



**PRAKTIJKONDERZOEK  
PLANT & OMGEVING**

**WAGENINGEN UR**

# Praktijkonderzoek naar perspectieven van drie belichtingssystemen voor de paprikateelt

Tot een lichtniveau van 5.000 lux

Leonie Hogendonk, Dave Kouwenhoven, Marcel Raaphorst

© 2004 Wageningen, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Praktijkonderzoek Plant & Omgeving.

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V. is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

Dit project is gefinancierd door:  
Productschap Tuinbouw  
Louis Pasteurlaan 6  
Postbus 280  
2700 AG Zoetermeer



Projectnummer PPO: 41717030  
PT-nummer: 11659

### Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

Sector Glastuinbouw

Adres : Kruisbroekweg 5, Naaldwijk  
: Postbus 8, 2670 AA Naaldwijk  
Tel. : 0174 – 63 67 00  
Fax : 0174 – 63 68 35  
E-mail : [infoglastuinbouw.ppo@wur.nl](mailto:infoglastuinbouw.ppo@wur.nl)  
Internet : <http://www.ppo.wur.nl>

# Inhoudsopgave

pagina

|  |    |
|--|----|
| VOORWOORD .....                          | 4  |
| SAMENVATTING.....                        | 5  |
| 1 INLEIDING .....                        | 6  |
| 2 MATERIAAL EN METHODE .....             | 7  |
| 2.1 Proefopzet .....                     | 7  |
| 2.1.1 Teelt .....                        | 7  |
| 2.1.2 Excursies .....                    | 7  |
| 2.2 Belichting .....                     | 7  |
| 2.2.1 Installatie.....                   | 7  |
| 2.2.2 Lichtverdeling in de kas .....     | 8  |
| 2.2.3 Belichtingsduur .....              | 8  |
| 2.3 Waarnemingen.....                    | 8  |
| 2.3.1 Gewasbeoordelingen.....            | 8  |
| 2.3.2 Zetting en productie .....         | 8  |
| 3 RESULTATEN .....                       | 9  |
| 3.1 Belichting .....                     | 9  |
| 3.2 Gewas .....                          | 11 |
| 3.2.1 Gewasstand .....                   | 11 |
| 3.2.2 Zetting .....                      | 11 |
| 3.2.3 Droge stof gewicht .....           | 12 |
| 3.2.4 Uitgroeiduur .....                 | 13 |
| 3.2.5 Productie .....                    | 13 |
| 3.2.6 Klasse I en II .....               | 15 |
| 3.2.7 Gemiddeld vruchtgewicht.....       | 17 |
| 3.2.8 Plantbelasting .....               | 18 |
| 3.2.9 Energiebelasting .....             | 19 |
| 3.2.10 Gewasbescherming.....             | 21 |
| 3.3 Economische haalbaarheid .....       | 21 |
| 4 DISCUSSIE EN CONCLUSIES .....          | 22 |
| 4.1 Discussie .....                      | 22 |
| 4.2 Conclusies .....                     | 23 |
| BIJLAGE 1 – LICHTMETINGEN.....           | 24 |
| BIJLAGE 2 – LICHT EN LICHTREACTIES ..... | 25 |
| BIJLAGE 3 – OPMERKINGEN GEWAS .....      | 26 |
| BIJLAGE 4 – PRODUCTIEGEGEVENS.....       | 28 |
| BIJLAGE 5 – FOTO'S GEWAS .....           | 37 |

# Voorwoord

Dit onderzoek naar de perspectieven van drie belichtingssystemen bij paprika is grotendeels gefinancierd door het Productschap Tuinbouw.

Wij stellen het zeer op prijs dat de proef op het bedrijf van telersgroep Sunrise Pepper Growers kon worden uitgevoerd en dat hun ervaringen in een eerdere belichte teelt ten gunste kwamen aan deze proef. De vele bezoekers zijn vriendelijk en gastvrij te woord gestaan. De leden van telersgroep Sunrise Pepper Growers en dhr. G. Sweere (Sweet Pepper Consultancy) hebben met hun kennis en ervaring geholpen de proef tot een goed einde te brengen.

Verder hebben de firma's Hortilux-Schröder en Peter Dekker Installaties bijgedragen aan het onderzoek door hun diensten tegen gunstige voorwaarden te leveren. PPO Glastuinbouw wil ook deze bedrijven bedanken voor hun bijdrage.

Ook de personen in de Begeleidings Commissie Onderzoek (BCO) bedanken we voor de goede en frequente advisering van deze proef.

# Samenvatting

Bij eerder belichtingsonderzoek bij paprika lag het accent met name op 'de winter door telen' of op verschillende lichtniveau's. Voor 2004 is het lichtonderzoek vervolgd met als doel verschillende toedieningen van belichting te vergelijken.

Daarom zijn drie verschillende belichtingssystemen met eenzelfde lichtniveau (5000 lux, ofwel 60  $\mu\text{mol}/\text{m}^2.\text{s}$ ) zijn onder praktijkomstandigheden beproefd om te achterhalen wat hun uitwerking was op het gewas en welke het meest rendabel was.

De systemen waren:

- 5000 lux / 60  $\mu\text{mol}/\text{m}^2.\text{s}$  vaste belichting
- 5000 lux / 60  $\mu\text{mol}/\text{m}^2.\text{s}$  korte slag belichting, bewegend over 3.20 meter (3 minuten heen, 3 minuten terug).
- 5000 lux / 60  $\mu\text{mol}/\text{m}^2.\text{s}$  combinatie belichting bestaande uit 3650 lux / 44  $\mu\text{mol}/\text{m}^2.\text{s}$  vaste belichting én 1350 lux / 16  $\mu\text{mol}/\text{m}^2.\text{s}$  bewegend over 17 meter op 1.20 meter boven het gewas

De planten in deze proef zijn begin november geplant en jaarrond geteeld. In eerste instantie is van zonop tot iets voor zononder belicht, weersafhankelijk is vanaf februari 's ochtends eerder gestart. In totaal is 1692 uur belicht.

Het gewas bij de combinatiebelichting en de korte slag ging iets eerder over tot zetting (week 50 in plaats van 51). Bij deze systemen werd het eerste zetsel ook net eerder geoogst (week 8 in plaats van 9). Vanaf mei begon de productie van de vaste belichting voor te lopen op die van de andere systemen. Bij de vaste belichting was niet alleen de hoeveelheid klasse I maar ook de klasse II wat hoger dan bij de combinatie en korte slag belichting. Uiteindelijk zijn de productiever verschillen tussen de drie verschillende systemen niet erg groot.

In deze proef met 5.000 lux heeft de vaste belichting de laagste investeringskosten en is, ook gezien de meerproductie bij deze belichtingssoort, het meest rendabel.

# 1 Inleiding

Na eerdere ervaringen met belichting in de paprikateelt was nog onduidelijk wat het effect is van diverse belichtingssystemen op de groei en productie bij paprika. Op verzoek van de Landelijke Gewascommissie Paprika van LTO Groeiservice is daarom onderzoek uitgevoerd naar het effect van drie belichtingssystemen bij paprika bij een belichtingsniveau van 5000 lux. Het onderzoek is gefinancierd door het Productschap Tuinbouw en gerealiseerd in samenwerking met telersgroep Sunrise Pepper Growers.

In het onderzoek is één teeltvak van elk belichtingstype aangelegd. De belichtingssystemen verschilden in het wel of niet beweegbaar zijn en in de afstand tot de plant. In dit onderzoek is nagegaan of de wijze van belichting van invloed was op de zetting en productie; ook is de rentabiliteit van de systemen berekend. Gedurende de teelt is de gewasstand regelmatig beoordeeld.

De proef is vanaf de start tot de zomer elke drie weken begeleid door de BCO van de Landelijke paprikacommissie van LTO Groeiservice. Naast enkele leden van deze paprikacommissie (J. Barendse, P. v.d. Berg, W. v.d. Bosch, R. Grootsholten, P. Tammes/K. Zuidgeest) hadden bij dit project vanzelfsprekend de teler (R. v.d. Lee) en telersgroep Sunrise Pepper Growers zitting in de BCO (J. & I. Bos, J. & C. Boeters, A. Koornneef, B. & H. v. Reeuwijk, teeltadviseur G. Sweere). Ook L. v.d. Lans en S. Vergeer (Hortilux-Schröder) leverden een constructieve bijdrage aan de BCO. Gezamenlijk is op opbouwende wijze invulling gegeven aan dit project.

## 2 Materiaal en methode

### 2.1 Proefopzet

#### 2.1.1 Teelt

Het onderzoek is uitgevoerd op het bedrijf van dhr. R. v.d. Lee. De opstand is van 1990 en heeft een glasmaat van 1.125 m. Het bedrijf heeft geen buffertank; CO<sub>2</sub> komt van de ketel en daarnaast wordt iets aanvullend vloeibaar gedoseerd.

Op dit bedrijf werd al geteeld bij 1800 lux (mobiel, bewegend op ± 1.20 m van de kop). Voor de proef met 5000 lux zijn extra voorzieningen getroffen zodat het geheel apart gestuurd kon worden (wat betreft verwarming, luchting). Het totale proefoppervlak is 2180 m<sup>2</sup>. Planten van het ras Ferrari (Enza) zijn gezaaid op 27 september 2003 en geplant op 10 november (3.2 planten /m<sup>2</sup>). Rond 20 november zijn de planten op twee stengels gezet. De eerste twee oksels zijn leeggemaakt, zetting in het derde oksel werd toegestaan. Wegens startproblemen met de belichting is vanaf 21 november met 2500 lux belicht, vanaf 28 november volgens proefopzet met 5000 lux.

Opgenomen behandelingen:

- 5000 lux / 60 µmol/ m<sup>2</sup>.s vaste belichting bovenin middels 400 Watt HPS Plus lamp
- 5000 lux / 60 µmol/ m<sup>2</sup>.s korte slag belichting middels 400 Watt HPS Plus lamp, boven in, bewegend over 3.20 meter (3 minuten heen, 3 minuten terug).
- 5000 lux / 60 µmol/ m<sup>2</sup>.s combinatie belichting bestaande uit 3650 lux / 44 µmol/ m<sup>2</sup>.s vaste belichting bovenin (400 Watt HPS Plus lamp) én 1350 lux / 16 µmol/m<sup>2</sup>.s bewegend over 17 meter op 1.20 meter boven het gewas (600 Watt HPS Plus lamp, 27 minuten heen, 3 minuten terug).

Voorgenoemde behandelingen lagen in enkelvoud.

#### 2.1.2 Excursies

Telersgroep Sunrise Pepper Growers verzag al snel dat vele collega-telers de proef zelf zouden willen bekijken. Daarom werd besloten de indrukken niet alleen schriftelijk naar buiten te brengen maar iedereen in de gelegenheid te stellen het gewas met eigen ogen te zien. De eerste mogelijkheid hiertoe werd in week 6 geboden; zo'n 200 personen namen van deze gelegenheid gebruik. In de twee weken vóór de landelijke gewasdag paprika van LTO Groeiservice (22 april) was het nogmaals mogelijk de proef te bezoeken; dit was een goede aanvulling en voorbereiding op de inleiding over dit onderwerp dat tijdens de gewasdag werd gepresenteerd.

## 2.2 Belichting

### 2.2.1 Installatie

Wegens de beperkte poothoogte van de opstand (4 meter) zijn 400 Watt lampen gebruikt om tot een goede lichtverdeling te komen bij de vaste, korte slag en het ondersteunende deel van de combinatie belichting. Voor de proefopzet maakt het immers niet uit met welk soort lampen het lichtniveau wordt gehaald, wel heeft het consequenties voor de kosten. Met gebruik van 600 Watt lampen zijn er minder lampen nodig dan met 400 Watt lampen om tot eenzelfde lichthoeveelheid te komen; het verschil in kosten is niet evenredig, maar in het voordeel van de 600 Watt lampen.

### 2.2.2 Lichtverdeling in de kas

Er zijn nagenoeg geen verschillen in lichtintensiteit en lichtverdeling in de kas als gekeken wordt naar gemiddelden. Een afzonderlijke plant ontvangt bij vaste belichting constant een zelfde hoeveelheid licht (5000 lux of 60  $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$ ), bij korte slag belichting is de hoeveelheid licht hetzelfde gedurende de cyclus van de lampbeweging (3 minuten heen, 3 minuten terug), er is een diepere doordringing van het groeilicht in het gewas door de bewegende belichting.

