierdoor kan men verwachten dat er geen verschil is tussen de verschillende groeifasen en de ontbladeringsniveaus. Uit de ANOVA-analyse in Tabel 26 blijkt inderdaad dat er geen verschil is in groeifases ( $F = 0.549$ ,  $P = 0.650$ ) en de niveaus ( $F = 0.165$ ,  $P = 0.956$ ).

Hieruit kan men concluderen dat de aantasting zich focust op twee kolommen. Aangezien er geen verschil is tussen aantasting in groeifasen en niveaus zal de invloed op de resultaten verspreid zijn en dus geen vertekend beeld geven op de gemiddelden van de oogstgegevens.

Tabel 25: Beschrijvende data van de potten en gemiddelde waarden per kolom voor de schimmelaantasting

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1	13	,302885	,1906782	,0528846	,187659	,418110	,0625	,5625
2	13	,139423	,0682455	,0189279	,098183	,180663	,0625	,2500
3	13	,081731	,0534282	,0148183	,049444	,114017	,0000	,1875
4	13	,120192	,0538948	,0149477	,087624	,152761	,0625	,2500
5	13	,230769	,1207200	,0334817	,157819	,303720	,0625	,5000
6	13	,389423	,2566230	,0711744	,234347	,544499	,0625	,8750
Total	78	,210737	,1782368	,0201813	,170551	,250923	,0000	,8750

Tabel 26: ANOVA-analyse voor de gemiddelde schimmelaantasting, per kolom (boven) per groeifase (midden) en per niveau (onder)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,920	5	,184	8,676	,000
Within Groups	1,526	72	,021		
Total	2,446	77			
Between Groups	,053	3	,018	,549	,650
Within Groups	2,393	74	,032		
Total	2,446	77			
Between Groups	,022	4	,005	,165	,956
Within Groups	2,424	73	,033		
Total	2,446	77			

Tabel 27: Welch test voor de gemiddelde schimmelaantasting per kolom (boven), per groeifase (midden) en per niveau (onder)

	Statistic <sup>a</sup>	df1	df2	Sig.
Welch	8,179	5	32,700	,000
Welch	,678	3	19,851	,576
Welch	,134	4	24,543	,969

a. Asymptotically F distributed.

Tabel 28: Tukey HSD test voor de gemiddelde schimmelaantasting per kolom (boven), per groeifase (linksonder) en per niveau (rechtsonder)

Tukey HSD <sup>a</sup>				
K	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
3	13	,081731		
4	13	,120192		
2	13	,139423	,139423	
5	13	,230769	,230769	,230769
1	13		,302885	,302885
6	13			,389423
Sig.		,108	,059	,073

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 13,000.

Tukey HSD <sup>a,b</sup>			Tukey HSD <sup>a,b</sup>		
GF	N	Subset for alpha = 0.05	N	N	Subset for alpha = 0.05
		1			1
1	24	,171875	3	18	,190972
2	24	,226563	1	18	,204861
3	24	,226563	4	18	,204861
0	6	,239583	2	18	,232639
Sig.		,758	0	6	,239583
			Sig.		,961

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 13,714.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 12,857.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

### 3.1.2.2 Legering

De hoogste gemiddelde waarde is te vinden in kolom drie ( $0.740 \pm 0.282$ ). Men ziet dat de hoogste gemiddelden zich in de middelste kolommen concentreren. Uit de ANOVA-analyse blijkt dat er een significant verschil is tussen kolommen ( $F = 8.926, P < 0.05$ ).

Uit de Tukey post hoc test blijkt dat er een significant verschil is tussen kolom 6 en 1 en de middelste kolommen. De mate van legering lijkt inderdaad naar het midden toe te stijgen. Op Figuur 56 kan men een weergave vinden van de gemiddelde score per kolom en per groeifase. Hierop is te zien dat de middelste kolommen een hogere gemiddelde score hebben in vergelijking met de buitenste kolommen.

Omdat de legering plaats had voordat er geknipt werd kan men verwachten dat er geen verschil is tussen groeifasen en ontbladeringsniveaus. Er is inderdaad geen significant verschil tussen de groeifasen ( $F = 0.752, P = 0.525$ ) en de ontbladering niveaus ( $F = 1.166, P = 0.333$ ). Hieruit kan men concluderen dat een bepaalde groeifase of ontbladeringsniveau niet extra beïnvloed wordt door de legering.

Tabel 29: Beschrijvende data van de potten en gemiddelde waarden per kolom voor de legering-waarden

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1	13	,254808	,2126555	,0589800	,126301	,383314	,0000	,6875
2	13	,596154	,3541195	,0982151	,382162	,810146	,0000	1,0000
3	13	,740385	,2816504	,0781158	,570185	,910584	,1875	1,0000
4	13	,697115	,3144172	,0872036	,507115	,887116	,0000	1,0000
5	13	,572115	,2612646	,0724618	,414235	,729996	,0625	1,0000
6	13	,182692	,2399836	,0665595	,037672	,327713	,0000	,7500
Total	78	,507212	,3461554	,0391944	,429166	,585258	,0000	1,0000

Tabel 30: ANOVA-analyse voor de gemiddelde legering per kolom (boven), groeifase (midden) en niveau (onder)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	3,530	5	,706	8,926	,000
Within Groups	5,696	72	,079		
Total	9,226	77			
Between Groups	,273	3	,091	,752	,525
Within Groups	8,954	74	,121		
Total	9,226	77			
Between Groups	,554	4	,138	1,166	,333
Within Groups	8,673	73	,119		
Total	9,226	77			

Tabel 31: Welch test voor de legering per kolom (boven), per groeifase (midden) en per niveau (onder)

	Statistic <sup>a</sup>	df1	df2	Sig.
Welch	9,999	5	33,454	,000
Welch	1,138	3	22,845	,355
Welch	1,447	4	26,855	,246

a. Asymptotically F distributed.

Tabel 32: Tukey HSD test voor de legering per kolom (boven), groeifase (linksonder) en niveau (rechtsonder)

Tukey HSD <sup>a</sup>				
K	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
6	13	,182692		
1	13	,254808	,254808	
5	13		,572115	,572115
2	13			,596154
4	13			,697115
3	13			,740385
Sig.		,986	,057	,649

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 13,000.

Tukey HSD <sup>a,b</sup>				Tukey HSD <sup>a,b</sup>			
GF	N	Subset for alpha = 0.05		N	N	Subset for alpha = 0.05	
		1				1	
1	24	,476563		1	18	,399306	
3	24	,489583		3	18	,472222	
2	24	,505208		2	18	,517361	
0	6	,708333		4	18	,572917	
Sig.		,308		0	6	,708333	
				Sig.		,165	

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

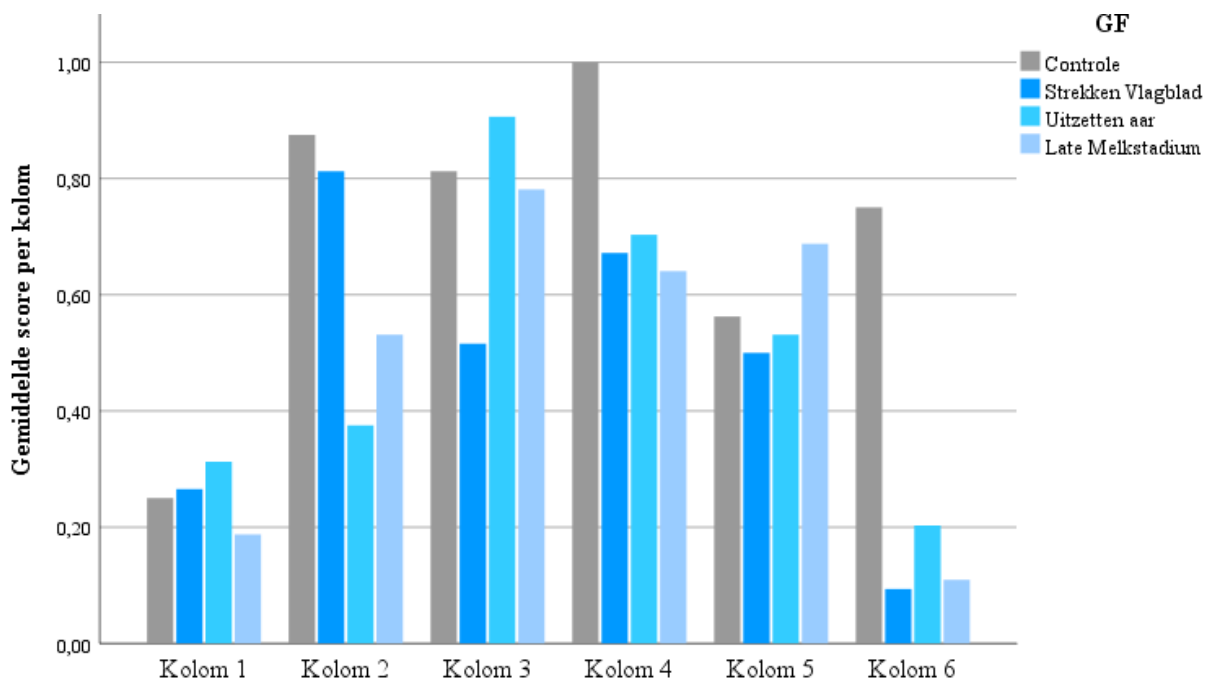
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 13,714.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 12,857.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.



Figuur 56: Grafiek voor de legeringsscore per kolom en per groeifase

### 3.1.2.3 Bladschade

De bladschade die aangebracht werd door de fungicidetoepassing was voor elke plant gelijk. Deze bewering lijkt niet te kloppen als men een vergelijking maakt tussen kolommen. Er is een significant verschil tussen de kolommen ( $F = 3.588$ ,  $P = 0.006$ ). Dit uit zich eveneens in de gemiddelden per kolom. Zo is het gemiddelde in kolom 1 ( $0.106 \pm 0.053$ ) lager dan de andere kolommen.

Uit de Tukey test blijkt dat er een verschil is tussen kolom 1 en kolom 3 ( $P = 0.033$ ), 4 ( $P = 0.005$ ) en 6 ( $P = 0.013$ ). Tussen kolom 6 en kolom 2, 3, 4 en 5 is er geen significant verschil ( $P > 0.9$ ). Kolom 1 is dus minder aangetast dan de vijf andere kolommen.

De mate van bladschade verschilt niet over de verschillende groeifasen ( $F = 1.641$ ,  $P = 0.187$ ) en de ontbladeringsniveaus ( $F = 0.984$ ,  $P = 0.421$ ). Doordat deze bladaantasting bij deze twee niet verschillend is kan men concluderen dat de mate van bladaantasting een gelijk effect zal hebben op de gemiddelden van elk object.

Tabel 33: Beschrijvende data van de potten en gemiddelde waarden per kolom voor de bladaantasting

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1	13	,105769	,0534282	,0148183	,073483	,138056	,0000	,1875
2	13	,211538	,1386750	,0384615	,127738	,295339	,0625	,5625
3	13	,240385	,0800641	,0222058	,192002	,288767	,1250	,3750
4	13	,269231	,1310629	,0363503	,190030	,348431	,1250	,5625
5	13	,216346	,0975460	,0270544	,157400	,275293	,0625	,4375
6	13	,254808	,1384944	,0384114	,171116	,338499	,1250	,5625
Total	78	,216346	,1203234	,0136239	,189217	,243475	,0000	,5625

Tabel 34: ANOVA-analyse voor de gemiddelde bladaantasting per kolom (boven), per groeifase (midden) en per niveau (onder)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,222	5	,044	3,588	,006
Within Groups	,892	72	,012		
Total	1,115	77			
Between Groups	,070	3	,023	1,641	,187
Within Groups	1,045	74	,014		
Total	1,115	77			
Between Groups	,057	4	,014	,984	,421
Within Groups	1,058	73	,014		
Total	1,115	77			

Tabel 35: Welch test voor de mate van bladbeschadiging per kolom (boven), per groeifase (midden) en per niveau (onder)

	Statistic <sup>a</sup>	df1	df2	Sig.
Welch	8,269	5	32,720	,000
Welch	1,119	3	20,092	,365
Welch	,627	4	24,653	,648

a. Asymptotically F distributed.

Tabel 36: Tukey HSD test voor de mate van bladbeschadiging per kolom (boven), per groeifase (linksonder) en per niveau (rechtsonder)

Tukey HSD <sup>a</sup>			
K	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
1	13	,105769	
2	13	,211538	,211538
5	13	,216346	,216346
3	13		,240385
6	13		,254808
4	13		,269231
Sig.		,128	,772

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 13,000.

Tukey HSD <sup>a,b</sup>			Tukey HSD <sup>a,b</sup>			
GF	N	Subset for alpha = 0.05		N	N	Subset for alpha = 0.05
		1				1
3	24	,184896		3	18	,184028
2	24	,208333		1	18	,208333
1	24	,236979		4	18	,218750
0	6	,291667		2	18	,229167
Sig.		,096		0	6	,291667

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 13,714.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 12,857.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.



## 3.2 Gemeten Bladoppervlaktes

### 3.2.1 Nagaan normaliteit

Over alle groeifasen en niveaus heen werd er gemiddeld  $56.92 \pm 46.00$  cm<sup>2</sup> bladoppervlakte weggeknipt bij de planten. De hoogste verwijderde bladoppervlakte is 187.47 cm<sup>2</sup>.

Op onderstaande figuur kan men zien dat de gemeten bladoppervlakten per groeifase niet normaal verdeeld zijn. De reden hiervoor is omdat de waarden van het eerste ontbladeringniveau veel lager is dan de waarden voor de vierde fase. Als men dit uittekt op een grafiek dan zal men geen Bell-curve bekomen maar eerder een curve die naar rechts helt. Binnen de niveaus zelf is de data wel normaal verdeeld. De controlegroepen hebben in onderstaande figuur een nul-waarde omdat er bij deze planten geen bladoppervlakte werd verwijderd.

Tabel 37: Algemene gegevens voor de gemeten bladoppervlakten

	N	Mean	Std. Deviation	Minimum	Maximum	Percentiles		
						25th	50th (Median)	75th
Bladoppervlakte	71	56,9185	46,00483	,00	187,47	19,7604	42,9315	83,4675

Tabel 38: Normaliteitstest van de bladoppervlakten over de verschillende groeifasen (boven) en de verschillende ontbladeringniveaus (onder)

	Groeifase	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Bladoppervlakte	Controle	.	6	.	.	6	.
	Strekken Vlagblad	,230	20	,007	,813	20	,001
	Uitzetten Aar	,231	21	,005	,877	21	,013
	Late Melkstadium	,135	24	,200*	,917	24	,050
	Niveau	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Bladoppervlakte	Controle	.	6	.	.	6	.
	Half vlagblad	,141	17	,200*	,958	17	,602
	Volledig vlagblad	,090	18	,200*	,964	18	,673
	Bovenste 2 bladeren	,159	15	,200*	,978	15	,954
	Alle bladeren	,204	15	,092	,912	15	,146

\*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

### 3.2.2 Verskil in groeifasen

Omdat er bij de controlegroep geen bladoppervlakte werd verwijderd kan men verwachten dat er een verschil is tussen de drie groeifasen en de controlegroep. Om te kijken of er een verschil is tussen de drie groeifasen onderling werden de potten uit de controlegroep uit deze vergelijking geweerd.

Uit de Welch test (Tabel 40) blijkt dat er geen significant verschil is ( $F = 1.103$ ,  $P = 0.343$ ) tussen de verschillende bladoppervlakte. Ook de ANOVA-analyse (Tabel 39) en de Tukey HSD test (Tabel 41) wijzen hierop.

De verschuiving naar rechts, waarvan eerder sprake was, is te zien op Figuur 57. De gemiddelde verwijderde bladoppervlakte per niveau is duidelijk verschillend naarmate het ontbladeringsniveau toeneemt.

Tabel 39: ANOVA-analyse voor de bladoppervlakten bij de verschillende groeifasen

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	3.475,887	2	1.737,943	,873	,423
Within Groups	123.442,602	62	1.991,010		
Total	126.918,489	64			

Tabel 40: Welch-test voor de bladoppervlakten bij de verschillende groeifasen

	Statistic <sup>a</sup>	df1	df2	Sig.
Welch	1,103	2	36,153	,343

a. Asymptotically F distributed.

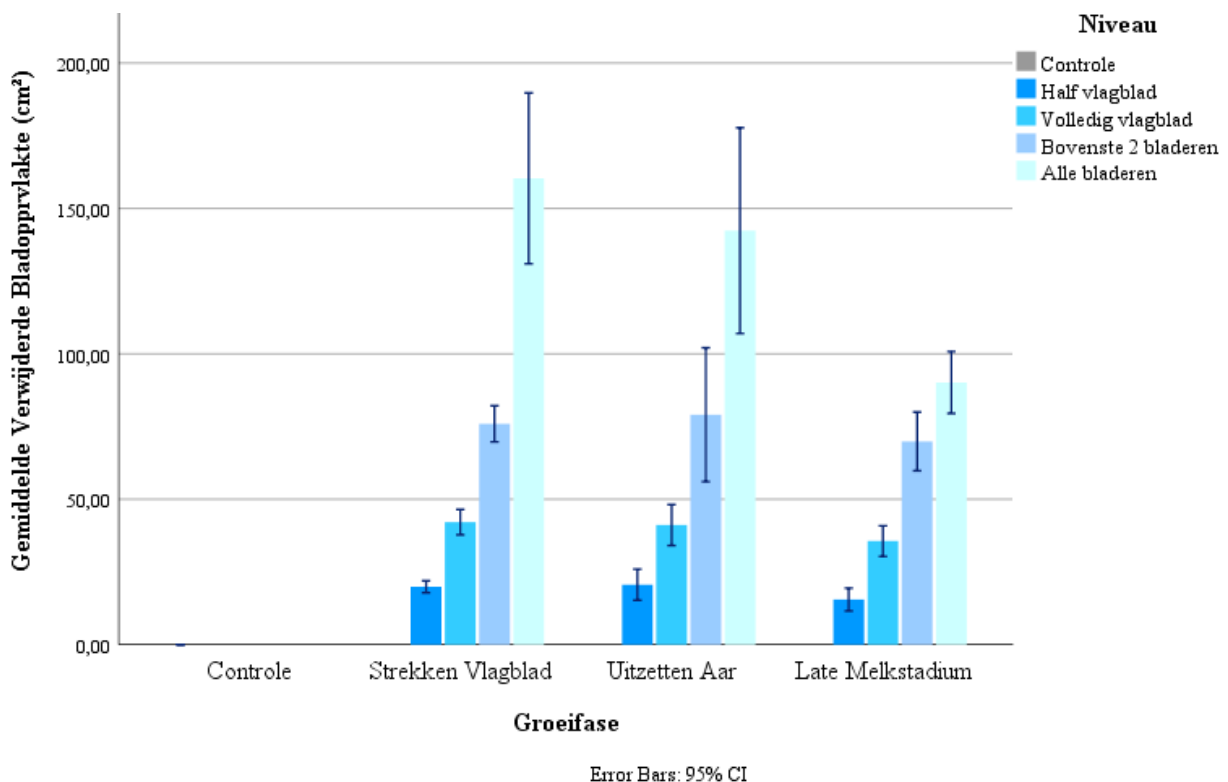
Tabel 41: Tukey HSD test voor de bladoppervlakten bij de verschillende groeifasen

Tukey HSD <sup>a,b</sup>		Subset for alpha = 0.05	
Groeifase	N	1	
Late Melkstadium	24	52,7895	
Strekken Vlagblad	20	65,8683	
Uitzetten Aar	21	69,3762	
Sig.		,446	

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 21,538.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.



Figuur 57: Gemiddelde verwijderde bladoppervlakte (cm²) per groeifase en niveau

### 3.2.3 Verschil in niveaus

Net zoals bij de groeifasen wordt ook hier de controlegroep buiten beschouwing gelaten. De laagst gemeten oppervlakte is een half vlagblad van 11.52 cm<sup>2</sup>. De hoogst gemeten waarde is een plant waarbij 187.47 cm<sup>2</sup> verwijderd werd.

Uit de Welch test kan men afleiden dat er een significant verschil is tussen de verschillende ontbladeringsniveaus ( $F = 156.044$ ,  $P < 0.05$ ). Dit wordt bevestigd in de ANOVA-analyse ( $F = 99.679$ ,  $P < 0.05$ ).

Uit de Tukey HSD test komt men te weten dat alle ontbladeringsniveaus significant verschillen van elkaar. De ontbladeringsniveaus vertonen dus nauwelijks overlap met elkaar. Er is wel overlap met bepaalde groeifasen, wat te zien is in de minimum en maximumwaarden per niveau in Tabel 42.

Op Figuur 58 kan men zien dat de verwijderde bladoppervlakte naarmate het ontbladeringsniveau toeneemt stijgt. Deze grafische weergave benadrukt de verschillen in ontbladeringsniveaus bij de planten.

Tabel 42: Algemene data voor de bladoppervlakten bij de verschillende niveaus

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
Half vlagblad	17	18,5596	3,96143	,96079	16,5228	20,5963	11,52	27,37
Volledig vlagblad	18	39,6250	5,86202	1,38169	36,7099	42,5401	29,96	49,09
Bovenste 2 bladeren	15	74,5605	12,32089	3,18124	67,7374	81,3836	47,95	95,36
Alle bladeren	15	126,2696	36,39363	9,39680	106,1155	146,4237	76,09	187,47
Total	65	62,1725	44,53203	5,52352	51,1380	73,2070	11,52	187,47

Tabel 43: ANOVA-analyse voor de bladoppervlakten bij de verschillende niveaus

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	105.415,012	3	35.138,337	99,679	,000
Within Groups	21.503,477	61	352,516		
Total	126.918,489	64			

Tabel 44: Welch test voor de bladoppervlakten bij de verschillende niveaus

	Statistic <sup>a</sup>	df1	df2	Sig.
Welch	156,044	3	29,263	,000

a. Asymptotically F distributed.

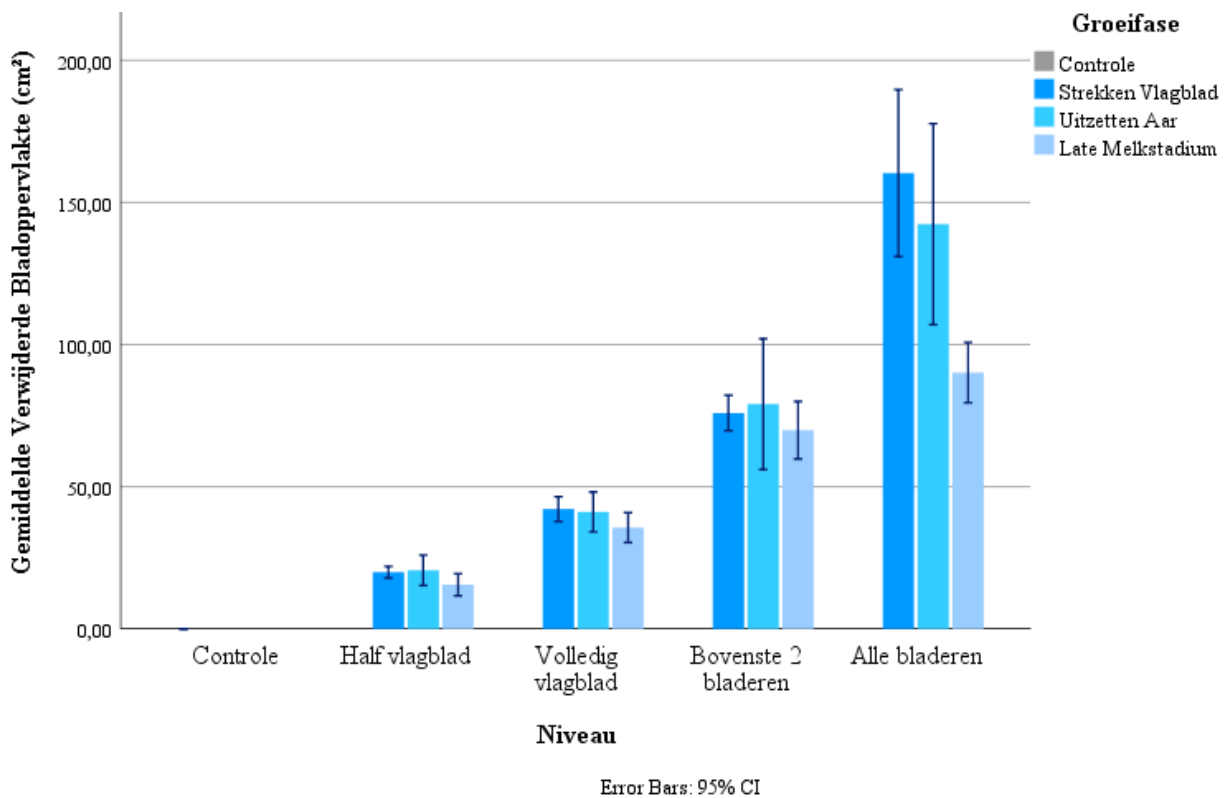
Tabel 45: Tukey HSD test voor de bladoppervlakten bij de verschillende niveaus

Tukey HSD <sup>a,b</sup>					
Niveau	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
Half vlagblad	17	18,5596			
Volledig vlagblad	18		39,6250		
Bovenste 2 bladeren	15			74,5605	
Alle bladeren	15				126,2696
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 16,148.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.



Figuur 58: Gemiddelde verwijderde bladoppervlakte (cm<sup>2</sup>) per niveau en per groeifase

### 3.3 Stengellengte en stengelgewicht

#### 3.3.1 Nagaan normaliteit

Bij het oogsten van de planten werden de stengellengtes en stengelgewicht gemeten van de planten waarvan de aar geoogst werd. Zowel bij de verschillende groeifasen als bij de verschillende niveaus volgen de stengellengtes en -gewichten een normale verdeling. Hiervoor wordt gekeken naar de significantieniveaus van de Shapiro-Wilk test.

Uit Tabel 47 kan men afleiden dat er in totaal voor 71 potten de stengellengte en voor 67 potten het stengelgewicht gemeten werd. Gemiddeld genomen heeft het stro een lengte van  $75.58 \pm 5.32$  cm met een gewicht van  $5.35 \pm 1.15$  gram.

Tabel 46: Normaliteitstest voor stengellengte en -gewicht bij de verschillende groeifasen (boven) als bij de verschillende ontbladeringniveaus (onder)

	Groeifase	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Stengellengte	Controle	,229	6	,200*	,927	6	,556
	Strekken Vlagblad	,134	19	,200*	,937	19	,234
	Uitzetten Aar	,118	19	,200*	,959	19	,551
	Late Melkstadium	,177	23	,061	,943	23	,212
Stengelgewicht	Controle	,254	6	,200*	,882	6	,280
	Strekken Vlagblad	,177	19	,118	,903	19	,056
	Uitzetten Aar	,139	19	,200*	,944	19	,316
	Late Melkstadium	,134	23	,200*	,953	23	,334
	Niveau	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Stengellengte	Controle	,229	6	,200*	,927	6	,556
	Half vlagblad	,092	16	,200*	,973	16	,882
	Volledig vlagblad	,191	16	,123	,950	16	,483
	Bovenste 2 bladeren	,204	15	,092	,915	15	,162
	Alle bladeren	,151	14	,200*	,893	14	,090
Stengelgewicht	Controle	,254	6	,200*	,882	6	,280
	Half vlagblad	,122	16	,200*	,954	16	,555
	Volledig vlagblad	,155	16	,200*	,944	16	,407
	Bovenste 2 bladeren	,144	15	,200*	,943	15	,423
	Alle bladeren	,166	14	,200*	,954	14	,622

\*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

Tabel 47: Algemene data van alle stengellengtes en -gewichten

	N	Mean	Std. Deviation	Minimum	Maximum	Percentiles		
						25th	50th (Median)	75th
Stengellengte	71	73,5754	5,31741	60,06	83,68	71,2600	74,6000	77,2600
Stengelgewicht	67	5,3532	1,15520	3,10	8,34	4,6980	5,3250	6,0400

### 3.3.2 Verschil in groeifasen

Uit de onderstaande Welch test blijkt dat er een significant verschil is tussen de stengellengte ( $F = 4.877$ ,  $P = 0.010$ ) bij de verschillende groeifasen. Het stengelgewicht varieert niet tussen de verschillende groeifasen ( $F = 1.847$ ,  $P = 0.171$ ). Uit de ANOVA-analyse kan men afleiden dat er alvast een significant verschil is bij de stengellengtes tussen de potten van de verschillende groeifasen ( $F = 5.484$ ,  $P = 0.002$ ).

Uit de Tukey HSD test blijkt dat de stengellengtes bij het strekken van het vlagblad (groeifase 1) verschilt van de controlegroep. De gemiddelde stengellengte voor deze twee liggen op respectievelijk 70.05 cm en 77.49 cm. De twee andere groeifasen verschillen niet van de controlegroep. De stengelgewichten bij het strekken van het vlagblad (groeifase 1) verschillen van de controle. Deze hebben respectievelijk een gewicht van 5.04 en 6.39 gram.

De stengellengtes en de -gewichten worden grafisch weergegeven op Figuur 59 en Figuur 60. Hierop is te zien dat de stengellengtes gemiddeld lager zijn bij het strekken van het vlagblad dan bij de controlegroep.

Tabel 48: Welch test voor stengellengte en -gewicht voor de verschillende groeifasen

		Statistic <sup>a</sup>	df1	df2	Sig.
Stengellengte	Welch	4,877	3	21,265	,010
Stengelgewicht	Welch	1,847	3	20,091	,171

a. Asymptotically F distributed.

Tabel 49: ANOVA-analyse voor de stengellengtes en -gewichten voor de verschillende groeifasen

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Stengellengte	Between Groups	390,191	3	130,064	5,484	,002
	Within Groups	1.589,045	67	23,717		
	Total	1.979,236	70			
Stengelgewicht	Between Groups	8,485	3	2,828	2,239	,092
	Within Groups	79,591	63	1,263		
	Total	88,076	66			

Tabel 50: Tukey HSD test voor de stengellengte (links) en het -gewicht (rechts) bij de groeifasen

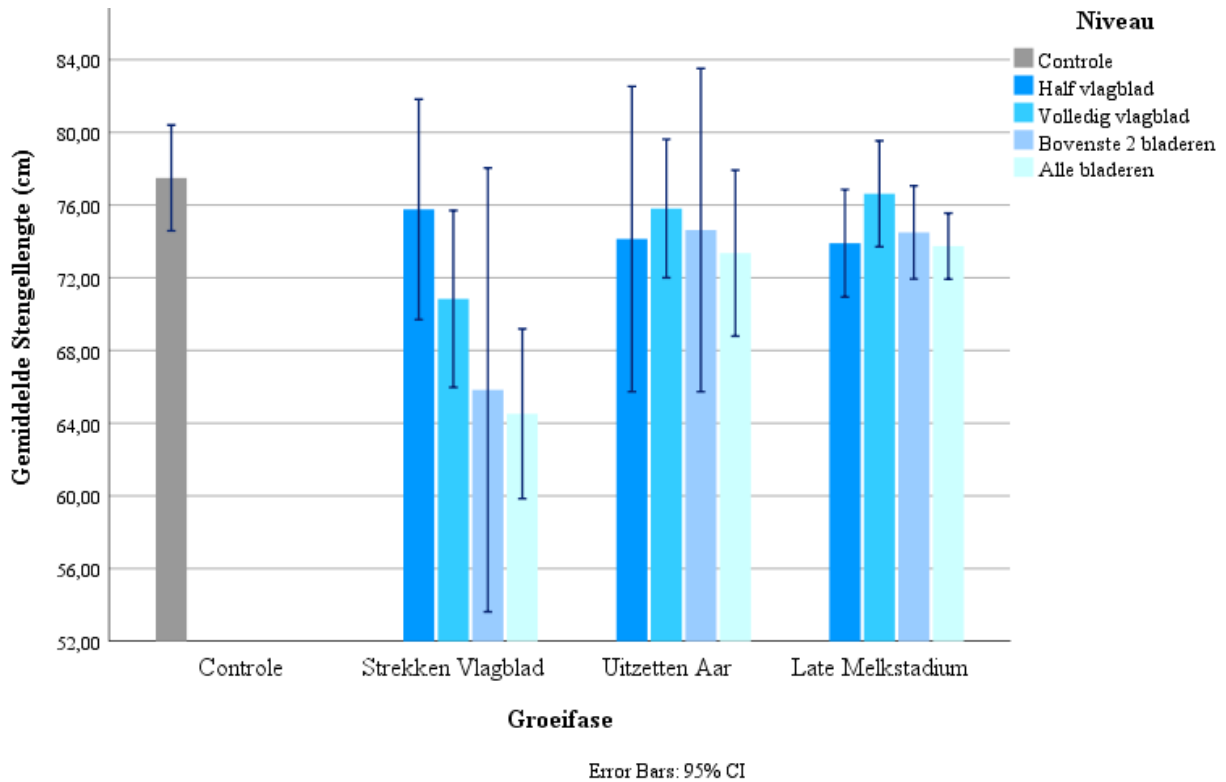
Tukey HSD <sup>a,b</sup>				Tukey HSD <sup>a,b</sup>			
Groeifase	N	Subset for alpha = 0.05		Groeifase	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2			1	2
Strekken Vlagblad	20	70,0487		Strekken Vlagblad	19	5,0356	
Uitzetten Aar	21	74,5426	74,5426	Uitzetten Aar	19	5,2808	5,2808
Late Melkstadium	24	74,6885	74,6885	Late Melkstadium	23	5,4057	5,4057
Controle	6		77,4925	Controle	6		6,3865
Sig.		,080	,415	Sig.		,840	,073

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

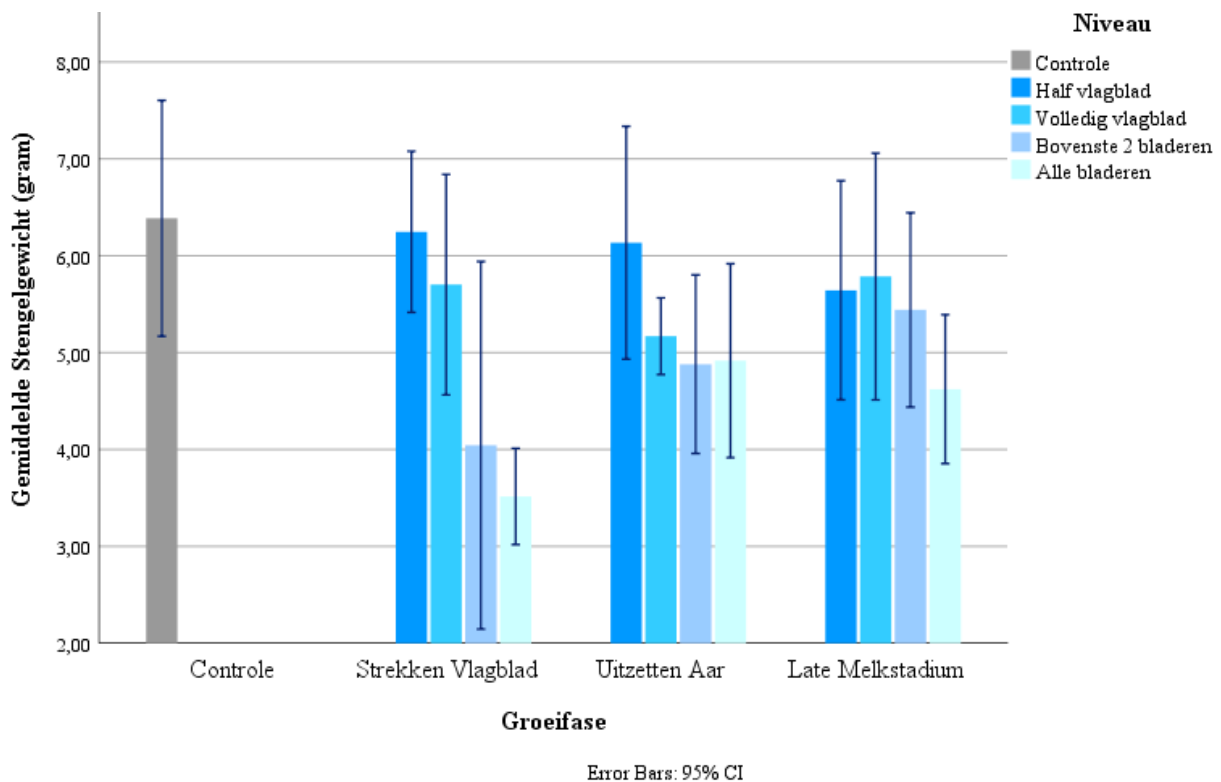
- a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 13,074.
- b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

- a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 12,682.
- b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.



Figuur 59: Gemiddelde stengellengte bij de verschillende groeifasen en niveaus



Figuur 60: Gemiddelde stengelgewicht bij de verschillende groeifasen en niveaus

### 3.3.3 Verschil in ontbladeringsniveaus

De mate waarin de planten ontbladerd worden kunnen een effect hebben op de stengellengte en -gewicht. Uit de Welch test blijkt dat er inderdaad een verschil is tussen de verschillende ontbladeringsniveaus als mijn kijkt naar de stengellengtes ( $F = 3.644$ ,  $P = 0.017$ ) en naar het stengelgewicht ( $F = 7.795$ ,  $P < 0.05$ ).

Uit de ANOVA-analyse blijkt dat er geen verschil is tussen de stengellengtes en de verschillende ontbladeringsniveaus ( $F = 2.266$ ,  $P = 0.071$ ). Er is wel een significant verschil tussen de stengelgewichten bij de verschillende groeifasen ( $F = 7.795$ ,  $P < 0.05$ ).

Uit de Tukey HSD test blijkt dat er een verschil is tussen de controlegroep en het volledig ontbladeren van de van planten. De gemiddelden van beide groepen liggen respectievelijk op 77.49 cm en 71.15 cm. Het verwijderen van alle bladeren heeft een lagere opbrengst als resultaat in vergelijking met de controlegroep. Er is geen significant verschil op het stengelgewicht tussen de planten waarbij de bovenste twee bladeren werd verwijderd of een half of volledig vlagblad. Het verwijderen van de bovenste twee bladeren verschilt wel van de controlegroep. Dit kan men ook grafisch waarnemen op Figuur 61 en Figuur 62.

Tabel 51: Welch test voor stengellengte en gewicht voor verschillende ontbladeringsniveaus

		Statistic <sup>a</sup>	df1	df2	Sig.
Stengellengte	Welch	3,644	4	27,290	,017
Stengelgewicht	Welch	7,795	4	23,421	,000

a. Asymptotically F distributed.