Voor de planten onder de combinatie belichting is een constante hoeveelheid licht afkomstig van de vaste belichting bovenin (3650 lux of 44  $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$ ) en een variabele hoeveelheid van de mobiele belichting op 1.20 m boven het gewas (lange slag, 27 minuten heen, 3 minuten terug, 1350 lux of 16  $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$ ). De variabele component van de mobiele belichting verschilt bovendien nog per rij: hangt de belichtingsinstallatie in de rij van de plant (dan is deze hoog: 23000 lux of 300  $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$  maximaal) of twee rijen van de plant verwijderd (dan is deze lager: maximaal 2400 lux of 31  $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$ ). Raymax heeft metingen uitgevoerd om de belichtingsinstallatie te controleren (zie bijlage 1).

### 2.2.3 Belichtingsduur

Afhankelijk van de hoeveelheid zonne-uren zal in ieder jaar iets anders worden belicht. In een jaar met een erg donkere winter kan het effect van de lampen wel groter zijn ten opzichte van een onbelichte teelt maar uit vorige proeven is gebleken dat het gewas paprika negatief reageert op een belichtingsduur die (veel) langer is dan de daglengte (dit resulteert in gedrongen planten die donker en getrokken staan). Om deze reden is met de daglengte mee belicht. Ook is gebleken dat groeilicht bij donker weer minder intensief toegediend kan worden dan bij open, zonnig weer. Zo wordt het totaal aantal uren toegediend groeilicht in een donkere winter minder groot dan in een lichte winter.

## 2.3 Waarnemingen

### 2.3.1 Gewasbeoordelingen

De begeleidingscommissie van het onderzoek is tot de zomer elke drie weken bij elkaar gekomen om het gewas te bekijken en de voortgang te bespreken. Tijdens deze bijeenkomsten werden de gemaakte opmerkingen genoteerd. De adviezen die tijdens deze beoordelingen werden gegeven en de gevoerde discussies leidden een enkele keer tot kleine aanpassingen in het klimaat. Om inzicht te krijgen in de planttemperatuur bij de verschillende behandelingen zijn dataloggers geïnstalleerd. Helaas blijken de verzamelde gegevens verloren.

### 2.3.2 Zetting en productie

Verwacht werd dat belichting ging leiden tot een vervroeging en verhoging van de productie. Daarom werden productiewaarnemingen uitgevoerd; door PPO Glastuinbouw aan 2 velden van 12 planten per belichtingssysteem, de teler hield de productie per paden bij in kilo's. De waarnemingen van PPO Glastuinbouw bestonden uit het labelen van de gezette vruchten (met dagnummer) en het registreren van de productie (oogstdatum, gewicht, klasse I of II en neusrot). Na week 30 is niet meer gelabeld. De eerste niet-gelabelde vruchten werden in week 37 geoogst. De productie is tot einde van de teelt bijgehouden.



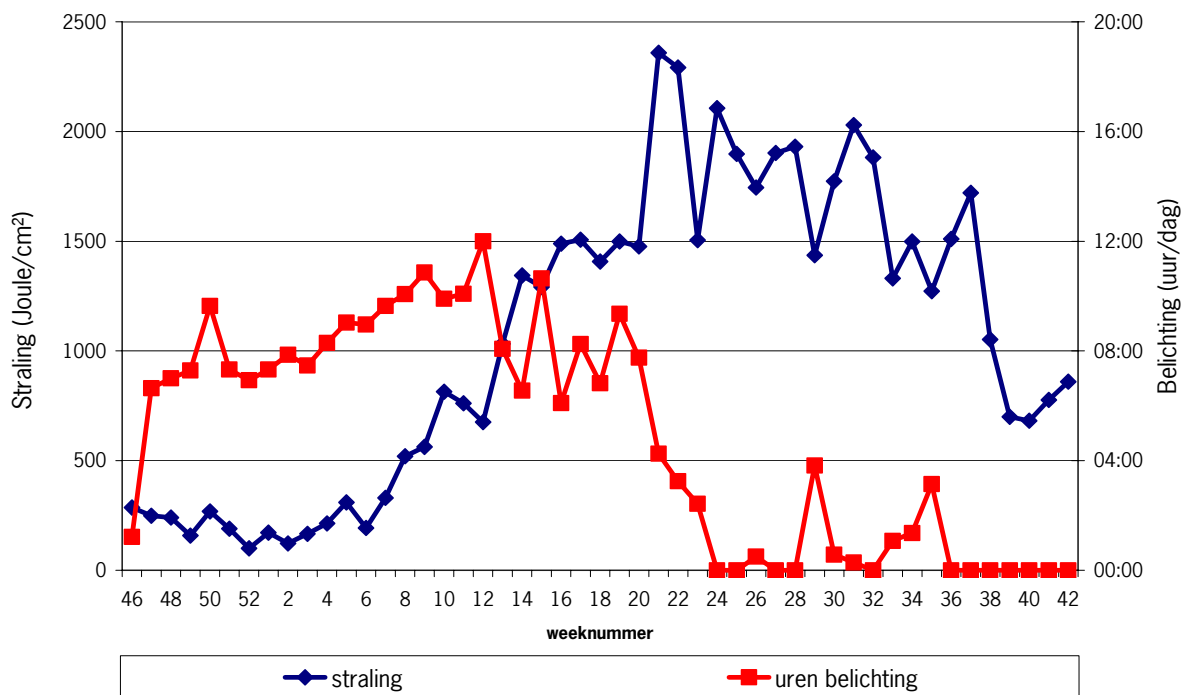
## 3 Resultaten

### 3.1 Belichting

De eerste weken van de teelt is belicht van zonop tot zononder (tot een uur voor zononder bij donker weer). Omdat bleek dat het gewas het aankon is vanaf begin februari eerder gestart met belichten (een uur voor zonop), begin maart werd dit anderhalf uur voor zonop. Eind maart ging de belichting twee uur voor zonop aan en een uur voor zononder uit. Bij veel instraling (minstens 350 Watt) gingen de lampen uit. Vanaf week 22 is er nauwelijks meer belicht. In figuur 1 is duidelijk te zien dat bij een toenemende hoeveelheid zonlicht (buiten gemeten) er minder groeilicht werd toegediend (in uren). In figuur 2 kan de verhouding zon- en groeilicht worden afgelezen; tot en met februari is een aanzienlijk deel van het licht afkomstig van de lampen, daarna neemt het verhoudingsgewijs snel af.

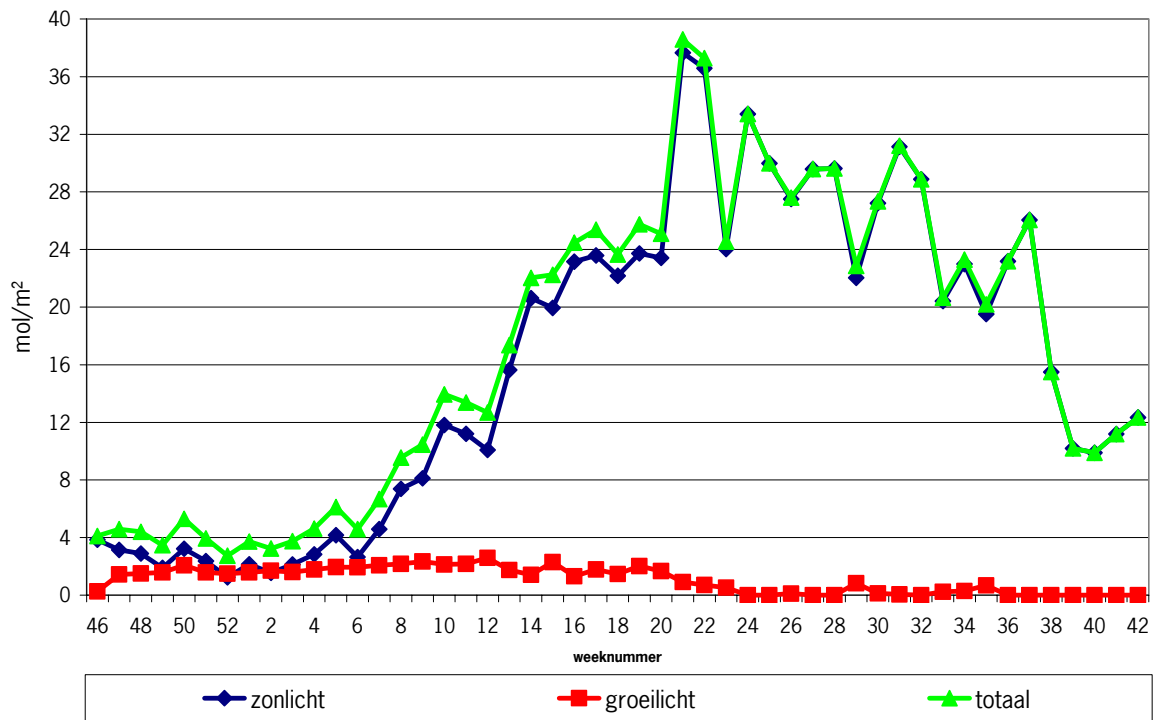
In figuur 2 staan de gegevens vermeld in mol/ m<sup>2</sup> (hoewel veel eenheden worden gebruikt om licht aan te geven is mol/ m<sup>2</sup> te verkiezen omdat het hier gaat om de groeireactie van het gewas). Lux is de tot nu toe veel gebruikte maat omdat die bekend is vanuit de toepassing van licht voor menselijk gebruik. Deze is echter ook geheel afgestemd op het zien (menselijke oog) en niet op het lichtgebruik door planten (zie bijlage 2).

*Figuur 1: Hoeveelheid straling buiten en uren belichting tijdens de teeltperiode*



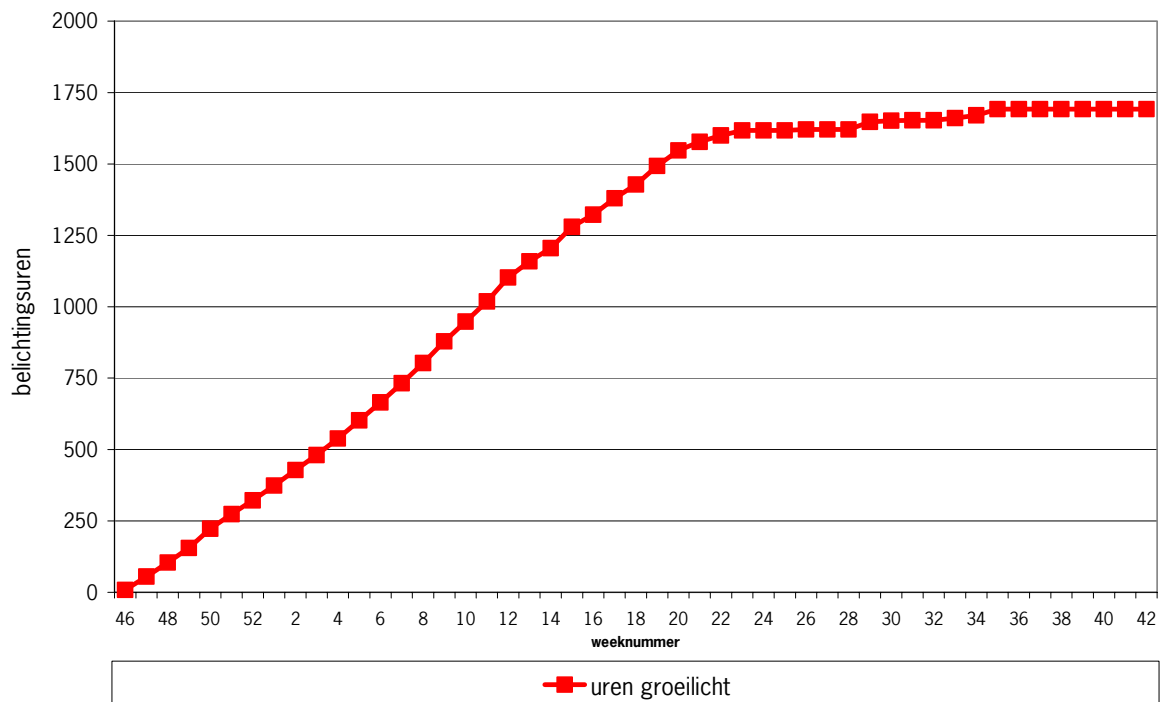
- Bij toenemende straling neemt het aantal uren belichting af; vanaf week 20 wordt nog slechts incidenteel belicht.

Figuur 2: Hoeveelheid zon- en groeilicht in de teeltperiode uitgedrukt in mol/m<sup>2</sup>



- Tot en met week 7 maakt het groeilicht een groot deel uit van de totale lichtsom. Daarna neemt de hoeveelheid zonlicht zo snel toe dat het groeilicht verhoudingsgewijs weinig toevoegt.

Figuur 3. Cumulatief aantal uren belichting tijdens de teelt



In deze teelt is uiteindelijk 1692 uur belicht (zie figuur 3). Als de opstand hoger was geweest zodat de lampen hoger hadden gehangen, had ook aan het einde van de teelt nog belicht kunnen worden zonder dat de gewastemperatuur te hoog zou oplopen. Deze extra belichting kan in het najaar nog net zorgen voor een snellere afrijping van het laatste zetsel.