Tabel 52: ANOVA-analyse voor de stengellengtes en -gewicht bij de ontbladeringsniveaus

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Stengellengte	Between Groups	238,959	4	59,740	2,266	,071
	Within Groups	1.740,277	66	26,368		
	Total	1.979,236	70			
Stengelgewicht	Between Groups	29,536	4	7,384	7,820	,000
	Within Groups	58,540	62	,944		
	Total	88,076	66			

Tabel 53: Tukey HSD test voor de stengellente (links) en het -gewicht (rechts) bij de ontbladeringsniveaus

Tukey HSD <sup>a,b</sup>				Tukey HSD <sup>a,b</sup>				
Niveau	N	Subset for alpha = 0.05		Niveau	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2			1	2	3
Alle bladeren	15	71,1520		Alle bladeren	14	4,4113		
Bovenste 2 bladeren	15	72,2280	72,2280	Bovenste 2 bladeren	15	4,8812	4,8812	
Volledig vlagblad	18	74,4224	74,4224	Volledig vlagblad	16		5,6002	5,6002
Half vlagblad	17	74,6230	74,6230	Half vlagblad	16		5,9853	5,9853
Controle	6		77,4925	Controle	6			6,3865
Sig.		,465	,099	Sig.		,770	,059	,302

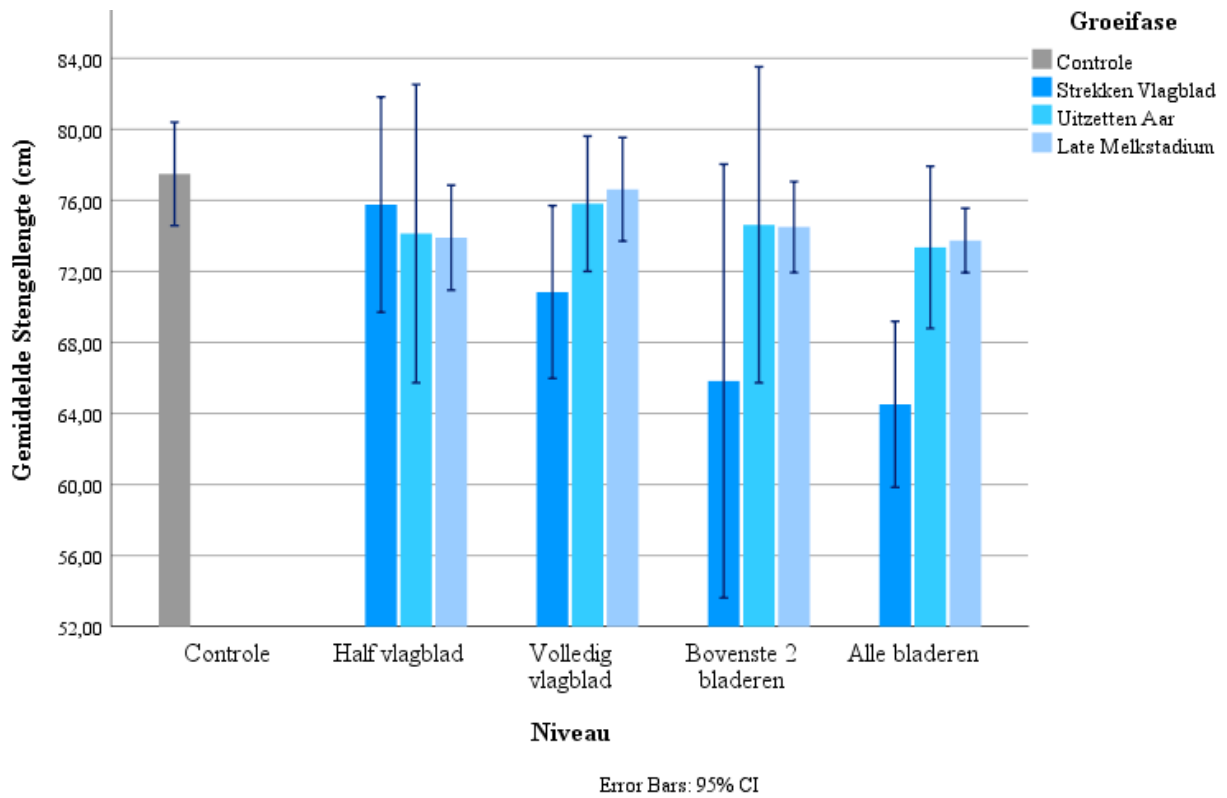
Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

- a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 12,066.  
 b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

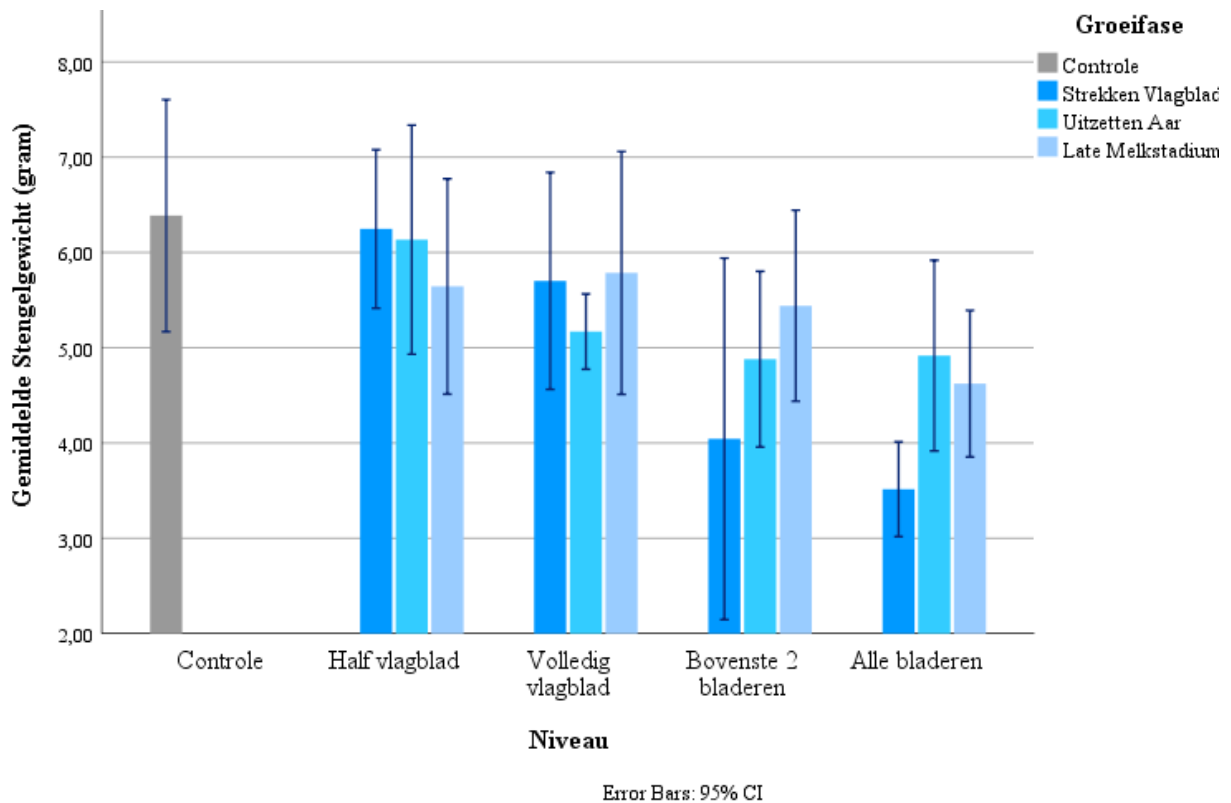
Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

- a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 11,634.  
 b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.





Figuur 61: Gemiddelde stengellengtes bij de verschillende niveaus en groeifasen



Figuur 62: gemiddelde stengellengtes bij de verschillende groeifasen en niveaus

## 3.4 Opbrengstgegevens

### 3.4.1 Nagaan Normaliteit

Zoals te zien op Tabel 54 zijn de opbrengstgegevens in verse- en droge stof normaal verdeeld als men ze opstelt volgens groeifase en niveau. Bij de drogestofgehaltenes is er echter geen sprake van normaliteit bij het strekken van het vlagblad ( $P = 0.022$ ) en het late melkstadium ( $P = 0.008$ ) als men naar de groeifasen kijkt. Wat de ontbladeringniveaus betreft is er geen sprake van normaliteit bij het volledig verwijderen van de bladeren ( $P = 0.001$ ) en het verwijderen van de bovenste twee bladeren ( $P = 0.001$ ).

Tabel 54 Normaliteitstest van de opbrengstgegevens over de verschillende groeifasen (boven) en de verschillende ontbladeringniveaus (onder)

	Groeifase	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Opbrengst (vs)	Controle	,267	6	,200*	,912	6	,450
	Strekken Vlagblad	,122	20	,200*	,929	20	,145
	Uitzetten Aar	,167	21	,129	,949	21	,333
	Late Melkstadium	,163	24	,097	,970	24	,658
Opbrengst (ds)	Controle	,172	6	,200*	,986	6	,977
	Strekken Vlagblad	,131	20	,200*	,945	20	,302
	Uitzetten Aar	,134	21	,200*	,983	21	,957
	Late Melkstadium	,134	24	,200*	,955	24	,349
DS%	Controle	,153	6	,200*	,987	6	,980
	Strekken Vlagblad	,215	20	,016	,885	20	,022
	Uitzetten Aar	,142	21	,200*	,958	21	,476
	Late Melkstadium	,166	24	,088	,879	24	,008
	Niveau	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Opbrengst (vs)	Controle	,267	6	,200*	,912	6	,450
	Half vlagblad	,219	17	,029	,936	17	,276
	Volledig vlagblad	,149	18	,200*	,966	18	,728
	Bovenste 2 bladeren	,114	15	,200*	,972	15	,888
	Alle bladeren	,152	15	,200*	,937	15	,345
Opbrengst (ds)	Controle	,172	6	,200*	,986	6	,977
	Half vlagblad	,133	17	,200*	,916	17	,124
	Volledig vlagblad	,095	18	,200*	,952	18	,458
	Bovenste 2 bladeren	,141	15	,200*	,946	15	,470
	Alle bladeren	,158	15	,200*	,922	15	,204
DS%	Controle	,153	6	,200*	,987	6	,980
	Half vlagblad	,146	17	,200*	,942	17	,344
	Volledig vlagblad	,216	18	,026	,791	18	,001
	Bovenste 2 bladeren	,264	15	,006	,766	15	,001
	Alle bladeren	,128	15	,200*	,950	15	,520

\*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

### 3.4.2 Drogestofpercentage

Aan de hand van de gemeten verste en droge stof gewichten kon een drogestofpercentage (DS%) berekend worden (verhouding van droge stof op verse stof). Zoals te zien in Tabel 55 is er zowel tussen de groeifasen ( $F = 1.161$ ,  $P = 0.346$ ) als tussen de ontbladeringniveaus ( $F = 0.339$ ,  $P = 0.849$ ) geen significant verschil.

In de ANOVA-analyses blijkt dat er geen significant verschil is tussen de groeifasen en de ontbladeringniveaus. Uit de Tukey HSD test blijkt dat alle gemiddelde waarden per groeifase (links) en per ontbladeringniveaus(rechts) gelijk zijn. Het droge stof percentage werd dus niet beïnvloed door het knippen in een bepaald gewasstadium of door een bepaalde hoeveelheid bladoppervlakte te verwijderen. Dit wordt grafisch weergegeven in Figuur 63.

Tabel 55: Welch-test voor de DS% bij de groeifasen (links) en de ontbladeringniveaus (rechts)

	Statistic <sup>a</sup>	df1	df2	Sig.
Welch	1,161	3	22,374	,346
Welch	,339	4	25,548	,849

a. Asymptotically F distributed.

Tabel 56: DS% voor de verschillende groeifasen (boven) en ontbladeringniveaus (onder)

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
Controle	6	57,037%	3,8176%	1,5585%	53,030%	61,043%	52,0%	62,7%
Strekken Vlagblad	20	59,536%	10,5462%	2,3582%	54,601%	64,472%	37,4%	83,4%
Uitzetten Aar	21	55,039%	4,5622%	0,9956%	52,962%	57,116%	46,5%	64,6%
Late Melkstadium	24	55,716%	4,7791%	0,9755%	53,698%	57,734%	49,5%	71,0%
Total	71	56,703%	6,9389%	0,8235%	55,061%	58,346%	37,4%	83,4%

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	Lower Bound	Upper Bound	Minimum	Maximum
Controle	6	57,037%	3,8176%	1,5585%	53,030%	61,043%	52,0%	62,7%
Half vlagblad	17	56,420%	4,3759%	1,0613%	54,170%	58,669%	50,9%	65,5%
Volledig vlagblad	18	56,271%	4,8250%	1,1373%	53,871%	58,670%	49,5%	71,0%
Bovenste 2 bladeren	15	58,992%	10,0486%	2,5945%	53,427%	64,556%	46,5%	83,4%
Alle bladeren	15	55,123%	8,7028%	2,2471%	50,304%	59,942%	37,4%	76,2%
Total	71	56,703%	6,9389%	0,8235%	55,061%	58,346%	37,4%	83,4%

Tabel 57: ANOVA-analyse voor het DS% bij de verschillende groeifasen (boven) en niveaus (onder)

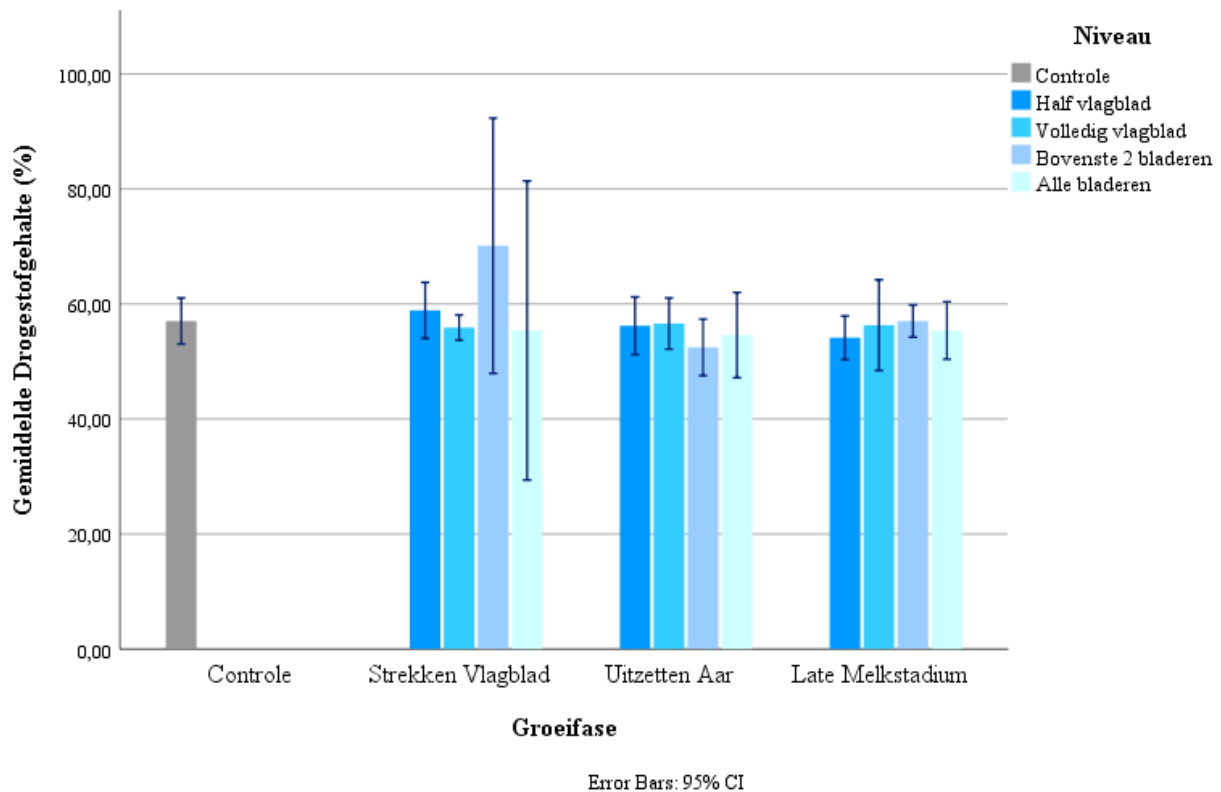
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	242,762	3	80,921	1,733	,169
Within Groups	3.127,663	67	46,682		
Total	3.370,425	70			

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	121,415	4	30,354	,617	,652
Within Groups	3.249,010	66	49,227		
Total	3.370,425	70			

Tabel 58: Tukey HSD test voor het DS% bij verschillende groeifasen (links) en ontbladeringniveaus (rechts)

Tukey HSD <sup>a,b</sup>			Tukey HSD <sup>a,b</sup>		
Groeifase	N	Subset for	Niveau	N	Subset for
		alpha = 0.05			alpha = 0.05
		1			1
Uitzetten Aar	21	55,039%	Alle bladeren	15	55,123%
Late Melkstadium	24	55,716%	Volledig vlagblad	18	56,271%
Controle	6	57,037%	Half vlagblad	17	56,420%
Strekken Vlagblad	20	59,536%	Controle	6	57,037%
Sig.		,341	Bovenste 2 bladeren	15	58,992%
Means for groups in homogeneous subsets are displayed.			Sig.		
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 13,074.			a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 12,066.		
b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.			b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.		



Figuur 63: Drugstofpercentages bij de verschillende groeifasen en niveaus

### 3.4.3 Opbrengstresultaten

Nu geweten is dat de drogestofpercentages gelijk zijn kan men ervan uitgaan dat het droogproces voor alle aren gelijk is verlopen en dat de planten in een gelijk groeistadium zaten op het moment van oogst.

#### 3.4.3.1 Opbrengstverschillen bij de verschillende groeifasen

Zoals te zien in Tabel 59 is er op verse stof (vs) ( $P = 0.030$ ) en droge stof (ds) basis ( $0.044$ ) een significant verschil tussen de verschillende groeifasen. Uit de ANOVA-analyse (Tabel 61) blijkt eveneens dat er een verschil is tussen de verschillende groeifasen bij verse ( $P = 0.005$ ) en droge stof ( $P = 0.017$ ).

Volgens de Tukey HSD test is wel degelijk een verschil tussen de controlegroep en de drie andere groeifasen. Uit Tabel 62 kan men concluderen dat knippen in de eerste (strekken vlagblad) en het tweede (uitzetten aar) onderling niet verschillen maar wel significant verschillen van de controlegroep. Voor de derde groeifase (late melkstadium) is er geen verschil met de controlegroep of de twee andere groeifases. De opbrengstgegevens voor de verschillende groeifasen kan men terugvinden in Figuur 64 en Figuur 65.

Tabel 59: Welch test voor de opbrengstgegevens bij de verschillende groeifasen

		Statistic <sup>a</sup>	df1	df2	Sig.
Opbrengst (vs)	Welch	3,638	3	20,224	,030
Opbrengst (ds)	Welch	3,210	3	20,647	,044

a. Asymptotically F distributed.

Tabel 60: Opbrengstgegevens voor de verschillende groeifasen

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
						Lower Bound	Upper Bound		
Opbrengst (vs)	Controle	6	3,7513	,73419	,29973	2,9808	4,5218	2,80	5,00
	Strekken Vlagblad	20	2,6363	,96966	,21682	2,1824	3,0901	1,09	4,03
	Uitzetten Aar	21	2,9593	,57078	,12455	2,6995	3,2191	1,96	4,39
	Late Melkstadium	24	3,2290	,59778	,12202	2,9766	3,4814	2,04	4,55
	Total	71	3,0264	,77985	,09255	2,8418	3,2110	1,09	5,00
Opbrengst (ds)	Controle	6	2,1400	,43198	,17636	1,6867	2,5933	1,53	2,80
	Strekken Vlagblad	20	1,5303	,53138	,11882	1,2816	1,7789	,65	2,39
	Uitzetten Aar	21	1,6390	,38092	,08312	1,4656	1,8124	,91	2,45
	Late Melkstadium	24	1,8033	,39180	,07998	1,6378	1,9687	1,19	2,60
	Total	71	1,7062	,45981	,05457	1,5974	1,8151	,65	2,80

Tabel 61: ANOVA-analyse voor de opbrengstgegevens bij de verschillende groeifasen

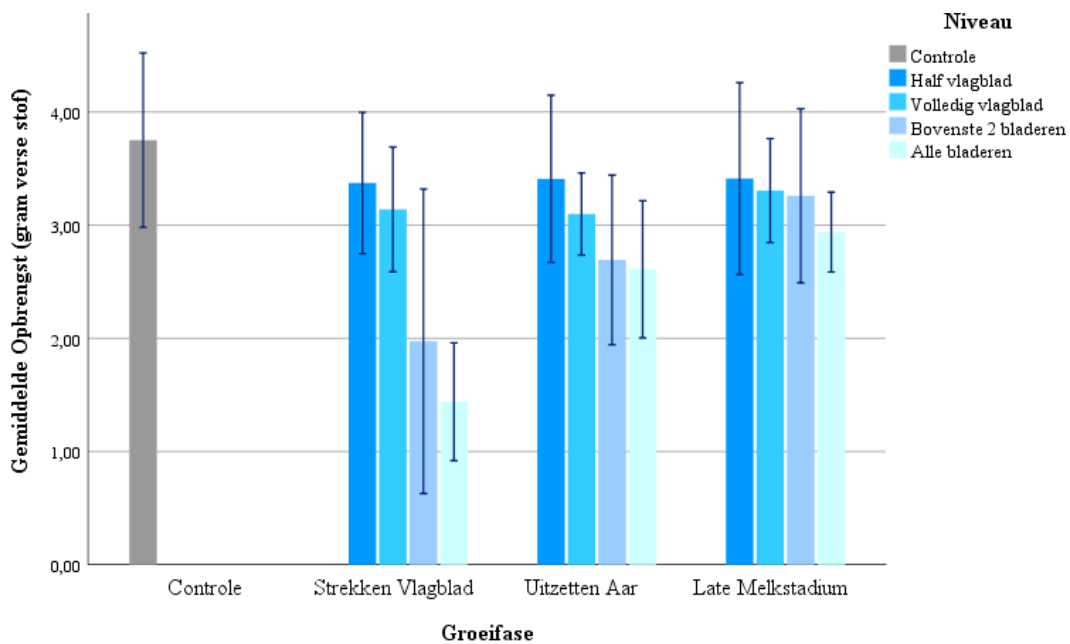
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Opbrengst (vs)	Between Groups	7,277	3	2,426	4,605	,005
	Within Groups	35,295	67	,527		
	Total	42,571	70			
Opbrengst (ds)	Between Groups	2,069	3	,690	3,630	,017
	Within Groups	12,731	67	,190		
	Total	14,800	70			

Tabel 62: Tukey HSD test voor de opbrengstgegevens in droge (links) en verse stof (rechts) bij de groeifasen

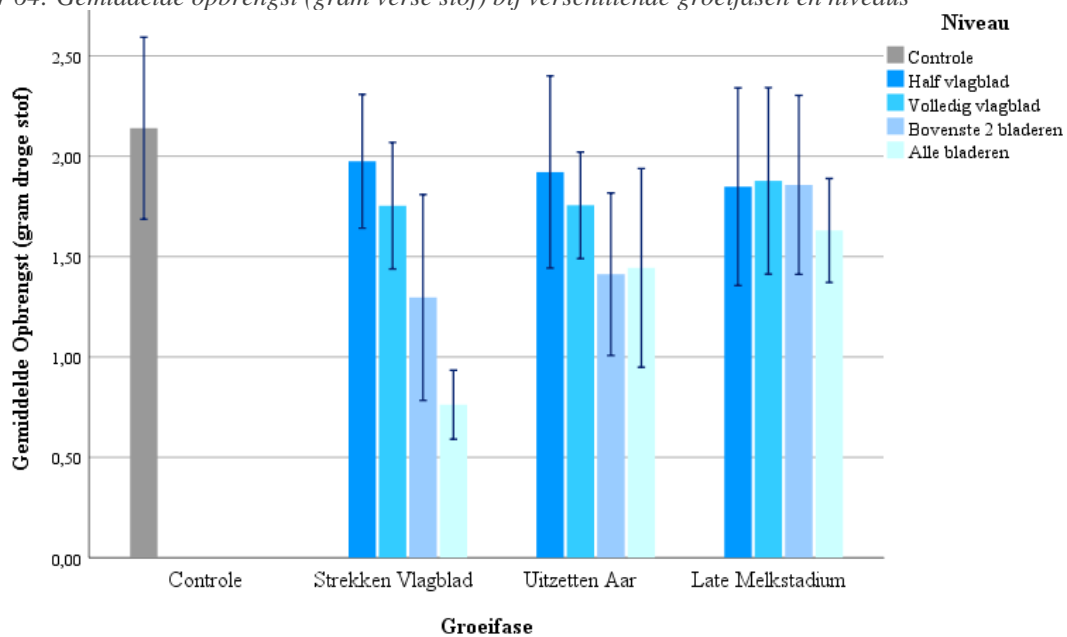
Tukey HSD <sup>a,b</sup>				Tukey HSD <sup>a,b</sup>			
Groeifase	N	Subset for alpha = 0.05		Groeifase	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2			1	2
Strekken Vlagblad	20	2,6363		Strekken Vlagblad	20	1,5303	
Uitzetten Aar	21	2,9593		Uitzetten Aar	21	1,6390	
Late Melkstadium	24	3,2290	3,2290	Late Melkstadium	24	1,8033	1,8033
Controle	6		3,7513	Controle	6		2,1400
Sig.		,168	,264	Sig.		,385	,208

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 13,074.  
b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.



Figuur 64: Gemiddelde opbrengst (gram verse stof) bij verschillende groeifasen en niveaus



Figuur 65: Gemiddelde opbrengst (gram droge stof) bij verschillende groeifasen en niveaus

### 3.4.3.2 Opbrengstverschillen bij de verschillende ontbladeringniveaus

Uit Tabel 63 kan men afleiden dat er een significant verschil is tussen de opbrengstgegevens en de verschillende ontbladeringniveaus. In Tabel 64 worden de gemiddelde waarden weergegeven voor de opbrengstgegevens per ontbladeringniveaus. Uit de ANOVA-analyse in Tabel 65 blijkt dat er een significant verschil tussen de niveaus ( $F = 6.935$ ;  $F = 6.943$ ,  $P < 0.05$ ). Uit de Tukey HSD test in Tabel 66 blijkt dat er een duidelijke volgorde is tussen de mate van ontbladering en de opbrengst. Dit kan men eveneens zien in Figuur 66 en Figuur 67. Het verwijderen van alle bladeren resulteert in de laagste opbrengst. Deze verschilt niet significant van het ontbladeren van de bovenste twee bladeren maar wel van de andere ontbladeringniveaus. Deze laatste verschilt wel significant van de controle.

Tabel 63: Welch test voor de opbrengstgegevens bij de verschillende ontbladeringniveaus

		Statistic <sup>a</sup>	df1	df2	Sig.
Opbrengst (vs)	Welch	5,650	4	23,315	,002
Opbrengst (ds)	Welch	5,525	4	23,985	,003

a. Asymptotically F distributed.

Tabel 64: Opbrengstgegevens voor de verschillende ontbladeringniveaus

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
						Lower Bound	Upper Bound		
Opbrengst (vs)	Controle	6	3,7513	,73419	,29973	2,9808	4,5218	2,80	5,00
	Half vlagblad	17	3,3970	,63520	,15406	3,0704	3,7235	2,49	4,55
	Volledig vlagblad	18	3,1809	,42556	,10031	2,9693	3,3925	2,42	3,91
	Bovenste 2 bladeren	15	2,7281	,85630	,22110	2,2539	3,2023	1,09	4,00
	Alle bladeren	15	2,4294	,73085	,18870	2,0246	2,8341	1,13	3,51
	Total	71	3,0264	,77985	,09255	2,8418	3,2110	1,09	5,00
Opbrengst (ds)	Controle	6	2,1400	,43198	,17636	1,6867	2,5933	1,53	2,80
	Half vlagblad	17	1,9145	,37479	,09090	1,7218	2,1071	1,41	2,52
	Volledig vlagblad	18	1,7955	,32633	,07692	1,6332	1,9578	1,35	2,60
	Bovenste 2 bladeren	15	1,5593	,42742	,11036	1,3226	1,7960	,91	2,27
	Alle bladeren	15	1,3366	,45262	,11687	1,0859	1,5872	,65	1,94
	Total	71	1,7062	,45981	,05457	1,5974	1,8151	,65	2,80

Tabel 65: ANOVA-analyse voor de opbrengstgegevens bij de verschillende ontbladeringniveaus

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Opbrengst (vs)	Between Groups	12,598	4	3,150	6,935	,000
	Within Groups	29,973	66	,454		
	Total	42,571	70			
Opbrengst (ds)	Between Groups	4,383	4	1,096	6,943	,000
	Within Groups	10,417	66	,158		
	Total	14,800	70			

Tabel 66: Tukey HSD test voor opbrengstgegevens in droge (links) en verse stof (rechts) bij de niveaus

Tukey HSD <sup>a,b</sup>				Tukey HSD <sup>a,b</sup>					
Niveau	N	Subset for alpha = 0.05			Niveau	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3			1	2	3
Alle bladeren	15	1,3366			Alle bladeren	15	2,4294		
Bovenste 2 bladeren	15	1,5593	1,5593		Bovenste 2 bladeren	15	2,7281	2,7281	
Volledig vlagblad	18		1,7955	1,7955	Volledig vlagblad	18	3,1809	3,1809	3,1809
Half vlagblad	17		1,9145	1,9145	Half vlagblad	17		3,3970	3,3970
Controle	6			2,1400	Controle	6			3,7513
Sig.		,644	,194	,220	Sig.		,059	,118	,241

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

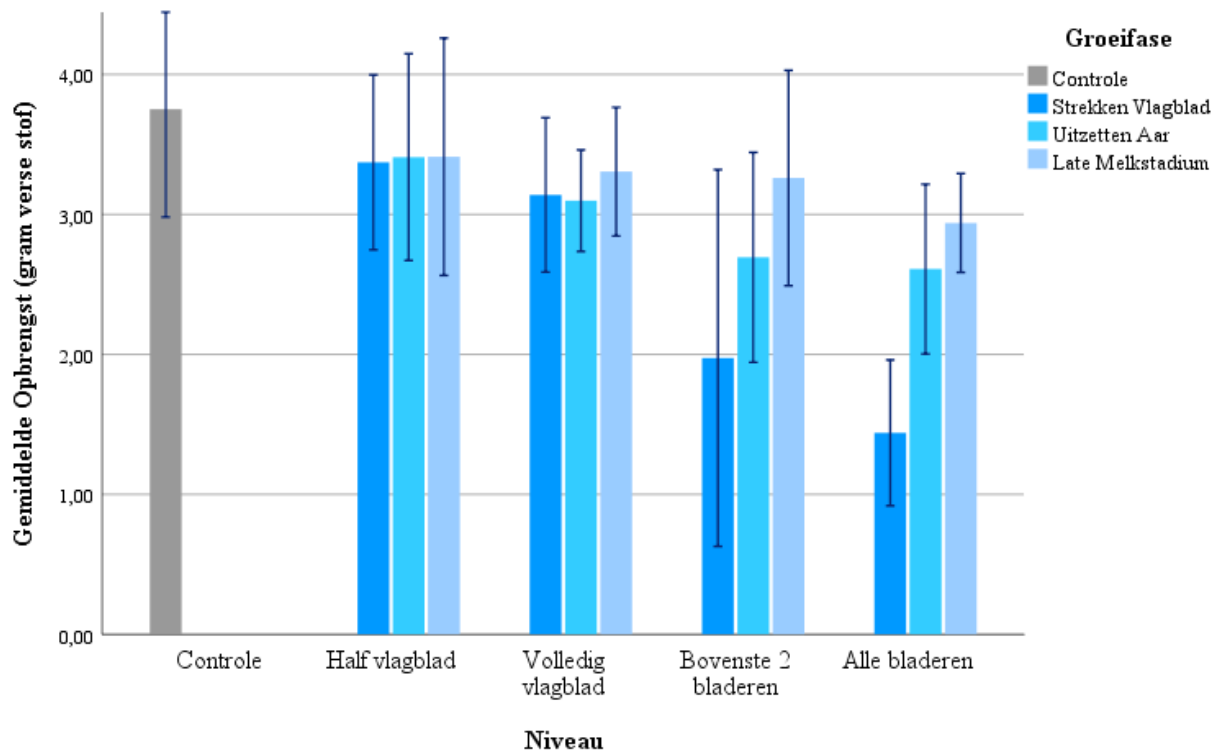
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 12,066.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

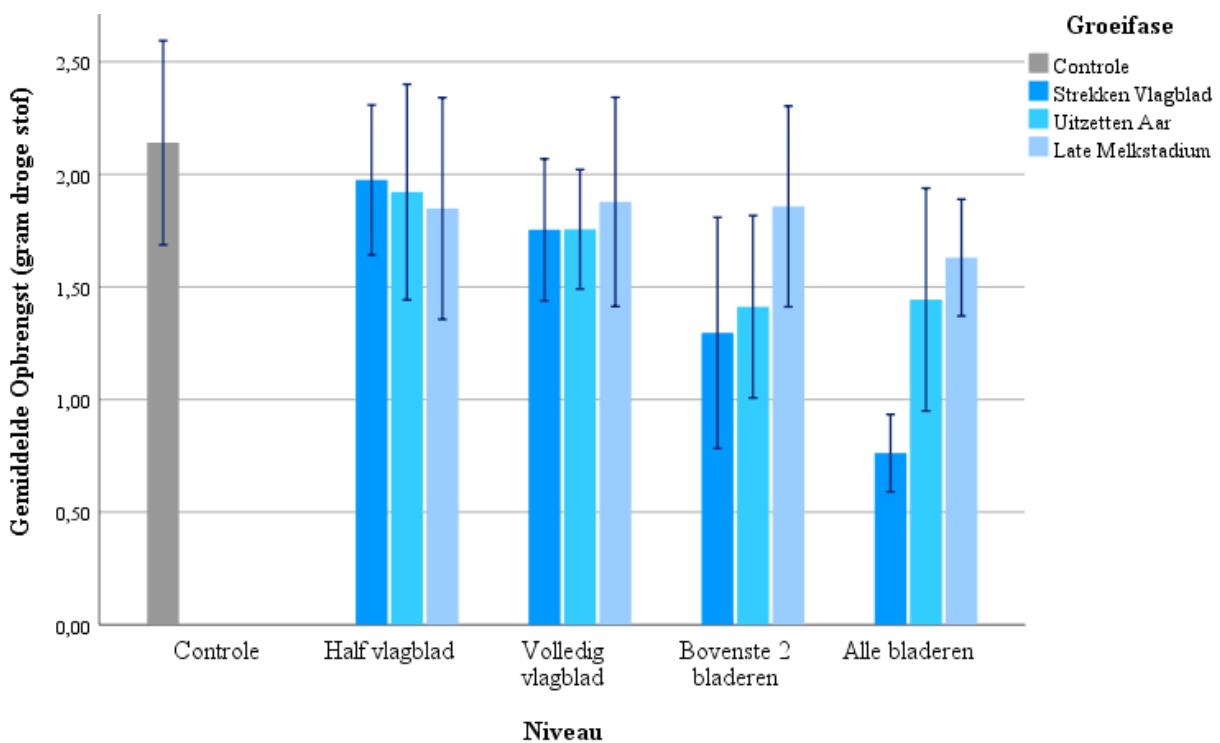
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 12,066.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.



Error Bars: 95% CI

Figuur 66: Gemiddelde opbrengst (gram verse stof) bij verschillende niveaus en groeifasen



Error Bars: 95% CI

Figuur 67: Gemiddelde opbrengst (droge stof) bij verschillende niveaus en groeifasen



### 3.5 Regressievergelijking

Op basis van de voorgaande besproken data kunnen nu regressievergelijkingen opgesteld worden die het opbrengstverlies in functie stellen van de hoeveelheid verwijderde bladoppervlakte. Deze regressies worden als basis genomen voor het bepalen van de DI-waarde in het volgend hoofdstuk.

Voor de opbrengst per plant wordt er niet gewerkt met absolute cijfers. De opbrengst per aar is moeilijk om te zetten naar opbrengst per hectare zonder een grote statistische fout te maken. Daarom wordt er gewerkt met percentage opbrengstverlies. De berekening van het percentage opbrengstverlies wordt weergegeven in vergelijking 10. Stel dat een pot gemiddeld 20 gram opbrengst levert tegenover een gemiddelde opbrengst van 100 gram in de controlegroep dan bekomt men een opbrengstverlies van 80 %.

$$\%Opbrengstverlies = 100 \times \left(1 - \frac{\text{Gem. opbrengst per pot (gram)}}{\text{Gem. opbrengst controlegroep (gram)}}\right) \quad (10)$$

Door de regressieanalyse bekomt een vergelijking in de vorm “ $y = a + bx$ ” waarbij  $y$  uitgedrukt wordt in percentage opbrengstverlies (%) en  $X$  in hoeveelheid verwijderde bladoppervlakte ( $\text{cm}^2$ ).

Uit hoofdstuk 3.2 weet men dat er geen statistisch verschil is tussen de totale hoeveelheid verwijderde bladoppervlakte tussen de drie groeifasen onderling. Er is wel een verschil tussen de verschillende ontbladeringniveaus.

Uit hoofdstuk 3.4.3 weet men dat er een statistisch verschil is tussen de opbrengstgegevens van de drie groeifasen. Daarom worden er vier regressievergelijkingen opgesteld. De eerste regressievergelijking bekijkt de relatie tussen ontbladering en opbrengst ongeacht de groeifase waarin er gemeten werd. De drie vergelijkingen die daarop volgen bekijken het effect van ontbladering per groeifase op de opbrengst.

De opbouw, verwerking en bespreking is opgebouwd uit drie stappen. De eerste stap bekijkt of er een significant verband is tussen  $Y$  en  $X$ . Dit wordt gedaan aan de hand van de determinatiecoëfficiënt en een ANOVA-analyse. Een tweede stap stelt de “ $y = a + bx$ ” vergelijking op. Hierbij worden de  $a$ - en  $b$ - waarden beschreven met een 95 % betrouwbaarheidsinterval en met een figuur die de regressievergelijking weergeeft. Een derde stap bekijkt de normaalverdeling van de residuen. Hieruit kan afgeleid worden of er eventueel een afwijking is van een normale verdeling.