## 3.2 Gewas

### 3.2.1 Gewasstand

De door de BCO gemaakte opmerkingen tijdens de drie-wekelijkse bijeenkomsten worden in bijlage 3 vermeld. De verschillen in gewasstand tussen de belichtingsvormen waren erg klein. Gemiddeld zag het gewas onder de korte slag belichting er in de eerste maanden het beste uit ("hier verloopt de zetting het gemakkelijkst"). Vanaf de zomer gaf het gewas onder de vaste belichting de beste indruk ("mooiste wat continuïteit betreft, zowel in regelmaat als in zetting").

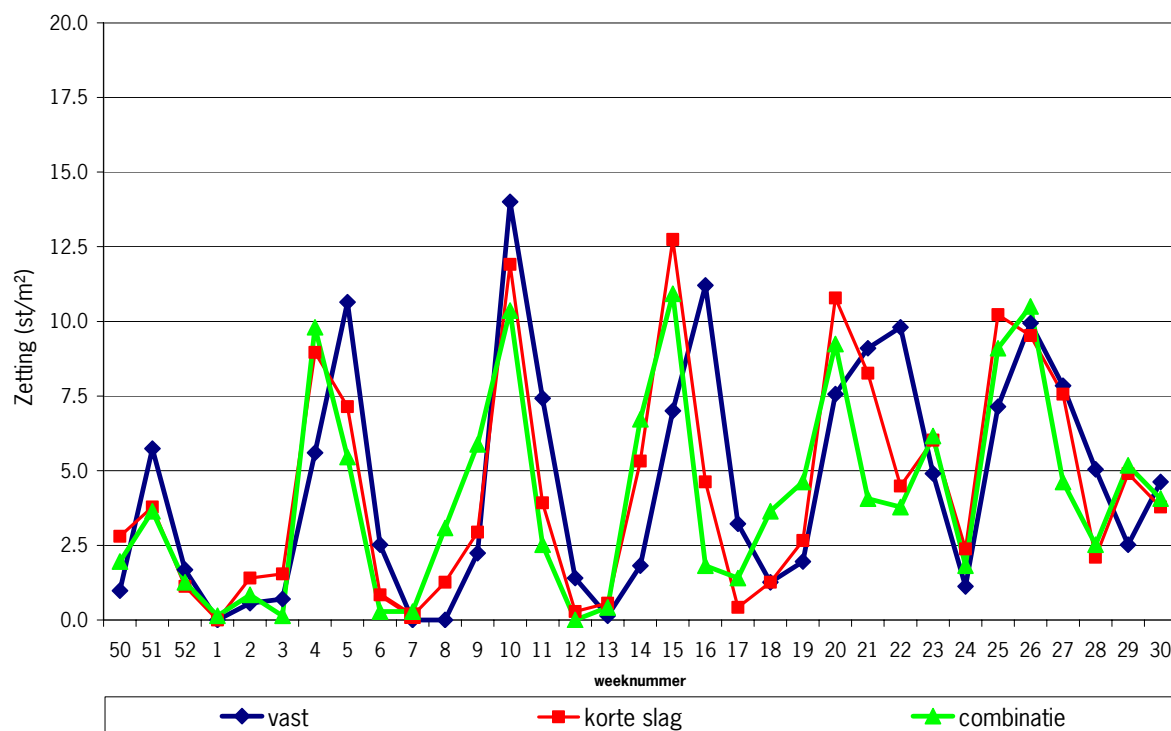
Zoals gemeld in 2.3.1 zijn de gegevens van de dataloggers verloren gegaan. Hieronder de eerste impressies van de waarnemingen in februari:

- De 1<sup>e</sup> keer gaven de dataloggers geen lagere temperatuur aan bij de vaste belichting dan bij de mobiele.
- Bij de 2<sup>e</sup> keer is een datalogger defect geraakt (bij de korte slag).
- Tijdens de 2<sup>e</sup> en 3<sup>e</sup> keer meten bleek de temperatuur makkelijker te worden opgebouwd bij combinatie belichting dan bij de vaste (verschil van  $\pm 20$  minuten). De warmtetoename door verwarming aan het begin van de dag is dus iets trager bij de vaste belichting.
- De 4<sup>e</sup> meting gaf overdag waarden tot 28°C aan, bij een voornacht van 16°C zakte de temperatuur weg tot 14°C.

Bij incidentele handmatige metingen bleek het verschil in temperatuur bij de drie systemen minimaal.

### 3.2.2 Zetting

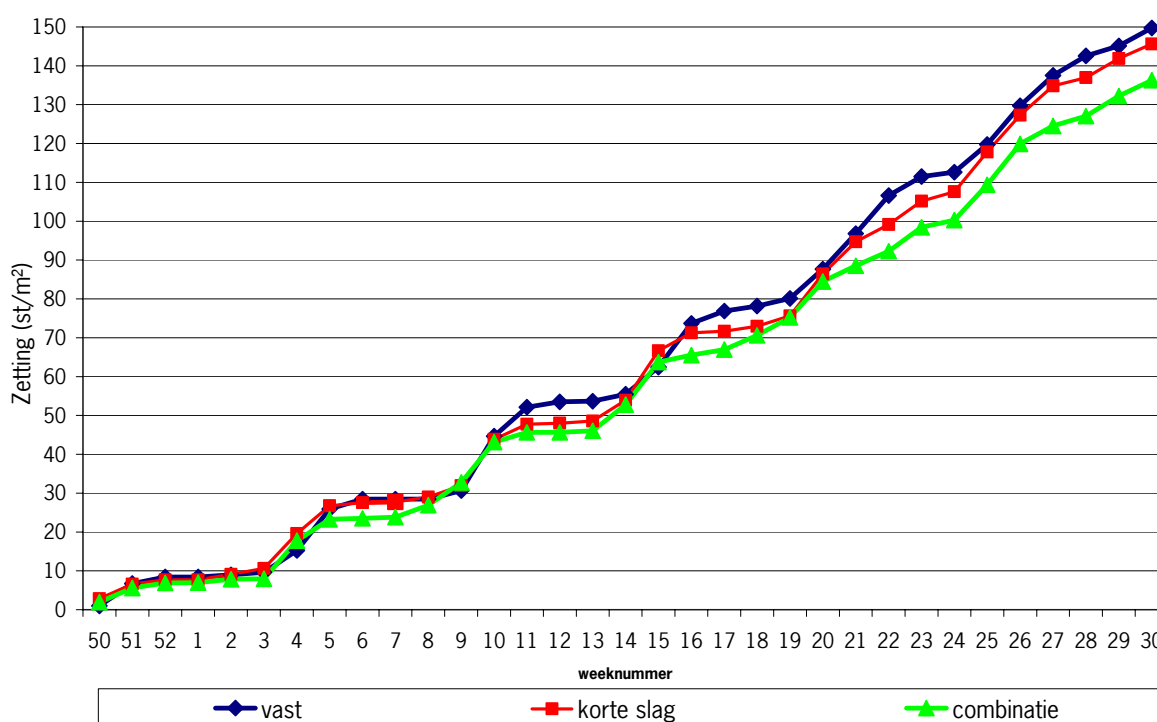
*Figuur 4. Zetting van vruchten per week – exclusief abortie en vruchtdunning*



- Bij alle systemen trad de eerste zetting op vanaf week 50.
- Ook met groeilicht zijn er weken waarin juist erg weinig of zeer veel vruchten worden gezet.
- De pieken in zetting van de vaste belichting waren in de eerste zetsels hoger dan bij de andere systemen, vanaf het vierde zetsel was de vaste belichting later dan de anderen.

Zetting is vanaf week 50 gerealiseerd (één tot twee vruchten per plant). De BCO heeft sterk de indruk dat dit niet alleen te danken is aan het toegediende groeilicht, maar ook aan het buitenlicht: week 50 was net wat lichter met drie dagen met meer dan  $350 \text{ J/cm}^2$  (zie ook figuur 2). Om de zetting en de regelmaat te bevorderen is hardgroen geoogst in week 3; per plant is maximaal één (grote) vrucht aangehouden. Het gevolg van de groene oogst in week 3 is goed te zien: de plant kan snel tot herzetting overgaan. Ook latere pieken in zetting volgen op een aanzienlijke oogst.

*Figuur 5. Zetting van vruchten cumulatief – exclusief abortie en vruchtdunning*



- De drie systemen verschillen in het begin van de teelt nauwelijks wat betreft totaal zetting.
- Vanaf week 11 komt de vaste belichting iets voor te liggen, deze voorsprong wordt gehandhaafd maar nauwelijks vergroot.
- Vanaf week 21 is de toename in totaalzetting bij de combinatiebelichting minder groot dan bij de andere systemen.

### 3.2.3 Droge stof gewicht

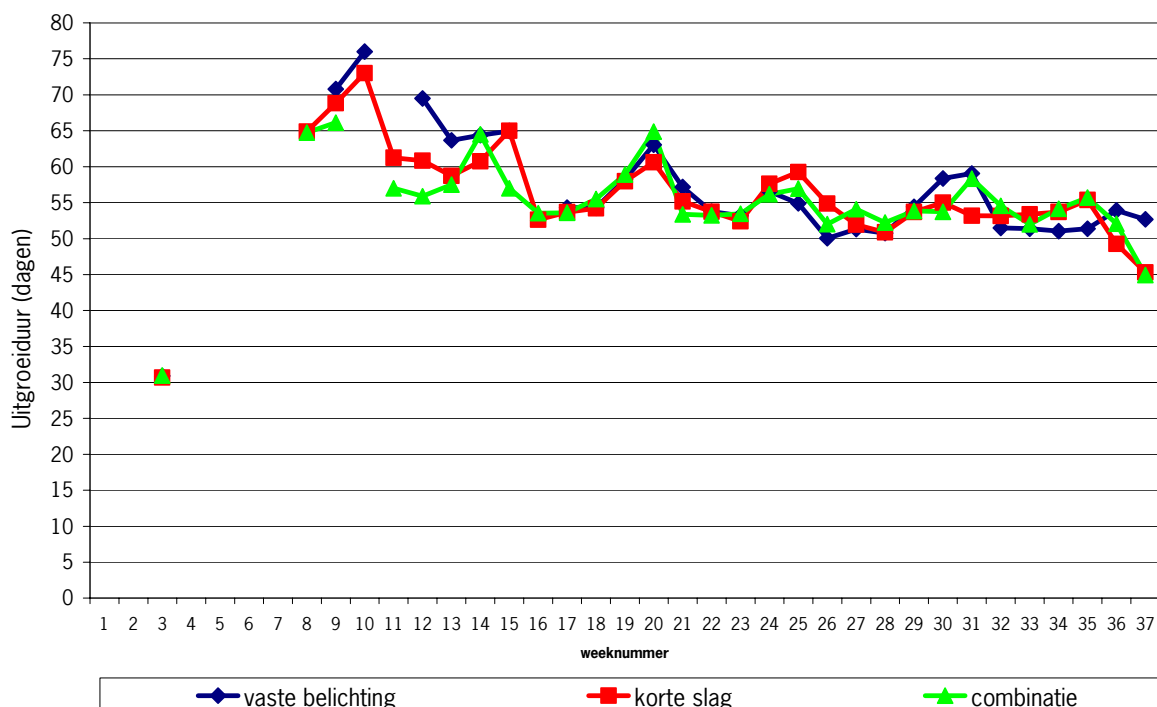
In het onderzoek waren bewust geen droge stof metingen opgenomen. Begin 2004 vond de BCO het toch nuttig om deze waarnemingen uit te voeren. Gebruikelijk zijn voor deze destructieve behandeling extra planten nodig. Omdat hier geen voorzieningen voor waren getroffen zijn droge stof bepalingen uitgevoerd aan de toppen die bij de gewasbehandeling werden verwijderd én aan vruchten die in week 3 zijn geoogst. De verschillen tussen de belichtingssystemen zijn erg klein; uit eerdere proeven blijkt dat minimale verschillen als in de volgende tabel meestal door toeval worden bepaald.

| Belichtingssysteem                       | Droge stof % |          |
|--|--------------|----------|
|  | toppen       | vruchten |
| vast                                     | 10.2         | 6.3      |
| korte slag                               | 10.0         | 6.3      |
| mobiel 5000 lux                          |              | 6.7      |
| mobiel 5000 lux (in rij onder 't licht)  | 10.0         |          |
| mobiel 5000 lux (in rij tussen 't licht) | 10.3         |          |

### 3.2.4 Uitgroeiduur

De uitgroeiduur is de tijdsduur in dagen van zetting tot oogst. In figuur 6 wordt de uitgroeiduur van de vruchten bij de drie belichtingsystemen weergegeven.

Figuur 6. - Uitgroeiduur van de vruchten gezet t/m week 30

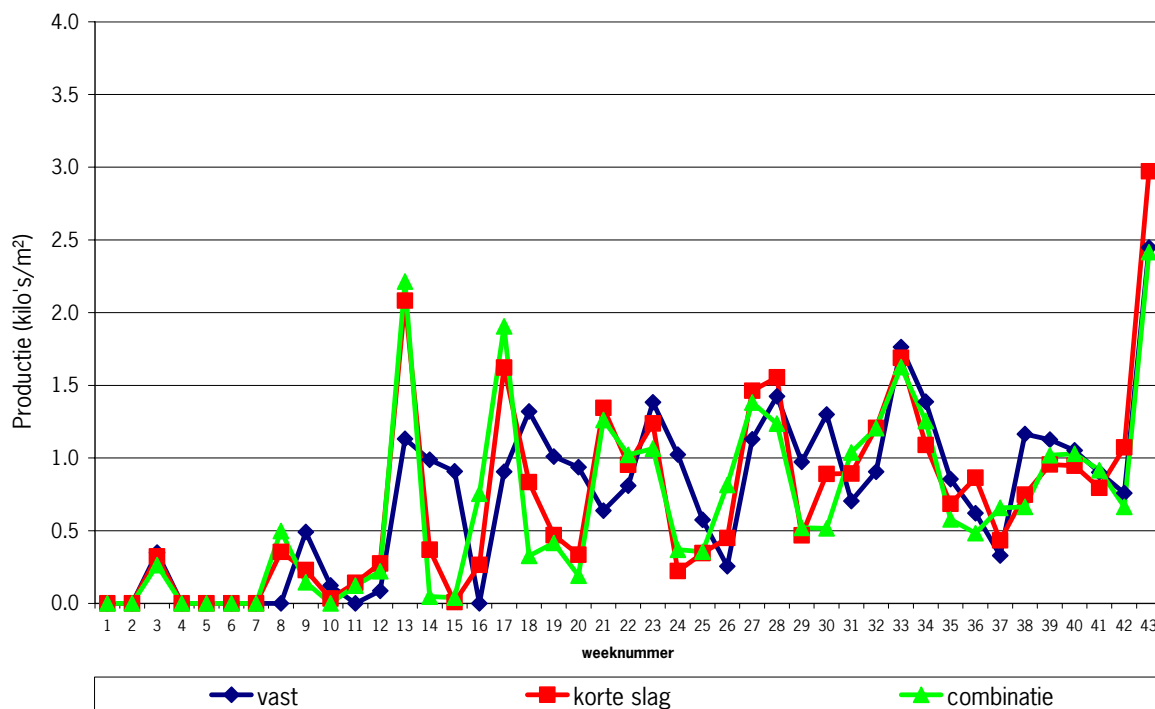


- De uitgroeiduur van ± 30 dagen bij alle systemen in week 3 zijn van de groen geoogste vruchten.
- Vanaf week 8 zijn doorgekleurde vruchten geoogst bij de korte slag en combinatiebelichting, vanaf week 9 bij de vaste belichting.
- Deze vruchten van de vaste belichting waren iets later gezet (zie figuur 4) én hadden een langere uitgroeiduur.
- In eerste instantie heeft de combinatie belichting de kortste uitgroeiduur en de vaste belichting de langste, later zijn de verschillen tussen de systemen erg klein.

### 3.2.5 Productie

In week 3 is groen geoogst, daarna uitsluitend rood. Net voor de teeltwisseling is hardgroen geoogst in week 42, in week 43 (laatste oogst) rood en bont. De totale productie is zowel waargenomen aan velden door PPO Glastuinbouw als door de teler aan paden. De figuren geven de gegevens uit de velden weer. De data staan in bijlage 4 vermeld, de gegevens van de totaalproductie van de velden per week worden in figuur 7 weergegeven, de cumulatieve gegevens staan in figuur 8.

Figuur 7 – Totaalproductie in kilo's/m<sup>2</sup> per week - velden

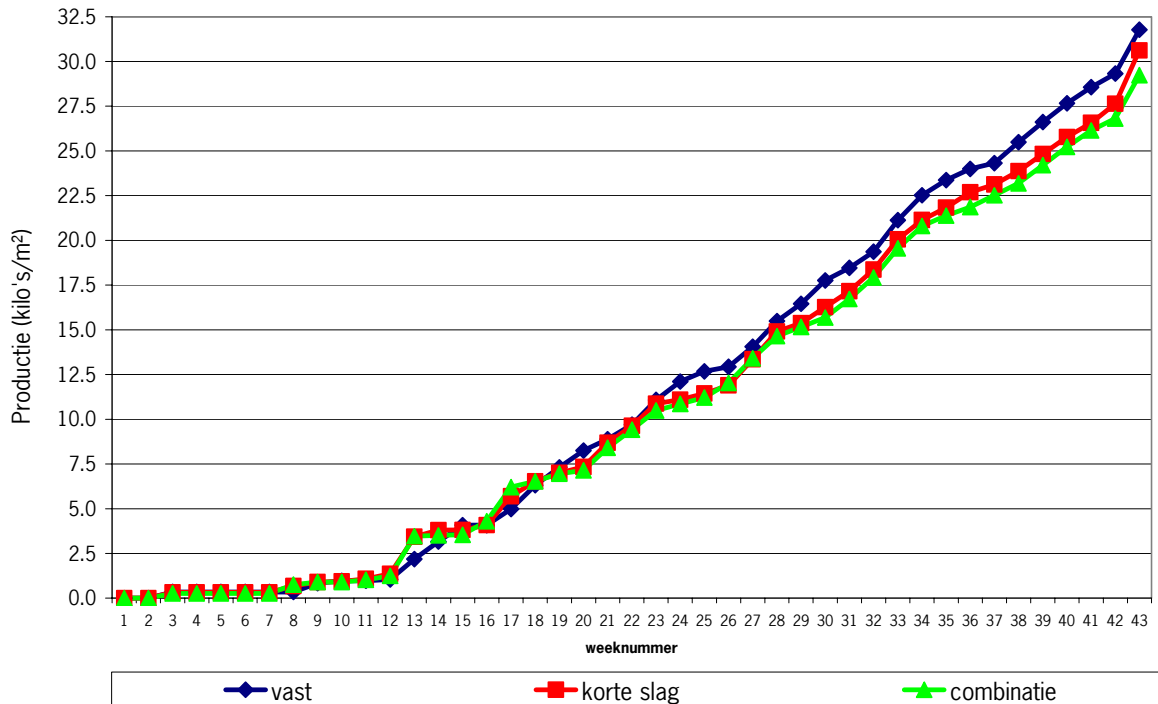


- De productie van de doorgekleurde vruchten bij de vaste belichting komt een week later op gang dan bij de andere systemen (in week 9 en niet al in week 8).
- Ook de volgende doorgekleurde zetsels worden eerder geoogst bij de korte slag en combinatiebelichting (week 13, 17, 21, 27 in plaats van 13/14/15, 17/18/19/20, 27/28).
- In weken 13 en 17 vertoont de productie van de korte slag en combinatie belichting een grote piek, die van de vaste belichting is over meerdere weken verspreid (weken 13/14/15 en 18/19/20)

Het snelheidseffect in weken 7 en 8 was vergelijkbaar in de waarnemingen uit de paden. Na dit eerste gekleurde zetsel lagen de oogstpieken in de paden voor alle drie de systemen praktisch gelijk. Het meer op kleur oogsten in de velden is hiervan de oorzaak. Ook in het traject van week 18 tot 30 geeft het vaste systeem bij registratie aan paden een gewas met een iets ander oogstpatroon dan de andere systemen. Na week 30 komen de oogstgegevens vrijwel overeen.

De productiegegevens waargenomen in de velden door PPO Glastuinbouw en in de paden door de teler verschillen uiteindelijk nauwelijks. De tendensen tussen de systemen komen overeen, wel is te zien dat de productiedata van de PPO proef in eerste instantie wat lager zijn – dit weer omdat hier minder bont is geoogst. De totaal gegevens, tot en met het einde van de teelt wijken amper af (zie ook bijlage 4). De korte slag en combinatie belichting liggen in eerste instantie voor op de vaste belichting (zie ook figuur 7 en 8). Vanaf week 19 komt de vaste belichting voor te liggen. Deze voorsprong houdt stand tot het einde van de teelt.

Figuur 8 – Totaalproductie in kilo's/m<sup>2</sup> cumulatief - velden

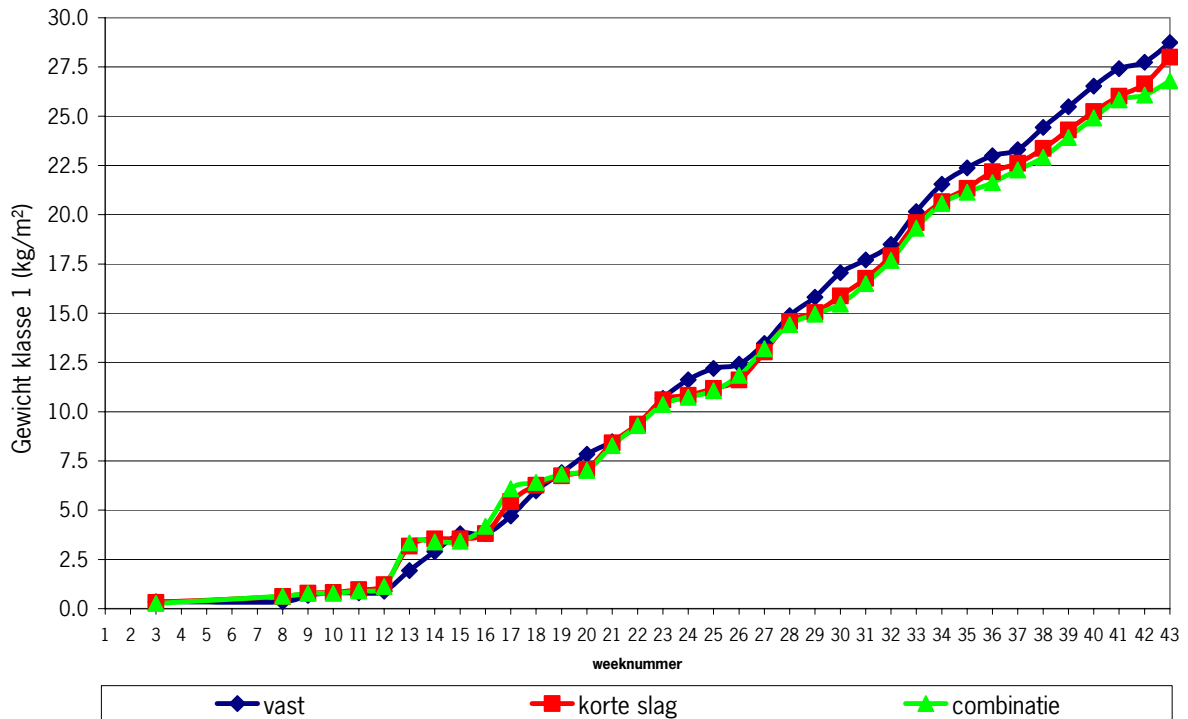


- De productie van de vaste belichting loopt bij de eerste zetsels wat achterop die van de andere systemen.
- Vanaf week 19 komt de totaal productie van de vaste belichting voor te liggen op die van de andere systemen; deze voorsprong wordt iets groter naar het einde van de teelt toe.