### 3.5.1 Verse stof

#### 3.5.1.1 Alle groeifasen

Als men de gemiddelde knip- en oogstwaarden van alle potten meeneemt in een regressievergelijking bekomt men een determinatiecoëfficiënt van 0.335. Gegeven dat er een invloed was van externe factoren en gegeven dat er enige variatie zat in de metingen kan men verwachten dat de  $r^2$  waarde aan de lage kant ligt. Uit deze gegevens blijkt dat er sprake is van een matig verband. Uit de ANOVA-analyse blijkt dat er wel degelijk een verband is tussen ontbladering en het opbrengstverlies in verse stof ( $F = 34.727$ ,  $P < 0.05$ )

Tabel 67: Determinatiecoëfficiënt voor de regressie van alle bladoppervlakten en % opbrengstverlies in VS

R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
,579	,335	,325	17,078

Tabel 68: ANOVA-analyse voor de regressie van alle bladoppervlakten en % opbrengstverlies in VS

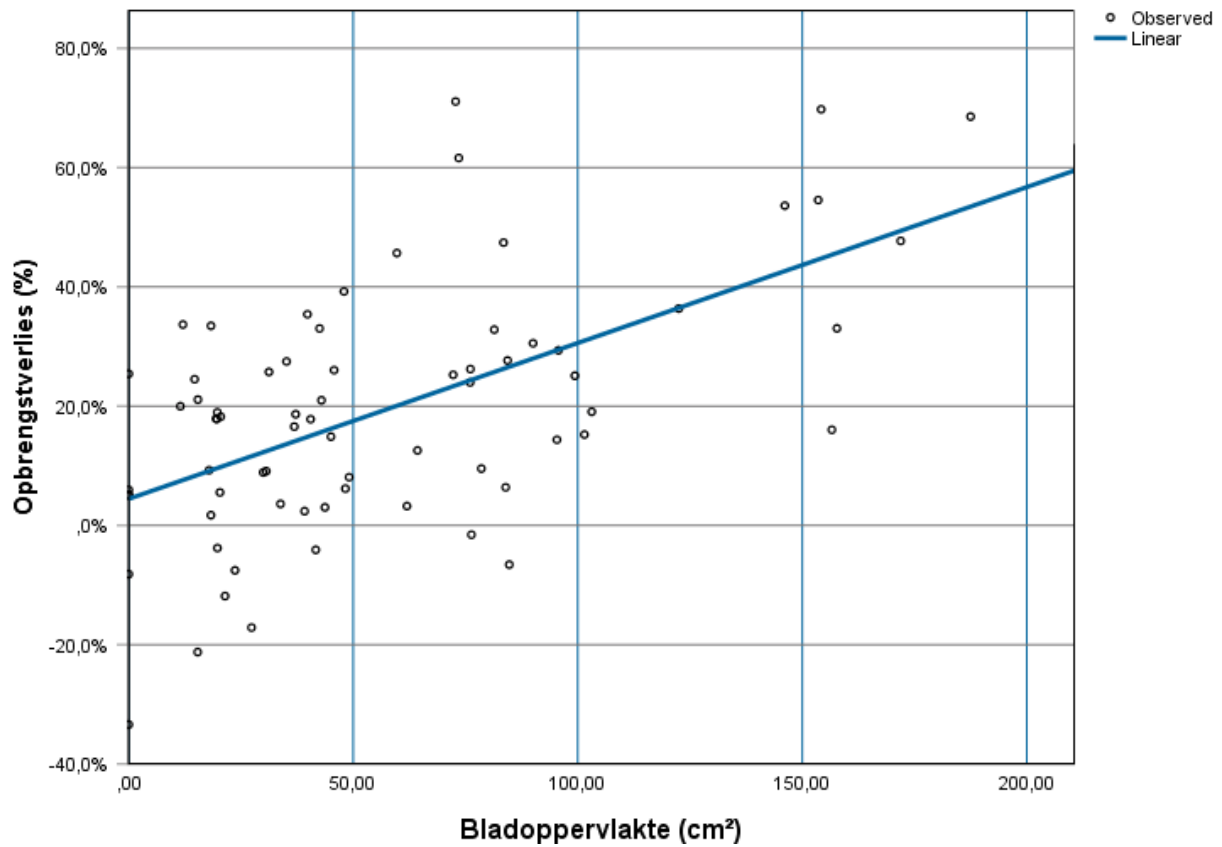
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	10.127,863	1	10.127,863	34,727	,000
Residual	20.123,587	69	291,646		
Total	30.251,450	70			

Op basis van de gegevens in Tabel 69 kan men de regressievergelijking genereren die weergegeven is op Figuur 68 en in vergelijking 11. Volgens deze gegevens kan men verwachten dat bij het verwijderen van 100 cm<sup>2</sup> (X) bij een plant men kan verwachten dat deze 30.54 % minder opbrengst (Y, % verse stof) zal opbrengen. Als men er vanuit gaat dat alle planten in een veld in eenzelfde mate zijn aangetast als een bepaalde plant, dan kan men verwachten dat de opbrengst per ha met eenzelfde percentage zal afnemen. Praktisch gezien gaat men dan een gemiddelde nemen van een aantal planten waarbij men de schade, uitgedrukt in cm<sup>2</sup>, gaat meten. Uit de gegevens in Figuur 69 kan men afleiden dat de residuen normaal verdeeld zijn.

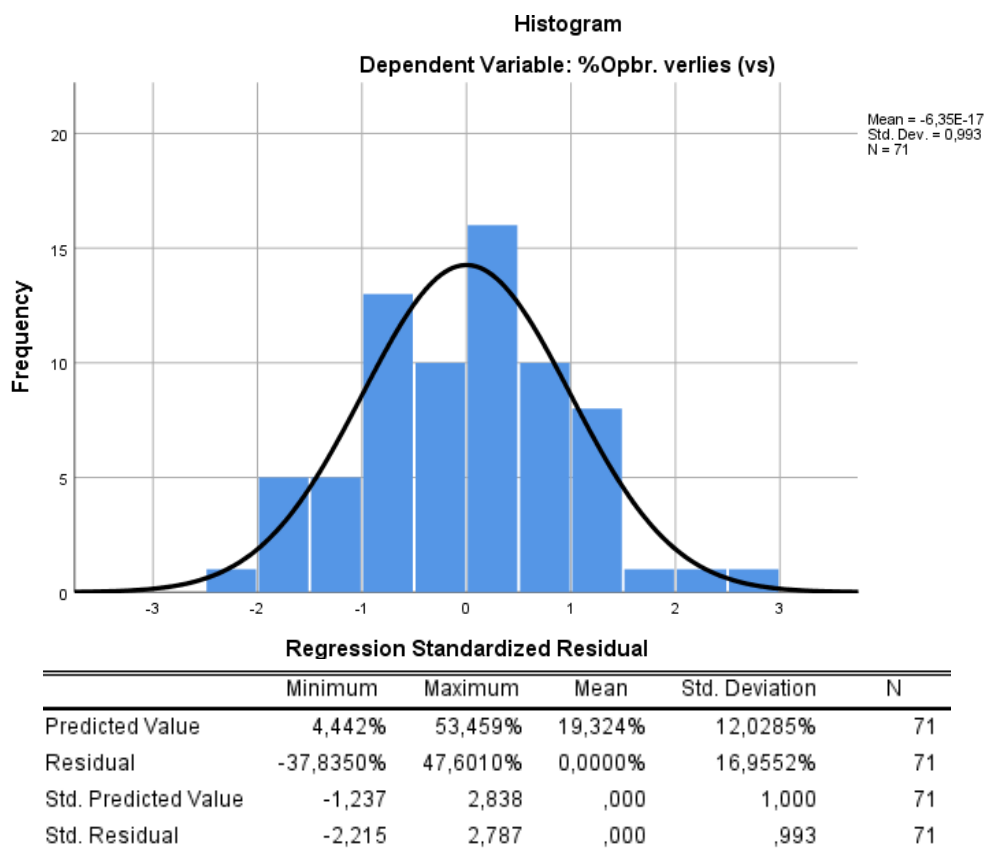
$$Y = 4.442 + 0.261X \quad (11)$$

Tabel 69: Regressiecoëfficiënten voor de regressie van alle bladoppervlakten en % opbrengstverlies in VS

	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	95,0% Confidence Interval for B	
	B	Std. Error	Beta			Lower Bound	Upper Bound
(Constant)	4,442	3,238		1,372	,175	-2,017	10,902
Bladoppervlakte	,261	,044	,579	5,893	,000	,173	,350



Figuur 68: Regressie voor alle bladoppervlakten (cm<sup>2</sup>) en % opbrengstverlies in VS



Figuur 69: Verdeling van de gestandaardiseerde residuen (boven) en gegevens (onder) voor de regressie van alle bladoppervlakten en % opbrengstverlies in VS

### 3.5.1.2 Groeifase 1 – Strecken van vlagblad

Zoals eerder vermeld in de statistische verwerking zijn er significante verschillen tussen de verschillende ontbladeringniveaus en in de opbrengstgegevens. Dit uit zich in de regressie van de knip- en opbrengstresultaten voor de eerste groeifase. Zoals men in Tabel 70 kan zien is er sprake van een sterk verband ( $r^2 = 0.616$ ). Uit de ANOVA-analyse blijkt eveneens dat er een verband bestaat tussen ontbladering en opbrengst.

Tabel 70: Determinatiecoëfficiënt voor % opbrengstverlies in verse stof voor GF1

R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
,785	,616	,601	17,281

Tabel 71: ANOVA-analyse voor % opbrengstverlies in verse stof voor GF1

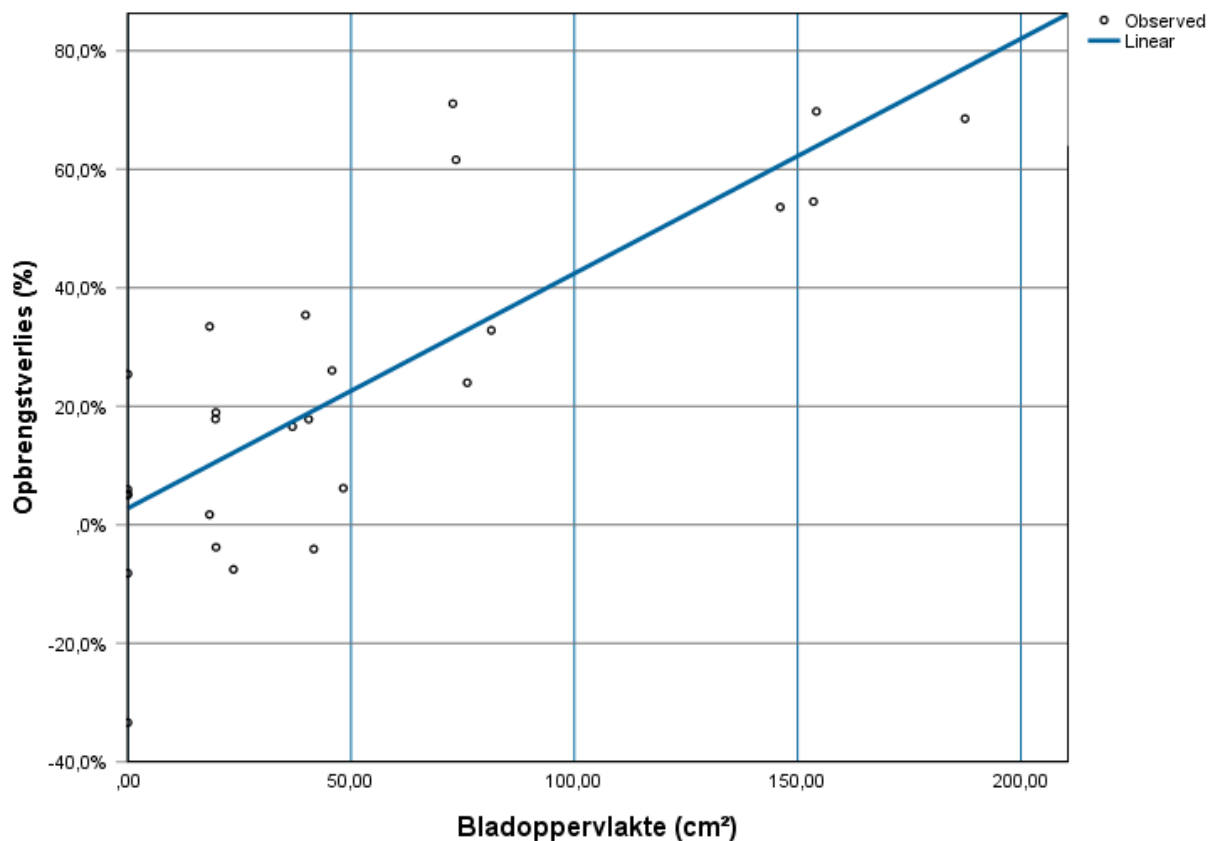
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	11.520,748	1	11.520,748	38,578	,000
Residual	7.167,180	24	298,632		
Total	18.687,928	25			

Uit onderstaande gegevens kan men een stijgend verband vaststellen. Dit verband wordt weergegeven in vergelijking 12. Concreet betekent dit dat als men tijdens het strekken van het vlagblad een schade waarneemt van 100 cm<sup>2</sup> op een plant men mag verwachten dat de opbrengst in verse stof met 42.38 % zal verminderen. De data in Figuur 71 toont aan dat de data normaal verdeeld is.

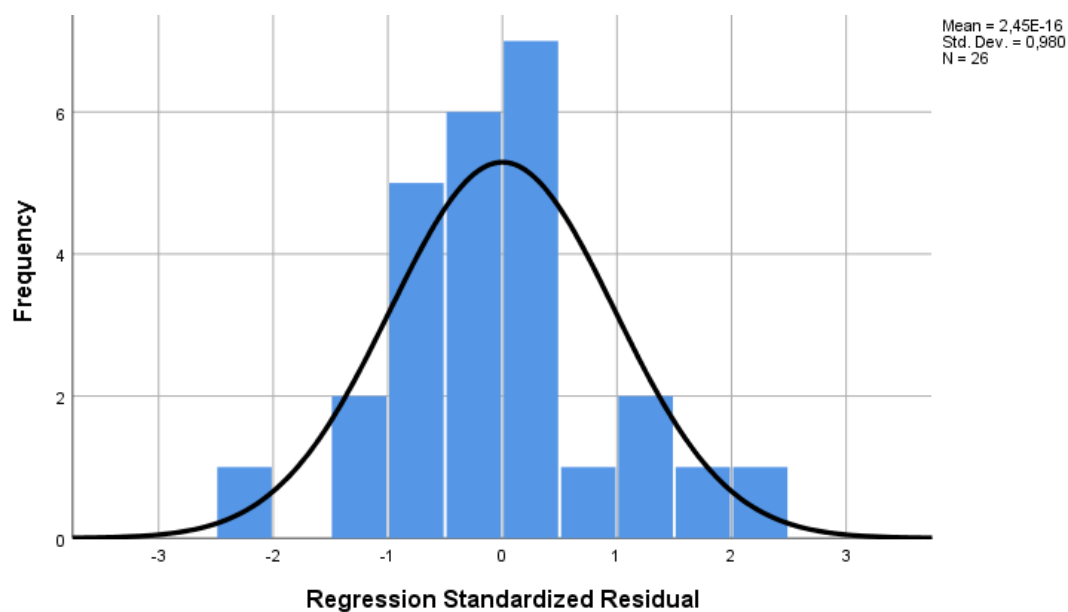
$$Y = 2.784 + 0.396X \quad (12)$$

Tabel 72 Regressiecoëfficiënten voor % opbrengstverlies in verse stof voor GF1

	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	95,0% Confidence Interval for B	
	B	Std. Error	Beta			Lower Bound	Upper Bound
(Constant)	2,784	4,684		,594	,558	-6,883	12,451
Bladoppervlakte	,396	,064	,785	6,211	,000	,265	,528



Figuur 70: Regressie voor % opbrengstverlies in verse stof voor GF1



	Groefase = Strekken Vlagblad (Selected)					Groefase != Strekken Vlagblad (Unselected)				
	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	N
Predicted Value	2,784%	77,083%	22,865%	21,4669%	26	7,348%	70,917%	26,774%	16,1649%	45
Residual	-36,1769%	39,4418%	0,0000%	16,9318%	26	-48,8071%	26,1077%	-9,4949%	17,9426%	45
Std. Predicted Value	,935	2,526	,000	1,000	26	,723	2,238	,182	,753	45
Std. Residual	-2,093	2,282	,000	,980	26	-2,824	1,511	-,549	1,038	45

Figuur 71: Verdeling van de residuen (boven) met gegevens (onder) voor % opbrengstverlies in verse stof voor GF1

### 3.5.1.3 Groeifase 2 – Uitzetten aar

In Tabel 73 kan men zien dat er met de data van de planten die geknipt werden in groeifase 2 slechts een matig verband is. Hieruit kan men concluderen dat de schade die op dit moment aangebracht wordt minder invloed heeft op de opbrengst dan schade tijdens het eerste groeifase. Zoals te zien in de ANOVA-analyse is er weldegelijk een verband tussen de twee variabelen ( $P = 0.002$ ).

Tabel 73: Determinatiecoëfficiënten voor % opbrengstverlies in VS voor GF2

R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
,571	,326	,299	15,251

Tabel 74: ANOVA-analyse voor % opbrengstverlies in VS voor GF2

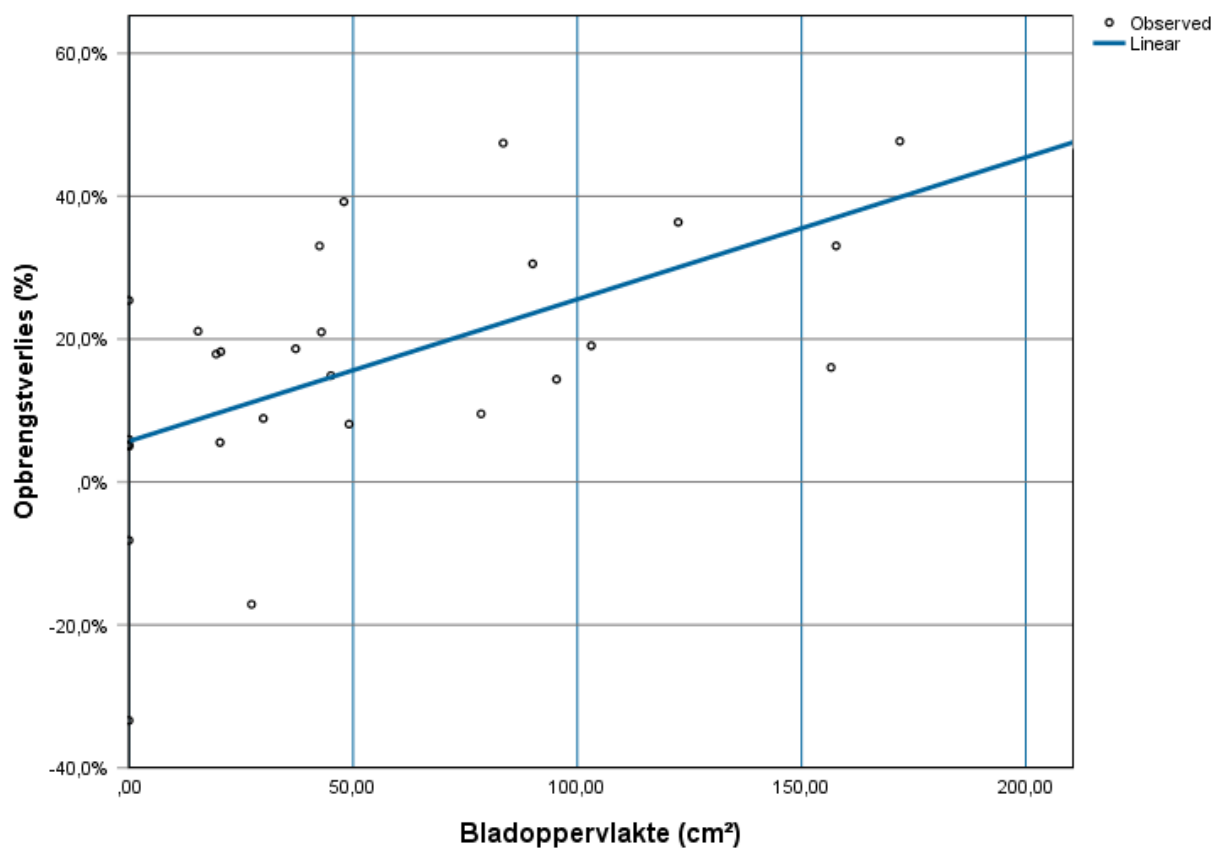
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	2.810,491	1	2.810,491	12,083	,002
Residual	5.815,021	25	232,601		
Total	8.625,511	26			

In vergelijking 13 kan men de regressievergelijking terugvinden voor groeifase 2 bekomen met de gegevens uit Tabel 75. Deze wordt weergegeven in Figuur 72. Met deze berekening kan men schatten dat een beschadiging van 100 cm<sup>2</sup> bladoppervlakte zal resulteren in een opbrengstverlies van 25.60 %.

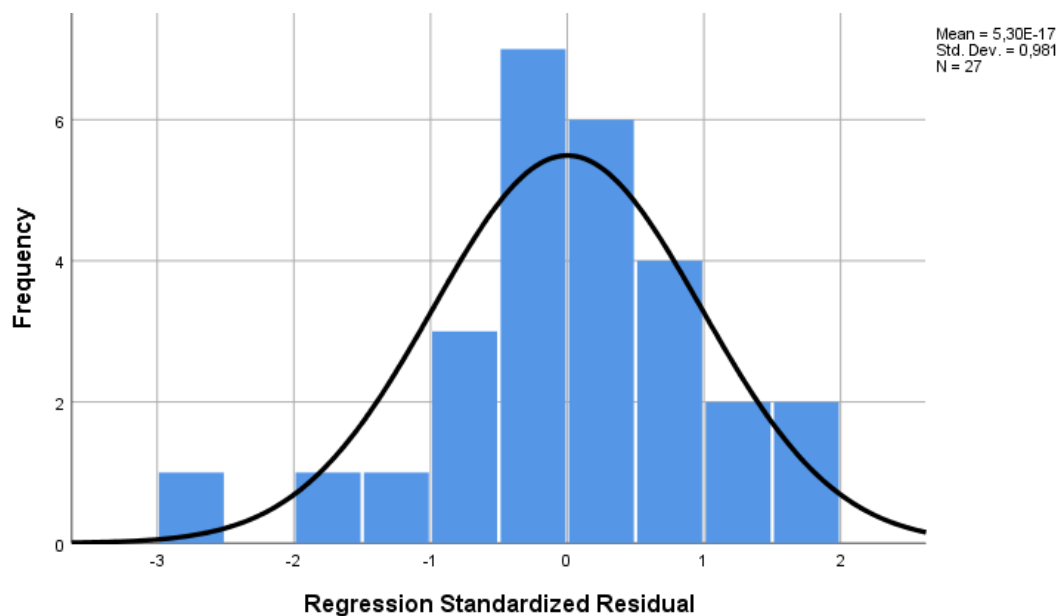
$$Y = 5.698 + 0.199X \quad (13)$$

Tabel 75: Regressiecoëfficiënten voor % opbrengstverlies in VS voor GF2

	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	95,0% Confidence Interval for B	
	B	Std. Error	Beta			Lower Bound	Upper Bound
(Constant)	5,698	4,258		1,338	,193	-3,072	14,467
Bladoppervlakte	,199	,057	,571	3,476	,002	,081	,316



Figuur 72: Regressie voor % opbrengstverlies in VS voor GF2



	Groeifase = Uitzetten Aar (Selected)					Groeifase != Uitzetten Aar (Unselected)				
	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	N
Predicted Value	5,698%	39,862%	16,421%	10,3969%	27	7,986%	42,954%	17,370%	8,3881%	44
Residual	-39,0902%	25,1335%	0,0000%	14,9551%	27	-29,9899%	50,9124%	3,7361%	18,4630%	44
Std. Predicted Value	-1,031	2,255	,000	1,000	27	-,811	2,552	,091	,807	44
Std. Residual	-2,563	1,648	,000	,981	27	-1,966	3,338	,245	1,211	44

Figuur 73: Verdeling van de residuen (boven) en gegevens (onder) voor % opbrengstverlies in VS voor GF2

### 3.5.1.4 Groeifase 3 – Late melkstadium

Het knippen van de planten in het derde stadium verklaart slechts voor 9.99 % de variantie in de opbrengstgegevens. In dit geval is er sprake van een zeer zwak verband. Hieruit kan men afleiden dat het verwijderen van bladoppervlakte tijdens het late melkstadium niet zo sterk de opbrengst beïnvloedt als de andere groeifasen. Uit de ANOVA-analyse blijkt dat er geen significant verband bestaat tussen de opbrengstgegevens en de geknipte bladoppervlakten. Dit kan men eveneens zien in Figuur 64.

Tabel 76: Determinatiecoëfficiënt voor % opbrengstverlies in VS voor GF3

R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
,314	,099	,066	16,722

Tabel 77: ANOVA-analyse voor % opbrengstverlies in VS voor GF3

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	856,837	1	856,837	3,064	,091
Residual	7.829,306	28	279,618		
Total	8.686,142	29			

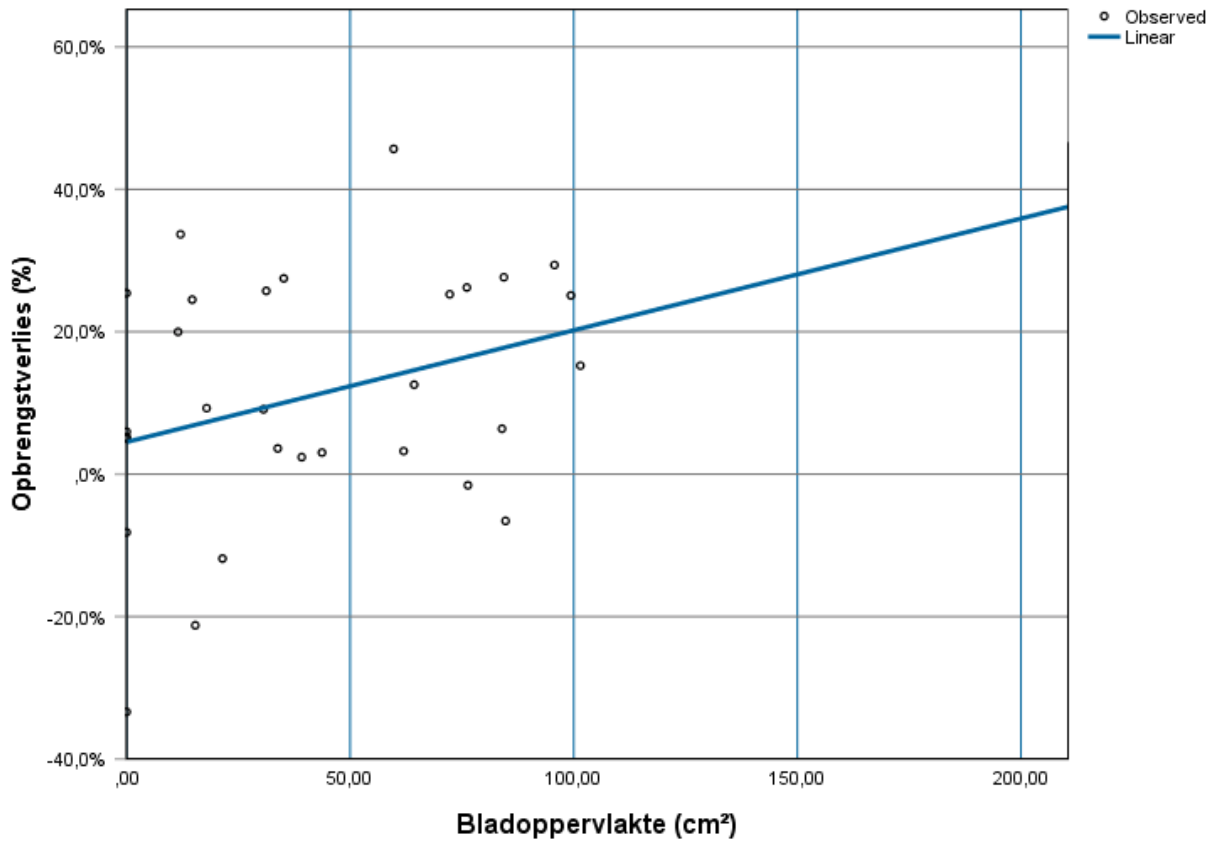
Als men op basis van deze data een regressievergelijking opstelt bekomt men de gegevens in Tabel 78. Volgens vergelijking 14 zou 100 cm<sup>2</sup> verwijderde bladoppervlakte resulteren in 20.21 % opbrengstverlies. Als men kijkt naar de verdeling van de residuen in Figuur 75 ziet men dat deze de normaalverdeling volgen.

$$Y = 4.512 + 0.157X \quad (14)$$

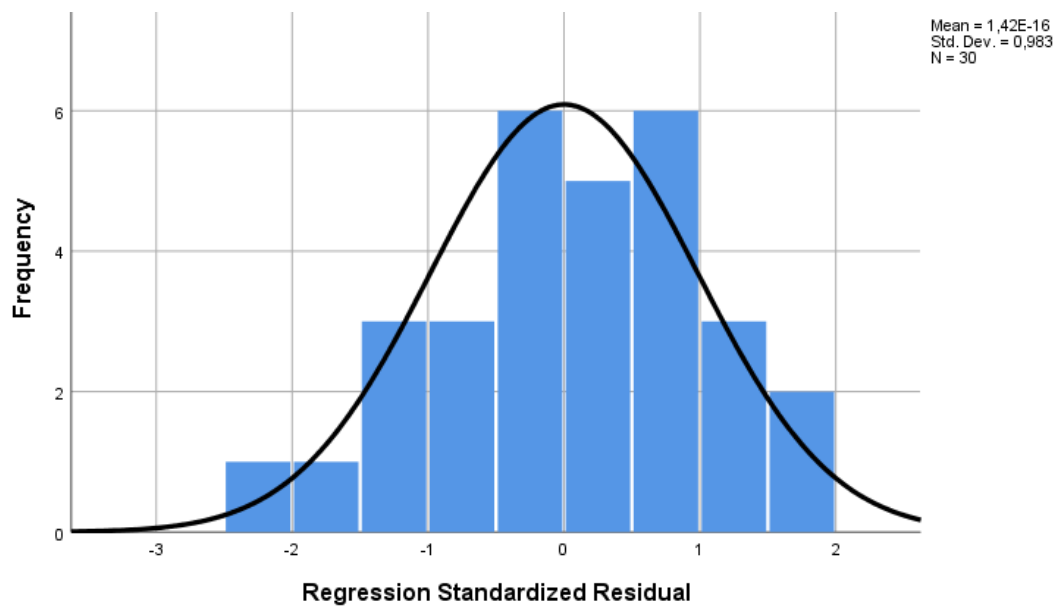
Tabel 78: Regressiecoëfficiënten voor % opbrengstverlies in VS voor GF3

	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	95,0% Confidence Interval for B	
	B	Std. Error	Beta			Lower Bound	Upper Bound
(Constant)	4,512	4,864		,928	,362	-5,451	14,474
Bladoppervlakte	,157	,090	,314	1,751	,091	-,027	,341





Figuur 74: Regressie voor % opbrengstverlies in VS voor GF3



	Groefase = Late Melkstadium (Selected)					Groefase ≠ Late Melkstadium (Unselected)				
	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	N
Predicted Value	4,512%	20,437%	11,139%	5,4356%	30	6,930%	33,932%	15,130%	7,9305%	41
Residual	-37,9043%	31,7883%	0,0000%	16,4309%	30	-25,9386%	55,1412%	10,1832%	17,4045%	41
Std. Predicted Value	-1,219	1,710	,000	1,000	30	-,774	4,193	,734	1,459	41
Std. Residual	-2,267	1,901	,000	,983	30	-1,551	3,298	,609	1,041	41

Figuur 75: Verdeling van residuen (boven) en gegevens (onder) voor % opbrengstverlies in VS voor GF3

## 3.5.2 Droge stof

### 3.5.2.1 Alle groeifasen

De regressieanalyse van alle bladoppervlakten, ongeacht het moment van knippen, levert een  $R^2$  waarde van 0.334 wat een matig verband indiceert. Dit betekent dat 33.4 % van de variabiliteit in opbrengstgegevens kan verklaard worden door het verwijderen van bladoppervlakte op basis van deze data. Uit de ANOVA-analyse kan men vaststellen dat er weldegelijk een relatie is tussen de verwijderde oppervlakte en het opbrengstverlies ( $P < 0.05$ ).

Tabel 79: Determinatiecoëfficiënt voor de regressie van alle bladoppervlakten en % opbrengstverlies in DS

R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
,578	,334	,324	17,664

Tabel 80: ANOVA-analyse voor de regressie van alle bladoppervlakten en % opbrengstverlies in DS

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	10.786,869	1	10.786,869	34,570	,000
Residual	21.530,001	69	312,029		
Total	32.316,870	70			

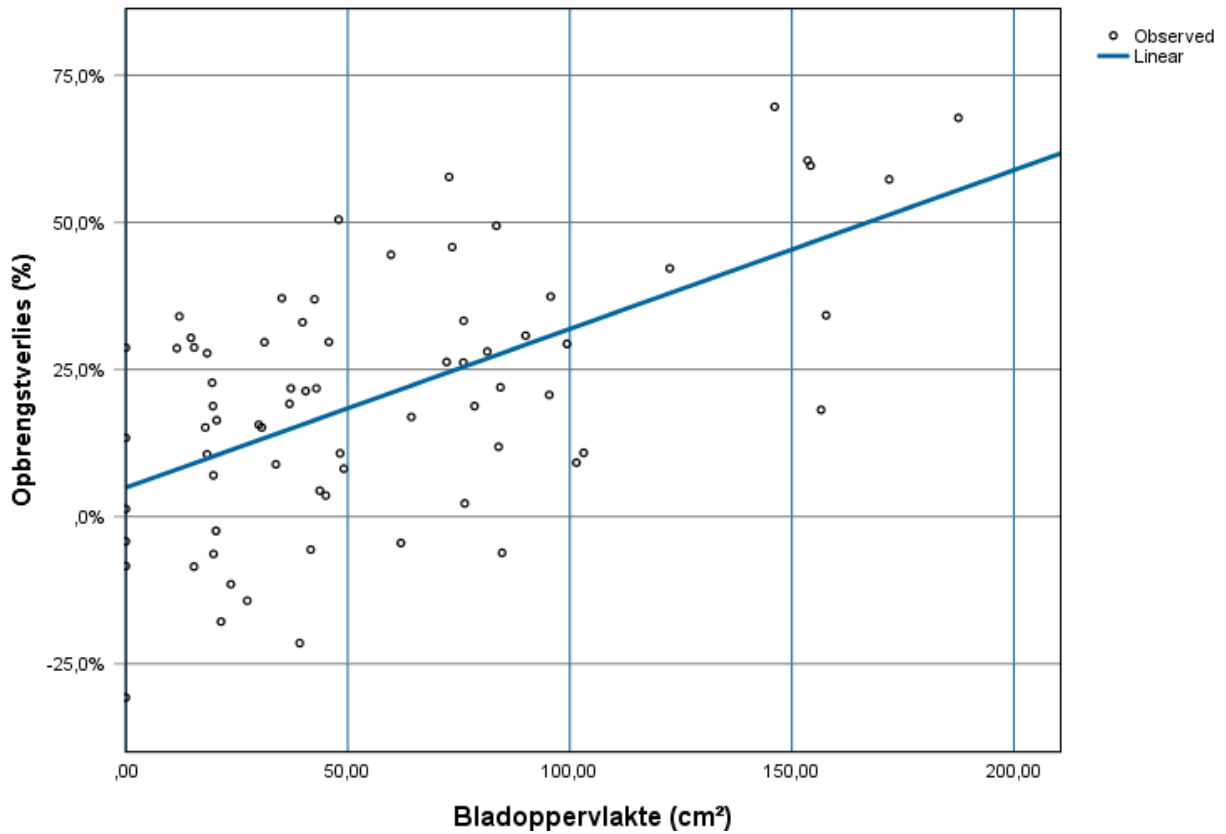
In Tabel 81 kan men de a- en b-waarde terugvinden voor de regressie. De regressievergelijking, met bijbehorende datapunten, kan men terugvinden op Figuur 76. Hieruit kan men vaststellen dat de b-waarde gelijk is aan 0.270 en de a-waarde aan 4.911.

Op basis van deze gegevens kan men een regressievergelijking opstellen zoals weergegeven in vergelijking 15 ( $Y = \text{opbrengstverlies, \%}; X = \text{oppervlakte verwijderde bladoppervlakte, cm}^2$ ). Als men 100  $\text{cm}^2$  bladoppervlakte bij een plant verwijderd kan men verwachten dat deze 31.91 % minder droge stof opbrengst zal realiseren in vergelijking met een plant waar geen bladoppervlakte verwijderd werd. In Figuur 77 kan men de verdeling van de residuen terugvinden. Hieruit kan men afleiden dat de residuen normaal verdeeld zijn.

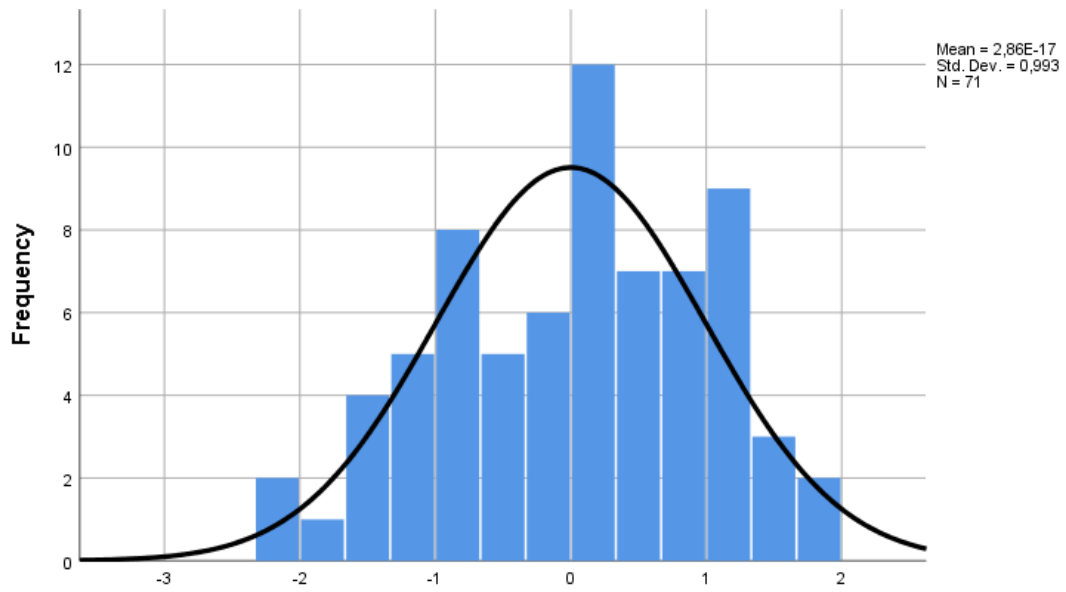
$$Y = 4.911 + 0.270X \quad (15)$$

Tabel 81: Regressiecoëfficiënten voor de regressie van alle bladoppervlakten en % opbrengstverlies in DS

	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	95,0% Confidence Interval for B	
	B	Std. Error	Beta			Lower Bound	Upper Bound
(Constant)	4,911	3,349		1,466	,147	-1,771	11,593
Bladoppervlakte	,270	,046	,578	5,880	,000	,178	,361



Figuur 76: Regressie voor alle gemeten bladoppervlakten



	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	N
Predicted Value	4,911%	55,498%	20,270%	12,4136%	71
Residual	-36,9776%	33,1560%	0,0000%	17,5377%	71
Std. Predicted Value	-1,237	2,838	,000	1,000	71
Std. Residual	-2,093	1,877	,000	,993	71

Figuur 77: Verdeling van de residuen (boven) en gegevens voor de gegevens van alle gemeten bladoppervlakten

### 3.5.2.2 Groeifase 1 – strekken vlagblad

Net zoals bij droge stof is er bij de opbrengstgegevens in droge stof sprake van een sterk verband ( $r^2 = 0.686$ ) met de verwijderde bladoppervlakte. Uit de ANOVA-analyse blijkt eveneens dat er tussen beide een verband is ( $P < 0.05$ ).