### 3.2.6 Klasse I en II

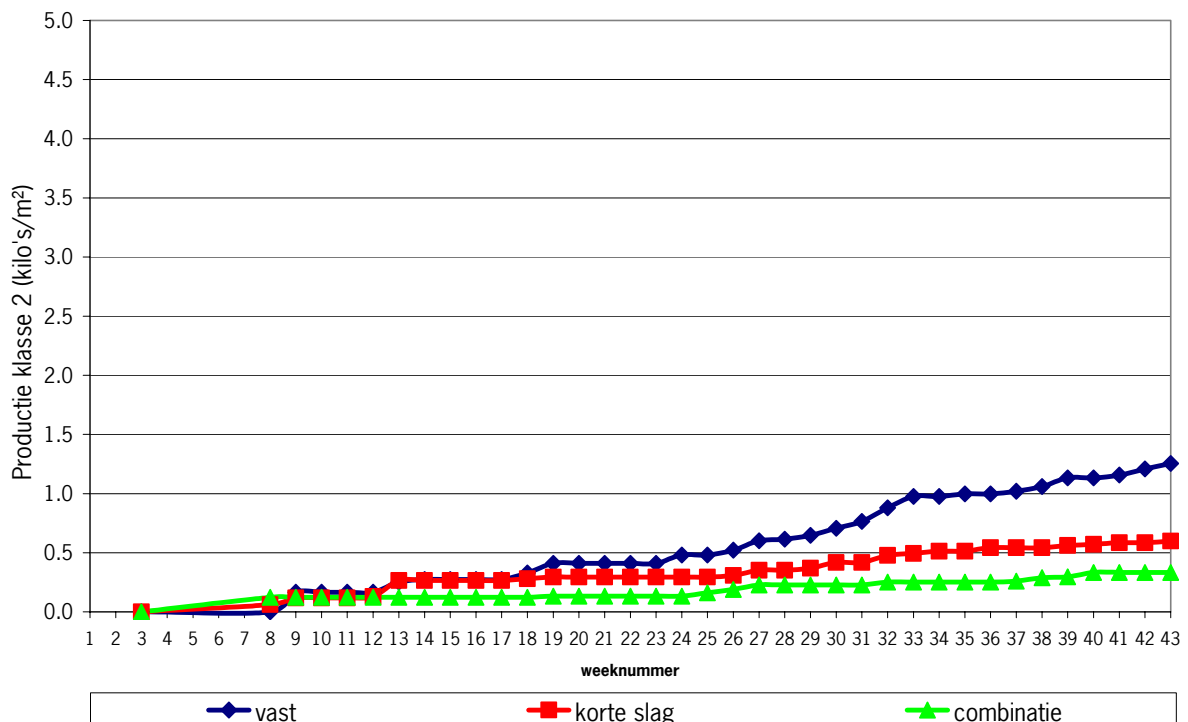
Niet alleen de totaalproductie is waargenomen, ook de klasse II vruchten zijn apart geregistreerd. Vruchten werden tot klasse II gerekend vanwege het hebben van een oortje (een euvel waar het ras Ferrari last van heeft) of vanwege zwelscheuren (met name in het eerste deel van de teelt). Vanaf de zomer hadden klasse II vruchten meestal een brandvlek (een brandvlek moest minstens 1 cm<sup>2</sup> zijn voordat de vrucht tot klasse II werd ingedeeld). Andere redenen om vruchten tot klasse II te rekenen waren er nauwelijks. De gegevens staan in bijlage 4. In figuur 9 is de productie van klasse I vruchten weergegeven, in figuur 10 de productie van de klasse II vruchten.

Figuur 9 – Kilo's klasse I vruchten per m<sup>2</sup> cumulatief



- De cumulatieve productie klasse I van de korte slag en combinatiebelichting zijn nagenoeg identiek.
- De vaste belichting heeft in het eerste deel van de teelt perioden met een iets lagere cumulatieve productie van klasse I vruchten, later heeft dit systeem een kleine voorsprong op de anderen.

Figuur 10 – Kilo's klasse II vruchten per m<sup>2</sup> cumulatief





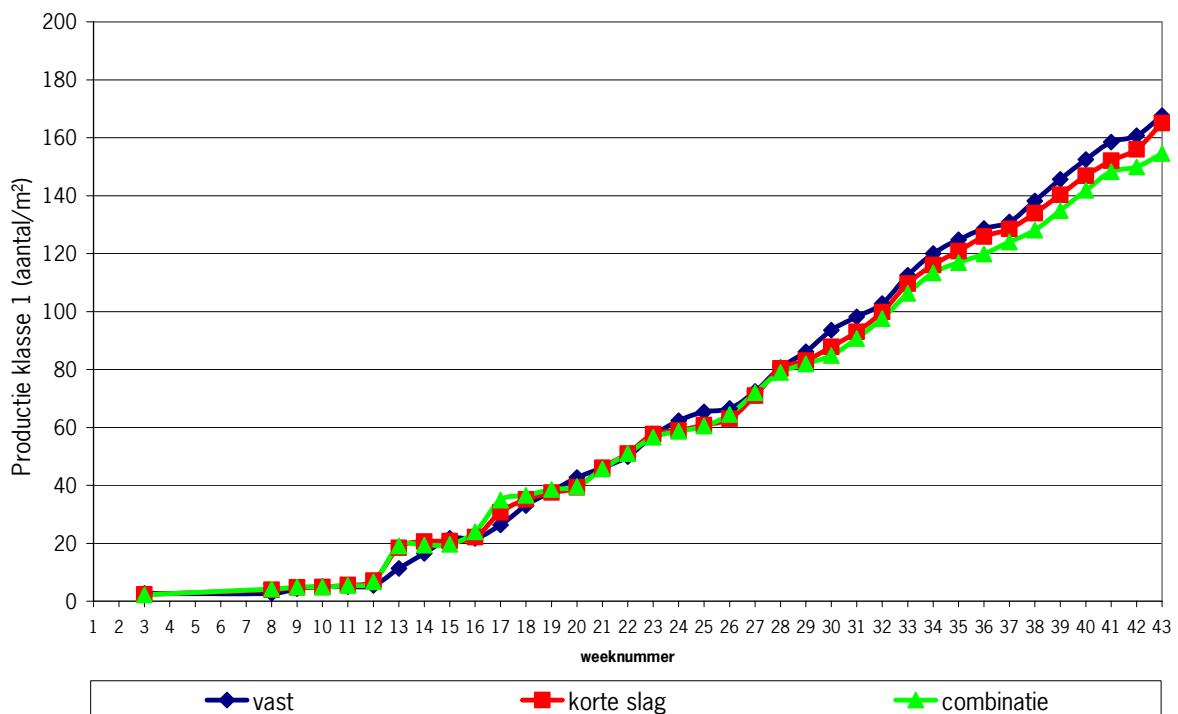
- De combinatiebelichting heeft de minste klasse II vruchten.
- Vanaf week 19 is de hoeveelheid klasse II bij de vaste belichting hoger dan bij de andere systemen; vanaf week 31 loopt dit verschil verder uit ten nadele van de vaste belichting.

De verschillen tussen de systemen in totaalproductie lijken met name te worden veroorzaakt door de 'extra' kilo's klasse II bij de vaste belichting vanaf de zomermaanden.

### 3.2.7 Gemiddeld vruchtgewicht

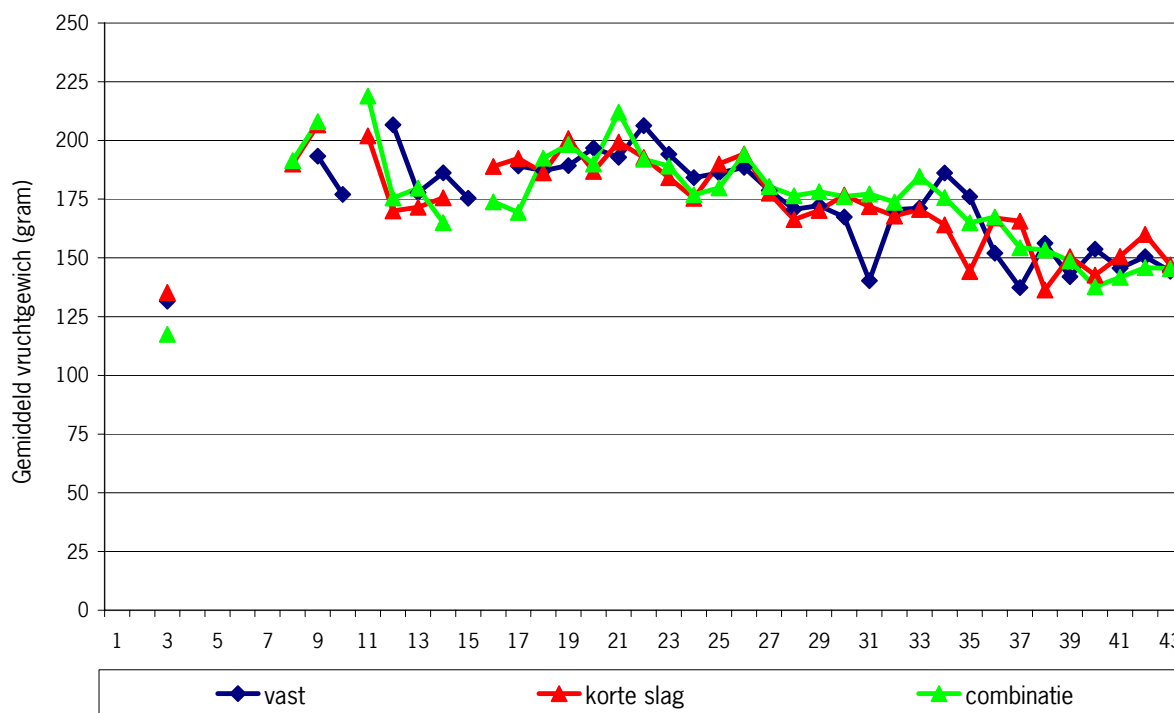
Van elke oogst aan klasse I vruchten is het aantal én het gewicht genoteerd zodat het gemiddeld vruchtgewicht kon worden berekend. Van weken zonder of met erg weinig product wordt geen gemiddeld vruchtgewicht weergegeven. De aantallen klasse I vruchten staan in figuur 11, het gemiddeld vruchtgewicht van deze klasse I vruchten in figuur 12.

*Figuur 11 – Aantal klasse I vruchten per m<sup>2</sup>*



- De aantallen klasse I vruchten verschillen nauwelijks bij de drie systemen.
- In weken 13 en 17 loopt de vaste belichting wat achter, vanaf week 29 ligt deze juist iets voor.
- Vanaf week 35 ligt de combinatiebelichting iets achter op de korte slag en vaste belichting.

Figuur 12 – Gemiddeld vruchtgewicht per week



- In week 3 zijn de groen geogste paprika's van de combinatiebelichting het lichtste, die van de vaste en korte slag belichting zijn nagenoeg even zwaar.
- Het eerste doorgekleurde zetsel van de vaste belichting is net wat lichter dan die van de vaste en korte slag belichting.
- Vanaf week 19 verschilt het gemiddeld vruchtgewicht van de diverse systemen nauwelijks.
- In week 31 zijn de planten extra nagelopen op vruchten die onderin waren gezet. Hierdoor zijn bij de vaste belichting meerdere lichte vruchten geogst die het gemiddeld vruchtgewicht verlagen.

Net als bij de kilo's klasse I vruchten geven de drie belichtingssystemen amper verschil in het aantal klasse I vruchten (zie ook figuur 9). Ook wat betreft het gemiddeld vruchtgewicht zijn er maar kleine verschillen in de systemen. Als de totaalproductie wordt berekend is het gemiddeld vruchtgewicht als volgt:

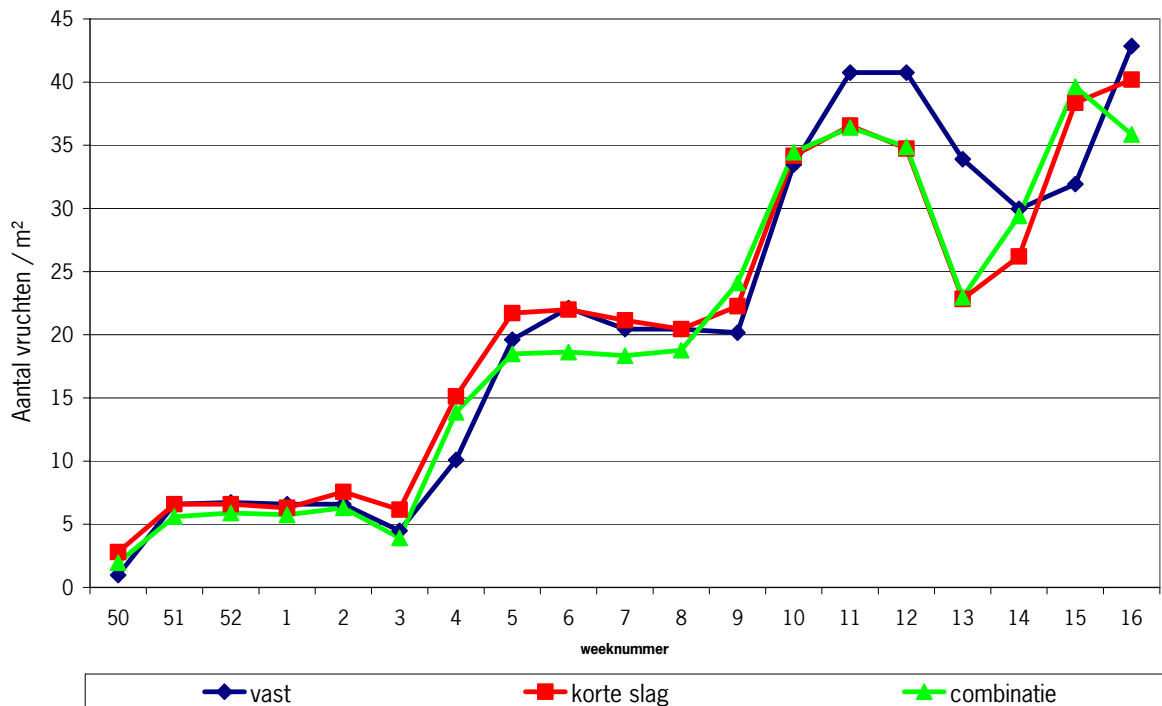
| Belichtingssysteem | gemiddeld vruchtgewicht (gram) |
|--------------------|--------------------------------|
| Vast               | 172                            |
| Korte slag         | 170                            |
| Combinatie         | 173                            |

Deze verschillen zijn dermate klein dat er geen sprake kan zijn van een effect van het belichtingssysteem op het gemiddeld vruchtgewicht (zie ook bijlage 4).