Tabel 82: Determinatiecoëfficiënt voor % opbrengstverlies in DS voor GF1

R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
,828	,686	,673	15,138

Tabel 83: ANOVA-analyse voor % opbrengstverlies in DS voor GF1

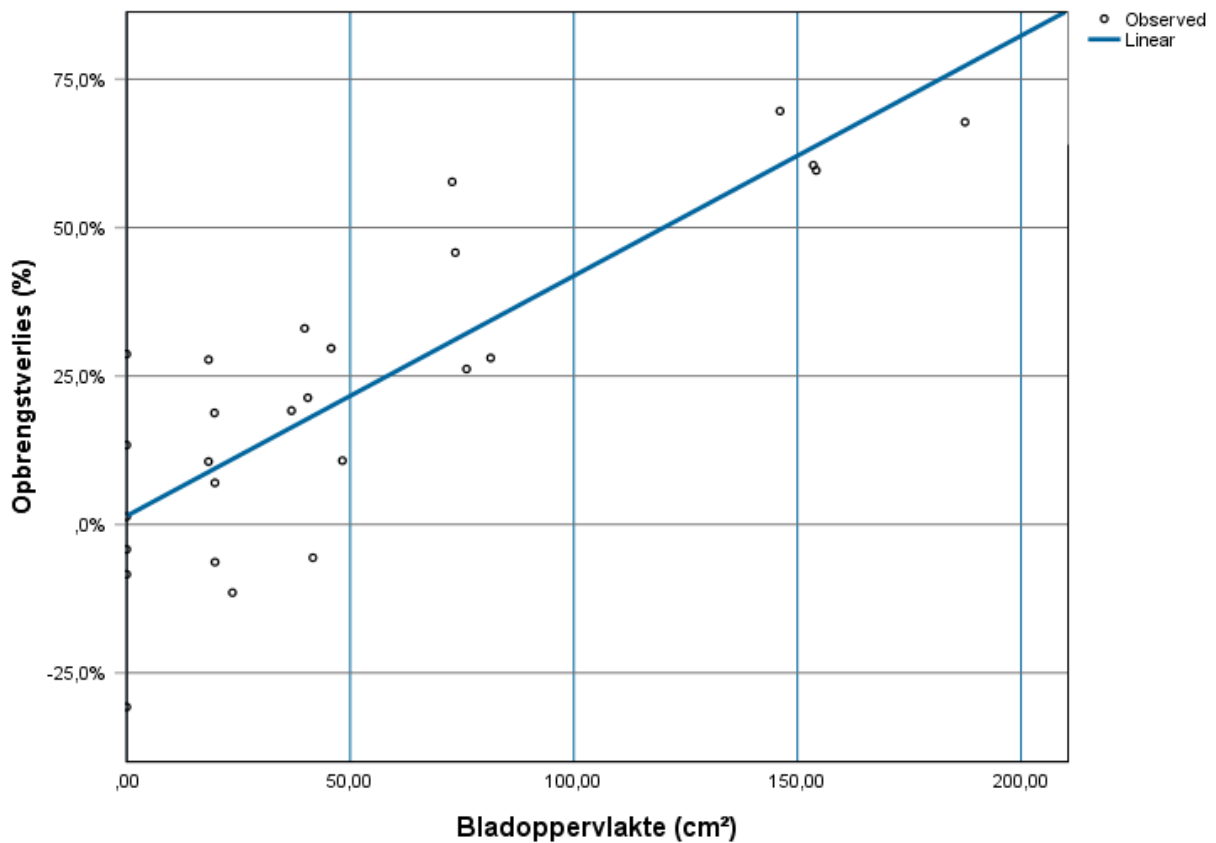
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	11.999,502	1	11.999,502	52,363	,000
Residual	5.499,884	24	229,162		
Total	17.499,386	25			

Uit vergelijking 16 kan men afleiden dat als men 100 cm<sup>2</sup> bladoppervlakte verwijderd bij een plant deze 41.82 % minder droge stof opbrengst zal hebben. De data in Figuur 80 wijst op een normale verdeling van residuen.

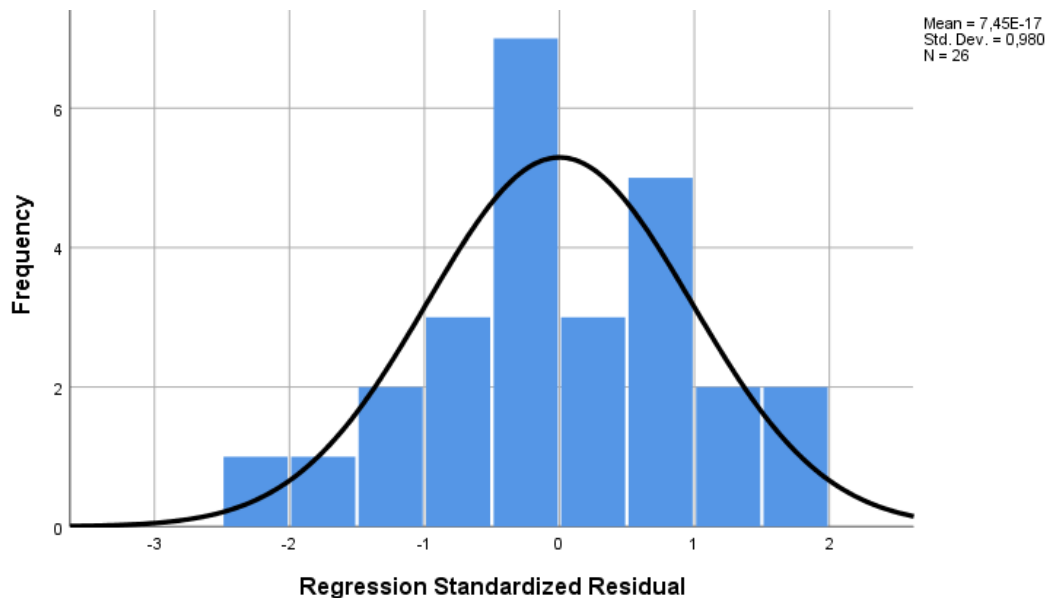
$$Y = 1.424 + 0.404X \quad (16)$$

	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	95,0% Confidence Interval for B	
	B	Std. Error	Beta			Lower Bound	Upper Bound
(Constant)	1,424	4,103		,347	,732	-7,044	9,892
Bladoppervlakte	,404	,056	,828	7,236	,000	,289	,520

Figuur 78: Regressiecoëfficiënten voor % opbrengstverlies in DS voor GF1



Figuur 79: Regressie voor % opbrengstverlies in DS voor GF1



	GroEIFase = Strekken Vlagblad (Selected)					GroEIFase ~ Strekken Vlagblad (Unselected)				
	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	N
Predicted Value	1,424%	77,251%	21,918%	21,9084%	26	6,082%	70,958%	25,907%	16,4974%	45
Residual	-32,1717%	27,2675%	0,0000%	14,8322%	26	-46,6220%	29,6506%	-6,5890%	20,2261%	45
Std. Predicted Value	,935	2,526	,000	1,000	26	,723	2,238	,182	,753	45
Std. Residual	-2,125	1,801	,000	,980	26	-3,080	1,959	-,435	1,336	45

Figuur 80: Verdeling van residuen (boven) en gegevens (onder) voor % opbrengstverlies in DS voor GF1

### 3.5.2.3 Groeifase 2 – Uitzetten aar

Zoals te zien in Tabel 84 is er sprake van een matig verband ( $r^2 = 0.318$ ). Uit de ANOVA-analyse blijkt dat er een verband is tussen beide variabelen. Uit vergelijking 17 kan men afleiden dat bij het verwijderen van 100 cm<sup>2</sup> tijdens groeifase twee men een opbrengstdaling van 28.39 % kan verwachten. Uit de gegevens van de residuen (Figuur 82) kan men afleiden dat er sprake is van een normaalverdeling voor de residuen.

Tabel 84: Determinatiecoëfficiënt voor % opbrengstverlies in DS voor GF2

R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
,564	,318	,290	17,274

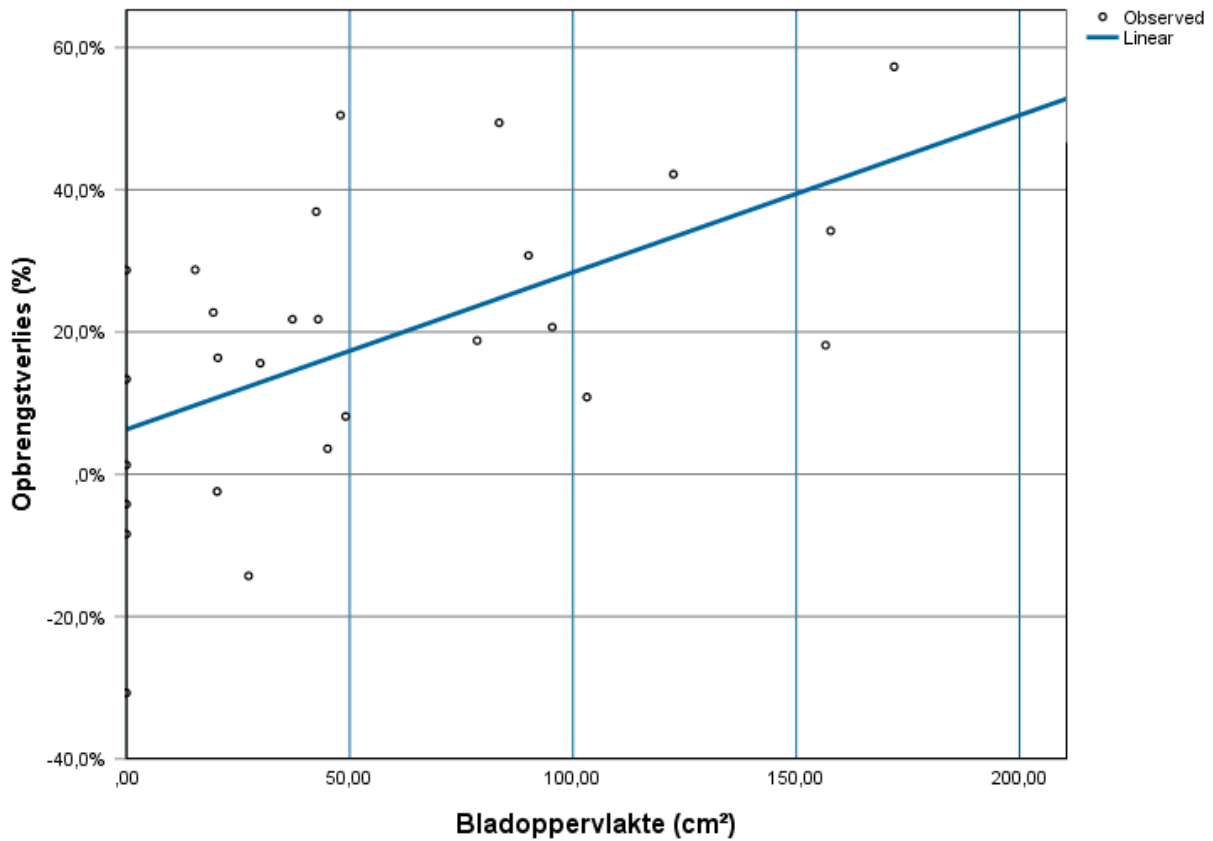
Tabel 85: ANOVA-analyse voor % opbrengstverlies in DS voor GF2

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	3.472,212	1	3.472,212	11,637	,002
Residual	7.459,688	25	298,388		
Total	10.931,900	26			

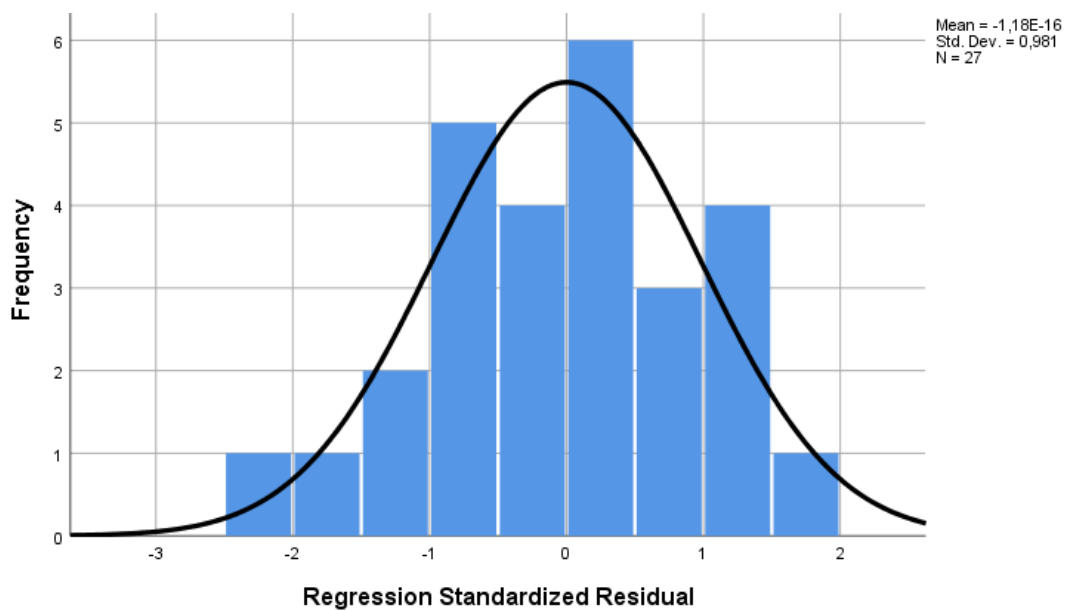
$$Y = 6.289 + 0.221X \quad (17)$$

Tabel 86: Regressiecoëfficiënten voor % opbrengstverlies in DS voor GF2

	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	95,0% Confidence Interval for B	
	B	Std. Error	Beta			Lower Bound	Upper Bound
(Constant)	6,289	4,823		1,304	,204	-3,643	16,222
Bladoppervlakte	,221	,065	,564	3,411	,002	,088	,354



Figuur 81: Regressie voor % opbrengstverlies in DS voor GF2



	Groefase = Uitzetten Aar (Selected)					Groefase != Uitzetten Aar (Unselected)				
	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	N
Predicted Value	6,289%	44,263%	18,208%	11,5562%	27	8,833%	47,700%	19,263%	9,3234%	44
Residual	-37,0371%	33,5871%	0,0000%	16,9384%	27	-36,4384%	35,3408%	2,2714%	18,2609%	44
Std. Predicted Value	-1,031	2,255	,000	1,000	27	-,811	2,552	,091	,807	44
Std. Residual	-2,144	1,944	,000	,981	27	-2,109	2,046	,131	1,057	44

Figuur 82: Verdeling van residuen (boven) en gegevens (onder) voor % opbrengstverlies in DS voor GF2

### 3.5.2.4 Groeifase 3 – Late melkstadium

Uit onderstaande gegevens kan men afleiden dat er net zoals bij de verse stofgehalten er sprake is van een zeer zwak verband ( $r^2 = 0.070$ ). Er is dan ook geen significant verband tussen de aangebrachte schade in groeifase 3 en de opbrengst ( $P = 0.158$ ). Een schadebeeld van 100 cm<sup>2</sup> per plant zou resulteren in 21.13 % opbrengstverlies. De residuen zijn normaal verdeeld.

Tabel 87: Determinatiecoëfficiënt voor % opbrengstverlies in DS voor GF3

R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
,264	,070	,037	19,060

Tabel 88: ANOVA-analyse voor % opbrengstverlies in DS voor GF3

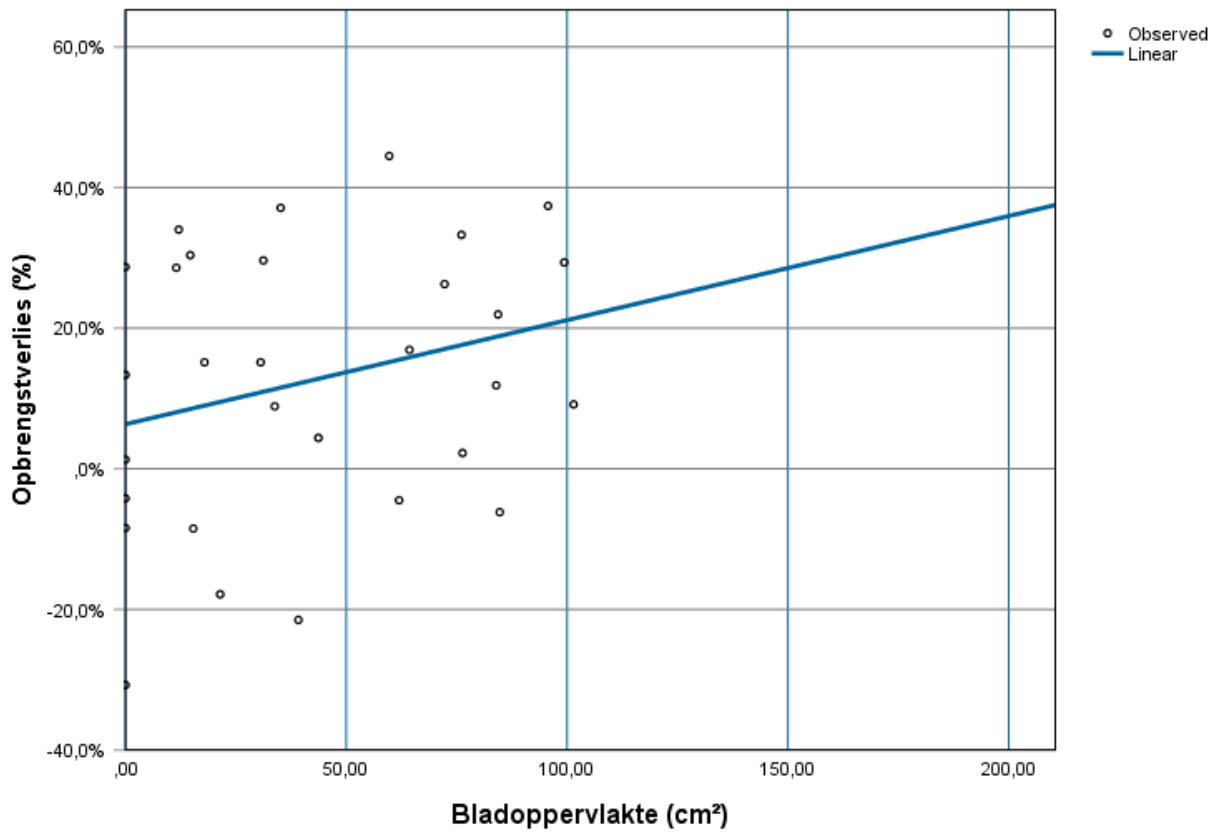
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	763,235	1	763,235	2,101	,158
Residual	10.172,220	28	363,294		
Total	10.935,455	29			

$$Y = 6.334 + 0.148X \quad (18)$$

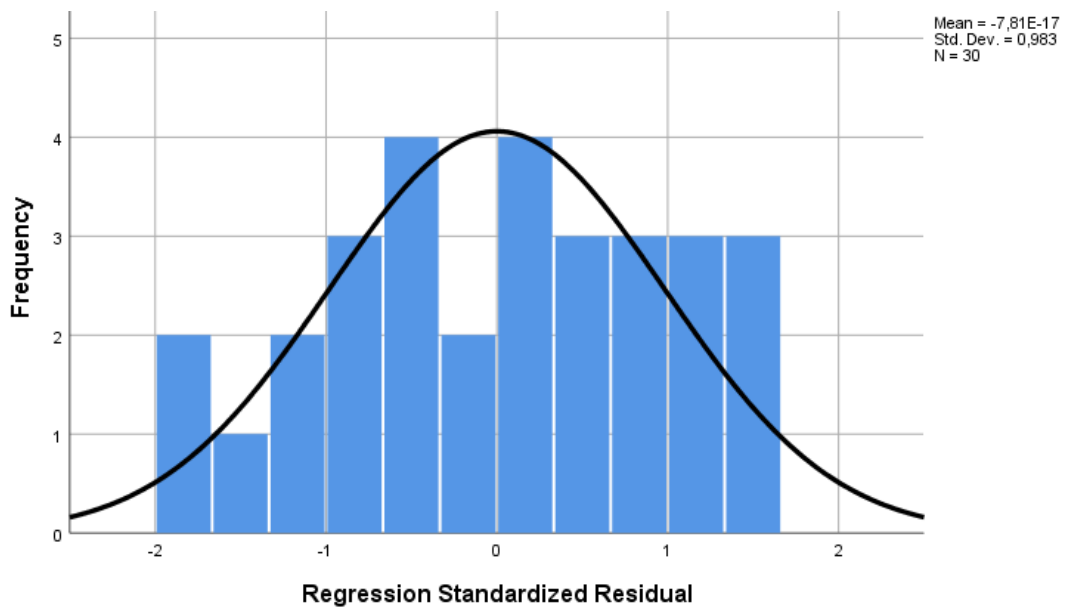
Tabel 89: Regressiecoëfficiënten voor % opbrengstverlies in DS voor GF3

	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	95,0% Confidence Interval for B	
	B	Std. Error	Beta			Lower Bound	Upper Bound
(Constant)	6,334	5,544		1,143	,263	-5,022	17,690
Bladoppervlakte	,148	,102	,264	1,449	,158	-,061	,357





Figuur 83: Regressie voor % opbrengstverlies in DS voor GF3



	Groefase = Late Melkstadium (Selected)					Groefase ≈ Late Melkstadium (Unselected)				
	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	N
Predicted Value	6,334%	21,364%	12,589%	5,1302%	30	8,616%	34,100%	16,356%	7,4848%	41
Residual	-37,0815%	29,3063%	0,0000%	18,7288%	30	-24,6866%	41,6509%	9,5342%	17,3047%	41
Std. Predicted Value	-1,219	1,710	,000	1,000	30	-,774	4,193	,734	1,459	41
Std. Residual	-1,945	1,538	,000	,983	30	-1,295	2,185	,500	,908	41

Figuur 84: Verdeling van residuen (boven) en gegevens (onder) voor % opbrengstverlies in DS voor GF3

## 4 Opstellen actuele schadedrempel voor het graanhaantje

### 4.1 Bepalen van de schadedrempel

Zoals besproken in hoofdstuk 1.4.2 bestaat de formule van het EIL uit een aantal factoren. In de volgende hoofdstukken worden deze factoren besproken in het kader van de Vlaamse situatie. Het slot van dit hoofdstuk is het eigenlijke doel van deze masterproef: het opstellen van een economische schadedrempel voor graanhaantjes.

In hoofdstuk 1.4.2 werd reeds vermeld dat men voor het bepalen van het EIL verschillende formules kunnen gebruikt worden. Om de gegevens van de proef in de berekeningen te kunnen betrekken werd gekozen voor de formule zoals weergegeven in vergelijking 19. Er wordt een veronderstelling gemaakt dat er geen verschil is in tijd tussen waarneming en toepassing. Als men een aantal larven waarneemt onder de schadedrempel dan zitten hierbij larven in verschillende larvale stadium. De eerste drie stadia leveren maar 30 % van de schade en de totale ontwikkeling duurt ongeveer een tot twee weken. Op het moment dat men een aantal larven vaststelt die boven de schadedrempel ligt dan zal een aanzienlijk deel hiervan nog in de eerste drie larvale stadia zitten en dus nog niet veel schade aangebracht worden. Deze hebben echter het potentieel om veel schade aan te brengen. Het getelde aantal larven voor EIL is dus een indicator voor de het aantal ET larven. Omdat men rekent op een korte monitoring-behandeling periode zullen deze larven niet ontwikkelen en dus nog niet het EIL bereiken. Hierdoor is het EIL gelijk aan de ET.

$$ET = EIL = \frac{C}{VIDK} = \frac{\text{kost behandeling}}{\text{marktprijs} \times \text{opbrengstverlies per plaagindividu}} \quad (19)$$

#### 4.1.1 C – waarde

##### 4.1.1.1 Kost insecticide

Om een inzicht te krijgen in de C-waarde, de kost van de behandeling, werd contact opgenomen met enkele verdelers van gewasbeschermingsmiddelen. Hiervoor werd via Phyofar de ledenlijst van PhytoDis geraadpleegd. Phytofar is een collectief die de gewasbeschermingsmiddelen-industrie vertegenwoordigt en streeft voor de verduurzaming van de sector. PhytoDis is de Belgische associatie van fytohandelaars.

Door met deze lijst te werken is er een zekerheid dat de gecontacteerde organisaties erkend zijn en willen investeren in verduurzaming en goede praktijken (Phytofar, 2018).

De 26 Vlaamse organisaties die op deze lijst staan werden geselecteerd op basis van het al dan niet aanbieden van producten die werking hebben tegen graanhaantjes. Deze producten staan beschreven in hoofdstuk 1.3.2 en kan men terugvinden in Bijlage 4. Daarnaast werden ze geselecteerd op basis van het professioneel karakter van het bedrijf. Hieruit werden zes bedrijven geselecteerd die vervolgens gecontacteerd werden (Tabel 90).

Tabel 90: Lijst met gecontacteerde verdelers van gewasbeschermingsmiddelen

Bedrijf	Adres	E-mail	Websiteweblink
<b>Agri-profit BVBA</b>	Kmo-zone d'helst 130 9280 Lebbeke	joscoppens@telenet.be	<a href="http://www.agriprofit.be/">http://www.agriprofit.be/</a>
<b>Agricamp BVBA</b>	Zanddijk 53 2480 Dessel	joris@agricamp.be	<a href="https://www.agricamp.be/">https://www.agricamp.be/</a>
<b>Demagri NV</b>	Industriestraat 2 8920 Langemark	edwin@demagri.be	<a href="http://www.demagri.be">http://www.demagri.be</a>
<b>Fito BVBA</b>	Bevelsesteenweg 33 2270 Herenthout	fito.bvba@pandora.be	<a href="http://www.fito.be/">http://www.fito.be/</a>
<b>Disaghor Group</b>	Industriestraat 8a 8755 Ruiselede	info@disaghor.be	<a href="http://www.disaghorgroup.be">http://www.disaghorgroup.be</a>
<b>Sanac NV</b>	Menensesteenweg 305 8940 Wervik	jef.degrande@sanac.be	<a href="http://www.sanac.be">http://www.sanac.be</a>

Van deze zes organisaties waren er twee respondenten: Disaghor Group en Sanac NV. Van de producten weergegeven in Tabel 91 komen nummer één tot en met drie van Disaghor Group (Nayaert, S., Disaghor Group, persoonlijke communicatie, 10 april 2018) en nummer vier tot en met zeven van Sanac (Degrande J., Sanac NV, persoonlijke communicatie, 14 mei 2018).

Tussen de producten zelf (euro per liter) is er sprake van een groot prijsverschil. De C-waarde in de schadedrempel wordt echter uitgedrukt in euro per hectare. De dosis per hectare werd opgezocht via Fytoweb. Door de productprijs te vermenigvuldigen met de dosis per hectare bekomt men de prijs per hectare.

De variatie in de prijs per ha is kleiner. Deze varieert van 7.31 tot 12.39 euro per ha. Voor het berekenen van de schadedrempel zullen vijf van de zeven producten gebruikt worden: Danadim Progress, Minuet, Dimistar Progress, Fury 100 EW en Decis 15 EW. De prijs van Patriot protech en Mezende zal niet verder gebruikt worden. Deze liggen namelijk dicht bij andere producten. Door deze weg te laten wordt de schadedrempel matrix die opgesteld wordt aan de hand van deze data minder complex.

Tabel 91: Overzicht bekomen productprijzen

Nr.	Product	Product prijs (euro/liter)	Dosis per ha (liter/ha)	Prijs per ha (euro per ha)
1	Danadim Progress	17.00	0.50	8.50
2	Minuet	65.00	0.10	6.50
3	Mezene	34.00	0.20	6.80
4	Dimistar Progress	14.62	0.50	7.31
5	Fury 100 EW	64.50	0.15	9.68
6	Decis 15 EW	29.50	0.42	12.39
7	Patriot protech	29.50	0.42	12.39

#### 4.1.1.2 Toepassingskost

Zoals besproken in eerdere hoofdstukken kan men naast de kost van het gewasbeschermingsmiddel nog extra kosten incalculeren. Er bestaan wel studies die de kost van gewasbeschermingsmiddelen per hectare in kaart brengen. Zo zou de totale kost van gewasbeschermingsmiddelen op 221.57 euro per hectare liggen. Werk door derden zou in totaal

op 175.46 euro per hectare komen te liggen (Vrints, et al., 2015). Er werd geen literatuur gevonden die de toepassingskost van een individuele toepassing beschrijft. De prijs per hectare zou bij benadering 25 euro per ha bedragen (Anonymous, 2018). Er zal geen ecologische waarde ingecalculleerd worden in de schadedrempel.

Deze waarde wordt vervolgens bij de prijs per hectare uit Tabel 91 geteld. De C-waarde varieert hierdoor tussen 31.50 en 37.39 euro per hectare.

#### 4.1.2 V-waarde

De V-waarde is de prijs die men gaat geven per kg korrelopbrengst. Zoals te zien in Tabel 92 varieerde de korrelopbrengst van wintertarwe tussen de 6 882 en 8 815 kg per hectare. De prijs de tarwe (korrelopbrengst) varieerde van 12.23 tot 23.54 euro per 100 kg korrel (Maertens, Bernaerts, Oeyen, & Tcuenier, 2013). Op 31 mei 2018 lag de prijs voor wintertarwe op 0.148 euro per kg (Synagra, 2018).

Tabel 92: Evolutie van de opbrengstgegevens van wintertarwe in de periode 2006-2011 (Maertens, Bernaerts, Oeyen, & Tcuenier, 2013)

jaar	2006	2007	2008	2009	2010	2011*
korrelopbrengst (kg/ha)	7.827	6.882	7.933	8.815	8.144	7.898
prijs (euro/100kg korrel)	14,31	23,54	14,19	12,23	22,46	20,65
totale opbrengst (euro/ha)	1.335	1.858	1.393	1.353	2.132	1.965
korrelopbrengst (euro/ha)	1.120	1.620	1.126	1.078	1.829	1.631
variabele kosten (euro/ha)	608	632	757	708	646	715
bruto saldo (euro/ha)	727	1.225	636	645	1.486	1.250

#### 4.1.3 K-waarde

Voor het bepalen van de schadedrempel wordt de K-waarde gelijkgesteld aan 1. Er wordt verondersteld dat de producten voor 100 % werken.

#### 4.1.4 DI-waarde

De DI-waarde, uitgedrukt in kg per ha, is het opbrengstverlies die een enkele larve gaat realiseren. Dit wordt berekend door het percentage opbrengstverlies die een larve veroorzaakt te vermenigvuldigen met de totale opbrengst per hectare.

##### 4.1.4.1 Opbrengst per hectare

De gemiddelde opbrengst van de controlegroep bedroeg 3.75 gram per aar in droge stof en 2.14 gram in droge stof. Het is onmogelijk om zonder een zware statistische en praktische fout deze waarde per aar te gaan extrapoleren naar een opbrengst per hectare.

Daarom wordt er gekozen om voor opbrengst per hectare te werken met de gemiddelde opbrengst die men mag verwachten bij de teelt van tarwe in Vlaanderen. Uit Tabel 92 kan men afleiden dat deze varieert tussen 6 882 en 8 815 kg per hectare. Een rassenonderzoek met wintertarwe in 2016 bestudeerde onder andere de korrelopbrengst in kg per ha voor 25 rassen. Om deze rassen te beoordelen in korrelopbrengst werd een referentieopbrengst opgesteld. Deze

werd bepaald door een gemiddelde te nemen van de opbrengst van 15 andere rassen (Benchmark, Bergamo, Cellule, Graham, Henrik, JB Diego, KWS Ozon, KWS Siskin, Lithium, Popeye, Reflection, RGT Mondio, RGT Sac, ramento, Rubisko, Sahara en Terroir) (Wittouck, et al., 2016)

Het Vlaams gemiddelde lag op 9 401 kg per hectare. Dit gemiddelde zal gebruikt worden als referentie punt voor het bepalen van de schadedrempels.

#### *4.1.4.2 Hoeveel bladoppervlakte consumeert een larve?*

In de literatuur worden diverse gegevens geformuleerd met betrekking tot de hoeveelheid bladoppervlakte die een enkele larve zou consumeren. Papp en Mesterhazy (1996) spreken over 2.5 cm<sup>2</sup> per larve. Wilson (1969) spreekt over een oppervlakte van 6.166 tot 6.683 cm<sup>2</sup> per larve.

Hoffman en Rao (2011) spreken over 1.16 tot 1.90 mm<sup>2</sup> per dag voor het eerste larvale stadium. Rekening houdende met de coëfficiënten van Wilson (1969), die stelt dat het eerste larvale stadium 3 % van het totaal geconsumeerde bladoppervlakte bedraagt, en met het feit dat de ontwikkeling van de larve acht dagen inneemt bekomt men een larvale opname van 3.093 cm<sup>2</sup> en 5.067 cm

De waarde van Papp en Mesterhazy (1996) is lager dan de andere waarden. Bij Wilson (1969) werd de oppervlakte gemeten bij haver. De berekende waarden van Hoffman en Rao (2011) zijn slechts een ruwe schatting. Er wordt gekozen om drie schadeniveaus mee te nemen in de schadedrempelmatrix. Deze zijn 2.5 cm<sup>2</sup> per larve per scheut (Papp en Mesterhazy, 1996), 5.067 cm<sup>2</sup> per larve per scheut (Hoffman en Rao, 2011) en 6.683 cm<sup>2</sup> per larve per scheut. Naar deze oppervlakten zal hierna verwezen worden als L1 (2.5 cm<sup>2</sup>), L2 (5.067 cm<sup>2</sup>) en L3 (6.683 cm<sup>2</sup>). Er wordt verondersteld dat deze gegevens uitgedrukt zijn in verse stofbasis. Daarom zal er in de verdere verwerking gewerkt worden met de data uitgedrukt in verse stof.

#### *4.1.4.3 Percentage opbrengstverlies per larve*

De DI-waarde is het product van opbrengstverlies per larve uitgedrukt in % per larve. Nu men weet hoeveel een hectare opbrengt en dat er met drie schadeniveaus gewerkt wordt kan men deze percentages opstellen.

Deze percentages kunnen bepaald worden aan de hand van de regressievergelijkingen opgesteld in hoofdstuk 3.5. Zo wordt de vergelijking voor het ontbladeren van een scheut in groeifase 1 gegeven door “ $y = 2.874 + 0.396x$ ” (vergelijking 12). Voor L1, die rekent dat een larve 2.5 cm<sup>2</sup> consumeert, bekomt men “ $y = 2.874 + 0.396 \cdot 2.5$ ” wat neerkomt op een te verwachten opbrengstverlies van 3.77 %.

Dit is echter niet het percentage opbrengstverlies dat één larve veroorzaakt. Indien er een perfect verband bestond tussen y en x dan zou bij de afwezigheid van larven op de plant y gelijk zijn aan nul. Men zou dus geen “ $y = a + bx$ ” vergelijking hebben maar een “ $y = bx$ ” vergelijking.

Het is de b-waarde die belangrijk is voor het bepalen van de schade die een larve aanbrengt. De b-waarde staat immers voor de mate waarin y toeneemt in functie van x.

Het product  $b \cdot x$  ( $0.396 \cdot 2.5$ ) is gelijk aan 0.99. Dit wil zeggen dat één larve, of dus 2.5 cm<sup>2</sup>, resulteert in 0.99 % opbrengstverlies. Deze b' kan gebruikt worden om een regressievergelijking op te stellen in functie van aantal larven in plaats van in functie van de verwijderde bladoppervlakte ( $y = 2.74 + 0.99 x$ ).

Deze b' kan eveneens gebruikt worden voor het bepalen van de DI-waarde. Men weet nu dat een larve het opbrengstverlies verhoogt met 0.99 % bij planten in groeifase 1 indien een larve 2.5 cm<sup>2</sup> consumeert. Omdat er in deze thesis gewerkt wordt met zowel verschillende regressievergelijkingen als verschillende niveaus schade per plaagindividu gaat men verschillende DI-waarden bekomen.

In Tabel 93 kan men deze berekening zien voor L1 aan de hand van regressievergelijking 11 tot en met 14. De eerste lijn in deze tabel (%YL\_VS\_AGF) maakt gebruik van de regressievergelijking die alle meetpunten bundelde, ongeacht de groeifase waarin er gemeten werd. De (11) duidt het nummer van de regressievergelijking aan. De a- en b- waarde beschrijven de regressiewaarden van deze vergelijking. De b' is de omgerekende waarde naar de hoeveelheid bladbeschadiging per larve. In de eerste rij is dit 0.653 ( $0.261/2.5$ ). Dit wil zeggen dat 1 larve resulteert in 6.53 % verlies. Een plaagdichtheid van 25 en 50 larven per scheut resulteren in respectievelijk een opbrengstverlies van 16.31 % en 32.63 %. Om 1 % opbrengstverlies te bekomen dient een plaagdichtheid van 1.53 larven per scheut aanwezig te zijn. Om 25 % en 50 % opbrengstverlies te realiseren heeft men een plaagdruk van 38.31 en 76.63 larven per scheut nodig.

Aan de hand van de tweede, derde en vierde lijn kan men de b' waarde voor groeifase 1 (strekken vlagblad), groeifase 2 (uitzetten aar) en groeifase 3 (late melkstadium) terugvinden met bijbehorende voorbeelden met bepaalde plaagdichtheden (aantal larven per scheut) en bepaalde percentages opbrengstverlies. Zo zal in groeifase drie een larve per scheut resulteren in een opbrengstverlies van 0.39 %. Om 50 % opbrengstverlies te bekomen in deze groeifase dienen er 127.39 larven per scheut aanwezig te zijn op een scheut.

In Tabel 94 en Tabel 95 wordt hetzelfde gedaan voor de twee andere hoeveelheden bladoppervlakte per plaagindividu. Men ziet dat naarmate de hoeveelheid bladoppervlakte per plaagindividu stijgt de percentage opbrengstverlies die een enkele larve realiseert eveneens toeneemt. Als men rekent dat een larve 6.683 cm<sup>2</sup> bladoppervlakte zou consumeren tijdens het strekken van het vlagblad dan kan men verwachten dat de scheut 2.01 % minder zal opbrengen. Men kan dit eveneens gaan toepassen naar veldsituaties. Als men een aantal planten telt dan kan men de gemiddelde plaagdensiteit nemen. Deze gemiddelde plaagdensiteit, uitgedrukt in gemiddelde larve per scheut, kan dan gebruikt worden als indicator voor het opbrengstverlies van het volledige veld.

Tabel 93: Berekening van  $b'$  (% opbrengstverlies per plaagindividue) bij 2.5 cm<sup>2</sup> bladoppervlakte per plaagindividue per scheut

	vgl.	Y = X (cm <sup>2</sup> )			Y = X (aantal larven)					
		a	b	b'	%Y bij # larven			X larven bij # %Y		
					1	25	50	1	25	50
%YL_VS_AGF	(11)	4.442	0.261	0.653	0.65%	16.31%	32.63%	1.53	38.31	76.63
%YL_VS_GF1	(12)	2.784	0.396	0.990	0.99%	24.75%	49.50%	1.01	25.25	50.51
%YL_VS_GF2	(13)	5.698	0.199	0.498	0.50%	12.44%	24.88%	2.01	50.25	100.50
%YL_VS_GF3	(14)	4.512	0.157	0.393	0.39%	9.81%	19.63%	2.55	63.69	127.39

Tabel 94: Berekening van  $b'$  (% opbrengstverlies per plaagindividue) bij 5.067 cm<sup>2</sup> bladoppervlakte per plaagindividue per scheut

	vgl.	Y = X (cm <sup>2</sup> )			Y = X (aantal larven)					
		a	b	b'	%Y bij # larven			X larven bij # %Y		
					1	25	50	1	25	50
%YL_VS_AGF	(11)	4.442	0.261	1.322	1.32%	33.06%	66.12%	0.76	18.90	37.81
%YL_VS_GF1	(12)	2.784	0.396	2.007	2.01%	50.16%	100.33%	0.50	12.46	24.92
%YL_VS_GF2	(13)	5.698	0.199	1.008	1.01%	25.21%	50.42%	0.99	24.79	49.59
%YL_VS_GF3	(14)	4.512	0.157	0.796	0.80%	19.89%	39.78%	1.26	31.43	62.85

Tabel 95: Berekening van  $b'$  (% opbrengstverlies per plaagindividue) bij 6.683 cm<sup>2</sup> bladoppervlakte per plaagindividue per scheut

	vgl.	Y = X (cm <sup>2</sup> )			Y = X (aantal larven)					
		a	b	b'	%Y bij # larven			X larven bij # %Y		
					1	25	50	1	25	50
%YL_VS_AGF	(11)	4.442	0.261	1.744	1.74%	43.61%	87.21%	0.57	14.33	28.67
%YL_VS_GF1	(12)	2.784	0.396	2.646	2.65%	66.16%	132.32%	0.38	9.45	18.89
%YL_VS_GF2	(13)	5.698	0.199	1.330	1.33%	33.25%	66.50%	0.75	18.80	37.60
%YL_VS_GF3	(14)	4.512	0.157	1.049	1.05%	26.23%	52.46%	0.95	23.83	47.65

#### 4.1.4.4 Effectieve DI-waarde

Zoals eerder vermeld is de DI-waarde het product van de prijs (euro per kg) en het verlies per plaagindividue (%). In Tabel 96 wordt dit weergegeven voor de verschillende  $b'$  waarden en de verschillende schadebeelden. Als men bijvoorbeeld rekent dat een plaagindividue 5.067 cm<sup>2</sup> zal consumeren dan kan men verwachten dat bij een gemiddelde plaagdichtheid van 1 larve per scheut tijdens het strekken van de aar de opbrengst per hectare met 1.101 %, of dus 97.79 kg per ha, zal dalen.