### 3.2.8 Plantbelasting

Om cijfermatig de plantbelasting te kunnen weergeven en deze zo te kunnen vergelijken met andere jaren en met die van collega's tellen of labelen veel telers de gezette vruchten van een aantal planten. Onder lichtrijke omstandigheden kan een plant meer assimilaten aanmaken en zal de plant tot meer vruchtzetting en uitgroei in staat zijn. De plantbelasting bij de belichtingssystemen wordt in figuur 13 weergegeven in stuks/m<sup>2</sup>.

Figuur 13– Plantbelasting in stuks/m<sup>2</sup> per week



- De plantbelasting verliep in de eerste weken redelijk hetzelfde bij alle systemen.
- Na de eerste rode oogst in week 3 zorgt herzetting bij de korte slag en combinatiebelichting sneller voor een hoger aantal vruchten per m<sup>2</sup> dan bij de vaste belichting.
- In weken 11, 12 en 13 lag de plantbelasting van de vaste belichting duidelijk hoger dan die van de andere systemen.

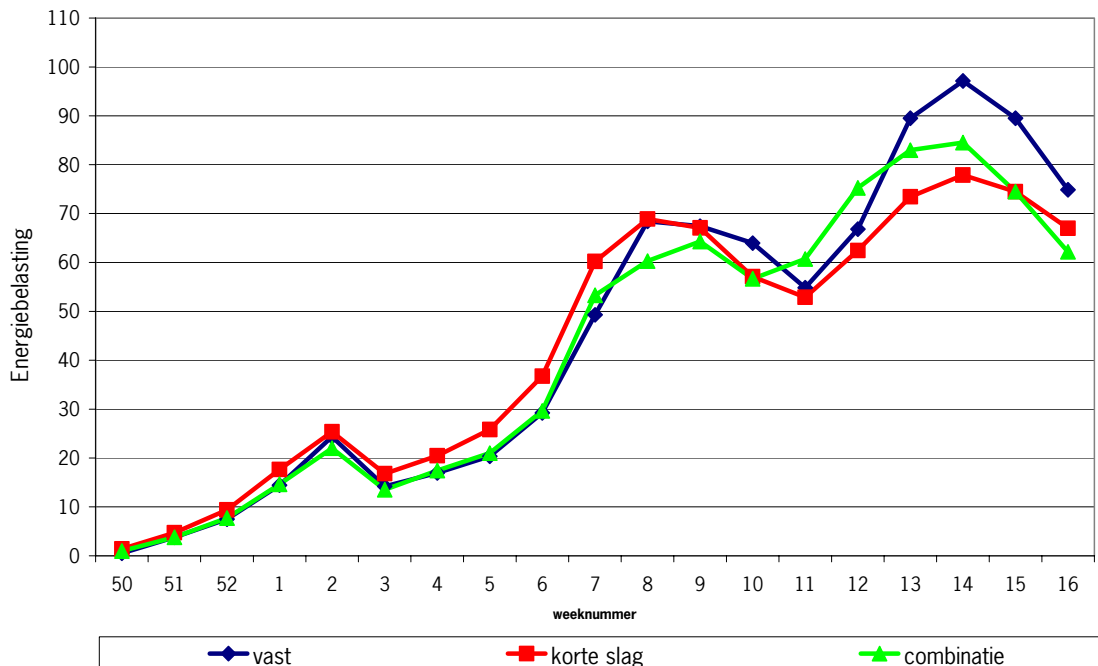
### 3.2.9 Energiebelasting

Veel telers gebruiken de gegevens van de plantbelasting (het aantal vruchten per m<sup>2</sup>) per week om tot een energiebelasting te komen. De vruchten aan de plant krijgen hierbij een gewicht mee, afhankelijk van de tijd vanaf zetting. Hierbij wordt een schaal gebruikt die een vrucht een bepaald gewicht meegeeft; veel gebruikt zijn de schaal van Prozet en die van Geert Sweere. Onderstaande tabel geeft beide schalen van energiebelasting.

| week vanaf zetting         | 1   | 2 | 3 | 4   | 5   | 6 | 7   | 8   | 9   | 10 | 11  |
|----------------------------|-----|---|---|-----|-----|---|-----|-----|-----|----|-----|
| energiebelasting Prozet    | 0.5 | 1 | 2 | 4   | 4   | 4 | 2   | 1.5 | 1   | 1  | 0.5 |
| energiebelasting G. Sweere | 2   | 4 | 4 | 3.5 | 2.5 | 2 | 1.5 | 1   | 0.5 | 0  | 0   |

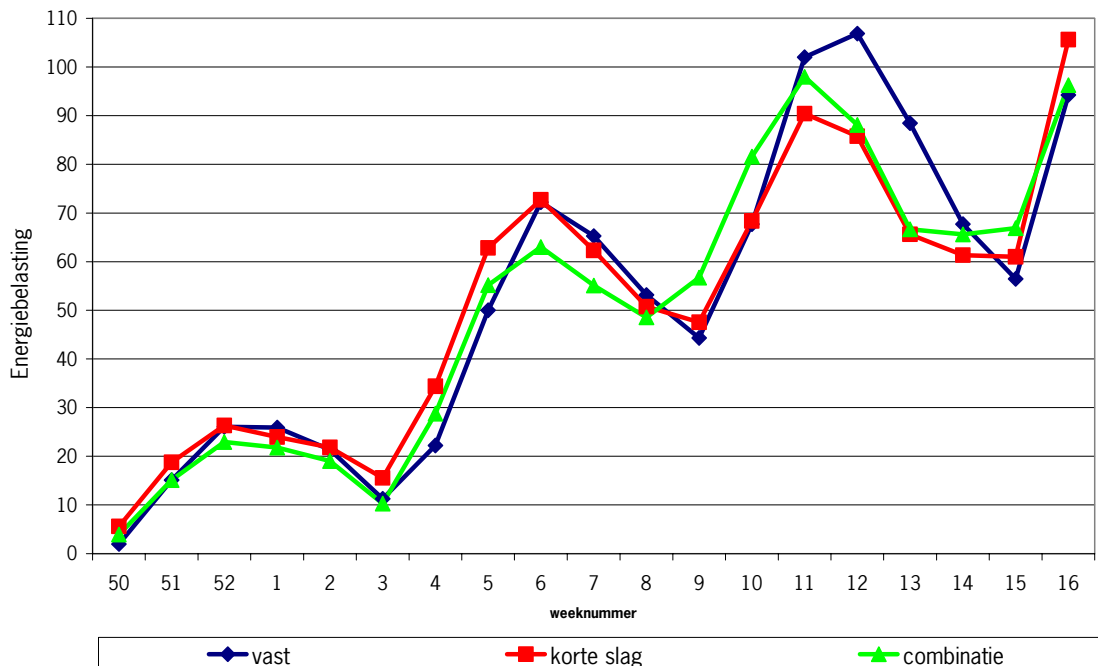
De som van het aantal vruchten aan de plant, gezet in de verschillende weken, vermenigvuldigd met het 'gewicht' geeft een energiebelasting. Uit bovenstaande tabel blijkt dat Prozet er vanuit gaat dat een vrucht rond de vijfde week na zetting het meeste vraagt van de plant, bij G. Sweere is dat al rond week 3. De energiebelasting berekend volgens Prozet wordt gegeven in figuur 14, de energiebelasting berekend volgens G. Sweere staat in figuur 15.

Figuur 14 - Energiebelasting berekend volgens Prozet



- De korte slag heeft een iets hogere energiebelasting volgens Prozet, vooral na de herzetting in week 4.
- Tijdens oogst van het eerste rode zetsel in weken 8/9 neemt de energiebelasting van de combinatiebelichting in eerste instantie het minste toe (week 8) en dan het snelste (weken 11,12).
- De vaste belichting heeft in weken 13,14,15,16 de hoogste energiebelasting.

Figuur 15 - Energiebelasting berekend volgens G. Sweere



- De energiebelasting volgens G. Sweere ligt voor de combinatiebelichting net iets lager dan voor de andere systemen t/m week 3.

- Vanaf de groene oogst in week 3 neemt de energiebelasting bij de korte slag belichting het snelste toe.
- In week 6 bereiken alle systemen een piek die voor de vaste en korte slag hoger ligt dan voor de combinatiebelichting.
- Na oogst in weken 8 en 9 neemt de energiebelasting het snelst weer toe bij de combinatiebelichting.
- De piek in plantbelasting rond weken 11, 12 ligt hoger voor de vaste en combinatiebelichting dan voor het korte slag systeem.

Vergelijk van de energiebelasting volgens Prozet en G. Sweere toont dat met de schaal van G. Sweere de energiebelasting niet alleen sneller toeneemt maar ook tot hogere waarden leidt. In week 11 wordt met de schaal van Prozet een dal in de energiebelasting bereikt, met de schaal van G. Sweere juist een piek.

### 3.2.10 Gewasbescherming

Door het toedienen van groeilicht veranderen niet alleen de klimatologische condities voor de plant maar ook voor haar belagers. Bekend is dat meeldauw een probleem kan zijn in een belichte teelt. Ook in deze proef bleek meeldauw een hardnekkige ziekte te zijn die alleen door regelmatige ruimtebehandelingen met zwavelverdamers onder controle kon worden gehouden. Spint vormde in de late zomer een probleem.

## 3.3 Economische haalbaarheid

Behalve de uitwerking van belichting op het gewas is het vanzelfsprekend ook belangrijk te weten wat de bijbehorende kosten zijn. In onderstaande berekening is uitgegaan van een praktijksituatie met 5000 lux (60  $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$ , 46  $\text{W}/\text{m}^2$  geïnstalleerd vermogen), 600 Watt lampen, 1692 uur belichten op jaarbasis en 5 ct/kWh aan elektriciteitskosten. De kosten voor elektriciteit zullen afwijken afhankelijk van het wel of niet hebben van een WKK en van de condities waaronder teruggeleverd kan worden aan het net. Als de belichtingssystemen meer branduren maken zullen de elektriciteitskosten navenant stijgen. De afschrijving is berekend over zeven jaar. Het rentepercentage is 6% op het gemiddeld geïnvesteerd vermogen, ofwel 3,5% op de investering.

|            | mobiel<br>$\text{m}^2/\text{lamp}$ | vast<br>$\text{m}^2/\text{lamp}$ | geïnstal-<br>leerd<br>vermogen<br>$\text{W}/\text{m}^2$ | investering<br>$\text{€}/\text{m}^2$ | investe-<br>rings-<br>kosten<br>$\text{€}/\text{m}^2\cdot\text{jr}$ | elektrici-<br>teits-<br>kosten<br>$\text{€}/\text{m}^2\cdot\text{jr}$ | totale<br>belichtings-<br>kosten<br>$\text{€}/\text{m}^2\cdot\text{jr}$ |
|------------|------------------------------------|----------------------------------|---|--------------------------------------|---|---|---|
| vast       | -                                  | 14.0                             | 46.1  | € 16.79                              | € 3.11  | € 3.90  | € 7.01  |
| korte slag | 14.0                               | -                                | 46.1  | € 19.54                              | € 3.81  | € 3.90  | € 7.71  |
| combinatie | 51.9                               | 19.2                             | 46.1  | € 25.77                              | € 4.96  | € 3.90  | € 8.86  |

Duidelijk is dat bewegende belichting meerkosten met zich mee brengt ten opzichte van vaste belichting. Overigens zal een energiebesparing optreden in het verwarmingsnet bij het gebruik van belichting omdat de lampen naast licht immers ook warmte produceren. De ervaring leert dat de buistemperatuur lager dan gebruikelijk is als de lampen aan zijn. Deze besparing is echter moeilijk te kwantificeren, de BCO schat het in op 2 á 3  $\text{m}^3/\text{m}^2$ .

## 4 Discussie en conclusies

### 4.1 Discussie

- Uit metingen aan de belichtingssystemen bleek dat de hoeveelheid licht bij de vaste belichting groter was dan bij de korte slag en combinatiebelichting, ondanks eenzelfde waarde in het lichtplan. De grotere hoeveelheid groeilicht bij de vaste belichting kan (deels) de oorzaak zijn van de meerproductie bij dit systeem. Ook met correctie voor deze lichtvariatie blijven de producties van de systemen weinig verschillen. De vaste belichting geeft het hoogste rendement, ook met verrekening van een eventueel lichtvoordeel.
- Tijdens de bezichtigingen en andere bijeenkomsten kwam al snel het vergelijk met een onbelichte teelt naar voren. Omdat een onbelichte teelt echter een duidelijk afwijkende zaai- en plantdatum heeft en daardoor niet in dezelfde ruimte kon worden opgenomen, is een exact vergelijk niet mogelijk. Maar het feit dat niemand een onbelichte teelt met een zaaidatum in september aandurft en dan zeker geen zetting verwacht in december geeft al aan dat een belichte teelt wél echt anders is. Al met al blijkt uit deze proeven dat een teeltvervroeging door gebruik van groeilicht zeker mogelijk is. Of jaarrond productie met deze lichtniveaus werkelijk haalbaar is met daarbij een voor de handel voldoende grote oogst in de wintermaanden zal echter nog moeten blijken.
- Omdat de oogst in het voorjaar doorgaans een hogere middenprijs heeft dan die erna, zal een vervroeging in de productie tot een hogere middenprijs leiden over de hele teelt. Of deze prijsvorming ook in de toekomst zo blijft is niet te garanderen.
- De productie van de belichte teelt (alle systemen) is zeker hoger dan die van een onbelichte teelt in dezelfde opstand. Helaas is het niet mogelijk dit verschil exact aan te geven. Bij een modernere opstand zou de eindproductie van deze proef mogelijk op een hoger niveau zijn geëindigd.
- Eind januari bleek dat de plant het met donker weer 's avonds moeilijk had (donker, getrokken), 's ochtends was de plant wel hersteld. Hieruit en uit incidentele proeven blijkt dat het langer belichten dan met de zon mee in de paprikateelt nog niet wil slagen. Dit betekent dat de investering in het belichtingssysteem niet ten volle wordt benut. Omdat het gewas in de zomermaanden door de zon wel meer en langer wordt 'belicht' (zónder nadelige gevolgen) dan in de winter door groeilicht lijkt het erop dat de paprika een duidelijk verschil ervaart tussen natuur- en groeilicht, of dat er andere factoren in het spel zijn. Pas als de werkelijke oorzaak wordt achterhaald is langer belichten op de dag mogelijk.
- Van oudsher wordt de stelregel 1% meer licht is 1% meer productie genoemd. Dit is voor een groot aantal gewasprocessen zeker waar, maar bij het gewas paprika leeft toch de gedachte dat er drempelwaarden zijn voor verschillende lichtafhankelijke acties, namelijk:
  - een waarde waarboven het gewas klaar is om te gaan zetten,
  - een waarde waarboven het gewas daadwerkelijk tot zetting overgaat,
  - een waarde waarbij abortie uitblijft.Meer onderzoek lijkt zeker zinnig, niet alleen om te zorgen dat de drempelwaarden worden gehaald, maar ook om te voorkomen dat een 'overmaat' aan groeilicht wordt gegeven als minder volstaat. Dit laatste niet alleen vanuit kostenoverweging; ook gezien de discussie over lichthinder kan het voordelen bieden om te weten dat de effectieve lichtsom voor bepaalde processen al is gegeven.
- De eerdere zetting, vroeg een kortere uitgroei duur en de eerdere en meer hozerige productie van de combinatie en de korte slag belichting hebben wellicht net te veel geleverd van het gewas. Onder de vaste belichting heeft het gewas wellicht meer kunnen investeren in het gewas en de wortels, zodat het meer inhoud kreeg en meer kracht overhield. Dit is later vertaald in meerproductie.

- In deze proef geeft de bewegende belichting van 5000 lux geen meerproductie ten opzichte van de vaste belichting met eenzelfde lichtsom. Bij toediening van duidelijk minder groeilicht (1500-2000 lux bijvoorbeeld) is mobiele belichting technisch gezien echter de enige mogelijkheid om een lichtplan op te stellen. Bij deze niveau's is het anders noodzakelijk om erg hoge opstanden of veel lampen met weinig vermogen (Watt's) te gebruiken.

## 4.2 Conclusies

- Ook met toediening van 5000 lux is het niet gelukt om zetting op een willekeurig moment in december te realiseren. Pas na enkele dagen met voldoende zonlicht was zetting een feit. Het groeilicht heeft er wel toe bij gedragen dat het gewas sterk genoeg was om de gezette vruchten te laten uitgroeien. Met toediening van groeilicht is het dus mogelijk de zetting en productie te vervroegen.
- Het gewas heeft van week 50 tot week 52 zetting gerealiseerd: één tot twee vruchten per plant. 5000 lux was echter onvoldoende om herzetting te realiseren en deze nieuwe vruchtjes te behouden. In week 3 is daarom groen geoogst om de planten met twee vruchten te ontlasten tot één vrucht per plant.
- De vaste belichting liep in eerste instantie wat achter op de andere twee systemen wat betreft zetting en productie. Vanaf week 19 was deze achterstand omgezet in een kleine voorsprong, die in het voordeel bleef van de vaste belichting. Bij de productie klasse I vruchten is eenzelfde beeld te zien, maar hier zijn de verschillen kleiner en lijkt de vaste belichting pas echt uit te lopen in week 25. Dit alles is het gevolg van de grotere hoeveelheid klasse II bij de vaste belichting, met name veroorzaakt door vruchten met brandvlekken. Een duidelijke oorzaak hiervoor is niet te geven, het klimaat bij de systemen was nagenoeg gelijk en het gewas was niet of nauwelijks anders qua opbouw.
- Tot week 15 hadden de vruchten bij de vaste belichting een langere uitgroeiduur dan die bij de andere systemen. Daarna was er geen aantoonbaar verschil meer tussen de systemen.
- Het door velen verwachtte generatieve effect van (het beweegbare deel van) de combinatiebelichting kan in deze proef moeilijk worden vastgesteld omdat de geïnstalleerde hijsinstallatie gebreken vertoonde in de sturing van de hoogte boven het gewas. De hoogte kon daarom alleen handmatig worden aangepast, een karwei dat niet haalbaar is voor enkele uren of dagen; de hoogte werd dus alleen aangepast als de gewasgroei dit noodzakelijk maakte. Generatieve stuurmogelijkheden bleven daarom uit.
- Gezien de proefopzet (in enkelvoud) zou men de productiever verschillen zoals gevonden tussen de verschillende belichtingssystemen ter discussie kunnen stellen. Statistische verwerking met het programma Genstat geeft als conclusie dat de productie van de paden van de vaste belichting betrouwbaar verschilt van die van de andere systemen. De BCO kan geen andere factor aanwijzen die dit verschil zou kunnen veroorzaken dan de wijze van toediening van het groeilicht. Wel kan het productievoordeel van de vaste belichting worden veroorzaakt door een latere zetting vroeg in de teelt waardoor het gewas onder de vaste belichting meer in boven en ondergrondse delen kon investeren wat later in rendement werd omgezet. Ook in een teelt met groeilicht kan een gewas te zwaar worden belast.
- Dit onderzoek is opgezet om te achterhalen of verschillende toedieningswijzen van eenzelfde hoeveelheid groeilicht ook een verschillend effect hebben op de groei en productie van een paprikagewas. Voor aanvang van dit onderzoek werd wel verondersteld dat mobiele belichting een gunstigere uitwerking op het gewas zou hebben doordat het dieper in het gewas doordringt. Uit de resultaten blijkt dat de bewegende belichting van 5000 lux geen meerproductie levert ten opzichte van de vaste belichting met eenzelfde lichtsom, dus het mobiel toedienen van het groeilicht geeft hier geen voordeel.

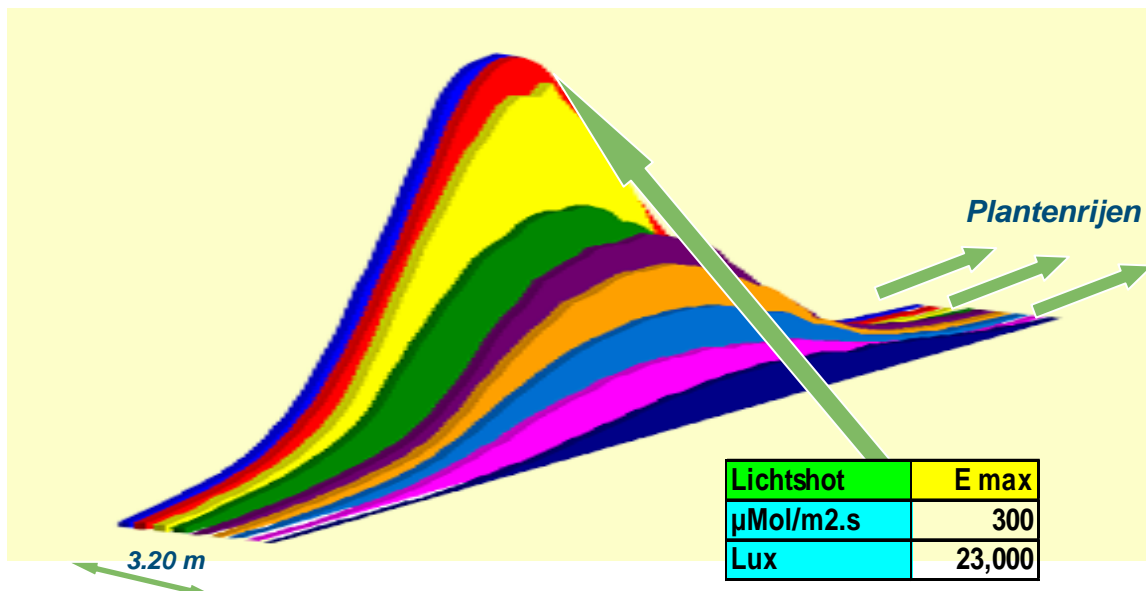
## Bijlage 1 – Lichtmetingen

Hortilux-Schröder heeft het lichtplan opgesteld waar naar is geïnstalleerd. Bij de drie belichtingssystemen zijn lichtmetingen uitgevoerd door Raymax. Omdat de combinatiebelichting voor een deel uit vaste belichting en voor een deel uit mobiele belichting bestaat zijn deze apart gemeten. De onderste rij geeft het totaal van de combinatiebelichting weer.

|             | <i>Volgens lichtplan</i> | <i>Lux</i> | <i><math>\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}</math></i> |
|-------------|--------------------------|------------|---|
| Vast        | $\pm 4950$               | 5220       | 63.5  |
| Korte slag  | $\pm 4950$               | 5000       | 60.1  |
| Combinatie: |                          |            |   |
| Vast        | $\pm 3570$               | 3600       | 43.3  |
| Mobiel      | $\pm 1350$               | 1314       | 17.1  |
| Totaal      | $\pm 4920$               | 4914       | 60.4  |

Enig verschil in de waarden in het lichtplan ten opzichte van de gerealiseerde of gemeten waarden komen in de praktijk altijd voor. Dit wordt onder andere veroorzaakt door de installatie (horizontale, waterpas ophanging) en de tolerantie in de gebruikte onderdelen (lampen, armaturen. etc).

De mobiele lampen geven een lichtshot met een grote piek in het pad waar de lampen hangen. Het is goed te realiseren dat het hierbij om een licht/warmte shot gaat. Lampen produceren nu eenmaal veel warmte en zeker bij lampen dicht bij het gewas is het effect van licht niet los te koppelen van het warmte-effect. Hieronder wordt grafisch weergegeven hoe het lichtshot is opgebouwd.





## Bijlage 2 – Licht en lichtreacties

### Licht en lichtreacties in de plantenwereld (Ir. E. van Rijssel)

De zon zendt elektromagnetische straling ofwel energie uit met alle golflengten tussen 300 en 3000 nm. De intensiteit ervan wordt gemeten in Watt/m<sup>2</sup> (=Joule/m<sup>2</sup>.seconde). Stralingsommen worden aangegeven in Joule/cm<sup>2</sup> per dag, week, maand of jaar.

Lichtmeting in Joules is afkomstig vanuit de klimaatregeling en meet de inkomende stralingsenergie, dat is ruim twee maal zoveel dan alleen licht. De stralingsenergie heeft invloed op de opwarming van de kas en de verdamping, de juiste maat dus om het klimaat te regelen.

Licht is dat deel van de elektromagnetische straling dat mensen en plant waarnemen en gebruiken. De plant gebruikt het voor zijn groei en ontwikkeling. Het wordt ook wel **groeilicht** genoemd.