Tabel 96: DI-waarde voor L1 (links), L2 (midden) en L3 (rechts) bij de verschillende  $b'$  waarden

L1 (2.5 cm <sup>2</sup> )			L2 (5.067 cm <sup>2</sup> )			L3 (6.683 cm <sup>2</sup> )		
Verse Stof	%/L	YL	Verse Stof	%/L	YL	Verse Stof	%/L	YL
<b>DI_Alle potten</b>	0.65%	61.34	<b>DI_Alle potten</b>	1.32%	124.33	<b>DI_Alle potten</b>	1.74%	163.98
<b>DI_GF1</b>	0.99%	93.07	<b>DI_GF1</b>	2.01%	188.63	<b>DI_GF1</b>	2.65%	248.79
<b>DI_GF2</b>	0.50%	46.77	<b>DI_GF2</b>	1.01%	94.79	<b>DI_GF2</b>	1.33%	125.03
<b>DI_GF3</b>	0.39%	36.90	<b>DI_GF3</b>	0.80%	74.79	<b>DI_GF3</b>	1.05%	98.64

## 4.2 Vastleggen economische schadedrempel

### 4.2.1 Opstellen matrix

Omdat de factoren in de formule voor het berekenen van een schadedrempel variëren naargelang de context werd er gekozen voor een schadedrempel matrix. Deze matrix bevat verschillende C-waarden, V-waarden en DI-waarden. Omdat er gewerkt wordt met drie verschillende hoeveelheden bladoppervlakte die een larve consumeert worden er drie matrixen opgesteld (de L1-, L2- en L3-matrix).

De eerste matrix wordt weergegeven in Figuur 85. Dit is de uitgebreide versie, een samenvattende versie wordt weergegeven in Figuur 86. Deze samenvattende versie bevat enkel de actuele V- en C-waarden en één globale DI-waarde.

Hierbij wordt er gerekend dat een larve 2.5 cm<sup>2</sup> bladoppervlakte consumeert. Bovenaan in het groen staan de verschillende V-waarden (euro per kg). De gegeven marktprijzen variëren tussen 0.12 en 0.24 euro per kg op basis van de Vlaams gegevens (donkergroen). Er worden twee lagere en twee hogere V-waarden vermeld (lichtgroen) indien de gegeven marktprijs boven of onder de verwachte marktwaarde stijgt of zakt.

Hetzelfde principe wordt toegepast voor de C-waarde. De prijzen van de vijf geselecteerde producten wordt weergegeven in het blauw. Er worden twee hogere en twee lagere kosten toegepast op de matrix (lichtblauw). Zo kan een schadedrempel bepaald worden indien de behandelingskost hoger of lager blijkt te liggen dan de berekende kost.

Op basis van de regressievergelijking werden vier DI-waarden berekend. De corresponderende percentages opbrengstverlies die een larve realiseert wordt weergegeven in de oranje cellen. In lichtoranje wordt het percentage weergegeven dat berekend werd over alle groeifasen heen. De donkere oranje cellen beschrijft de percentages bij de verschillende groeifasen (strekken vlagblad, strekken aar en late melkstadium).

Indien men de schadedrempel wil vaststellen op een moment die correspondeert met een van deze groeifasen dan kan men gebruik maken van de donkere oranje cellen met corresponderende groeifase. Van de licht oranje cel kan men gebruik maken indien men een gemiddelde schade over de groeifasen heen wil gebruiken.

De combinatie van deze factoren volgens de ET-formule resulteert in de waarden in het centrale delen. Dit zijn de schadedrempels die opgesteld werden indien een larve 2.5 cm<sup>2</sup> eet per scheut. De donkergrijze cellen geven de schadedrempels weer bij actuele factoren.

In Figuur 85 variëren de actuele schadedrempels van 1.41 larven per scheut (bij de laagste toepassingskost, hoogste marktwaarde en bij de vroegste groeifase) tot 8.44 larven per scheut (bij de hoogste toepassingskost, laagste marktwaarde en de laatste groeifase. De schadedrempel van 1.41 larven indiceert dat als men wil behandelen met Minuet terwijl er een marktprijs heerst van 0.24 euro per kg tijdens het strekken van het vlagblad het economisch interessant is om te behandelen als er op het veld 1.41 larven per scheut vastgesteld worden. Indien de



plaaagdichtheid lager is dan 1.41 is het niet economisch interessant om te behandelen. Praktisch gezien gaat men bij de monitoring een aantal scheuten bekijken (bv. 10) om vervolgens met een gemiddelde te werken.

Indien alle factoren hetzelfde blijven en blijkt dat de toepassingskost hoger ligt dan verwacht dan kan men opschuiven in de matrix. Als de kost bijvoorbeeld op 45 euro per hectare komt te liggen dan komt de schadedrempel op 2.01 larven per scheut te liggen.

In Figuur 87 en Figuur 89 wordt hetzelfde systeem toegepast indien men rekening houdt met een oppervlakteconsumptie van 5.067 en 6.683 cm<sup>2</sup> per larve. Waar in Figuur 85 de schadedrempel op 1.41 larven per scheut lag, ligt deze in deze matrixen op 0.70 en 0.53 larven per scheut bij de eerdergenoemde factoren. Omdat een enkele larve meer schade aanricht is het logisch dat deze waarden lager liggen dan de eerste matrix. Dit betekent dat men dus sneller zal overgaan tot een behandeling. In deze matrixen liggen de actuele minima op 0.70 en 0.53 en de maxima op 4.17 en 3.16 larven per scheut.

#### 4.2.2 Hoe de matrixen praktisch gebruiken

Bij het gebruiken van de matrixen moeten een aantal beslissingen genomen worden die leiden naar een bepaalde ESD. Een eerste keuze is kiezen hoeveel schade aangebracht wordt. Indien er hier geen voorkeur is kan men doorgaan naar de L2-matrix.

Een tweede keuze die gemaakt moet worden is het product. Als men behandelt met een product of een productwaarde die lager ligt dan de vermelde waarden dan kan men gebruik maken van de twee lagere en twee hogere referentie C-waarden.

Een derde keuze die gemaakt moet worden is de marktprijs. Men kan gebruik maken van de prijs die op het moment van toepassen heerst. Men kan ook speculeren op deze factor. Als men denkt dat de prijs bij de oogst hoger of lager zal liggen dan kan men de te verwachten prijs als basis nemen. Indien een prijs tussen twee marktwaarden valt kan men een gemiddelde nemen van twee naast elkaar staande cijfers. Hiermee maakt men wel een rekenfout. Het exact herrekenen zal een nauwkeuriger resultaat geven. Als is het gemiddelde wel een goede indicator.

Een laatste keuze die gemaakt moet worden voor het bepalen van de drempel uit deze matrix is de groeifase. Als men de schade vaststelt tijdens het strekken van het vlagblad, het strekken van de aar of het late melkstadium dan gaat men gebruik maken van de corresponderende percentages in de donkere oranje cellen. Indien men echter wil werken met een enkele schadedrempel, ongeacht het gewasstadium kan men gebruik maken van de waarde in de lichtoranje cel.

Het combineren van deze factoren resulteert dan in een actuele schadedrempel.

Er kan eveneens gebruik gemaakt worden van de samenvattende ESD-matrixen in Figuur 86, Figuur 88, Figuur 90. Deze bevatten van de kern van de grote matrixen.

#### 4.2.3 De L1-matrix – ESDs bij 2.5 cm<sup>2</sup> per larve per scheut

			DI	V-Waarde (euro per kg)										
			(%/L)	0.08	0.10	0.12	0.14	0.16	0.18	0.20	0.22	0.24	0.26	0.28
C-Waarde (euro per ha)	Lagere Kost A	20.00	0.65%	4.08	3.26	2.72	2.33	2.04	1.81	1.63	1.48	1.36	1.25	1.16
			0.99%	2.69	2.15	1.79	1.53	1.34	1.19	1.07	0.98	0.90	0.83	0.77
			0.50%	5.35	4.28	3.56	3.05	2.67	2.38	2.14	1.94	1.78	1.64	1.53
			0.39%	6.78	5.42	4.52	3.87	3.39	3.01	2.71	2.46	2.26	2.08	1.94
	Lagere Kost B	25.00	0.65%	5.09	4.08	3.40	2.91	2.55	2.26	2.04	1.85	1.70	1.57	1.46
			0.99%	3.36	2.69	2.24	1.92	1.68	1.49	1.34	1.22	1.12	1.03	0.96
			0.50%	6.68	5.35	4.45	3.82	3.34	2.97	2.67	2.43	2.23	2.06	1.91
			0.39%	8.47	6.78	5.65	4.84	4.23	3.76	3.39	3.08	2.82	2.61	2.42
	Minuet (6.5 €/ha)	31.50	0.65%	6.42	5.14	4.28	3.67	3.21	2.85	2.57	2.33	2.14	1.98	1.83
			0.99%	4.23	3.38	2.82	2.42	2.12	1.88	1.69	1.54	1.41	1.30	1.21
			0.50%	8.42	6.74	5.61	4.81	4.21	3.74	3.37	3.06	2.81	2.59	2.41
			0.39%	10.67	8.54	7.11	6.10	5.34	4.74	4.27	3.88	3.56	3.28	3.05
	Dimistar Progress (7.31 €/ha)	32.31	0.65%	6.58	5.27	4.39	3.76	3.29	2.93	2.63	2.39	2.19	2.03	1.88
			0.99%	4.34	3.47	2.89	2.48	2.17	1.93	1.74	1.58	1.45	1.34	1.24
			0.50%	8.64	6.91	5.76	4.93	4.32	3.84	3.45	3.14	2.88	2.66	2.47
			0.39%	10.95	8.76	7.30	6.25	5.47	4.86	4.38	3.98	3.65	3.37	3.13
	Danadim Progress (8.5 €/ha)	33.50	0.65%	6.83	5.46	4.55	3.90	3.41	3.03	2.73	2.48	2.28	2.10	1.95
			0.99%	4.50	3.60	3.00	2.57	2.25	2.00	1.80	1.64	1.50	1.38	1.29
			0.50%	8.95	7.16	5.97	5.12	4.48	3.98	3.58	3.26	2.98	2.75	2.56
			0.39%	11.35	9.08	7.57	6.48	5.67	5.04	4.54	4.13	3.78	3.49	3.24
	Fury 100 EW (9.675 €/ha)	34.68	0.65%	7.07	5.65	4.71	4.04	3.53	3.14	2.83	2.57	2.36	2.17	2.02
			0.99%	4.66	3.73	3.10	2.66	2.33	2.07	1.86	1.69	1.55	1.43	1.33
			0.50%	9.27	7.41	6.18	5.30	4.63	4.12	3.71	3.37	3.09	2.85	2.65
			0.39%	11.75	9.40	7.83	6.71	5.87	5.22	4.70	4.27	3.92	3.61	3.36
Decis 15 EW (12.39 €/ha)	37.39	0.65%	7.62	6.10	5.08	4.35	3.81	3.39	3.05	2.77	2.54	2.34	2.18	
		0.99%	5.02	4.02	3.35	2.87	2.51	2.23	2.01	1.83	1.67	1.55	1.43	
		0.50%	9.99	7.99	6.66	5.71	5.00	4.44	4.00	3.63	3.33	3.07	2.86	
		0.39%	12.67	10.13	8.44	7.24	6.33	5.63	5.07	4.61	4.22	3.90	3.62	
Hogere Kost A	45.00	0.65%	9.17	7.34	6.11	5.24	4.58	4.08	3.67	3.33	3.06	2.82	2.62	
		0.99%	6.04	4.84	4.03	3.45	3.02	2.69	2.42	2.20	2.01	1.86	1.73	
		0.50%	12.03	9.62	8.02	6.87	6.01	5.35	4.81	4.37	4.01	3.70	3.44	
		0.39%	15.24	12.20	10.16	8.71	7.62	6.78	6.10	5.54	5.08	4.69	4.36	
Hogere Kost B	50.00	0.65%	10.19	8.15	6.79	5.82	5.09	4.53	4.08	3.71	3.40	3.14	2.91	
		0.99%	6.72	5.37	4.48	3.84	3.36	2.98	2.69	2.44	2.24	2.07	1.92	
		0.50%	13.36	10.69	8.91	7.64	6.68	5.94	5.35	4.86	4.45	4.11	3.82	
		0.39%	16.94	13.55	11.29	9.68	8.47	7.53	6.78	6.16	5.65	5.21	4.84	

Figuur 85: L1-matrix – Economische schadedrempel matrix bij 2.5 cm<sup>2</sup> bladoppervlakte per larve per scheut (0.99 % = BBCH39, 0.50 % = BBCH 59, 0.39 % = BBCH 77, 0.65 % = BBCH-onafhankelijk)

			DI	V-Waarde (euro per kg)						
			(%/L)	0.12	0.14	0.16	0.18	0.20	0.22	0.24
C-Waarde	Minuet	31.50	0.99%	2.82	2.42	2.12	1.88	1.69	1.54	1.41
			0.50%	5.61	4.81	4.21	3.74	3.37	3.06	2.81
			0.39%	7.11	6.10	5.34	4.74	4.27	3.88	3.56
	Dimistar	32.31	0.99%	2.89	2.48	2.17	1.93	1.74	1.58	1.45
			0.50%	5.76	4.93	4.32	3.84	3.45	3.14	2.88
			0.39%	7.30	6.25	5.47	4.86	4.38	3.98	3.65
	Danadim	33.50	0.99%	3.00	2.57	2.25	2.00	1.80	1.64	1.50
			0.50%	5.97	5.12	4.48	3.98	3.58	3.26	2.98
			0.39%	7.57	6.48	5.67	5.04	4.54	4.13	3.78
	Fury	34.68	0.99%	3.10	2.66	2.33	2.07	1.86	1.69	1.55
			0.50%	6.18	5.30	4.63	4.12	3.71	3.37	3.09
			0.39%	7.83	6.71	5.87	5.22	4.70	4.27	3.92
Decis	37.39	0.99%	3.35	2.87	2.51	2.23	2.01	1.83	1.67	
		0.50%	6.66	5.71	5.00	4.44	4.00	3.63	3.33	
		0.39%	8.44	7.24	6.33	5.63	5.07	4.61	4.22	

Figuur 86: Samenvattende L1-matrix bij 2.5 cm<sup>2</sup> bladoppervlakte per larve per scheut (0.99 % = BBCH39, 0.50 % = BBCH 59, 0.39 % = BBCH 77)

#### 4.2.4 De L2-matrix – ESD bij 5.067 cm<sup>2</sup> per larve per scheut

			DI (%/L)	V-Waarde (euro per kg)										
				0.08	0.10	0.12	0.14	0.16	0.18	0.20	0.22	0.24	0.26	0.28
C-Waarde (euro per ha)	Lagere Kost A	20.00	1.32%	2.01	1.61	1.34	1.15	1.01	0.89	0.80	0.73	0.67	0.62	0.57
			2.01%	1.33	1.06	0.88	0.76	0.66	0.59	0.53	0.48	0.44	0.41	0.38
			1.01%	2.64	2.11	1.76	1.51	1.32	1.17	1.05	0.96	0.88	0.81	0.75
			0.80%	3.34	2.67	2.23	1.91	1.67	1.49	1.34	1.22	1.11	1.03	0.96
	Lagere Kost B	25.00	1.32%	2.51	2.01	1.68	1.44	1.26	1.12	1.01	0.91	0.84	0.77	0.72
			2.01%	1.66	1.33	1.10	0.95	0.83	0.74	0.66	0.60	0.55	0.51	0.47
			1.01%	3.30	2.64	2.20	1.88	1.65	1.47	1.32	1.20	1.10	1.01	0.94
			0.80%	4.18	3.34	2.79	2.39	2.09	1.86	1.67	1.52	1.39	1.29	1.19
	Minuet (6.5 €/ha)	31.50	1.32%	3.17	2.53	2.11	1.81	1.58	1.41	1.27	1.15	1.06	0.97	0.90
			2.01%	2.09	1.67	1.39	1.19	1.04	0.93	0.83	0.76	0.70	0.64	0.60
			1.01%	4.15	3.32	2.77	2.37	2.08	1.85	1.66	1.51	1.38	1.28	1.19
			0.80%	5.26	4.21	3.51	3.01	2.63	2.34	2.11	1.91	1.75	1.62	1.50
	Dimistar Progress (7.31 €/ha)	32.31	1.32%	3.25	2.60	2.17	1.86	1.62	1.44	1.30	1.18	1.08	1.00	0.93
			2.01%	2.14	1.71	1.43	1.22	1.07	0.95	0.86	0.78	0.71	0.66	0.61
			1.01%	4.26	3.41	2.84	2.43	2.13	1.89	1.70	1.55	1.42	1.31	1.22
			0.80%	5.40	4.32	3.60	3.09	2.70	2.40	2.16	1.96	1.80	1.66	1.54
	Danadim Progress (8.5 €/ha)	33.50	1.32%	3.37	2.69	2.25	1.92	1.68	1.50	1.35	1.22	1.12	1.04	0.96
			2.01%	2.22	1.78	1.48	1.27	1.11	0.99	0.89	0.81	0.74	0.68	0.63
			1.01%	4.42	3.53	2.95	2.52	2.21	1.96	1.77	1.61	1.47	1.36	1.26
			0.80%	5.60	4.48	3.73	3.20	2.80	2.49	2.24	2.04	1.87	1.72	1.60
	Fury 100 EW (9.675 €/ha)	34.68	1.32%	3.49	2.79	2.32	1.99	1.74	1.55	1.39	1.27	1.16	1.07	1.00
			2.01%	2.30	1.84	1.53	1.31	1.15	1.02	0.92	0.84	0.77	0.71	0.66
			1.01%	4.57	3.66	3.05	2.61	2.29	2.03	1.83	1.66	1.52	1.41	1.31
			0.80%	5.80	4.64	3.86	3.31	2.90	2.58	2.32	2.11	1.93	1.78	1.66
Decis 15 EW (12.39 €/ha)	37.39	1.32%	3.76	3.01	2.51	2.15	1.88	1.67	1.50	1.37	1.25	1.16	1.07	
		2.01%	2.48	1.98	1.65	1.42	1.24	1.10	0.99	0.90	0.83	0.76	0.71	
		1.01%	4.93	3.94	3.29	2.82	2.47	2.19	1.97	1.79	1.64	1.52	1.41	
		0.80%	6.25	5.00	4.17	3.57	3.12	2.78	2.50	2.27	2.08	1.92	1.79	
Hogere Kost A	45.00	1.32%	4.52	3.62	3.02	2.59	2.26	2.01	1.81	1.65	1.51	1.39	1.29	
		2.01%	2.98	2.39	1.99	1.70	1.49	1.33	1.19	1.08	0.99	0.92	0.85	
		1.01%	5.93	4.75	3.96	3.39	2.97	2.64	2.37	2.16	1.98	1.83	1.70	
		0.80%	7.52	6.02	5.01	4.30	3.76	3.34	3.01	2.74	2.51	2.31	2.15	
Hogere Kost B	50.00	1.32%	5.03	4.02	3.35	2.87	2.51	2.23	2.01	1.83	1.68	1.55	1.44	
		2.01%	3.31	2.65	2.21	1.89	1.66	1.47	1.33	1.20	1.10	1.02	0.95	
		1.01%	6.59	5.27	4.40	3.77	3.30	2.93	2.64	2.40	2.20	2.03	1.88	
		0.80%	8.36	6.69	5.57	4.78	4.18	3.71	3.34	3.04	2.79	2.57	2.39	

Figuur 87: L2-matrix – Economische schadedrempel matrix bij 5.067 cm<sup>2</sup> bladoppervlakte per larve per scheut (2.01 % = BBCH39, 1.01 % = BBCH 59, 0.80 % = BBCH 77, 0.80 % = BBCH-onafhankelijk)

			DI (%/L)	V-Waarde (euro per kg)							
				0.12	0.14	0.16	0.18	0.20	0.22	0.24	
C-Waarde	Minuet	31.50	2.01%	1.39	1.19	1.04	0.93	0.83	0.76	0.70	
			1.01%	2.77	2.37	2.08	1.85	1.66	1.51	1.38	
			0.80%	3.51	3.01	2.63	2.34	2.11	1.91	1.75	
	Dimistar	32.31	2.01%	1.43	1.22	1.07	0.95	0.86	0.78	0.71	
			1.01%	2.84	2.43	2.13	1.89	1.70	1.55	1.42	
			0.80%	3.60	3.09	2.70	2.40	2.16	1.96	1.80	
	Danadim	33.50	2.01%	1.48	1.27	1.11	0.99	0.89	0.81	0.74	
			1.01%	2.95	2.52	2.21	1.96	1.77	1.61	1.47	
			0.80%	3.73	3.20	2.80	2.49	2.24	2.04	1.87	
	Fury	34.68	2.01%	1.53	1.31	1.15	1.02	0.92	0.84	0.77	
			1.01%	3.05	2.61	2.29	2.03	1.83	1.66	1.52	
			0.80%	3.86	3.31	2.90	2.58	2.32	2.11	1.93	
	Decis	37.39	2.01%	1.65	1.42	1.24	1.10	0.99	0.90	0.83	
			1.01%	3.29	2.82	2.47	2.19	1.97	1.79	1.64	
			0.80%	4.17	3.57	3.12	2.78	2.50	2.27	2.08	

Figuur 88: Samenvattende L2-matrix bij 5.067 cm<sup>2</sup> bladoppervlakte per larve per scheut (2.01 % = BBCH39, 1.01 % = BBCH 59, 0.80 % = BBCH 77)

#### 4.2.5 De L3-matrix – ESD bij 6.683 cm<sup>2</sup> per larve per scheut

			DI (%/L)	V-Waarde (euro per kg)										
				0.08	0.10	0.12	0.14	0.16	0.18	0.20	0.22	0.24	0.26	0.28
C-Waarde (euro per ha)	Lagere Kost A	20.00	1.74%	1.52	1.22	1.02	0.87	0.76	0.68	0.61	0.55	0.51	0.47	0.44
			2.65%	1.00	0.80	0.67	0.57	0.50	0.45	0.40	0.37	0.33	0.31	0.29
			1.33%	2.00	1.60	1.33	1.14	1.00	0.89	0.80	0.73	0.67	0.62	0.57
			1.05%	2.53	2.03	1.69	1.45	1.27	1.13	1.01	0.92	0.84	0.78	0.72
	Lagere Kost B	25.00	1.74%	1.91	1.52	1.27	1.09	0.95	0.85	0.76	0.69	0.64	0.59	0.54
			2.65%	1.26	1.00	0.84	0.72	0.63	0.56	0.50	0.46	0.42	0.39	0.36
			1.33%	2.50	2.00	1.67	1.43	1.25	1.11	1.00	0.91	0.83	0.77	0.71
			1.05%	3.17	2.53	2.11	1.81	1.58	1.41	1.27	1.15	1.06	0.97	0.91
	Minuet (6.5 €/ha)	31.50	1.74%	2.40	1.92	1.60	1.37	1.20	1.07	0.96	0.87	0.80	0.74	0.69
			2.65%	1.58	1.27	1.06	0.90	0.79	0.70	0.63	0.58	0.53	0.49	0.45
			1.33%	3.15	2.52	2.10	1.80	1.57	1.40	1.26	1.15	1.05	0.97	0.90
			1.05%	3.99	3.19	2.66	2.28	2.00	1.77	1.60	1.45	1.33	1.23	1.14
	Dimistar Progress (7.31 €/ha)	32.31	1.74%	2.46	1.97	1.64	1.41	1.23	1.09	0.99	0.90	0.82	0.76	0.70
			2.65%	1.62	1.30	1.08	0.93	0.81	0.72	0.65	0.59	0.54	0.50	0.46
			1.33%	3.23	2.58	2.15	1.85	1.62	1.44	1.29	1.17	1.08	0.99	0.92
			1.05%	4.09	3.28	2.73	2.34	2.05	1.82	1.64	1.49	1.36	1.26	1.17
	Danadim Progress (8.5 €/ha)	33.50	1.74%	2.55	2.04	1.70	1.46	1.28	1.13	1.02	0.93	0.85	0.79	0.73
			2.65%	1.68	1.35	1.12	0.96	0.84	0.75	0.67	0.61	0.56	0.52	0.48
			1.33%	3.35	2.68	2.23	1.91	1.67	1.49	1.34	1.22	1.12	1.03	0.96
			1.05%	4.25	3.40	2.83	2.43	2.12	1.89	1.70	1.54	1.42	1.31	1.21
	Fury 100 EW (9.675 €/ha)	34.68	1.74%	2.64	2.11	1.76	1.51	1.32	1.17	1.06	0.96	0.88	0.81	0.76
			2.65%	1.74	1.39	1.16	1.00	0.87	0.77	0.70	0.63	0.58	0.54	0.50
			1.33%	3.47	2.77	2.31	1.98	1.73	1.54	1.39	1.26	1.16	1.07	0.99
			1.05%	4.39	3.52	2.93	2.51	2.20	1.95	1.76	1.60	1.46	1.35	1.26
Decis 15 EW (12.39 €/ha)	37.39	1.74%	2.85	2.28	1.90	1.63	1.43	1.27	1.14	1.04	0.95	0.88	0.81	
		2.65%	1.88	1.50	1.25	1.07	0.94	0.83	0.75	0.68	0.63	0.58	0.54	
		1.33%	3.74	2.99	2.49	2.14	1.87	1.66	1.50	1.36	1.25	1.15	1.07	
		1.05%	4.74	3.79	3.16	2.71	2.37	2.11	1.90	1.72	1.58	1.46	1.35	
Hogere Kost A	45.00	1.74%	3.43	2.74	2.29	1.96	1.72	1.52	1.37	1.25	1.14	1.06	0.98	
		2.65%	2.26	1.81	1.51	1.29	1.13	1.00	0.90	0.82	0.75	0.70	0.65	
		1.33%	4.50	3.60	3.00	2.57	2.25	2.00	1.80	1.64	1.50	1.38	1.29	
		1.05%	5.70	4.56	3.80	3.26	2.85	2.53	2.28	2.07	1.90	1.75	1.63	
Hogere Kost B	50.00	1.74%	3.81	3.05	2.54	2.18	1.91	1.69	1.52	1.39	1.27	1.17	1.09	
		2.65%	2.51	2.01	1.67	1.44	1.26	1.12	1.00	0.91	0.84	0.77	0.72	
		1.33%	5.00	4.00	3.33	2.86	2.50	2.22	2.00	1.82	1.67	1.54	1.43	
		1.05%	6.34	5.07	4.22	3.62	3.17	2.82	2.53	2.30	2.11	1.95	1.81	

Figuur 89: L3-matrix – Economische schadedrempel matrix bij 6.683 cm<sup>2</sup> bladoppervlakte per larve (2.65 % = BBCH39, 1.33 % = BBCH 59, 1.05 % = BBCH 77, 1.74 % = BBCH-onafhankelijk)

			DI (%/L)	V-Waarde (euro per kg)						
				0.12	0.14	0.16	0.18	0.20	0.22	0.24
C-Waarde	Minuet	31.50	2.65%	1.06	0.90	0.79	0.70	0.63	0.58	0.53
			1.33%	2.10	1.80	1.57	1.40	1.26	1.15	1.05
			1.05%	2.66	2.28	2.00	1.77	1.60	1.45	1.33
	Dimistar	32.31	2.65%	1.08	0.93	0.81	0.72	0.65	0.59	0.54
			1.33%	2.15	1.85	1.62	1.44	1.29	1.17	1.08
			1.05%	2.73	2.34	2.05	1.82	1.64	1.49	1.36
	Danadim	33.50	2.65%	1.12	0.96	0.84	0.75	0.67	0.61	0.56
			1.33%	2.23	1.91	1.67	1.49	1.34	1.22	1.12
			1.05%	2.83	2.43	2.12	1.89	1.70	1.54	1.42
	Fury	34.68	2.65%	1.16	1.00	0.87	0.77	0.70	0.63	0.58
			1.33%	2.31	1.98	1.73	1.54	1.39	1.26	1.16
			1.05%	2.93	2.51	2.20	1.95	1.76	1.60	1.46
Decis	37.39	2.65%	1.25	1.07	0.94	0.83	0.75	0.68	0.63	
		1.33%	2.49	2.14	1.87	1.66	1.50	1.36	1.25	
		1.05%	3.16	2.71	2.37	2.11	1.90	1.72	1.58	

Figuur 90: Samenvattende matrix bij 6.683 cm<sup>2</sup> bladoppervlakte per larve per scheut (2.65 % = BBCH39, 1.33 % = BBCH 59, 1.05 % = BBCH 77)

## 4.3 Van drie matrixen naar “DE” actuele schadedrempel matrix

### 4.3.1 Selectieprocedure

Na het beschikbaar stellen van een keuzemogelijkheid is het belangrijk om te concretiseren naar een beperkt aantal schadedrempels. Omdat er wel degelijk verschillen waren in de impact van ontbladering bij de drie verschillende groeifasen worden deze alvast opgenomen in de finale schadedrempelmatrix. Het percentage die rekening houdt met de schade over alle groeifasen heen wordt niet opgenomen in deze selectieprocedure.

Omdat er onvoldoende studies beschikbaar zijn over hoeveel bladmassa de larven exact consumeren en omdat er een redelijk verschil zitten tussen de eerder beschreven waarden kunnen de schadedrempels sterk variëren. Er wordt gekozen om gebruik te maken van de L2-matrix die rekent met een consumptie van 5.067 cm<sup>2</sup> per larve. De L1- en L3 matrix wordt daarom achterwege gelaten.

In Bijlage 6 wordt de finale schadedrempelmatrix weergegeven. Deze ene A4 vat de volledige thesis samen op één enkele pagina.

### 4.3.2 Verdeling van de ESDs bij verschillende factorwaarden

Na deze selectie bekomt men de samenvattende matrix die reeds weergegeven werd in Figuur 88. In onderstaande tabel wordt de verdeling van de waarden binnen deze matrix weergegeven. Zo is te zien dat 18 van de 105 ESDs in deze matrix onder de 1 larve per scheut liggen. Dit komt neer op 51.4 % van alle berekende ESDs in deze matrix voor groeifase 1.

Bij groeifase twee en drie zijn er geen ESDs lager dan 1 larve per scheut. Van alle ESDs liggen er dus 17.1 % onder de 1 larve per scheut. 82.9 % van de ESDs liggen boven de 1 larve per scheut. Minder dan de helft van de ESD's (48.6 %) liggen boven een waarde van 2 larven per scheut.

Uit deze tabel kan men concluderen dat voor groeifase 1 de ESD rond de 1 larve per scheut zal schommelen. Voor groeifase 2 zal de finale ESD tussen de 1 en 2 larven per scheut liggen. Voor groeifase 3 ligt deze tussen 2 en 3 larven per scheut.

Tabel 97: Verdeling van de ESD-waarden in Figuur 88

	ESD < 1		ESD > 1		ESD > 2		ESD > 3		ESD > 4	
GF1	18	51.4%	17	48.6%	-	-	-	-	-	-
GF2	-	-	35	100.0%	17	48.6%	2	5.7%	-	-
GF3	-	-	35	100.0%	29	82.9%	11	31.4%	1	2.9%
Tot	18		87		46		13		1	
	17.1%		82.9%		43.8%		12.4%		1.0%	

### 4.3.3 Bepalen finale ESD per groeifase

Als men een gemiddelde neemt van alle berekende ESDs in de samenvattende L2 matrix dan bekomt men een waarde van 1.93 larven per scheut. Als men de gemiddelden neemt van alle ESD's in deze matrix voor groeifase 1 (strekken vlagblad) bekomt men een waarde van 1.05 larven per scheut. Centraal in de matrix staat een waarde van 0.99 larven per scheut (bij 0.18 euro per kg en gebruik van Danadim). De gemiddelde waarde voor groeifase 2 (strekken aar) ligt op 2.09 larven per scheut met een centrale waarde van 1.96 larven per scheut. Voor groeifase 3 (late melkstadium) bekomt men een gemiddeld van 2.65 larven per scheut en een centrale waarde van 2.49 larven per scheut.

Om enige variatie in te calculeren wordt een praktisch hanteerbare waarde per scheut vastgelegd. Deze waarde ligt tussen de gemiddelde waarde per groeifase en de centrale waarde in de samenvattende matrix van L1.

Finaal bekomt men een economische schadedrempel van **1 larve per scheut** indien de groeifase zich situeert rond het strekken van het vlagblad (BBCH 39). Bij een gewas die zich situeert rond het strekken van de aar (BBCH 59) ligt de schadedrempel op **2 larven per scheut**. Rond het late melkstadium (BBCH 77) wordt een schadedrempel van **2.5 larven per scheut** gehanteerd. Al blijft dit natuurlijk een benadering. Voor een meer genuanceerde schadedrempel maakt men gebruik van de matrix zoals weergegeven in Bijlage 6.

## 5 Discussie

### 5.1 Effect van externe invloeden op de proefresultaten

#### 5.1.1 Invloed knippen van de planten op de resultaten

Bij de verwerking van de resultaten werden de gemeten bladlengtes en -breedtes gemeten. Hierop zit reeds een statistische fout. Bladoppervlakten werden gemeten met de formule vermeld in hoofdstuk 2.3. Een metingverschil van 0.1 cm in bladbreedte bij een blad van 20 cm in lengte resulteert in een verschil van 1.5 cm<sup>2</sup>. Deze meetfout zou dan ook snel een impact kunnen hebben op de metingen en dus ook op de regressievergelijkingen. Omdat er bij elke meting eenzelfde statistische fout gemaakt werd kan men ervan uitgaan dat er op elke meting eenzelfde fout gemaakt wordt waardoor de meetfouten elkaar opheffen.

Een meer wetenschappelijke methode om de geknipte bladoppervlakte te meten is reeds beschikbaar. Aan de hand van foto's en verwerkende software kunnen de bladoppervlakten op een meer exactere wijze gemeten worden. Deze techniek was echter niet beschikbaar.

#### 5.1.2 Invloed oogsten van de planten op de resultaten

Bij het oogsten werd in een aantal gevallen vastgesteld dat de geknipte planten geen aren produceerden. Het grote merendeel van deze potten was afkomstig uit groeifase 1 en uit niveau 3 en 4. Het is dus belangrijk om in acht te nemen dat planten die geknipt werden tijdens groeifase 1 waarbij de bovenste bladeren of alle bladeren geknipt werden. Omdat deze onbestaande aren niet geoogst konden worden werden deze niet meegenomen in de berekening van het opbrengstverlies.

#### 5.1.3 Invloed externe factoren op de resultaten

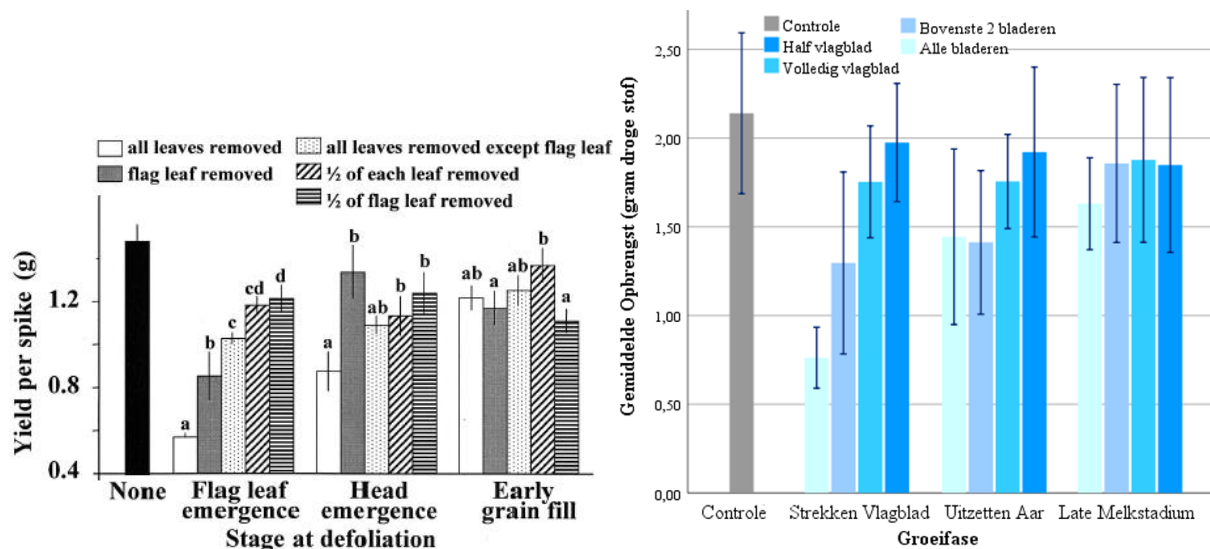
Gedurende de proef werden de planten blootgesteld aan drie grote externe factoren: schimmelaantasting, bladbeschadiging door fungiciden en legering. Elk van deze factor werd hierop gescoord en statistisch geanalyseerd. De legering en de bladbeschadiging was

De schimmelaantasting was significant verschillend voor kolom 3 ( $F = 8.676$ ,  $P < 0.05$ ). De opbrengstgegevens van kolom drie werden dus meer beïnvloed door de schimmel. Deze gegevens werden toch meegenomen in de berekening van de shadedrempels. Dit feit kan eventueel bediscussieerd worden. Men dient wel aan te nemen dat de aantastingsscores visueel, en dus in zekere mate niet wetenschappelijk onderbouwde, werden ingeschat. Het is dus niet omdat een plant hoog scoorde dat hierom de oogstresultaten werden beïnvloed. Hetzelfde verhaal gaat op voor de mate van legering. Ook hier was er een significant verschil tussen de kolommen ( $F = 8.926$ ,  $P < 0.05$ ).

## 5.2 Hoe (uitermate) interessant zijn de proefresultaten?

### 5.2.1 Vergelijken met de proef van Buntin et al. (2004)

Zoals beschreven in hoofdstuk 1.2.2.1 is de proef van Buntin et al. (2004) sterk gelijklopend met de proef die in deze thesis werd uitgevoerd. In onderstaande figuur kan men de grafiek van deze auteur zien en de figuur die gegenereerd werd voor deze thesis. Hierop kan men zien dat de tendensen van de beide grafieken gelijklopen. Net zoals bij Buntin et al. (2004) is er meer effect op de opbrengst bij het ontbladeren tijdens het strekken van het vlagblad. Bij het late melk stadium is dit eveneens minder duidelijk. De opbrengsten liggen bij deze proef wel hoger dan bij de proef van Buntin et al. (2004).



Figuur 26 (boven) (Buntin, et al., 2004) en Figuur 109 (onder)

### 5.2.2 De ene regressie is de andere nog niet

Doorheen de thesis werd het gebruik van regressievergelijkingen verschillende malen aangehaald. Deze regressievergelijkingen stellen het opbrengstverlies in functie van aantal plaagindividuen, meestal aantal larven per scheut. In hoofdstuk 1.2.2.3 werden deze uitvoerig besproken. De vier besproken cases (Webster en Smith, 1983; Ulrich, et al., 2004; Buntin, et al., 2004; Ihrig, et al., 2001) leverden elk een aantal regressievergelijkingen op die vergeleken werden in tabel 12.

Hieronder kan men Tabel 12 en Tabel 95 terugvinden. Deze tabellen werden naast elkaar geplaatst zodat er een goede vergelijking gemaakt worden tussen de twee tabellen. Deze laatste tabel werd iets aangepast zodat de referentiewaarden overeenkomen.

Op deze tabellen worden de regressievergelijkingen van de vier cases en van de berekende waarden voor deze proef. Bij alle regressies voor deze proef was de a-waarde positief. Dit is enkel het geval bij de case van Buntin et al. (2004) en Ihrig et al. (2001). Al is de grote van de berekende a-waarden meer in de lijn van die van Ihrig et al. (2001).



De berekende  $b'$ -waarden liggen meer in de buurt bij die van Webster & Smith (1983) (2.98). De berekende waarden liggen dan ook telkens lager dan de  $b'$ -waarden van Webster & Smith (1983). Hieruit kan men concluderen dat de opbrengstverlies bij de voorgaande onderzoeken telkens hoger lagen dan dat er met de proef werd aangetoond.

Vergelijking van Tabel 12 en Tabel 95 (aangepaste versie)

	Webster & Smith (1983) (Vgl. 4)	Ulrich et al. (2004) (Vgl. 5)	Buntin et al. (2004) (Vgl. 6)	Ihrig et al. (2001) (Vgl. 8)
<b>Locatie</b>	Amerikaans	Europees	Amerikaans	Amerikaans
<b>Vergelijking</b>	$Y = 2.98X - 0.02$	$Y = 5.56X - 1.06$	$Y = 11.64X + 1.01$	$Y = 11.74X + 6.51$
<b>1 L/S (X=1)</b>	2.96	4.50	12.65	18.25
<b>2 L/S (X=2)</b>	5.94	10.06	24.29	29.99
<b>5 L/S (X=5)</b>	14.88	26.74	59.21	65.21
<b>10 %OV (Y=10)</b>	3.36	1.99	0.77	0.30
<b>25 %OV (Y=25)</b>	8.40	4.69	2.06	1.57
<b>50 %OV (Y=50)</b>	16.79	9.18	4.21	3.70

		Y = X (cm <sup>2</sup> )			Y = X (aantal larven)					
		a	b	b'	%Y bij # larven			X larven bij # %Y		
vgl.					1	2	5	10	25	50
%YL_VS_AGF	(11)	4.442	0.261	1.322	1.32%	2.64%	6.61%	7.56	18.90	37.81
%YL_VS_GF1	(12)	2.784	0.396	2.007	2.01%	4.01%	10.03%	4.98	12.46	24.92
%YL_VS_GF2	(13)	5.698	0.199	1.008	1.01%	2.02%	5.04%	9.92	24.79	49.59
%YL_VS_GF3	(14)	4.512	0.157	0.796	0.80%	1.59%	3.98%	12.57	31.43	62.85

### 5.3 Vergelijking berekende ESDs met bestaande ESDs

In Tabel 18 werden de verschillende bestaande ESDs beschreven. De laagste waarde lag hier op 0.25 larven per scheut. De hoogste op 2.5 larven per scheut. De berekende ESDs in de finale matrix variëren tussen 0.70 en 4.17. De hoogst berekende ESDs vallen onder de derde groeifase. Men kan zich dus afvragen in welke mate deze schadedrempels overschreden zullen worden.

Het merendeel van de berekende schadedrempels komt echter overeen met de schadedrempels uit deze tabel.

### 5.4 Schadedrempels in aantal larven per scheut of...

De ESDs die hier voorgaand werden besproken werden uitgedrukt in aantal larven per scheut. Het is namelijk zo dat het de larven zijn die de meeste schade aanbrengen aan het graangewas. De larven komen voor vanaf begin mei tot eind juli. Gedurende deze periode kan men dus het gewas monitoren op aantal larven. Voornamelijk de maanden mei en juni dient de nodige monitoring aangezien hierin de piekdensiteit larven valt.

De ovipositie start midden april en eindigt in de eerste helft van juni met een piek-ovipositie in de maand mei. Op basis van het aantal eitjes kan men schatten hoeveel larven er zullen zijn éénmaal deze eitjes uitgekomen zijn. Hier dient er wel rekening gehouden te worden met factoren die de mortaliteit van de eitjes beïnvloedt. In het model van Ihrig et al. (2001), weergegeven op Figuur 7, resulteert één eitje per scheut in 0.36 larve (in het vierde larvale stadium) per scheut. Volgens dit model mag men ervanuit gaan dat 2 eitjes per scheut resulteert

in 0.71 larve per scheut in het vierde larvale stadium. Rekening houdende met het feit dat het vierde larvale stadium verantwoordelijk is voor 70 % van de schade (Kher, et al., 2011) kan men grofweg berekenen dat 100 % schade veroorzaakt wordt door 1 larve ( $0.71/0.70$ ).

Als men dit zou omzetten naar de finale schadedrempels dan kan men de finale ESD voor groeifase 1 herrekenen naar 2 eitjes per scheut. Dit dient natuurlijk als indicator gebruikt te worden. Als men dus in mei een dichtheid waarneemt van 2 eitjes per scheut dan kan dit een indicator zijn dat de ESD bij groeifase 1 zal overschreden worden.

## 5.5 Hoeveel kg per ha opbrengstverlies kan men tolereren?

Men kan zich nu afvragen hoeveel kg per hectare opbrengst men kan tolereren. Dit is, net zoals de formule van de schadedrempel, afhankelijk van de marktprijs (1), de schade per plaageenheid (2), het gekozen product (3) en de opbrengst per ha (4).

Men kan dit aan de hand van de schadedrempelmatrixen eenvoudig bepalen. Hiervoor dient men het product te nemen van het percentage schadeverlies dat een plaagindividu veroorzaakt (oranje cellen) en de opbrengst per ha (in deze thesis 9 401 kg per ha). Dit product is het aantal kg opbrengstverlies dat men mag verwachten bij een plaagdichtheid bij één larve per scheut. Als men dit vermenigvuldigt met het ESD bekomt men het te tolereren verlies in kg per ha. Bij een marktprijs van 0.12 euro per kg en een behandeling met Minuet (31.50 euro per ha) gaat men bij het strekken van het vlagblad een opbrengstverlies hebben van 188.63 kg per ha bij een plaagdichtheid van één larve per scheut. Als men dit vermenigvuldigt met de corresponderende ESD van 1.39 bekomt men een te tolereren verlies van 262.50 kg per ha. Men kan dit ook eenvoudiger berekenen door de behandelingskost te delen door de marktwaarde ( $31.50/0.12$ ).

## 5.6 Hoeveel schade veroorzaakt één plaagindividu?

### **Indirecte schade**

Omdat er in deze proef vertrokken werd vanuit de gegevens van de potproef werd er enkel rekening gehouden met de directe schade. Met de indirecte schade werd er geen rekening gehouden. Als vector van meerdere virussen kan men zich gaan afvragen in welke mate hierdoor het schadebeeld van de graanhaantjes wordt beïnvloed. Het kan zijn dat plaagdichtheden onder de schadedrempel toch voldoende planten gaan inoculeren met virussen of gaan verzwakken opdat er toch economisch relevante schade aangebracht wordt.

### **Directe schade bij tarwe**

De berekende percentages opbrengstverlies per larve variëren tussen 0.80 % en 2.01 %. In Tabel 8 werden de verschillende percentages opbrengstverlies per larve weergegeven die teruggevonden werden in de literatuur. De enige studie die deze cijfers bevestigd is de studie van Ulrich et al. (2004). Aangezien dit een Europese waarde is kan er een verschil zijn tussen Europa en Noord-Amerika. Als men het voorbeeld van vorig hoofdstuk neemt (262.50 kg per ha) dan komt men op basis van opbrengstverlies per ha in kg overeen met de Noord Amerikaanse studies van Lyon (1969), Wilson et al. (1969) en Roberts et al. (2014).

## 5.7 Hoe accuraat zijn de bepaalde schadedrempels?

### **Biologie van het graanhaantje**

De nodige kennis van de biologie van het graanhaantje is belangrijk om de schadedrempel goed te gebruiken. Aan de hand van deze kennis kan men namelijk inschatten hoe snel en in welke mate het aantal larven per scheut zal toenemen.

Zo weet men uit het eerste deel van de literatuurstudie dat de F1 kevers pas uit winterrust komen als de temperaturen boven de 10 °C komen te liggen (Severini, et al., 2003). Larven komen eveneens pas voor vanaf begin mei. Op basis van deze gegevens kan men concluderen dat monitoren voor mei en onder temperaturen van 10 °C niet nodig is voor graanhaantjes.

Men dient eveneens rekening te houden met het effect van temperatuur op de levenscyclus van het graanhaantje. Zo beschreef Walczak (2005b) een periode van 25.7 dagen en 12.0 dagen voor de cyclus van ei tot adult bij een temperatuur van 16 °C en 25 °C. Het doorlopen van de larvale stadia kan volgens Philips et al. (2011) variëren van 47.5 dagen bij 8°C tot 6.4 dagen bij 30 °C (Tabel 4). Men dient dus de frequentie monitoring op te voeren naarmate de temperatuur stijgt. Bij temperaturen boven de 22 °C worden de larvale stadia in minder dan 8 dagen doorlopen. Vanaf 22 °C gaat men dus minstens tweemaal per week gaan monitoren, zeker in de maanden juni en juli. De periode tussen waarneming en behandeling dient eveneens zo kort mogelijk te zijn.

Een andere klimaatfactor is regen. Een enkele regenbui kan een mortaliteit tot 28 % van de larven veroorzaken (Shade, et al. 1970). Als men gaat monitoren dient men hier rekening mee te houden. Het kan zijn dat men grensoverschrijdende populatiedichtheden waarneemt, maar dat deze na een regenbui tussen waarneming en behandeling sterk gereduceerd zijn. Het tegengestelde gaat ook op. Bij het uitblijven van regenbuien zal de gemiddelde mortaliteit van de larven dalen waardoor de populatiedichtheden van de larven sneller gaan toenemen.

### **Invloed van monitoringstechniek**

Bij het monitoren van het gewas dient men voldoende tijd te nemen en correct te werken. Hoe meer planten er geteld worden om een gemiddelde populatiedichtheid te berekenen, hoe correcter dit gemiddelde is. Op plantniveau zelf is het belangrijk dat men alle bladlagen bekijkt. Het merendeel van de eitjes worden gelegd op het tweede tot vierde blad (Hoffman & Rao, 2011).

Er dient ook op verschillende afstanden ten opzichte van de akkerrand planten gemonitord te worden. Het onderzoek van Reay-Jones (2010) toonde aan dat er op de veldrand zelf meer kevers gevonden kunnen worden dan op 5 en 10 meter van de rand. Op 25 meter waren er echter meer kevers terug te vinden dan aan de akkerrand. Op voldoende en verspreide plaatsen planten gaan beoordelen is dus essentieel om een goed beeld te krijgen van de mate van plaagdichtheid.

### **Vershil in Amerikaanse en Europese data**

Zoals besproken in hoofdstuk 1.1.2.6 zijn er kleine verschillen tussen de Europese en Amerikaanse gegevens. De verschillen in cycli van beide groepen is het resultaat van een verschillend klimaat. De data die in deze thesis beschreven werden, zijn afkomstig van zowel Amerikaanse als Europese data.

Alhoewel de verschillen niet altijd even groot zijn kan dit wel een invloed hebben bij het gebruik van de gegenereerde data in deze thesis. Zo werd er bijvoorbeeld uitgegaan van een korrelopbrengst van 9 401 kg per ha. In Amerika behaalt men vaak een lager resultaat. Zo beschrijft Buntin et al (2004) een opbrengstverlies van 12.65 % dat gerealiseerd wordt door één larve in het vierde larvale stadium. De auteurs vermelden eveneens dat dit neerkomt op 459 kg per hectare. Omgerekend wil dit zeggen dat 100 % opbrengst gelijk is aan 3 6298 kg per ha, wat ongeveer twee vijfde is van de opbrengst die ingecalculeerd werd in deze data. Dit wil zeggen dat als een larve in deze thesis 1 % opbrengstverlies veroorzaakt ten opzichte van 9 401 kg per ha, dit niet direct 1 % op 3 698 kg per ha betekend.

### **Het samen voorkomen van meerdere *Oulema* spp. op het gewas**

In het begin van deze thesis werden de verschillende gras- en graanhaantjes besproken. Bij het berekenen van deze schadedrempel werd er geen onderscheid gemaakt tussen de soorten graanhaantje. Het determineren van graanhaantjes is dan ook geen evidente taak. Bijkomend onderzoek kan verklaren of er een verschil is tussen de soorten inzake schadebeeld.

Uit de literatuur blijkt immers dat voornamelijk *O. melanopus* de economisch relevante schade aanbrengt. Als zou blijken dat deze andere soorten minder schade aanbrengen dan kan men zich afvragen in welke mate hierdoor de schadedrempel beïnvloed wordt.

Daarnaast kan men zich afvragen welke praktische gevolgen dit heeft. Determinatie van de soorten is immers specialisten werk en is een tijdrovend werk. De rendabiliteit van het monitoren zou dan ook in vraag gesteld kunnen worden. Dat er meerdere soorten graanhaantjes bestaan draagt ook bij aan het probleem dat hierna besproken wordt.

### **Het samen voorkomen van meerdere graanhaantjes op één scheut**

In deze thesis werd de assumptie gemaakt dat elke larve evenveel consumeert. Deze assumptie kan betwist worden als men weet dat als er meerdere larven op een plant voorkomt, er een hogere voedselcompetitie is. Helgesen en Haynes (1972) beschreven een hogere larvale mortaliteit naarmate het aantal eitjes per plant (dus in principe het aantal larven) toeneemt (Figuur 16). Hierdoor kan het dus zijn dat twee larven die elk op een aparte plant zitten meer schade veroorzaken dan twee larven op eenzelfde plant.

## **Het samen voorkomen van verschillende plagen op het gewas**

Deze berekening beperkt zich tot het graanhaantje. Studies zoals die van Wetzal et al. (1983) tonen aan dat er relaties zijn tussen het samen voorkomen van graanhaantjes en bladgraanluizen. Het samen voorkomen van verschillende plagen kan ervoor zorgen dat het toch economisch interessant is om in te grijpen met chemische middelen zonder dat schadedrempels overschreden zijn.

Het samen voorkomen van verschillende plagen brengt dan ook een tweede issue naar voren. In de praktijk wordt er vaak met een breed werkend middel, bijvoorbeeld met pyrethroïden zoals lambda-cyhalothrin, een handeling uitgevoerd tegen bijvoorbeeld bladluizen en coloradokevers. Bij deze eerste, die als belangrijke vector voor BYDV fungeert, gebeurt dit vaak preventief. Dit heeft als resultaat dat niet alleen deze plaag gecontroleerd wordt, ook non-target organismen worden hierdoor geëlimineerd.

Tot deze non-target organismen behoren in dit geval twee groepen. De eerste groep zijn de natuurlijke vijanden. Door het weghalen van deze natuurlijke vijanden kunnen andere plagen doorbreken. Als een behandeling uitgevoerd wordt op een moment dat de kevers nog uit winterrust moeten komen of als er nog veel eitjes aanwezig zijn op het veld dan kan dit ervoor zorgen dat de graanhaantjes snel de economische drempel gaan overschrijven.

De tweede groep zijn de graanhaantjes zelf. De essentie van schadedrempels is dat het gebruikt moet worden in een geïntegreerd systeem. Als men profylactisch gaat behandelen tegen bladluizen dan is het onlogisch om de schadedrempels voor graanhaantjes te gaan blijven hanteren. Als men voor de ene plaag niet behandelt op basis van economische relevantie en voor de andere wel, dan resulteert men uiteindelijk in een lagere economische opbrengst in vergelijking met telers die vasthouden aan de drempels voor alle gewassen. Bij IPM ligt dus de nadruk op het geïntegreerde aspect.

## **5.8 ESD als onderdeel IPM, maar IPM als onderdeel van ESD?**

### **De economische kost van IPM-technieken**

Zoals beschreven in hoofdstuk 1.3.1 kadert het gebruik van ESD in het kader van IPM. In de berekening van de ESD wordt er echter geen rekening gehouden met de andere elementen in het IPM-systeem. Het is dus een onderdeel van het *integrated* systeem, maar zelf worden er geen IPM-elementen geïntegreerd.

Stel dat men bijvoorbeeld natuurlijke vijanden uitzet of een akkerrand aanlegt om de plaagdensiteit laag te houden, dan zal hiermee een kost gepaard gaan. Deze kost wordt niet ingerekend in de schadedrempel zelf. Als men reeds een maatregel neemt om het graanhaantje in te perken dan zal dit waarschijnlijk wel effect hebben, maar daarom biedt het geen garantie dat de schadedrempel nog overschreden zal worden. Hierdoor wordt het optimaal financieel punt niet gegarandeerd.

## **De Ecologische kost van IPM-technieken**

Bij het opstellen van de schadedrempel werd eveneens geen rekening gehouden met de impact op het milieu van de behandeling met gewasbeschermingsmiddelen. In het onderzoek van Higley en Wintersteen (1992) werd dit wel gedaan (besproken in hoofdstuk 1.4.2.2). Het verschil tussen de conventionele drempel en de ecologische drempel was in een aantal gevallen klein maar kon bij het gebruik van meer ecologisch belastende producten het dubbele zijn.

De berekening van deze ecologische waarden is niet zo eenvoudig te bepalen. Higley en Wintersteen (1992) deden dit door te vragen in welke mate personen ecologische factoren belangrijk vinden. Dit zorgt natuurlijk voor de nodige argumenten om aan een bepaalde factor een gewicht te hangen, maar zuiver objectief is dit ook niet.

Daarnaast is het ook belangrijk om te weten of het incalculeren van ecologische effecten dan wel het doel is van ESDs. Het hoofddoel van ESDs is namelijk gericht op economische rendabiliteit en niet de ecologische rendabiliteit. Een landbouwer die gebruik wil maken van de ESDs en ecologisch *minded* is, en dit ook wil terugvinden in de ESD, kan bij de C-waarde een extra waarde rekenen. Een voorbeeld met de finale ESD-matrix toont aan hoe men dit kan doen. Een behandeling met Minuet tijdens het strekken van het vlagblad bij een marktprijs van 0.18 euro per kg resulteert volgens deze matrix in een standaard ESD van 0.93 larven per scheut  $[(31.50-C / 0.0201*9401-DI*0.18-V)]$ . Een ecologische ESD zou dan in dit geval gelijk zijn aan 31.50 euro per hectare en dus resulteren in een ESD van 1.83 larven per scheut. Afhankelijk van de motivaties van de gebruiker kan de ESD-matrix dus verschillend gebruikt en geïnterpreteerd worden. Als is het gebruik van deze matrix op zich al een stap in de goede richting.

## **Het effect van natuurlijke vijanden**

De aanwezigheid van natuurlijke vijanden, en de mate van mortaliteit deze veroorzaken bij de graanhaantjes, is een variabele die moeilijk op te nemen is in een schadedrempel. Het behandelen met een gewasbeschermingsmiddel kan nefast zijn voor de natuurlijke vijanden. Dit kan het jaar erop als gevolg hebben dat deze natuurlijke vijanden in lagere aantallen voorkomen.

Men weet eveneens niet hoeveel larven er geparasiteerd zijn. Als men larven telt, dan kan het zijn dat men larven meetelt die geparasiteerd zijn. Deze larven gaan natuurlijk ook gewasschade aanbrengen maar ze leveren ook de volgende generatie natuurlijke vijanden. Kijken in welke mate de larven geparasiteerd kan men meenemen in het bepalen van de schadedrempel. Een voorbeeld hiervan is te vinden in Bijlage 3 uit het onderzoek van Robberts en Walenta (2012). Hierin stelt men dat als de ESD is overschreden en er meer dan 75 % van de larven geparasiteerd zijn men niet moet behandelen. Bij een parasiteringsgraad tussen 45 en 70 % gaat men lokaal gaan behandelen op de plaatsen met een hoge plaagdensiteit. Als minder dan 40 % geparasiteerd is gaat men een veldbehandeling uitvoeren.

## 6 Algemeen besluit

In het begin van deze thesis werden zes onderzoeksvragen geformuleerd. Doorheen deze thesis werden deze vragen beantwoord. De hoofdvraag blijft echter “wat is de actuele schadedrempel voor graanhaantjes in tarwe?”. Het antwoord op deze vraag is dat er niet één maar meerdere schadedrempels zijn. In de matrix, weergegeven in bijlage 6, is de drempel afhankelijk van een aantal factoren. Deze factoren zijn dan weer afhankelijk van de context waarin men de drempel toepast.

Wie geen gebruik wil maken van deze matrix en liever een concrete schadedrempel hanteert kan gebruik maken van volgende vuistregels: 1 larve per scheut bij het strekken van het vlagblad, 2 larven per scheut bij het strekken van het vlagblad en 2.5 larven per scheut bij het late melkstadium. Het hanteren van deze drempels is al een stap in de richting van een lager gebruik van gewasbeschermingsmiddelen en hogere biodiversiteit.

De proef van deze thesis toonde immers aan dat er significante verschillen zijn tussen de aangebrachte schade op verschillende groeifasen. Hoe jonger het gewas hoe meer opbrengstverlies de ontbladering zal genereren. Hierdoor liggen de schadedrempels bij jongere planten lager dan bij oudere planten.

Bijkomend onderzoek kan meer aan het licht brengen en deze drempels beter gaan onderbouwen. Een eerste studie kan bijvoorbeeld bestuderen hoeveel bladoppervlakte een kever (larve en adult) consumeren en hoe dit past in de ontwikkeling van de tarwe. Is het bijvoorbeeld zo dat er minder bladoppervlakte geconsumeerd wordt in een latere groeistadia?

Een tweede studie kan bijkomende drempels bepaald worden bij jongere gewasstadia. In deze studie werden drie groeifasen geselecteerd. Hoe de schadedrempels variëren tussen deze fasen is vaag.

Een derde bijkomende studie kan bekijken in welke mate de natuurlijke vijanden de schadedrempels en de graanhaantjes zelf gaan beïnvloeden. De mate van parasiteren kan de drempel dan ook aanzienlijk beïnvloeden.

Een vierde studie kan bekijken of er verschillen zijn tussen de verschillende soorten graanhaantjes en plagen die samen voorkomen op het gewas. Aan de hand van deze bijkomende studies kunnen de actuele schadedrempels die in deze thesis beschreven werden op punt gezet worden.

## 7 Bibliografie

- Altay, I. (2007). *Researches on population density and biology of the cereal leaf beetle, Oulema melanopus (L.) (Coleoptera, Chrysomelidae) in Tekirdag*. Tekirdag: Namik Kemal University - Natural and applied Sciences Institute.
- Alves, T., Macrae, I., & Koch, R. (2015). Soybean aphid (Hemiptera: Aphididae) affects soybean spectral reflectance. *Journal of Economical Entomology*, 1-10.
- Anderson, R., & Paschke, J. (1968). The biology and ecology of *Anaphes flavipes* (Hymenoptera: Mymaridae), an exotic egg parasite of the cereal leaf beetle. *Annals of The Entomological Society of America* 61, 1-5.
- Andow, D., Kareiva, P., Levin, S., & Okubo, A. (1990). Spread of invading organisms. *Landscape Ecology* 4 (2), 177-188.
- Anonymous. (2018). *Toepassingskost per hectare van insecticide*.
- Araya, J., & Foster, J. (1992). Insect, mite, and nematode pests of oat. *American Society of Agronomy and Crop Science Society of America*, 427-471.
- Asadeh, G., Mosadegh, M., Soleymanneshadian, E., & Seraj, A. (2009). Population, spatial distribution and biology of cereal leaf beetle, *Oulema melanopus* L. Col.: Chrysomelidae, in winter wheat fields of Gorgan. *Journal of Plant Production* 16 (1), 165-180.
- Bailey, W., Carlson, C., Puttler, B., & Stoltenow, C. (1991). Expansion of the range of the cereal leaf beetle, *Oulema melanopus* (L.) (Coleoptera: Chrysomelidae), in Missouri and Iowa. *Journal of the Kansas Entomological Society* 64 (4), 455-457.
- Ballhorn, D., Kaut, S., & Heil, M. (2013). Distance and sex determine host plant choice by herbivorous beetles. *PLoS ONE* 8 (2), 1-13.
- Barbosa, P., Braxton, S., & Segarra-Carmona, A. (1993). A history of biological control in Maryland. *Biological Control* 4, 185-243.
- Barcic, J., & Culjak, T. (2001). Insect pests of cereals in Croatia. *Integrated Control in Cereal Crops - IOBC wprs Bulletin* 24 (6), 95-99.
- Barton, L., & Stehr, F. (1970). Normal development of *Anaphes flavipes* in cereal leaf beetle eggs killed with X-radiation, and potential field use. *Journal of Economic Entomology* 63 (1), 128-130.
- Baselga, A., & Novoa, F. (2006). Diversity of Chrysomelidae (Coleoptera) in Galicia, Northwest Spain: estimating the completeness of the regional inventory. *Biodiversity and Conservation* 15, 205-230.
- Baselga, A., Gomez-Rodriguez, C., Novoa, F., & Vogler, A. (2013). Rare failures of DNA bar codes to separate morphologically distinct species in a biodiversity survey of Iberian leaf beetles. *PLoS ONE* 8 (9), 1-13.
- BBCH. (2001). The extended BBCH-scale for specific crops - Cereals. In U. Meier, *Growth stages of mono- and dicotyledonous plants* (pp. 14-18). Federal Biological Research Centre for Agriculture and Forestry .



- Bean, R., & Ciaglo, A. (2018, Februari 08). *Anaphes flavipes*. Opgehaald van Biological Control: <https://biocontrol.entomology.cornell.edu/parasitoids/anaphes.php>
- Bechini, I., Morlacchi, P., & Baumgartner, J. (2013). Coinciding development of winter wheat and leaf beetles along an Alpine transect. *Aeta Oecologica* 47, 95-104.
- Beenen, R., Winkelman, J., van Nunen, F., & Vorst, O. (2009). Aantekeningen over Chrysomelidae (Coleoptera) in Nederland. *Entomologische berichten* 69 (1), 9-12.
- Bengtsson, J., Ahnström, J., & Weibull, A. (2005). The effects of organic agriculture on biodiversity and abundance: a meta-analysis. *Journal of Applied Ecology* 42, 261-269.
- Benigno, D., & Brook, J. (1972). Studies on the host range and properties of cocksfoot mottle and phleum mottle viruses. *Plant Pathology* 21 (3), 142-144.
- Berberet, R., Morrison, R., & Senst, K. (1981). Impact of the alfalfa weevil, *Hypera postica* (Gyllenhal) (Coleoptera: Curculionidae), on forage production in nonirrigated alfalfa in the southern plains. *Journal of the Kansas Entomological Society* 54 (2), 312-318.
- Berti, N. (1989). Contribution to fauna of France. The identity of *Oulema* (O.) *melanopus* (L.) (Col. Chrysomelidae Criocerinae). *Bulletin de la Société Entomologique de France* 94 (1-2), 45-47.
- Bertini, I., Cavallaro, G., & Rosato, A. (2006). Cytochrome C: occurrence and functions. *Chemical Reviews* 106, 90-115.
- Bezdek, J. (2001). The species representation and the phenology of the Chrysomelid genus *Oulema* (Coleoptera: Chrysomelidae) in winter wheat and spring barley growths near Brno. *Acta Universitatis Agriculturae Et Silviculturae Mendelianae Brunensis XLIX* (3), 29-38.
- Bezdek, J., & Baselga, A. (2015). Revision of western Palaearctic species of the *Oulema melanopus* group, with description of two new species from Europe (Coleoptera: Chrysomelidae: Criocerinae). *Acta Entomologica Musei Nationalis Pragae* 55 (1), 273-304.
- Bienkowski, A. (2010). Feeding behaviour of leaf beetles (Coleoptera, Chrysomelidae). *Entomological Review* 90 (1), 1-10.
- Blodgett, S., Tharp, C., & Kephart, K. (2004). *Cereal Leaf Beetle*. Montguide: Montana State University.
- Boote, K., Jones, J., Smerage, G., Bariield, C., & Berger, R. (1979). Photosynthesis of peanut canopies as affected by leafspot and artificial defoliation. *Agronomy Journal* 72 (2), 247-252.
- Borowiec, L., & Szwalko, P. (1990). *Chraszczce - coleoptera stonkowate - chrysomelidae Czecs 1*. <http://baza.biomap.pl/en/db>: Warszawa.
- Bouchard, O., Bousquet, Y., Davies, A., AlonsoZarazaga, M., Lawence, J., Lyal, C., . . . Smith, A. (2011). Family-group names in Coleoptera (Insecta). *ZooKeys* 88, 1-972.
- Bouchard, P., Grebennikov, V., Smith, A., & Douglas, H. (2009). Chapter 11: Biodiversity of coleoptera. In R. Foottit, & P. Adler, *Insect Biodiversity* (pp. 265-302). West Sussex: Blackwell Publishing Ltd.
- Breusegem, F., Vranova, E., Dat, J., & Inzé, D. (2001). The role of active oxygen species in plant signal transduction. *Plant Science* 161, 405-414.

- Bueno, A., Batistela, M., Bueno, R., Neto, J., Nishikawa, M., & Filho, A. (2011). Effects of integrated pest management, biological control and prophylactic use of insecticides on the management and sustainability of soybean. *Crop Protection* 30, 937-945.
- Bukejs, A. (2010). Leaf-beetles *Oulema septentrionis* (Weise, 1880) and *O. erichsonii* (Suffrian, 1841) (Coleoptera: Chrysomelidae) in Latvian fauna. *Baltic Journal of Coleopterology* 10 (1), 65-69.
- Bukejs, A. (2012). Taxonomical structure and biogeography of leaf-beetles (Coleoptera: Chrysomelidae S.L.) of the Latvian fauna. *Acta Biology University Daugavpils* 12 (3), 25-34.
- Buntin, D., & All, J. (2006a). Small Grain Insects. In P. Guillebeau, N. Hinkle, & P. Roberts, *Summary of losses from insect damage and cost of control in Georgia* (pp. 31-32). Georgia: University of Georgia.
- Buntin, D., & All, J. (2006b). Field Corn Insects. In P. Guillebeau, N. Hinkle, & P. Roberts, *Summary of losses from insect damage and cost of control in Georgia* (pp. 5-6). Georgia: University of Georgia.
- Buntin, D., & Pedigo, L. (1985). Development of economic injury levels for last-stage variegated cutworm (Lepidoptera: Noctuidae) larvae in alfalfa stubble. *Journal of Economic Entomology* 78 (6), 1341-1346.
- Buntin, G., Flanders, K., Slaughter, R., & DeLamar, Z. (2004). Damage loss assessment and control of the cereal leaf beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) in winter wheat. *Journal of Economical Entomology* 97 (2), 374-382.
- Canter, K. (1996). *Een oriënterend onderzoek naar de effeten van akkerrandbeheer op ziekten, plagen en biodiversiteit*. Leiden: Centrum voor Milieukunde.
- Capinera, J., & Roltsch, W. (1980). Response of wheat seedlings to actual and simulated migratory grasshopper defoliation. *Journal of Economic Entomology* 73 (2), 258-261.
- Carson, R. (1962). *Silent Spring*. Verenigde Staten: Houghton Mifflin.
- Casagrande, R., Ruesink, W., & Haynes, D. (1977). The behaviour and survival of adult cereal leaf beetles. *Annals of the Entomological Society of America* 70, 19-30.
- Caswell, H., Reed, F., Stephenson, S., & Werner, P. (1973). Photosynthetic pathways and selective herbivory: a hypothesis. *The American Naturalist* 107, 465-480.
- Catherall, P. (1970). Phleum mottle virus. *Plant Pathology* 19 (3), 101-103.
- Chamberlain, J., & Catherall, P. (1976). Electron microscopy of some grasses and cereals infected with cocksfoot mottle, phleum mottle and cocksfoot mild mosaic viruses. *Journal of Genetic Virology* 30, 41-50.
- Chambon, J., Van Laere, C., Genestier, G., Pineau, C., & Cocquempot, C. (1983). Etude des populations d'*Oulema melanopus* L. et *Oulema lichenis* Weiss. (Coleoptères Chrysomelidae) sur blé dans la région parisienne. *Agronomie* 3 (7), 685-690.
- Chanda, S., & Singh, Y. (2002). Estimation of leaf area in wheat using linear measurements. *Plant Breeding and Seed Science* 46 (2), 75-79.
- Clarck, S., LeDoux, D., Seeno, T., Riley, E. G., & Sullivan, J. (2004). Host plants of leaf beetle species occurring in the United States and Canada (Coleoptera: Orsodacnidae, Megalopodidae,

- Chrysomelidae exclusive of Bruchinae). *Special Publication of the Coleopterists Society no. 2*, 1-615.
- Clima-data.org. (2018, Februari 08). *Climate: Gorgan*. Opgehaald van Climate-Data.org: <https://en.climate-data.org/location/764543/>
- Coats, S., Coats, J., & Ellis, C. (1979). Selective toxicity of three synthetic pyrethroids to eight coccinellids, a eulophid parasitoid and two pest chrysomelids. *Environmental Entomology* 8, 720-723.
- Connin, R., & Hoopingarner, R. (1971). Sexual behaviour and diapause of the cereal leaf beetle, *Oulema melanopus*. *Annals of the Entomological Society of America* 64 (3), 655-660.
- Connin, R., & Jantz, O. (1969). Some effects of photoperiod and cold storage on oviposition of the cereal leaf beetle *Oulema melanopus* (Coleoptera: Chrysomelidae). *The Great Lakes Entomologist* 1 (10), 363-366.
- Cossé, A., Bartelt, R., & Zilkowski, B. (2002). Identification and electrophysiological activity of a novel hydroxy ketone emitted by male cereal leaf beetles. *Journal of Natural Products* 65, 1156-1160.
- Czerniewicz, P., Sytykiewicz, H., Durak, R., Borowiak-Sobkowiak, B., & Chrzanowski. (2017). Role of phenolic compounds during antioxidative responses of winter triticale to aphid and beetle attack. *Plant Physiology and Biochemistry* 118, 529-540.
- Danks, H. (1987). Hoofdstuk 13: Hormonal control. In D. H.V., *Insect dormancy: an ecological perspective* (pp. 254-265). Ottawa: Biological Survey of Canada.
- Darab, I., Malschi, D., Valean, A., Tarau, A. C., & Oltean, I. (2017). Preliminary research on the wheat pests and on their integrated control during 2015-2016 at agricultural research development station Turda. *Bulletin UASVM Agriculture* 74 (1), 1-14.
- De Clerck-Floate, R., & Carcamo, H. (2011). Biocontrol arthropods: new denizens of Canadaz's grassland agroecosystems. In K. Floate, *Arthropods of Canadian grasslands (Volume 2): Inhabitants of a changing landscape* (pp. 291-321). Alberta: Biological Survey of Canada.
- Decler, K., & Leten, M. (1997). *De Wettelijke verplichte bestrijding van distels in Vlaanderen: Een standpunt van het Instituut voor Natuurbehoud*. Brussel: Instituut voor Natuurbehoud.
- Delaney, K., Wawryniak, M., Lemancyk, G., Wresinska, D., & Piesik, D. (2013). Synthetic cis-jasmone exposure induces wheat and barley volatiles that repel the pest cereal leaf beetle, *Oulema melanopus* L. *Journal of Chemical Ecology* 39, 620-629.
- DiFonzo, C. (2009, juni 25). *Cereal Leaf Beetle*. Opgehaald van Michigan State University - Extension: [http://msue.anr.msu.edu/news/cereal\\_leaf\\_beetle](http://msue.anr.msu.edu/news/cereal_leaf_beetle)
- Dobrovolskaya, O., Pshenichnikova, T., Arbuzova, V., Lohwasser, U., Röder, M., & Börner, A. (2007). Molecular mapping of genes determining hairy leaf character in common wheat with respect to other species of the triticeae. *Euphytica* 155, 285-293.
- Dosdall, L., Carcamo, H., Olfert, O., Meers, S. H., & Gavloski, J. (2011). Insect invasions of agroecosystems in the Western Canadian Prairies: case histories, patterns and implications for ecosystem function. *Biological Invasions* 13, 1135-1149.

- Dysart, R., Maltby, H., & Brunson, M. (1973). Larval parasites of *Oulema melanopus* in Europe and their colonization in the United States. *Entomophaga* 18 (2), 133-167.
- EC. (2016). *De Europese Unie in het kort: Landbouw*. Brussel: Directoraat-generaal Communicatie Publieksvoorlichting.
- EEG. (1957). *Verdrag tot oprichting van de Europese Economische Gemeenschap - en bijbehorende documenten*.
- EFSA. (2018a). Conclusion on the peer review of the pesticide risk assessment for bees for the active substance clothianidin considering the uses as seed treatments and granules. *EFSA Journal* 16 (2), 1-86.
- EFSA. (2018b). Conclusion on the peer review of the pesticide risk assessment for bees for the active substance imidacloprid considering the uses as seed treatments and granules. *EFSA Journal* 16 (2), 1-113.
- EFSA. (2018c). Conclusion on the peer review of the pesticide risk assessment for bees for the active substance thiamethoxam considering the uses as seed treatments and granules. *EFSA Journal* 16 (2), 1-59.
- Ehler, L. (2006). Perspective: Integrated Pest Management (IPM): definition, historical development and implementation, and the other IPM. *Pest management science* 62, 787-789.
- Evans, E., Carlile, N., Innes, M., & Pitigala, N. (2013). Warm springs reduce parasitism of the cereal leaf beetle through phenological mismatch. *Journal of Applied Entomology* 137, 383-391.
- Evans, E., Karren, J., & Israelsen, C. (2006). Interactions over time between cereal leaf beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) and larval parasitoid *Tetrastichus julis* (Hymenoptera: Eulophidae) in Utah. *Journal of Economic Entomology* 99 (6), 1967-1973.
- FAO. (2018). *Integrated Production and Pest Management Programme in Africa - Farmer field school approach*. Opgehaald van Food and Agriculture Organization of the United Nations: <http://www.fao.org/agriculture/ippm/programme/ffs-approach/en/>
- Fauna Europaea. (2017). *Oulema Gozis*. Opgehaald van Fauna Europaea: [https://fauna-eu.org/cdm\\_dataportal/taxon/832e6c89-339a-4c33-841d-7d7202081091](https://fauna-eu.org/cdm_dataportal/taxon/832e6c89-339a-4c33-841d-7d7202081091)
- Feder, G., Murgai, R., & Quizon, J. (2004). The acquisition and diffusion of knowledge: the case of pest management training in farmer field schools, Indonesia. *Journal of Agricultural Economics* 55 (2), 221-243.
- Fick, G., & Liu, B. (1975). Alfalfa weevil effects on root reserves, development rate, and canopy structure of alfalfa. *Agronomy Journal Abstract* 68 (4), 595-599.
- Flessner, M., Cahoon, C., Herbert, D., & Taylor, S. (2017). *Pest Management Guide Field Crops*. Virginia: Virginia Cooperative Extension.
- Frederick, J., & Bauer, P. (1999). Physiological and numerical components of wheat yield. In E. Satorre, & G. Slafer (Red.), *Wheat: Ecology and Physiology of Yield Determination* (pp. 45-65). New York: The Haworth Press.
- Fytoweb. (2018, Maart). *Toegelaten actieve stoffen voor het graanhaantje*. Opgehaald van Fytoweb: <https://fytoweb.be/nl>

- Gaborjanyi, R., & Szabolcs, J. (1987). Brome mosaic virus transmission by cereal leaf beetle (*Oulema melanopus*, Coleoptera, Chrysomelidae). *Cereal Research Communications* 15 (4), 259-264.
- Gallun, R., Everly, R., & Yamazaki, W. (1967). Yield and milling quality of monon wheat damaged by feeding of cereal leaf beetle. *Journal of Economic Entomology* 60 (2), 356-359.
- Gallun, R., Roberts, J., & Finney, R. P. (1972). Leaf pubescence of field grown wheat: A deterrent to oviposition by the cereal leaf beetle. *Journal of Environmental Quality* 2 (3), 333-334.
- Gavloski, J., & Meers, S. (2011). Chapter 9: Arthropods of Cereal Crops in Canadian grasslands. In F. K.D., *Arthropods of Canadian grasslands (Volume 2): Inhabitants of a changing landscape* (pp. 217-237). Alberta: Biological Survey of Canada.
- Gavrilovic, B., & Curcic, B. (2013). The diversity of the family Chrysomelidae (Insecta: Coleoptera) of the Obedska Bara Special Nature Reserve (Vojvodina Province, Serbia), with special Reference to the host plants. *Acta Zoologica Bulgarica* 65 (1), 37-44.
- Goldberg, K., & Brakke, M. (1987). Concentration of maize chlorotic mottle virus increased in mixed infections with maize dwarf mosaic virus, strain B. *Papers in plant pathology* 177, 162-167.
- Gordon, D., Bradfute, O., Gingery, R., Nault, L., Uyemoto, J., & Teyssandier. (1984). Maize Chlorotic Mottle Virus. *Association of Applied Biologists*, <http://www.dpvweb.net/dpv/showadpv.php?dpvno=284>.
- Grove, S., & Stork, N. (2000). An inordinate fondness for beetles. *Invertebrate Taxonomy* 14 (6), 733-739.
- Guppy, J. (1979). A comparison of development and fecundity in North American and European populations of the cereal leaf beetle, *Oulema melanopus* (Coleoptera: Chrysomelidae). *Proceedings of the Entomological Society of Ontario* 110, 75-78.
- Guppy, J., & Harcourt, D. (1978). Effects of temperature on development of the immature stages of the cereal leaf beetle, *Oulema melanopus* (Coleoptera: Chrysomelidae). *The Canadian Entomologist* 110 (3), 257-263.
- Gutierrez, A., Denton, W., Shade, R., Maltby, H., Burger, T., & Moorehead, G. (1974). The within-field dynamics of the cereal leaf beetle (*Oulema melanopus* (L.)) in wheat and oats. *Journal of Animal Ecology* 43 (3), 627-640.
- Hammil, A., Holt, J., & Mollory-Smith, C. (2004). Contributions of weed science to weed control and management. *Weed Technology* 18, 1563-1565.
- Harcourt, D., Guppy, J., & Ellis, C. (1984). Chapter 19 - *Oulema melanopus* (L.), cereal leaf beetle (Coleoptera: Chrysomelidae). In J. Kelleher, & M. Hulme, *Biological control programmes against insects and weeds in Canada 1969-1980* (pp. 65-67). Slough: Commonwealth Agricultural Bureaux.
- Haynes, D., & Gage, S. (1981). The cereal leaf beetle in North America. *Annual Review of Entomology* 26, 259-287.
- Held, P. (2015). *An introduction to Reactive Oxygen Species*. Wonooski: BioTek Instruments.
- Helgesen, R., & Haynes, D. (1972). Population dynamics of the cereal leaf beetle, *Oulema melanopus* (Coleoptera: Chrysomelidae): a model for age specific mortality. *The Canadian entomologist* 104, 797-814.

- Hennecke, V. (1987). Blattflächenverzehr durch Larven des Blauen Getreidehähnchens *Oulema lichenis* (Voet.) (Col., Chrysomelidae) auf Gerste und Weizen. *Journal of Applied Entomology* 103 (1), 477-483.
- Herbert, D. J., & Van Duyn, J. (2014). *Cereal Leaf Beetle: Biology and Management*. Virginia: College of Agriculture and Life Sciences.
- Hervert, V., Carcamo, H., Dosedall, L., Miller, T., & Kher, S. (2016). Assessment of potential non-target effects of *Tetrastichus julis*, a biological control agent of the cereal leaf beetle, *Oulema melanopus*. *BioControl*, 1-13.
- Hess, S. (1971). Cereal leaf beetle causes problem in shipment of christmas trees. *American Christmas Tree Journal* 15, 9-11.
- Heyer, W., & Wetzel, T. (1990). Occurrence of cereal leaf beetles (*Oulema melanopus* L. and *O. lichenis* Voet) and updating of the control threshold. *Nachrichtenblatt Pflanzenschutz* 44 (10), 226-230.
- Higley, L., & Pedigo, L. (1993). Economic injury level concepts and their use in sustaining environmental quality. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 46, 233-243.
- Higley, L., & Wintersteen, W. (1992). A novel approach to environmental risk assessment of pesticides as a basis for incorporating environmental costs into economic injury levels. *American Entomologist* 38 (1), 34-39.
- Hintz, T., Wilson, M., & Armbrust, E. (1976). Impact of Alfalfa Weevil larval feeding on the quality and yield of first cutting alfalfa. *Journal of Economic Entomology* 69 (6), 749-754.
- Hodgson, E., VanNostrand, G., & Rusk, R. (2012). Soybean aphid efficacy evaluation. *Iowa state research farm progress reports* 145, 1-5.
- Hoffman, G., & Rao, S. (2010). Cereal leaf beetle, *Oulema melanopus* (L.) (Coleoptera: Chrysomelidae) attraction to oat plantings of different ages. *Journal of the Entomological Society of British Columbia* 107, 57-67.
- Hoffman, G., & Rao, S. (2011). Oviposition site selection on oats: the effect of plant architecture, plant and leaf age, tissue toughness, and hardness on cereal leaf beetle, *Oulema melanopus*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 141, 232-244.
- Hubble, D. (2013). Progress report on the Chrysomelidae recording scheme. *The Coleopterist*, 1-7.
- Hudson, R., & Buntin, G. (1996). Small Grain Insects. In D. Riley, G. Douce, & R. McPherson, *Summary of losses from insect damage and costs of control in Georgia* (p. 38). Georgia: University of Georgia.
- Hybert, P., Ratnasingham, S., & deWaard, J. (2003). Barcoding animal life, cytochrome c oxidase subunit 1 divergences among closely related species. *The Royal society publishing* 270, S96-S99.
- Ihrig, R., Herbert, D., Van Duyn, J., & Bradley, J. (2001). Relationship between cereal leaf beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) egg and fourth-instar populations and impact of fourth instar defoliation of Winter Wheat Yields in North Carolina and Virginia. *Journal of Economic Entomology* 94 (3), 634-639.

- Ishizaki, T., & Isikawa, T. (2010). Pteromalid parasitoids (Hymenoptera) of *Oulema oryzae* (Kuwayama) (Coleoptera: Chrysomelidae) from Japan, with notes on *Pteromalus bifoveolatus*. *Entomological Science* 13, 144-149.
- Jelokova, M., & Gallo, J. (2008). Parasitoids of Cereal Leaf Beetle *Oulema Gallaeciana* (Heyden, 1879). *Plant Protection Science* 44 (3), 108-113.
- Johnson, K., O'Neal, M., Ragsdale, D., Difonzo, C., & Swinton, S. (2009). Probability of cost-effective management of soybean aphid (Hemiptera: Aphididae) in North America. *Journal of Economical Entomology* 102 (6), 2101-2108.
- Jolivet, P. (1988). Food habits and food selection of Chrysomelidae. bionomic and evolutionary perspectives. In P. Jolivet, E. Petitpierre, & T. Hsiao, *Biology of Chrysomelidae* (pp. 1-2). Parijs: Kluwer Academic Publishers.
- Joukhadar, R., El-Bouhssini, M., Jighly, A., & Ogbonnaya, F. (2013). Genome-wide association mapping for five major pest resistances in wheat. *Molecular breeding* 32, 943-960.
- Karren, J. (1993). Cereal Leaf Beetle. *All Archived Publications Paper* 756, 1-4.
- KB . (19 maart 2013). *Koninklijk besluit ter verwezenlijking van een duurzaam gebruik van gewasbeschermingsmiddelen en toevoegingsstoffen*. Federale overheidsdienst volksgezondheid, veiligheid van de voedselketen en leefmilieu.
- KBINW. (2017). *Belgische Soortenlijst*. Opgehaald van Belgische Soortenlijst: <http://www.species.be/nl/index.php>
- Khalaim, A. (2005). A review of the subgenera *Diaparsis* s. str. and *Pectinoparsis* subgen. n. of the genus *Diaparsis* Förster (Hymenoptera, Ichneumonidae, Tersilochinae). *Entomological Review* 85 (5), 538-554.
- Kher, S. (2014). *Sustainable management of the cereal leaf beetle, Oulema melanopus (Coleoptera: Chrysomelidae), a new invasive insect pest of cereal crops in Western Canada*. Edmonton: Faculty of Graduate Studies and Research.
- Kher, S., Dossall, L., & Carcamo, H. (2011). The cereal leaf beetle: biology, distribution and prospects for control. *Insects and Diseases* 4, 32-41.
- Kjaer, C., Elmegaard, N., Axelson, J., Andersen, P., & Seidelin, N. (1998). The impact of phenology, exposure and instar susceptibility on insecticide effects on a Chrysomelid Beetle Population. *Pesticide Science* 52, 361-371.
- Klimaszewski, J., & Watt, J. (1997). Coleoptera family-group review and key to identification. *Fauna of New Zealand* 37, 199.
- KMI. (2017). *De maandnormalen te Ukkel*. Opgehaald van KMI: <https://www.meteo.be/meteo/view/nl/360955-Maandelijkse+normalen.html>
- Koehler, P., & Pimentel, D. (1973). Economic injury levels of the alfalfa weevil (Coleoptera: Curculionidae). *The Canadian Entomologist* 105 (1), 61-74.
- Koppert. (2018, Februari). *Entonem*. Opgehaald van Koppert Biological systems: <https://www.koppert.nl/plagen/varenrouwmug/producten-tegen/entonem/>

- Koyama, J. (1978). Control threshold for the rice leaf beetle, *Oulema oryzae* Kuwayama (Coleoptera: Chrysomelidae). *Applied Entomology and Zoology* 13 (3), 203-208.
- Laznik, Z., Strukelj, M., & Trdan, S. (2010a). Activity of entomopathogenic nematodes (Rhabditida) against cereal leaf beetle (*Oulema melanopus* [L.], Coleoptera, Chrysomelidae) adults under laboratory conditions. *Acta Agriculturae Slovenica* 95 (2), 141-148.
- Laznik, Z., Toth, T., Lakatos, T., Vidrih, M., & Trdan, S. (2010b). *Oulema melanopus* (L.) (Coleoptera: Chrysomelidae) adults are susceptible to entomopathogenic nematodes (Rhabditida) attack: results from a laboratory study. *Journal of Plant Diseases and Protection* 117 (1), 30-32.
- Laznik, Z., Vidrih, M., Vucajnk, F., & Trdan, S. (2012). Is foliar application of entomopathogenic nematodes (Rhabditida) an effective alternative to thiametoxam in controlling cereal leaf beetle (*Oulema melanopus* L.) on winter wheat? *Journal of Food, Agriculture and Environment* 10 (2), 716-719.
- LeSage, L., Dobesberger, E., & Majka, C. (2007). Introduced Leaf beetles of the Maritime Provinces, 2: The Cereal Leaf Beetle *Oulema Melanopus* (Linnaeus) (Coleoptera: Chrysomelidae). *Proceedings of the Entomological Society of Washington* 109 (2), 286-294.
- Liu, H., & Beckenbach, A. (1992). Evolution of the Mitochondrial Cytochrome Oxidase II Gene among 10 Orders of Insects. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 1 (1), 41-52.
- Lunt, D., Zhang, D., Szymura, J., & Hewitt, G. (1996). The insect cytochrome oxidase I Gene: Evolutionary patterns and conserved primers for phylogenetic studies. *Insect Molecular Biology* 5 (3), 153-165.
- Luske, B., Janmaat, L., Bos, M., Daniels, L., Holstein, J., & De Weerd, A. (2015). *Wat elke graanteler moet weten over geïntegreerde beheersing van het graanhaantje*. Driebergen: Louis Bolk Instituut.
- Lyon, W. (1969). *Behavioral response of the adult cereal leaf beetle Oulema melanopus (Linnaeus), (Coleoptera, Chrysomelidae) to various chemical lures*. Ohio: The Ohio State University.
- Lytle, M. (2007). *The Gettle subversive: Rachel Carson, Silent Spring, and the Rise of the Environmental Movement*. United States: Oxford University Press.
- Macedo, T., Peterson, R., & Weaver, D. (2006). Photosynthetic Responses of Wheat, *Triticum aestivum* L., plants to insect defoliation during vegetative growth and at grain fill. *Environmental Entomology* 35 (6), 1702-1709.
- Macedo, T., Peterson, R., Dausz, C., & Weaver, D. (2007). Photosynthetic responses of wheat, *Triticum aestivum* L., to defoliation patterns on individual leaves. *Environmental entomology* 36 (3), 602-608.
- Maertens, E., Bernaerts, E., Oeyen, a., & Tcuenier, b. (2013). *Economische resultaten van de Vlaamse land- en tuinbouw 2011-2012*. Brussel: Departement Landbouw en Visserij.
- Maican, S. (2005). Checklist of Chrysomelidae (Coleoptera) of Romania. *Travaux du muséum National d'Histoire Naturelle XLVIII*, 119-136.
- Maican, S. (2007). Some mediterranean chrysomelid species (Coleoptera: Chrysomelidae) newly entered in the collections of "Grigore Antipa" National Museum of Natural History. *Travaux du muséum National d'Histoire Naturelle L.*, 421-429.



- Makinen, K., Naess, V., Tamm, T., Truve, E., Aaspollu, A., & Saarma, M. (1995). The putative replicase of the cocksfoot mottle sobemovirus is translated as a part of the polyprotein by 1 Ribosomal frameshift. *Virology* 207, 566-571.
- Maltby, H., Stehr, F., Anderson, R., Moorehead, G., & Barton, L. (1971). Establishment in the United States of *Anaphes flavipes*, an egg parasite of the cereal leaf beetle. *Journal of Economic Entomology* 64 (3), 693-697.
- McLaughlin, A., & Mineau, P. (1995). The impact of agricultural practices on biodiversity. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 55, 201-212.
- McPherson, R. (1983). Seasonal abundance of cereal leaf beetles (Coleoptera: Chrysomelidae) in Virginia small grains and corn. *Journal of Economic Entomology* 76 (6), 1269-1272.
- Meindl, P., Kromp, B., Bartl, B., & Ioannidou, E. (2001). Arthropod natural enemies of the cereal beetle (*Oulema melanopus* L.) in organic winter wheat fields in Vienna, Eastern Austria. *Integrated Control in Cereal Crops IOBS wprs Bulletin* 24 (6), 79-86.
- Meissle, M., Knecht, S., Waldburger, M., & Romeis, J. (2012). Sensitivity of the cereal leaf beetle *Oulema melanopus* (Coleoptera: Chrysomelidae) to Bt maize expressed Cry3Bb1 and Cry1Ab. *Arthropod-Plants Interaction* 6, 203-211.
- Merritt, D., & Apple, J. (1969). Yield Reduction of Oats Caused by the Cereal Leaf Beetle. *Journal of Economic Entomology* 62 (2), 298-301.
- Morlacchi, P., Limonta, L., & Baumgartner, J. (2007). From a descriptive toward an explicative growth-based model on immature *Oulema duftschimdi* (Coleoptera: Chrysomelidae) Development at different temperatures. *Environmental Entomology* 36 (2), 245-255.
- Myser, W. (1969). *A study of radiation on the biology and population dynamics of the cereal leaf beetle, Oulema melanopa (L)*. Columbus, Ohio: The Ohio state university research foundation.
- Nakao, T., Naoi, A., Hama, M., Kawahara, N., & Hirase, K. (2012). Concentration-dependent effects of GABA on insensitivity to fipronil in the A2's mutant RDL GABA receptor from fipronil resistant *Oulema oryzae* (Coleoptera: Chrysomelidae). *Journal of economic entomology* 105 (5), 1781-1788.
- NAPAN. (2014). *Belgian action plan to reduce the risks and impacts linked to pesticides*. Brussel.
- Naranjo, S. (2011). Impacts of Bt transgenic cotton on Integrated Pest Management. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 59, 5842-5851.
- Nault, L., Styer, W., Coffey, M., Gordon, D., Negi, L., & Niblett, C. (1978). Transmission of Maize Chlorotic Mottle Virus by Chrysomelid Beetles. *Phytopathology* 68, 1071-1074.
- NCBI. (2013). *GenBank Overview*. Opgehaald van Genbank: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank/>
- NCBI. (2017). *Oulema*. Opgehaald van National Center for Biotechnology Information: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/Taxonomy/Browser/wwwtax.cgi?name=Oulema>
- Nielsen, C., & Hajek, A. (2005). Control of invasive soybean aphid, Aphid glycines (Hemiptera: Aphididae), populations by existing natural enemies in New York State, with emphasis on entomopathogenic fungi. *Environmental Entomology* 34 (5), 1036-1047.

- Noordijk, J., Ulenberg, S., Zwakhals, C., Heijerman, T., & Luski, B. (2016). Parasitaire wespen van graanhaantjes (Coleoptera: Chrysomelidae: Oulema). *Entomologische Berichten* 76 (1), 2-10.
- Noordijk, R., Winkelman, J., van Nunen, F., & Vorst, O. (2009). Aantekeningen over Chrysomelidae (Coleoptera) in Nederland. *Entomologische berichten* 69 (1), 9-12.
- Norris, R. (1999). Ecological implications of using thresholds for weed management. *Journal of crop production* 2 (1), 31-58.
- Oerke, E. (2006). Crop losses to pests. *Journal of Agricultural Science* 144, 31-43.
- Olfert, O., & Weiss, R. (2005). Impact of climate change on potential distributions and relative abundances of oulema melanopus, meligethes viridescens and ceutorhynchus obstrictus in Canada. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 113, 295-301.
- Olfert, O., Weiss, R., Woods, S., Philip, H., & Dossall, L. (2004). Potential distribution and relative abundance of an invasive cereal crop pest, oulema melanopus, (Coleoptera: Chrysomelidae) in Canada. *Canadian Entomologist* 136, 277-287.
- Orsolya, C., Lajos, K., & Szalai, M. (2017). *Influence of leaf trichome density of different winter wheat cultivars on cereal leaf beetle larval leaf feeding*. Gödöllő: Szent István University, Faculty of Agriculture and Environmental Sciences, Plant Protection Institute.
- Özdikmen, H. (2012). Naked List of Turkish Cerambycoidea and Chrysomeloidea (Coleoptera). *Munis Entomology & Zoology* 7 (1), 51-108.
- Panella, J., Webster, J., & Zabik, M. (1974). Cereal leaf beetle host selection and plant resistance: Olfactometer end feeding attractant tests (Coleoptera: Chrysomelidae). *Journal of Kansas Entomological Society* 47 (3), 348-357.
- Papp, M., & Mesterhazy, A. (1996). Resistance of winter wheat to cereal leaf beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) and bird cherry-oat aphid (Homoptera: Aphididae). *Journal of Economic Entomology* 89 (6), 1649-1657.
- Papp, M., Kolarov, J., & Mesterhazy, A. (1992). Relation between pubescence of seedling and flag leaves of winter wheat and its significance in breeding resistance to cereal leaf beetle (Coleoptera: Chrysomelidae). *Environmental Entomology* 21 (4), 700-705.
- Pedigo, L., Hutchins, S., & Higley, L. (1986). Economic injury levels in theory and practice. *Annual Review of Entomology* 31, 314-368.
- Peschken, D. (1984). Host range of Lema Cyanella (Coleoptera: Chrysomelidae), a candidate for biocontrol of Canada Thistle, and of four stenophagous, foreign, thistle insects in North America. *The Canadian Entomologist* 116 (10), 1377-1384.
- Peschken, D., & Johnson, G. (1979). Host specificity and suitability of Lema cyanella (Coleoptera: Chrysomelidae), a candidate for the biological control of Canada thistle (Cirsium arvense). *The Canadian Entomologist* 111 (9), 1059-1068.
- PESI. (2017). *Oulema Gozis*. Opgehaald van Pan European species directories infrastructure: <http://www.eu-nomen.eu/portal/taxon.php?GUID=urn:lsid:faunaeur.org:taxname:243522>
- Peter, A., Shanower, T., & Romeis, J. (1995). The role of plant trichomes in insect resistance: a selective review. *Phytophaga* 7, 41-63.

- Peterson, R., & Hunt, T. (2003). The probabilistic economic injury level: incorporating uncertainty into pest management decision-making. *Journal of economical entomology* 96 (3), 536-542.
- Peterson, R., Danielson, S., & Higley, L. (1993). Yield responses of alfalfa to simulate alfalfa weevil injury and development of economic injury levels. *Agronomy Journal* 85, 595-601.
- Peterson, R., Shannon, C., & Lenssen, A. (2004). Photosynthetic responses of legume species to leaf-mass consumption injury. *Environmental Entomology* 33 (2), 450-456.
- Philip, H. (2007). *Insect pest report to the western committee on crop pests*. British Columbia ministry of agriculture and lands.
- Philips, C., Herbert, D., Kuhar, T., Reising, D., & Roberts, E. (2012). Using degree days to predict cereal leaf beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) egg and larval population peaks. *Environmental Entomology* 41 (4), 761-767.
- Philips, C., Herbert, D., Kuhar, T., Reising, D., Thomason, W., & Malone, S. (2011). Fifty years of cereal leaf beetle in the US: an update on its biology, management and current research. *Journal of integrated pest management* 2 (2), 1-5.
- Phytofar. (2018, april 1). *Les membres*. Opgehaald van PhytoDis: <https://www.phytodis.be/web/les%20membres/1011306039/list1187970075/f1.html>
- Piesik, A., & Piesik, D. (1998). The spring cereals food preferences of *Oulema* spp. in pure and mixed crops. *Electronic Journal of Polish Agriculture Universities* 1(1), 1-7.
- Piesik, D. P., Delaney, K., Skocek, A., Lamparski, R., & Weaver, D. (2011b). Cereal crop volatile organic compound induction after mechanical injury, beetle herbivory (*Oulema* spp.) or fungal infection (*Fusarium* spp.). *Journal of Plant Physiology* 168, 878-886.
- Piesik, D., Lemnycyk, G., Skocek, A., Lamparski, R., Bocianowski, J., Kotwica, K., & K.J., D. (2011a). *Fusarium* infection in maize: volatile induction of infected and neighboring uninfected plants has the potential to attract a pest cereal leaf beetle: *Oulema melanopus*. *Journal of plant Physiology* 168, 1534-1542.
- Piesik, D., Piesik, A., Lamparski, R., Tabaka, P., Ligor, R., & Busewski, B. (2010). Effects of mechanical injury and insect feeding on volatiles emitted by wheat plants. *Entomological Fennica* 21, 117-128.
- Popov, c., Malschi, D., Vilau, F., & Stoica, V. (2005). Insect pest management of *Lema malanopa* in Romania. *Romanian Agricultural Research* 22, 47-53.
- Prokopy, R. (2003). Two decades of bottom-up, ecologically based pest management in a small commercial apple orchard in Massachusetts. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 94, 299-309.
- Ragsdale, D., McCornack, B., Venette, R., Potter, B., Macrae, I., Hodgson, E., . . . Glogoza, P. C. (2007). Economic threshold for soybean aphid (Hemiptera: Aphididae). *Journal of economical entomology* 100 (4), 1258-1267.
- Rao, S., Cassé, A., Zilkowski, B., & Bartelt, R. (2003). Aggregation pheromone of the cereal leaf beetle: field evaluation and emission from males in the laboratory. *Journal of Chemical Ecology* 29 (9), 2165-2175.

- Reay-Jones, F. (2010). Spatial distribution of the cereal leaf beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) in wheat. *Environmental Entomology* 39 (6), 1943-1952.
- Reisig, D., Bacheler, J., Herbert, D., Kuhar, T., Malone, S., Philips, C., & Weisz, R. (2012). Efficacy and value of prophylactic vs. integrated pest management approaches for management of cereal leaf beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) in wheat and ramifications for adoption by growers. *Journal of Economic Entomology* 105 (5), 1612-1619.
- Richtlijn (EG) Nr. 128. (2009). *Tot vaststelling van een kader voor communautaire actie ter verwezenlijking van een duurzaam gebruik van pesticiden*. 21 oktober 2009: Het Europees Parlement en de Raad.
- Riley, D. (2004). *Economic Injury level (EIL) and economic threshold (ET) concepts in pest management*. Tifton: University of Georgia.
- Robberts, D., & Walenta, D. (2012). *Integrated Pest Management (IPM) for the Cereal Leaf Beetle in Washington State*. Washington State University. Opgehaald van <https://research.wsulibs.wsu.edu/xmlui/bitstream/handle/2376/4417/EM054E.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Roberts, D., Pike, K., Miller, T., & Miller, S. (2014). *Cereal Leaf Beetle Management - Chemical or Biological*. Opgehaald van Washington State University Extension: <https://www.slideserve.com/hateya/cereal-leaf-beetle-management-chemical-or-biological>
- Rodriguez, D., Keltjens, W., & Goudriaan, J. (1998). Plant leaf area expansion and assimilate production in wheat (*Triticum aestivum* L.) growing under low phosphorus conditions. *Plant and Soil* 200, 227-240.
- Rostas, M., Ton, J., Mauch-Mani, B., & Turlings, T. (2006). Fungal infection reduces herbivore-induced plant volatiles of maize but does not affect naive parasitoids. *Journal of Chemical Ecology*, 1897-1909.
- Rozner, I., & Rozner, G. (2008). Data to the leaf beetle fauna of Macedonia (Coleoptera, Chrysomelidae). *Natura Somogyiensis* 12, 111-131.
- Rozner, I., & Rozner, G. (2013). Collection data to North Africa's (Morocco, Algeria, Tunisia) leaf beetle fauna (Coleoptera; Chrysomelidae). *Natura Somogyiensis* 23, 159-172.
- Ruppel, R. (1974). A test of insecticides against the cereal leaf beetle (Coleoptera: Chrysomelidae). *Journal of the Kansas Entomological Society* 47 (3), 412-415.
- Sanahuja, G., Banakar, R., Twyman, R., Capell, T., & Christou, P. (2011). *Bacillus thuringiensis*: a century of research, development and commercial applications. *Plant Biotechnology Journal* 9, 283-300.
- Sawyer, A., & Haynes, D. (1986). Cereal leaf beetle spatial dynamics simulations with a random diffusion model. *Ecological Modelling* 33, 89-99.
- Schillinger, J. (1969). Three laboratory techniques for screening small grains for resistance to the cereal leaf beetle. *Journal of Economic Entomology* 62 (2), 360-363.
- Schillinger, J., & Gallon, R. (1968). Leaf pubescence of wheat as a deterrent to the cereal leaf beetle, *Oulema melanopus*. *Annals of the Entomological Society of America* 61 (4), 900-903.
- Schmitt. (2010). Catalogue of Palearctic Coleoptera. In I. Löbl, & A. Smetana. Stenstrup: Apollo Books.

- Schmitt, M., & Rönn, T. (2011). Types of geographical distribution of leaf beetles (chrysomelidae) in Central Europe. *ZooKeys* 157, 131-158.
- Schmitt, M., & Uhl, G. (2017). *Oulema septentrionis* and *O. erichsonii* are neither conspecific nor melanistic variants of *O. melanopus* as assessed by micro CT analysis of their lectotypes (Insecta, Coleoptera, Chrysomelidae, Criocerinae). *ZooKeys* 720, 121-130.
- Schoon, B., & Grotenhuis, R. (2000). Values of farmers, sustainability and agricultural policy. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics* 12, 17-27.
- Selman, B. (1988). *Biology of Chrysomelidae: H12 Viruses and chrysomelidae*. Department of Agricultural Biology, Newcastle upon Tyne: Kluwer Academic Publishers.
- Severini, M., Baumgärtner, J., & Limonta, L. (2003). Parameter estimation for distributed delay based population models from laboratory data: egg hatching of *Oulema duftschmidti* Redthenbacher as an example. *Ecological modelling* 167, 233-246.
- Sexton, S., Lei, Z., & Zilberban, D. (2007). The economics of pesticides and pest control. *International Review of Environmental and Resource Economics* 1, 271-326.
- Shade, R., & Wilson, M. (1967). Leaf-Vein spacing as a factor affecting larval feeding behaviour of the cereal leaf beetle, *Oulema melanopus* (Coleoptera: Chrysomelidae). *Annals of the entomological society of America* 60 (3), 493-496.
- Shade, R., Hansen, H., & Wilson, M. (1970). A partial life table of the cereal leaf beetle, *Oulema melanopus*, in Northern Indiana. *Annals of the Entomological Society of America* 63, 52-59.
- Sokolov, I. (1999). Effect of damage by the cereal leaf beetle *Oulema melanopus* (L.) (Coleoptera, chrysomelidae) larvae on the winter wheat ear yield. *Entomology Review* 78 (2), 307-315.
- Stamenkovic, S. (2004). Pojava i štetnost žitne pijavice, *Oulema melanopus* L. *Biljni lekar*, 124-131.
- Stanley, G., & Jensen, U. (1985). Laboratory Transmission of Maize Chlorotic Mottle Virus. *Plant Disease* 69, 864-868.
- Stehr, F., Gage, P., Burger, T., & Montgomery, V. (1974). Establishment in the United States of *Lemophagus curtus*, a larval parasitoid of the cereal leaf beetle. *Environmental Entomology*, 453-454.
- Stern, V., Smith, R., van den Bosch, R., & Hagen, K. (1959). The integrated control concept. *A journal of agricultural science* 29 (2), 81-101.
- Stiltman, D. (1995). Population dynamics of cereal leaf beetles *Oulema melanopus* and *O. lichenis* Voet (Coleoptera: Chrysomelidae) on wheat fields in southern Belgium. *Belgian Journal of Zoology* 125 (1), 199-205.
- Synagra. (2018, mei 31). *Landbouwprijzen (INDIC.)*. Opgehaald van Synagra - Beroepsvereniging van de handelaars in graangewassen en andere landbouwproducten: <http://www.synagra.be/AgriculturalPrices.aspx>
- Taketa, S., Chang, C., Ishii, M., & Takeda, K. (2002). Chromosome arm location of the gene controlling leaf pubescence of a Chinese local wheat cultivar 'hong-mang-mai'. *Euphytica*, 141-147.

- Tanaskovic, S., Madic, M., Durovic, D., Knesevic, D., & Vukajlovic, F. (2012). Susceptibility of cereal leaf beetle in winter wheat to various foliar insecticides in western serbia region. *Romanian Agricultural Research* 29, 362-366.
- Troukens, W. (2012). Bladhaantjes aan de westrand van Brussel (Coleoptera: Chrysomelidae), Deel 1: Criocerinae, Cryptocephalinae en Chrysomelinae. *Vlaamse Vereniging voor Entomologie* 40 (1), 7-14.
- Trumble, J. (1998). IPM: overcoming conflicts in adoption. *Integrated Pest Management Reviews* 3, 195-207.
- Tschumi, M., Albrecht, M., Entling, M., & Jacot, K. (2015). High effectiveness of tailored flowered strips in reducing pests and crop plant damage. *Proceedings of the royal society of biological sciences* 282, 1-8.
- Ueno, O., Kawano, Y., Wakayama, M., & Takeda, T. (2006). Leaf Vascular systems in C3 and C4 grasses: a two-dimensional analysis. *Annals of botany* 97, 611-621.
- Ulrich, W., Czarnecki, A., & Kruszynski, T. (2004). Occurrence of pest species of the genus *Oulema* (Coleoptera: Chrysomelidae) in cereal fields in northern Poland. *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities* 7 (1), 1-8.
- USDA-APHIS. (1995). *Factsheet - Cereal leaf beetle - Plant Protection & Quarantine*. United States Department of Agriculture: Animal and Plant Health Inspection Service.
- Van Den Berg, H., & Jiggins, J. (2007). Investing in Farmers - The impacts of farmer field schools in relation to integrated pest management. *Elsevier Ltd.*, 1-24.
- Van Duyn, K., Bambara, S., & Ihrig, R. (1997). Managing the cereal leaf beetle in small grains and corn. *Small grains Insect Pest Management Department of Entomology*, [https://www.ces.ncsu.edu/depts/ent/notes/Grain/smg\\_3.html](https://www.ces.ncsu.edu/depts/ent/notes/Grain/smg_3.html).
- Verordening (EG) Nr. 889. (2008). *tot vaststelling van bepalingen ter uitvoering van Verordening (EG) Nr. 834/2007 van de Raad inzake de biologische productie en de etikettering van biologische producten, wat de biologische productie, de etikettering en de controle betreft*. 5 september 2008: De Commissie van de Europese Gemeenschappen.
- Verordening (EG) Nr. 834. (2007). *Inzake de biologische productie en de etikettering van biologische producten en tot intrekking van Verordening (EEG) nr. 2092/91*. 28 juni 2007: De Raad van de Europese Unie.
- Vilas-Bôas, G., Peruca, A., & Arantes, O. (2007). Biology and taxonomy of *Bacillus cereus*, *Bacillus anthracis* and *Bacillus thuringiensis*. *Canadian Journal of Microbiology*, 673-687.
- Vrints, G., Deuninck, J., Tacquenier, B., D'Hooghe, J., & Van der Straeten, B. (2015). *Bedrijfseconomische resultaten Vlaamse land en tuinbouw - Dieren en gewassen 2009-2013 - op basis van het Landbouwmonitoringsnetwerk*. Brussel: Departement Landbouw en Visserij.
- Walczak, F. (2005a). Studies on leaf Beetles (*Oulema* spp.) development for short-term forecasting - evaluation of effect of temperature and humidity on duration of egg incubation. *Journal of plant protection research* 45 (3), 135-143.
- Walczak, F. (2005b). Determination of developmental periods of leaf beetle for short-term forecasting. *Journal of plant protection research* 45, 145-153.

- Watanabe, M., & Tanaka, K. (2000). Hormonal control of diapause and overwintering traits in a leaf beetle, *Aulacophora nigripennis*. *Physiological Entomology* 25, 337-345 .
- Way, M., & Van Emden, H. (2000). Integrated pest management in practice - Pathways towards successful application. *Crop Protection* 19, 81-103.
- Webster, J., & Smith, D. (1983). Cereal leaf beetle (*Oulema melanopus* (L.)) population densities and winter wheat yields. *Crop protection* 2 (4), 431-436.
- Webster, J., Smith, D., & Hoxie, R. (1980). Reduced yield of spring oat cultivars by cereal leaf beetles [*Oulema melanopus*; Michigan]. *Agricultural research results*.
- Webster, J., Smith, D., & Hoxie, R. (1981). Effect of cereal leaf beetle on the yields of resistant and susceptible winter wheat. *Crop Science* 22 (4), 836-840.
- Wellso, S. (1978). Feeding Differences by pre- and post-aestival cereal leaf beetles on first and third blades of seedling corn. *Environmental Entomology* 7 (2), 265-269.
- Wellso, S. (1986). Cereal leaf beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) and winter wheat: host plant resistance relationships. *The great lakes entomologist* 19 (3), 191-198.
- Wellso, S., & Hoxie, R. (1981). Diapause and nondiapause behavior of the cereal leaf beetle. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 30, 19-25.
- Wellso, S., & Hoxie, R. (1988). Biology of *Oulema*. In P. Jolivet, E. Petitpierre, & T. Hsiao, *Biology of Chrysomelidae* (pp. 497-511). London: Kluwer Academic Publishers.
- Wellso, S., Connin, R., Hoxie, R., & Cob, D. (1970). Storage and behaviour of plant and diet fed adult cereal leaf beetle, *Oulema melanopus* (Coleoptera: Chrysomelidae). *The Great Lakes Entomologist* 3 (4), 103-107.
- Wellso, S., Ruesink, W., & Gage, S. (1975). Cereal Leaf Beetle (Coleoptera: Chrysomelidae): Relationships between feeding, oviposition, mating and age. *Annals of the Entomological Society of America* 68 (4), 663-668.
- Wellso, S. (1972). Reproductive systems of the cereal leaf beetle comparison of morphology during seasonal development. *Annals of the Entomological Society of America* 65, 945-949.
- Wetzel, T., Reinsch, B., & Freier, B. (1983). The effect of combined infestation by cereal aphids (*Macrosiphum avenae* (Fabr.) (*Sitibion avenae*) and *Rhopalosiphum padi* (L.)) and cereal leaf beetles (*Oulema melanopus* (L.)) on their population development and on yield winter wheat. *Crop Protection* 2 (2), 159-172.
- Whitehorn, P., O'Connor, S., Wackers, F., & Goulson, D. (2012). Neonicotinoid pesticide reduces bumble bee colony growth and queen production. *Science Express*, 1-4.
- Wilson, M., & Shade, R. (1966). Survival and development of larvae of the cereal leaf beetle, *Oulema melanopus*, on various species of graminaceae. *Annals of the entomological Society of America* 59, 170-173.
- Wilson, M., Treece, R., Shade, R., Day, M., & Stivers, R. (1969). Impact of Cereal Leaf Beetle Larvae on Yields of Oats. *Journal of Economic Entomology* 62 (3), 699-702.

- Wittouck, D., Willaert, L., Claeys, J., Boone, K., Lambrechts, Y., Flusu, F., . . . Martens, D. (2016). *Rassenonderzoek wintertarwe 2016*. Graanbericht Nr. 2016.G.28: Landbouwcentrum Granen Vlaanderen (LCG) vzw.
- Xia, Z., Zhao, Z., Chen, L., Li, M., Zhou, T., Deng, C., . . . Fan, Z. (2016). Synergetic infection of two viruses MCMV and SCMV increases the accumulation of both MCMV and MCMV-derived siRNAs in maize. *Scientific Reports* 6, 1-12.
- Xibei, W., Yihao, F., Shizhong, L., Lirong, Z., & Huadi, W. (1994). A study on the damage and economic threshold of the soybean aphid at the seedling stage. *Plant production* 20, 12-13.
- Yokoyama, V., & Miller, G. (2002). Bale compression and hydrogen phosphide fumigation to control cereal leaf beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) in exported rye straw. *Journal of Economic Entomology* 95 (2), 513-519.
- Zarubova, L., Kourimska, L., Novy, P., Zouhar, M., Douda, O., & Skuhrovec, J. (2014). Botanical pesticides and their human health safety on the example of the Citrus essential oil and *Oulema melanopus* under laboratory conditions. *Mendel Net*, 330-336.



## 8 Bijlagen

8.1	Bijlage 1: Gedetailleerde info Cox 1 gen Oulema soorten.....	1
8.2	Bijlage 2: Gedetailleerde lijst verspreiding Oulema species.....	V
8.3	Bijlage 3: Voorbeeld IPM-schema voor graanhaantjes.....	VII
8.4	Bijlage 4: Erkende Belgische actieve stoffen met bijbehorende handelsproducten..	VIII
8.5	Bijlage 5: Logboek .....	IX
8.6	Bijlage 6: Actuele schadedrempelmatrix voor graanhaantjes in tarwe .....	XI

## 8.1 Bijlage 1: Gedetailleerde info Cox 1 gen Oulema soorten

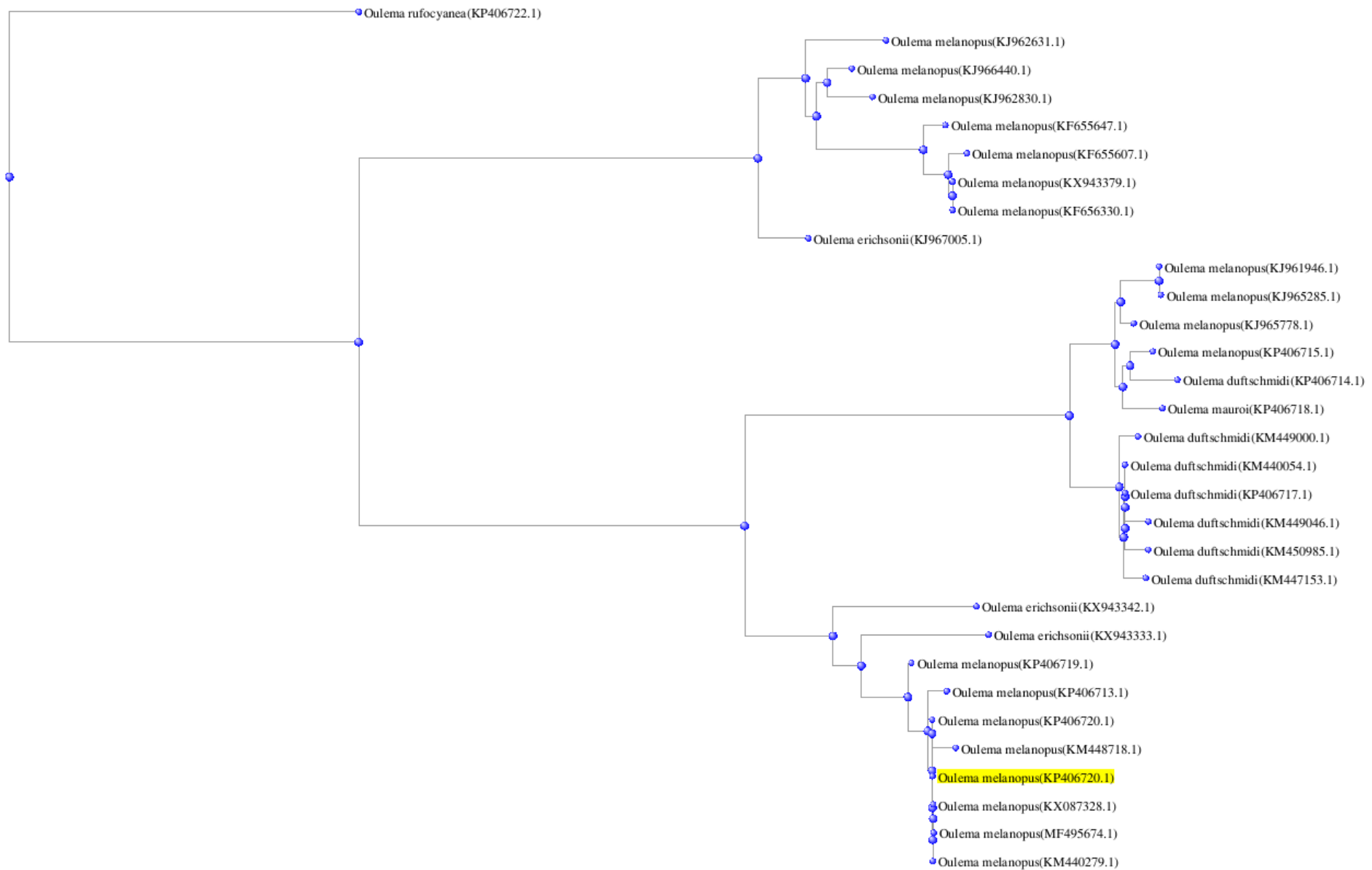
Het cox 1 gen bestaat bij Oulema soorten uit 655 basisparen. In de eerste figuur (Figuur 91) ziet men deze 655 basen vanuit de 5'-positie van het Cox 1 gen. De data is afkomstig van de beschikbare datasets uit de GenBank voor Oulema soorten. Dezelfde datasets werden gebruikt bij de studie van Besdek en Baselga (2015). Deze auteurs beschikken echter over meer data, zoals bijvoorbeeld die van *O. verae sp. nov.* en *O. gallaeciana*. Deze dataset beperkt zich tot volgende soorten: *O. melanopus*, *O. erichsonii*, *O. duftschmidi*, *O. mauroi sp. nov.* en *O. rufocyanea*. De grijze streepjes (of blokken) geven gelijke basen aan. Rode streepjes duiden verschillen of afwijkingen aan. Dit is te zien in Figuur 92 waarin basen 310-344 voor de gegeven data wordt weergegeven. De letters G (guanine), C (cytosine), A (adenine) en T (thymine) staan voor de bijbehorende base. Vervolgens kan men dan kijken in welke mate de 655 basen bij de verschillende soorten gelijk zijn en dit procentueel gaan uitdrukken. Dit alles kan men vervolgens in een stamboom gaan weergeven. Uit de stamboom in de derde afbeelding (Figuur 93) kan men zien dat *O. melanopus* vrijwel overal in de stamboom terug te vinden is. *O. duftschmidi* gaat zich wel op een aparte tak gaan plaatsen, maar ook hier komt *O. melanopus* voor en zelfs *O. mauroi*. Opmerkelijk is *O. rufocyanea* die zich reeds aan het begin van de stamboom afzondert. Het percentage sequentiegelijkenis ten opzichte van *O. melanopus* (KP406720.1) bedraagt hier slechts 92 %. Dit uit zich dan ook in meer rode streepjes (afwijkende baseparen) in de eerste figuur. Men dient zich wel af te vragen of men bij het determineren van de kevers zich niet vergist heeft (Besdek & Baselga, 2015; NCBI, 2013).

Descriptions	Seq Start	Alignment													Seq End	Organism
		1	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600		
<a href="#">CP406720.1</a>	1	[Alignment bars]													655	<i>Oulema melanopus</i>
<a href="#">OX087328.1</a>	1,714	[Alignment bars]													2,368	<i>Oulema melanopus</i>
<a href="#">CM440279.1</a>	4	[Alignment bars]													658	<i>Oulema melanopus</i>
<a href="#">CP406719.1</a>	1	[Alignment bars]													655	<i>Oulema melanopus</i>
<a href="#">CP406713.1</a>	1	[Alignment bars]													655	<i>Oulema melanopus</i>
<a href="#">CM448718.1</a>	4	[Alignment bars]													658	<i>Oulema melanopus</i>
<a href="#">OX943342.1</a>	1,642	[Alignment bars]													2,296	<i>Oulema erichsonii</i>
<a href="#">CP406714.1</a>	1	[Alignment bars]													655	<i>Oulema duftschmidi</i>
<a href="#">CM449000.1</a>	4	[Alignment bars]													658	<i>Oulema duftschmidi</i>
<a href="#">CP406717.1</a>	1	[Alignment bars]													655	<i>Oulema duftschmidi</i>
<a href="#">CP406715.1</a>	1	[Alignment bars]													655	<i>Oulema melanopus</i>
<a href="#">CM440054.1</a>	4	[Alignment bars]													658	<i>Oulema duftschmidi</i>
<a href="#">CM450985.1</a>	4	[Alignment bars]													658	<i>Oulema duftschmidi</i>
<a href="#">CP406718.1</a>	1	[Alignment bars]													655	<i>Oulema mauroi</i>
<a href="#">CM449046.1</a>	4	[Alignment bars]													658	<i>Oulema duftschmidi</i>
<a href="#">CM447153.1</a>	4	[Alignment bars]													658	<i>Oulema duftschmidi</i>
<a href="#">J961946.1</a>	4	[Alignment bars]													658	<i>Oulema melanopus</i>
<a href="#">OX943333.1</a>	1	[Alignment bars]													604	<i>Oulema erichsonii</i>
<a href="#">J965285.1</a>	1	[Alignment bars]													632	<i>Oulema melanopus</i>
<a href="#">J965778.1</a>	1	[Alignment bars]													596	<i>Oulema melanopus</i>
<a href="#">MF495674.1</a>	1	[Alignment bars]													523	<i>Oulema melanopus</i>
<a href="#">J962631.1</a>	4	[Alignment bars]													658	<i>Oulema melanopus</i>
<a href="#">J967005.1</a>	4	[Alignment bars]													658	<i>Oulema erichsonii</i>
<a href="#">J966440.1</a>	4	[Alignment bars]													658	<i>Oulema melanopus</i>
<a href="#">J962830.1</a>	4	[Alignment bars]													658	<i>Oulema melanopus</i>
<a href="#">CF655647.1</a>	1	[Alignment bars]													655	<i>Oulema melanopus</i>
<a href="#">CF655607.1</a>	1	[Alignment bars]													655	<i>Oulema melanopus</i>
<a href="#">OX943379.1</a>	1,975	[Alignment bars]													2,629	<i>Oulema melanopus</i>
<a href="#">CF656330.1</a>	1	[Alignment bars]													655	<i>Oulema melanopus</i>
<a href="#">CP406722.1</a>	1	[Alignment bars]													655	<i>Oulema rufocyanea</i>

Figuur 91: Overzicht Cox 1 gen voor *Oulema* soorten gegenereerd met Multiple Sequence Alignment Viewer (NCBI, 2013)

Descriptions	Seq Start	Seq																												Seq End	Organism							
		310	320	330	340																																	
<a href="#">KP406720.1</a>	1	T	G	G	G	G	T	A	G	G	A	A	C	G	G	G	T	T	G	A	A	C	T	G	T	T	T	A	C	C	C	T	C	C	T	T	655	Oulema melanopus
<a href="#">KX087328.1</a>	1,714	T	G	G	G	G	T	A	G	G	A	A	C	G	G	G	T	T	G	A	A	C	T	G	T	T	T	A	C	C	C	T	C	C	T	T	2,368	Oulema melanopus
<a href="#">KM4440279.1</a>	4	T	G	G	G	G	T	A	G	G	A	A	C	G	G	G	T	T	G	A	A	C	T	G	T	T	T	A	C	C	C	T	C	C	T	T	658	Oulema melanopus
<a href="#">KP406719.1</a>	1	T	G	G	G	G	C	A	G	G	A	A	C	G	G	G	T	T	G	A	A	C	T	G	T	T	T	A	C	C	C	T	C	C	T	T	655	Oulema melanopus
<a href="#">KP406713.1</a>	1	T	G	G	G	G	T	A	G	G	A	A	C	G	G	G	T	T	G	A	A	C	T	G	T	T	T	A	T	C	C	T	C	C	T	T	655	Oulema melanopus
<a href="#">KM448718.1</a>	4	T	G	G	G	G	T	A	G	G	A	A	C	G	G	G	T	T	G	A	A	C	T	G	T	T	T	A	C	C	C	T	C	C	T	T	658	Oulema melanopus
<a href="#">KJ943342.1</a>	1,642	T	G	G	G	G	C	A	G	G	A	A	C	G	G	G	T	T	G	A	A	C	T	G	T	T	T	A	C	C	C	T	C	C	T	T	2,296	Oulema erichsonii
<a href="#">KP406714.1</a>	1	T	G	G	A	G	T	A	G	G	A	A	C	T	G	G	T	T	G	A	A	C	T	G	T	T	T	A	T	C	C	T	C	C	T	T	655	Oulema duftschmidi
<a href="#">KM449000.1</a>	4	T	G	G	A	G	C	A	G	G	A	A	C	T	G	G	T	T	G	A	A	C	T	G	T	T	T	A	T	C	C	T	C	C	T	T	658	Oulema duftschmidi
<a href="#">KP406717.1</a>	1	T	G	G	A	G	C	A	G	G	A	A	C	T	G	G	T	T	G	A	A	C	T	G	T	T	T	A	T	C	C	T	C	C	T	T	655	Oulema duftschmidi
<a href="#">KP406715.1</a>	1	T	G	G	A	G	C	A	G	G	A	A	C	T	G	G	T	T	G	A	A	C	T	G	T	T	T	A	T	C	C	T	C	C	T	T	655	Oulema melanopus
<a href="#">KM440054.1</a>	4	T	G	G	A	G	C	A	G	G	A	A	C	T	G	G	T	T	G	A	A	C	T	G	T	T	T	A	T	C	C	T	C	C	T	T	658	Oulema duftschmidi
<a href="#">KM450985.1</a>	4	T	G	G	A	G	C	A	G	G	A	A	C	T	G	G	T	T	G	A	A	C	T	G	T	T	T	A	T	C	C	T	C	C	T	T	658	Oulema duftschmidi
<a href="#">KP406718.1</a>	1	T	G	G	A	G	C	A	G	G	A	A	C	T	G	G	T	T	G	A	A	C	T	G	T	T	T	A	T	C	C	T	C	C	T	T	655	Oulema mauroi
<a href="#">KM449046.1</a>	4	T	G	G	A	G	C	A	G	G	A	A	C	T	G	G	T	T	G	A	A	C	T	G	T	T	T	A	T	C	C	T	C	C	T	T	658	Oulema duftschmidi
<a href="#">KM447153.1</a>	4	T	G	G	A	G	C	A	G	G	A	A	C	T	G	G	T	T	G	A	A	C	T	G	T	T	T	A	T	C	C	T	C	C	T	T	658	Oulema duftschmidi
<a href="#">KJ961946.1</a>	4	T	G	G	A	G	C	A	G	G	A	A	C	T	G	G	T	T	G	A	A	C	T	G	T	T	T	A	T	C	C	T	C	C	T	T	658	Oulema melanopus
<a href="#">KJ943333.1</a>	1	T	G	G	G	G	C	A	G	G	A	A	C	G	G	G	T	T	G	A	A	C	T	G	T	T	T	A	N	C	C	T	C	C	T	T	604	Oulema erichsonii
<a href="#">KJ965285.1</a>	1	T	G	G	A	G	C	A	G	G	A	A	C	T	G	G	T	T	G	A	A	C	T	G	T	T	T	A	T	C	C	T	C	C	T	T	632	Oulema melanopus
<a href="#">KJ965778.1</a>	1	T	G	G	A	G	C	A	G	G	A	A	C	T	G	G	T	T	G	A	A	C	T	G	T	T	T	A	C	C	C	T	C	C	T	T	596	Oulema melanopus
<a href="#">MF495674.1</a>	1	T	G	G	G	G	T	A	G	G	A	A	C	G	G	G	T	T	G	A	A	C	T	G	T	T	T	A	C	C	C	T	C	C	T	T	523	Oulema melanopus
<a href="#">KJ962631.1</a>	4	T	G	G	C	G	C	A	G	G	A	A	C	C	G	G	T	T	G	A	A	C	T	G	T	T	T	A	C	C	C	T	C	C	T	T	658	Oulema melanopus
<a href="#">KJ967005.1</a>	4	T	G	G	T	G	C	A	G	G	A	A	C	C	G	G	T	T	G	A	A	C	T	G	T	T	T	A	C	C	C	T	C	C	T	T	658	Oulema erichsonii
<a href="#">KJ966440.1</a>	4	T	G	G	T	G	C	A	G	G	A	A	C	C	G	G	T	T	G	A	A	C	T	G	T	T	T	A	C	C	C	T	C	C	T	T	658	Oulema melanopus
<a href="#">KJ962830.1</a>	4	T	G	G	T	G	C	A	G	G	A	A	C	C	G	G	T	T	G	A	A	C	T	G	T	T	T	A	C	C	C	T	C	C	T	T	658	Oulema melanopus
<a href="#">KF655647.1</a>	1	T	G	G	T	G	C	A	G	G	A	A	C	C	G	G	C	T	G	A	A	C	T	G	T	T	T	A	T	C	C	T	C	C	T	T	655	Oulema melanopus
<a href="#">KF655607.1</a>	1	T	G	G	T	G	C	A	G	G	A	A	C	C	G	G	C	T	G	A	A	C	T	G	T	T	T	A	T	C	C	T	C	C	T	T	655	Oulema melanopus
<a href="#">KJ943379.1</a>	1,975	T	G	G	T	G	C	A	G	G	A	A	C	C	G	G	C	T	G	A	A	C	T	G	T	T	T	A	T	C	C	T	C	C	T	T	2,629	Oulema melanopus
<a href="#">KF656330.1</a>	1	T	G	G	T	G	C	A	G	G	A	A	C	C	G	G	C	T	G	A	A	C	T	G	T	T	T	A	T	C	C	T	C	C	T	T	655	Oulema melanopus
<a href="#">KP406722.1</a>	1	T	G	G	T	G	C	A	G	G	A	A	C	T	G	G	T	T	G	A	A	C	T	G	T	C	T	A	C	C	C	T	C	C	T	C	655	Oulema rufocyanea

Figuur 92: Detail Cox 1 gen voor Oulema soorten gegenereerd met Multiple Sequence Alignment Viewer (NCBI, 2013)



Figuur 93: Stamboom van de *Oulema* soorten gegenereerd met de NCBI's Tree Viewer (NCBI, 2013)

## 8.2 Bijlage 2: Gedetailleerde lijst verspreiding *Oulema* species

In Tabel 98 kan men een overzicht vinden van een aantal *Oulema* spp. De basis van de tabel is het boek van Schmitt (2010) en het artikel van Bezdek & Baselga (2015). De literatuur voor deze tabel werd beperkt. Er zijn bronnen die het voorkomen zeer breed gaan beschrijven of net zeer specifiek. Een voorbeeld van dit laatste is een bron die de bladhaantjes in de rand van Brussel bespreekt (Troukens, 2012). Ook al beschrijft deze bron de aanwezigheid van *O. gallaeciana* en *O. melanopus* als frequente bezoeken van de Brusselse rand, deze mate van detail zou de tabel te gecompliceerd maken. Daarom wordt er gefocust op het land-niveau.

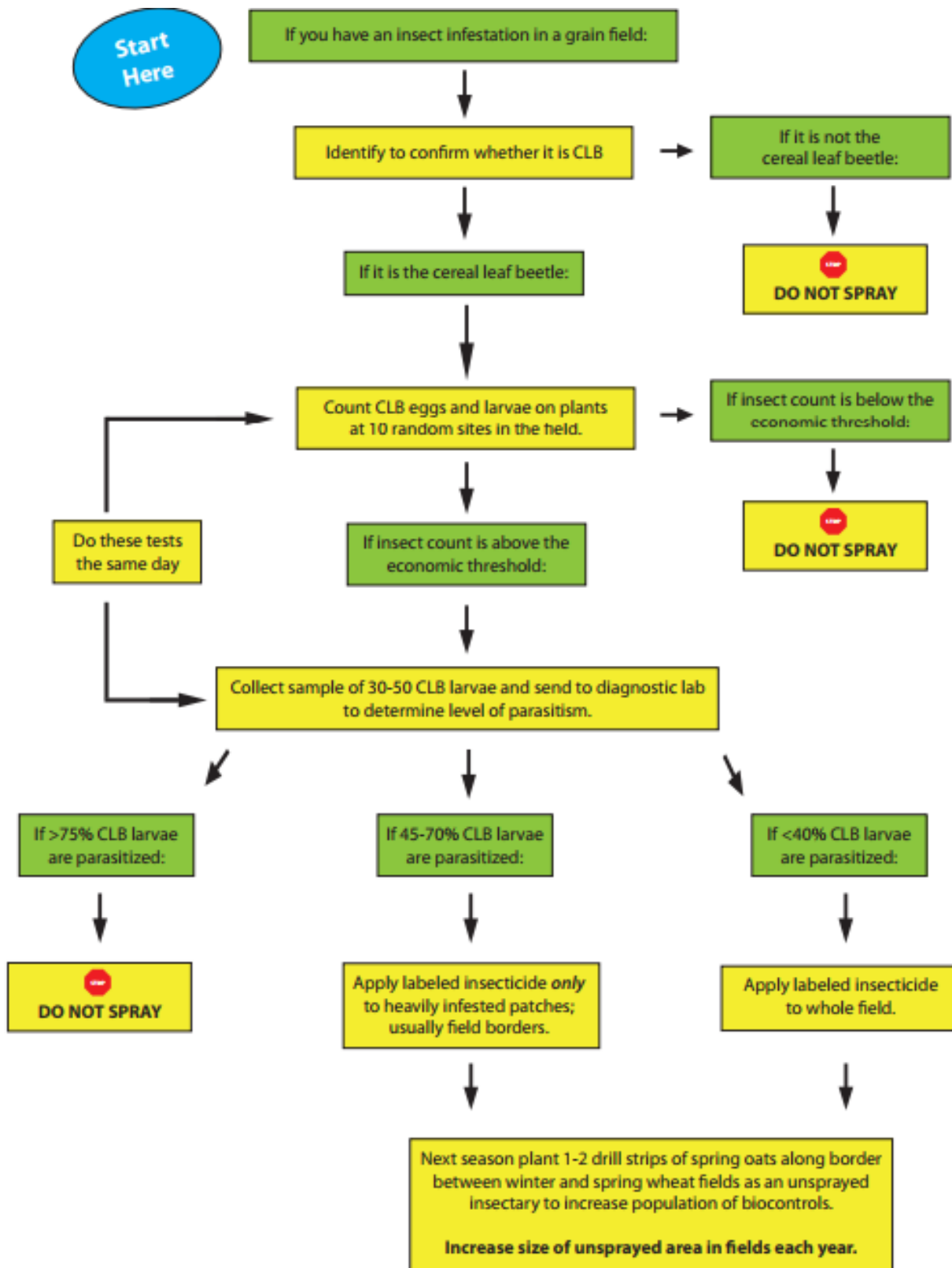
Het voorkomen van een species in een land is een dynamisch gegeven. Zo werd *O. hoffmannseggi* en *O. melanopus* in Tunesië aangetroffen in 2006 maar werd dit door eerdergenoemde auteurs niet meegenomen (Maican, 2007). Een ander voorbeeld is Roemenië waar een artikel uit 2005 spreekt over vijf soorten en *O. septentrionis*. Latere studies spreken over diezelfde vijf en *O. duftschmidi* (Maican, 2005). Op een periode van vijf jaar zou een species verdwenen moeten zijn en zou een nieuwe species geïntroduceerd zijn. Bij het raadplegen van deze tabel dient men dan ook in gedachte te houden dat de determinatie van soorten, zelfs voor specialisten, zeer moeilijk is. Deze lijst is zeker niet exhaustief. Nieuwe species die gedurende de periode 2010 – 2017 waargenomen werden in een bepaald land, werden bijgevoegd met bijbehorende referentie. België en de buurlanden worden in het vet weergegeven.

Tabel 98: *Oulema* spp. met landen van voorkomen (E: Europa, N: Noord Afrika, A: Azië) (Schmitt, 2010)

Species	Landen
<i>O. algerica</i> (Pic, 1982)	N: Algerije
<i>O. antoinii</i> (Clavareau, 1904)	A: Bhutan; Oriëntaals gebied
<i>O. atrosuturalis</i> (Pic, 1923)	A: China, Japan; Oriëntaals gebied
<i>O. dilutipes</i> (Fairmaire, 1888)	A: China, Japan, Korea, Oost Rusland
<i>O. downesi</i> (Baly, 1865)	A: China, India, Nepal
<i>O. duftschmidi</i> (Redtenbacher, 1874)	E: Albanië, Andorra, Belarus, België, Bosnië Herzegovina, Bulgarije, Denemarken, Duitsland, Finland, Frankrijk, Griekenland, Groot-Brittannië, Hongarije, Italië, Kosovo, Letland, Liechtenstein, Litouwen, Macedonië, Montenegro, Malta, Nederland, Noorwegen, Oekraïne, Oostenrijk, Polen, Roemenië, Rusland, Slovakije, Slovenië, Spanje, Tsjechië, Zweden, Zwitserland; N: Algerije, Madeira, Marokko, Tunesië; A: Afghanistan, Armenië, Azerbeïdjan, China, Iran, Israël, Kazachstan, Kirgizstan, Libanon, Oezbekistan, Syrië, Tadjikistan, Turkmenistan, Turkije (Özdikmen, 2012)
<i>O. erichsonii</i> (Suffrian, 1841)	E: België, Belarus, Bulgarije, Denemarken, Duitsland, Estland, Frankrijk, Groot-Brittannië, Hongarije, Ierland, Italië, Letland, Liechtenstein, Litouwen, Luxemburg, Macedonië, Noorwegen, Oostenrijk, Polen, Roemenië, Rusland, Slovakije, Oekraïne, Tsjechië; A: Siberië, Oost Rusland, China, Japan, Mongolië,
<i>O. gallaeciana</i> (Heyden, 1870)	E: Albanië, Andorra, Belarus, België, Bosnië Herzegovina, Bulgarije, Denemarken, Duitsland, Estland, Finland, Frankrijk, Griekenland, Groot-Brittannië, Hongarije, Ierland, Italië, Kroatië, Letland, Litouwen, Luxemburg, Macedonië, Moldavië,

	Montenegro, Nederland, Noorwegen, Oekraïne, Oostenrijk, Polen, Roemenië, Rusland, Servië, Slovakije, Spanje, Tsjechië, Zweden; A: Kazachstan, Mongolië, Oost Rusland, Siberië, Turkije (Özdikmen, 2012)
<i>O. gracilentata</i> (Chûjô, 1951)	A: China
<i>O. hoffmannseggii</i> (Lacordaire, 1845)	E: Andorra, Frankrijk, Italië, Portugal, Spanje; N: Algerije (Rozner & Rozner, 2013), Marokko
<i>O. infima</i> (Lacordaire, 1845)	A: Saudi-Arabië; <u>Afrotropisch gebied</u>
<i>O. mauraoui sp. nov.</i>	E: Italië
<i>O. magistrettiorum</i> (Ruffo, 1964)	E: Italië
<i>O. melanopus</i> (Linnaeus, 1758)	E: Albanië, Andorra, Armenië, Azerbeidzjan, Belarus, België, Bosnië Herzegovina, Bulgarije, Denemarken, Duitsland, Estland, Finland, Frankrijk, Georgië, Groot-Brittannië, Griekenland, Hongarije, Ierland, Italië, Kroatië, Letland, Liechtenstein, Litouwen, Luxemburg, Malta, Macedonië, Moldavië, Montenegro, Nederland, Noorwegen, Oekraïne, Oostenrijk, Polen, Portugal, Roemenië, Rusland, Slovakije, Slovenië, Servië, Spanje, Tsjechië, Zweden, Zwitserland; N: Algerije, Canarische eilanden, Libië, Marokko, Madeira; A: Afghanistan, China, Iran, Iraq, Israël, Japan, Kyrgyzstan, Kazachstan, Libanon, Mongolië, Syrië, Siberië, Tadjikistan, Turkije (Özdikmen, 2012); <u>Nearctisch gebied</u> : Canada, Verenigde Staten
<i>O. nigrofrontalis</i> (Takizawa & Basu, 1987)	A: Indië
<i>O. oryzae</i> (Kuwayama, 1931)	A: China, Japan, Oost Rusland
<i>O. rufocyanea</i> (Suffrian, 1847)	E: België, Bosnië Herzegovina, Bulgarije, Denemarken, Duitsland, Frankrijk, Griekenland, Hongarije, Ierland, Italië, Kroatië, Macedonië, Montenegro, Nederland, Oekraïne, Oostenrijk, Polen, Roemenië, Servië, Slovenië, Slovakije, Tsjechië, Zweden
<i>O. septentrionis</i> (Weise, 1880)	E: België, Denemarken, Duitsland, Estland, Finland, Frankrijk, Groot-Brittannië, Letland, Litouwen, Macedonië, Nederland, Polen, Rusland Tsjechië
<i>O. subelongata</i> (Pic, 1924)	A: China
<i>O. tristis</i> (Herbst, 1786)	E: België, Bosnië Herzegovina, Bulgarije, Duitsland, Frankrijk, Hongarije, Italië, Kroatië, Litouwen, Moldavië, Oekraïne, Oostenrijk, Polen, Rusland, Roemenië, Slovakije, Slovenië, Spanje, Tsjechië, Zwitserland, A: China, Japan, Kazachstan, Korea, Mongolië, Oezbekistan, Siberië
<i>O. verae sp. nov.</i>	E: Spanje
<i>O. viridula</i> (Gressitt, 1942)	A: Korea, Zuid China
<i>O. yunnana</i> (Pic, 1923)	A: China

### 8.3 Bijlage 3: Voorbeeld IPM-schema voor graanhaantjes



Figuur 94: Voorbeeld IPM-schema voor het graanhaantje (Robberts & Walenta, 2012)



## 8.4 Bijlage 4: Erkende Belgische actieve stoffen met bijbehorende handelsproducten

Tabel 99: Overzicht erkende actieve stoffen met bijbehorende handelsproducten (EC = Emulgeerbaar Concentraat, EW = Emulsie, olie in Water) (Fytoweb, 2018)

Actieve stof	Handelsproduct + Toelatingsnummer	Toegelaten Teelt									
		Wintertarwe	Zometarwe	Winterrogge	Zomerrogge	Triticale	Spelt	Wintergerst	Zomergerst	Winterhaver	Zomerhaver
<b>400 g/l Dimethoaat</b>	Danadim Progress (8720P/B)	x	x	x	x	x	x				
	Dimistar Progress (9528P/B)	x	x	x	x	x	x				
	Dimistar Progress 400 EC (8165P/B)	x	x	x	x	x	x				
	Perfekthion TOP (10649P/B)	x	x	x	x	x	x				
	Perfekthion 400 EC (9553P/B)	x	x	x	x	x	x				
	Rogor 40 (6180P/B)	x	x	x	x	x	x				
<b>100 g/l Zetacypermethrine</b>	Fury 100 EW (8476P/B)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Minuet (9636P/B)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<b>15 g/l Deltamethrin</b>	Decis 15 EW (10646P/B)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Patriot protech (101717P/B)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Split (10718P/B)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

## 8.5 Bijlage 5: Logboek

In onderstaande tabel staat een overzicht van het verloop van de proef. Naast datum en groeistadium (GS) kan men telkens een korte beschrijving terugvinden. Omdat de wintertarwe tot 30 maart 2018 niet in de serre van het ILVO stonden is het aantal proefopvolgingen bij deze planten beperkt. De oranje gearceerde lijnen hebben betrekking tot het proefopzet en -schema. De groen gearceerde bevatten de data voor de gewasbescherming en bemesting. De geel gearceerde rijen bevatten data met metingen voor mogelijke invloeden op de resultaten. De blauwe gearceerde lijnen tonen de knip- en oogstdata aan.

Tabel 100: Logboek

ZOMERTARWE		
Datum	GS	Opmerking
10-Nov-17	00	Zaai zomertarwe (Tybalt) in de serre van het ILVO, compartiment 216 te Melle. 80 potten (15 cm diameter) met 10 zaadjes/pot
13-Nov-17	00	Proefopvolging
14-Nov-17	00	Proefopvolging
17-Nov-17	10	Tellen opkomst (96.13%)
21-Nov-17	11	Uitdunnen naar 8 planten per pot
23-Nov-17	11	Verluchten boven de 5°C en vorstvrijhouden
01-Dec-17	12	Verplaatsen naar compartiment 214 (dagT° 15°C met verluchten vanaf 20°C en nachtT° op 10°C met verluchten vanaf 15°C)
04-Dec-17	12	Proefopvolging - potten plaatsen volgens proefschema
14-Dec-17	13	Proefopvolging
21-Dec-17	13	Proefopvolging
02-Jan-18	13	Proefopvolging - Waarneming bladluizen
09-Jan-18	14	Behandeling tegen bladluizen met Okapi (5 g/l Lambda-cyhalothrin en 100 g/l pirimicarb -> 4ml in 1l water)
09-Jan-18	14	Preventieve fungicidebehandeling met met Adexar (62.5 g/l epoxyconazool en 62.5 g/l fluxapyroxad --> 6.7 ml in 1 l water)
19-Jan-18	14	Proefopvolging
26-Jan-18	15	Proefopvolging
30-Jan-18	15	Bemesting met 60 eenheden K20 (Patentkali) en 30 eenheden N (vloeibare, 39 %)
02-Feb-18	16	Proefopvolging
07-Feb-18	17	Behandeling met Evora XPRO 1.25 l/ha (4.167 ml in 1 l water) (tegen meeldauw)
13-Feb-18	18	Proefopvolging- Vaststelling schimmel op de planten (meeldauw)
16-Feb-18	18	Scoren van alle potten op de aanwezigheid van schimmel
16-Feb-18	18	Behandeling met Evora XPRO 1.25 l/ha (4.167 ml in 1 l water) (tegen meeldauw)
23-Feb-18	18	Behandeling met Ceriax 3l/ha (10 ml in 1l water) + Mesurool (1.25 l/ha, 1.167 in 1 ml water) (Meeldauw + trips)
26-Feb-18	18	Proefopvolging
01-Mar-18	21	Proefopvolging
03-Mar-18	21	Bemesting met 30 eenheden N (vloeibare, 39 %)
05-Mar-18	30	Proefopvolging
08-Mar-18	37	Proefopvolging
12-Mar-18	37	Proefopvolging - Vaststelling hoge mate van legering bij de planten
16-Mar-18	37	Scoren van alle potten op de mate van legering

16-Mar-18	37	Scoren van alle potten op de mate van bladbeschadiging
19-Mar-18	37	Proefopvolging
26-Mar-18	37	Proefopvolging
29-Mar-18	39	Proefopvolging
04-Apr-18	39	Knippen van planten - groeifase 1
05-Apr-18	39	Knippen van planten - groeifase 1
10-Apr-18	45	Proefopvolging
13-Apr-18	49	Proefopvolging
17-Apr-18	49	Proefopvolging
23-Apr-18	51	Proefopvolging
27-Apr-18	56	Verhogen temperatuur naar 20°C (verluchten 24°C) bij dag en bij nacht 16°C (verluchten vanaf 20°C), lichten vanaf 5-21u en uit boven 150 W/m <sup>2</sup> zonlicht
28-Apr-18	59	Knippen van planten - groeifase 2
28-Apr-18	59	Behandeling met fungicide Granovo (1.7 l/ha -> 6ml) en Bravo (1l/ha -> 3.5 ml)
01-May-18	65	Proefopvolging
10-May-18	69	Proefopvolging
14-May-18	83	Knippen van planten groeifase 3
25-May-18	85	Oogsten van planten

#### WINTERTARWE

Datum	GS	Opmerking
20-Nov-17	00	Zaai wintertarwe (Sahara) in de proefhoeve van Bottelare, 99 potten met 10 zaden per pot (15 cm diameter), 8 w vernalisatie in frigo
11-Jan-18	10	Overplaatsen planten naar Bottelare in kleine serre bij bottelare (zonder klimaatcontrole)
02-Feb-18	13	Proefopvolging
26-Feb-18	18	Tellen opkomst (96.08 % opkomst)
26-Feb-18	18	Uitdunnen naar 9 planten per pot
30-Mar-18	22	Verplaatsen naar compartiment 214 in de serre van het ILVO
02-Apr-18	22	Verkorting Meteor (2 l/ha) (6.67 ml in 1l water)
04-Apr-18	24	Sorteren van potten volgens proefschem + randomiseren potten met verschillen in opkomst.
05-Apr-18	24	Proefopvolging
06-Apr-18	24	Bemesting met 30 eenheden N (vloeibare, 39 %)
10-Apr-18	30	Proefopvolging
13-Apr-18	33	Proefopvolging
17-Apr-18	33	Proefopvolging
23-Apr-18	37	Proefopvolging
27-Apr-18	37	Verhogen temperatuur naar 20°C (verluchten 24°C) bij dag en bij nacht 16°C (verluchten vanaf 20°C), lichten vanaf 5-21u en uit boven 150 W/m <sup>2</sup> zonlicht
28-Apr-18	37	Proefopvolging
28-Apr-18	37	Behandeling met fungicide Granovo (1.7 l/ha -> 6ml) en Bravo (1l/ha -> 3.5 ml)
01-May-18	39	Knippen van planten - groeifase 1
10-May-18	49	Proefopvolging
14-May-18	59	Knippen van planten groeifase 2
25-May-18	69	Proefopvolging

## 8.6 Bijlage 6: Actuele shadedrempelmatrix voor graanhaantjes in tarwe

Gekozen product (prijs product)	Product	Prijs (€/ha)	Opbrengst (kg/ha)	Groeifase	% Opbrengstverlies per larve	Marktwaaarde (€ per kg)						
						0.12	0.14	0.16	0.18	0.20	0.22	0.24
						Minuet (6.5 €/ha)	31.50			Strekken Vlagblad	2.01%	1.39
				Strekken aar	1.01%	2.77	2.37	2.08	1.85	1.66	1.51	1.38
				Vroeg Melkstadium	0.80%	3.51	3.01	2.63	2.34	2.11	1.91	1.75
Dimistar Progress (7.31 €/ha)	32.31			Strekken Vlagblad	2.01%	1.43	1.22	1.07	0.95	0.86	0.78	0.71
				Strekken aar	1.01%	2.84	2.43	2.13	1.89	1.70	1.55	1.42
				Vroeg Melkstadium	0.80%	3.60	3.09	2.70	2.40	2.16	1.96	1.80
Danadim Progress (8.5 €/ha)	33.50			Strekken Vlagblad	2.01%	1.48	1.27	1.11	0.99	0.89	0.81	0.74
				Strekken aar	1.01%	2.95	2.52	2.21	1.96	1.77	1.61	1.47
				Vroeg Melkstadium	0.80%	3.73	3.20	2.80	2.49	2.24	2.04	1.87
Fury 100 EW (9.675 €/ha)	34.68			Strekken Vlagblad	2.01%	1.53	1.31	1.15	1.02	0.92	0.84	0.77
				Strekken aar	1.01%	3.05	2.61	2.29	2.03	1.83	1.66	1.52
				Vroeg Melkstadium	0.80%	3.86	3.31	2.90	2.58	2.32	2.11	1.93
Decis 15 EW (12.39 €/ha)	37.39			Strekken Vlagblad	2.01%	1.65	1.42	1.24	1.10	0.99	0.90	0.83
				Strekken aar	1.01%	3.29	2.82	2.47	2.19	1.97	1.79	1.64
				Vroeg Melkstadium	0.80%	4.17	3.57	3.12	2.78	2.50	2.27	2.08

**Hoe een shadedrempel kiezen?**

- 1) Welk product gebruikt u?  
Product X (€/ha)
- 2) Wat is de huidige marktprijs?  
Y €/kg
- 3) In welke stadium staat het gewas?  
Strekken Vlagblad  
Strekken Aar  
Vroeg Melkstadium

$$ESD \left( \text{aantal} \frac{\text{larven}}{\text{scheut}} \right) = \frac{\text{Kost behandeling} \left( \frac{\text{€}}{\text{ha}} \right)}{\text{Schade per plaagindividu} (\%) \times \text{Opbrengst} \left( \frac{\text{kg}}{\text{ha}} \right) \times \text{Marktwaaarde} \left( \frac{\text{€}}{\text{kg}} \right)}$$