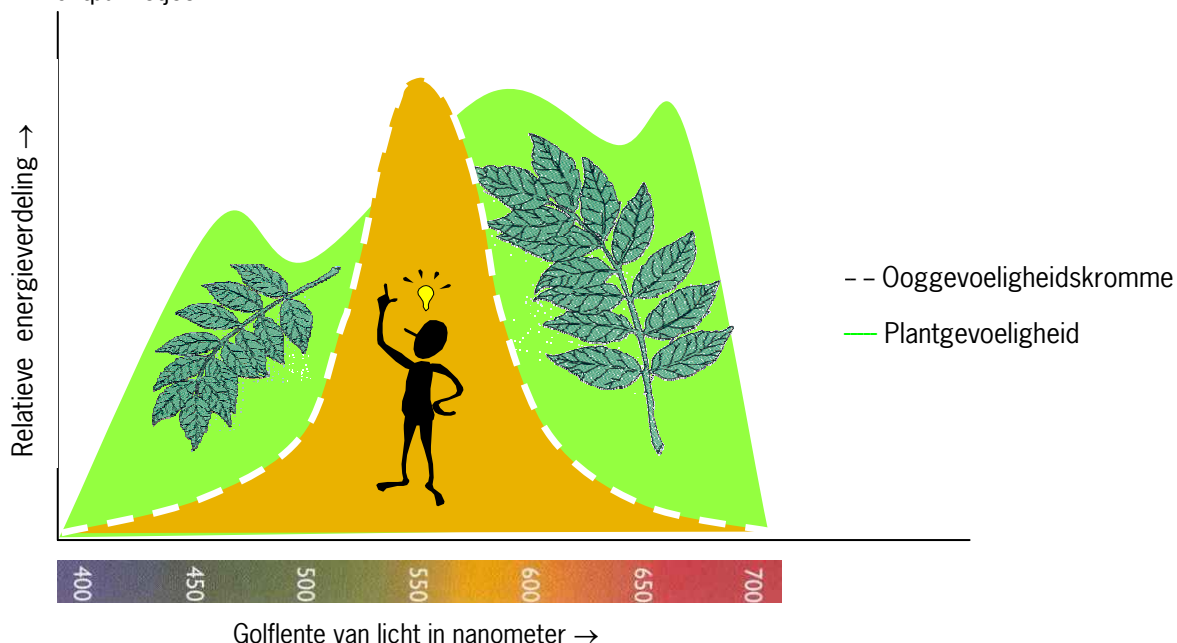
Zichtbaar licht en groeilicht vallen voor wat betreft golflengten vrijwel samen en omvatten de elektromagnetische straling met golflengten tussen ca. 400 en 700 nm, zie figuur. Naast groeilicht wordt ook gesproken over **stuurlicht**. Hierbij gaat het over effecten die al bij lage lichtintensiteiten ontstaan en met name bij golflengten van 320-450 en 600-800 nm. Soms gaat het om de absolute lichthoeveelheid (blauw), soms over de verhouding tussen lichtkleuren (rood/verrood).

### Licht en ons gezichtsvermogen

Mensen zijn voor hun gezichtsvermogen met name gevoelig voor de golflengten tussen 500 en 600 nm en voor de kleuring van de huid voor 300-400 nm. Mensen zien relatief veel in het golflengtegebied dat door vegetatie doordringt en vrij weinig in de gebieden daar buiten. De intensiteit waarmee de mens licht waarneemt wordt gemeten in lux.

### Groeilicht en plantengroei

Planten zijn voor hun groei gevoelig voor alle golflengten tussen 400 en 700 nm, ze hebben geen sterke voorkeur al zijn ze iets minder gevoelig voor de golflengten tussen 500 en 600 nm. Planten zien licht als energiepakketjes, fotonen, die ze gebruiken om water te splitsen en CO<sub>2</sub> te binden. Ze gebruiken de pakketjes ongeacht hun lichtkleur voor steeds hetzelfde proces en gebruiken daarvoor diverse pigmenten zoals chlorofyl a en b, caroteen en phycocyanine met elk een wat verschillend absorptiespectrum. De absorptiespectra van deze pigmenten samen 'vullen' het hele golflengtegebied tussen 400 en 700 zodanig dat er weinig verschil is in CO<sub>2</sub> binding bij de verschillende golflengtes. De intensiteit zoals de plant daarop reageert wordt uitgedrukt in mol/m<sup>2</sup>.seconde of micromol/m<sup>2</sup>.seconde, een maat voor het aantal lichtpakketjes.



## Bijlage 3 – Opmerkingen gewas

De opmerkingen gemaakt door de BCO tijdens de gewasbeoordelingen staan hieronder vermeld.

|               | <b>vaste belichting<br/>5000 lux</b>   | <b>korte slag<br/>5000 lux</b>   | <b>combinatie belichting<br/>5000 lux</b>   |
|---------------|--|--|---|
| <b>31 dec</b> | Iets groeiiger dan de korte slag, met meer knopruï. De balans in het gewas is beter dan bij de combinatie. Het gewas is het meest gelijkmatig dus het beste te sturen. Oortjes worden gesignaleerd. De plantkop is platter (horizontaler) dan bij de andere behandelingen en het lijkt koeler te zijn; de dataloggers van Jan Bos kunnen uitsluitend geven betreffende de gerealiseerde temperatuur. | De kop is sterk, er is meer kop, plant is generatief, heeft meer kracht. Er is een mooie balans, met mooie vruchten. Aanwezigen vinden dit gewas er het mooiste / beste uitzien.   | Kop is wat fijn en heeft wat spits blad. De plant staat generatief.   |
| <b>31 dec</b> | Algemeen: zetting is niet te forceren, met behulp van lampen kan alleen gezorgd worden dat de plant er klaar voor is.  |  |   |
| <b>21 jan</b> | De kop is vergelijkbaar met korte slag, maar lijkt stugger (toont donkerder). De kop is dunner dan bij de combinatie 5000 lux.   | Hier verloopt de zetting het gemakkelijkst. Het gewas staat mooier dan bij de combinatie 5000 lux; er is meer regelmaat. Wel is de kop wat dunner dan bij de combinatie en heeft de kop wat minder inhoud.   | Op beide takken zetting, toch wisselend aantal vruchten per plant. Plant heeft voldoende inhoud, staat generatief.  |
| <b>11 feb</b> | Het gewas lijkt wat korter dan bij de andere 5000 lux systemen. Hier wordt het meest gelijke gewas gezien, het is iets minder sterk (minder generatief) dan de anderen.  | Hier is de (eerste) zetting iets eerder tot stand gekomen dan bij de andere 5000 lux behandelingen en is het tweede zetsel verder. Het gewas heeft een sterke kop, is gelijk en heeft meer over. Hier hangen meer bonte vruchten, dit systeem zal het eerste zijn wat betreft oogst. | Eerste zetting gelijkmatig. Plant heeft belasting, staat wat dun. Vruchten komen er begin maart snel af. Het gewas is erg generatief, heeft zware bloemen (ook hoog in de kop). Grote verschillen tussen de paden. De plant krijgt het nog zwaar gezien de hoeveelheid gezette vruchten. Ook al is Ferrari ongevoelig voor zwelscheuren, toch worden ze gesignaleerd. |
| <b>11 feb</b> | Algemeen: Bij de systemen wordt nu een voornacht aangehouden van 17.5°C (2 uur). De komende tien dagen wordt weinig tot geen zetting verwacht.   |  |   |
| <b>03 mrt</b> | De vruchten die aan de plant hangen zijn langwerpig. Hier was de zetting snel, vergelijkbaar met de korte slag. De oogst is duidelijk later. Deze vertraging komt tot uiting in vruchten met zwelscheuren.   | Deze behandeling blijft iets eerder en sneller. De vruchten lijken grover dan bij de combinatie belichting. Het ziet er erg mooi uit.  | Het gewas wordt gelijk dan het was door de zetting/ belasting. Het tweede zetsel is wat fijn.   |
| <b>03 mrt</b> | Algemeen advies: de etmaaltemperatuur met 0.7°C te verhogen door 's ochtends eerder op te stoken.  |  |   |
|               |  |  |   |

|                 |   |   |  |
|-----------------|---|---|--|
| <b>31 mrt</b>   | Dit gewas lijkt weer wat korter. De productie en zetting is één week later dan bij de andere 5000 lux systemen. Het gewas is minder groeierig dan de korte slag, Het staat wel generatief, maar er is nog geen zetting.   | Deze behandeling is iets verder met de zetting. Het gewas staat er mooi op, het heeft dikkere stelen en is meer mans, heeft meer kracht.  | Lang gewas, meer scheutgroei en zetting: de vruchten zijn er eerder af geoogst en dit is te zien. De vruchten hebben een hoge uitgroeisnelheid. De opeenvolging van de zetsels is traag: er is een groot 'gat' tussen de volgroeide vruchten en de nieuwe zetting. |
| <b>31 mrt</b>   | Algemeen: bij de systemen wordt een voornacht aangehouden van 18°C, de etmaaltemperatuur is 21.9 °C.  |   |  |
| <b>14 april</b> | Dit gewas is korter, trager en er zijn minder jonge vruchten dan bij de andere 5000 lux behandelingen. Dikke stengels, de bloemen zitten erg hoog in de kop. Oppassen dat de vegetatieve groei er niet uitgaat, maar nadat de nu bonte vruchten geoogst zijn zal herstel wel plaats vinden. | Snel gewas in vergelijking met combinatie en kop nog iets dikker. Meer scheutgroei, koppen komen goed door. Bloemen lijken iets lichter (?) zitten hoog. Blad moet komende tijd goed afgemaakt worden voor voldoende vulling. Teler vindt dit het prettigste gewas om in te werken, het is eerder wat betreft groei, zetting etc. | Krachtig gewas, generatief, knoppen hoog.  |
| <b>05 mei</b>   | Laatste in zetting van 5000 lux systemen. Nog veel abortie. De plantbelasting is hoog, minste qua zetting. Opvallend: plant is nog niet bezig met zetting terwijl alles als hardgroen is. Wel bekend: hozerig gewas geeft meestal de hoogste productie – we blijven het volgen!             | Minder vruchten/zetting boven in het gewas. De vruchten lijken langer (de combinatie geeft meer geblokte vrucht). Gemiddeld minder groei.   | Dit gewas is duidelijk aan het herstellen. Het gewas is in balans en er vindt zetting plaats. De vruchten zijn grof.   |
| <b>30 juni</b>  | Mooiste wat continuïteit betreft zowel in regelmaat als in zetting. Sterke kop, iets minder blad bovenin dan korte slag. Mooi in balans.  | Dikkere kop, veel vruchten! Hogere plantbelasting. Regelmatiger dan combinatie.   | Mooi gestapeld, iets dunne kop, iets fijne vrucht. Wat afgedragen gewas. Er worden wat brandvlekken gesignaleerd, maar niet meer dan bij andere systemen.  |
| <b>08 sept</b>  | Erg veel grote vruchten.  | Iets langer gewas (niet overal). Vergelijkbaar met de combinatie belichting. Er hangen veel hard groene vruchten aan.   | Goed volume, kilo's, geblokt. Slechts enkele takken met weinig vruchten. Uniformer belasting per tak.  |

## Bijlage 4 – Productiegegevens

Hieronder een samenvatting van de productiegegevens van de velden en paden belicht met 5000 lux (van de paden alleen de totaalproductie). Als laatste kolom is toegevoegd de productie van velden onder mobiele belichting met 1800 lux. Deze behandeling stond in dezelfde afdeling als die met 5000 lux. Klimatologische teelthandelingen zijn steeds uitgevoerd ten gunste van de 5000 lux systemen. De cumulatieve productie cijfers van de 1800 lux vakken geven daardoor slechts een indicatie van wat mogelijk is.

|         | Totaal productie – cumulatief (kg/m <sup>2</sup> ) |            |            |                     |            |            | Klasse II – cumulatief (kg/m <sup>2</sup> ) |            |            | Gemiddeld vruchtgewicht per week |            |            | Totaal productie |
|---------|--|------------|------------|---------------------|------------|------------|---|------------|------------|----------------------------------|------------|------------|------------------|
|         | Waarnemingen paden                                 |            |            | Waarnemingen velden |            |            | vast  | korte slag | combinatie | vast                             | korte slag | combinatie | velden 1800 lux  |
|         | vast   | korte slag | combinatie | vast                | korte slag | combinatie |   |            |            |                                  |            |            |                  |
| week 3  | 0.30   | 0.30       | 0.30       | 0.35                | 0.32       | 0.26       | 0.00  | 0.00       | 0.00       | 132                              | 135        | 118        | 0.00             |
| week 7  | 0.31   | 0.33       | 0.33       | 0.38                | 0.32       | 0.26       | 0.00  | 0.00       | 0.00       | *                                | *          | *          | 0.00             |
| week 8  | 0.42   | 0.61       | 0.57       | 0.38                | 0.68       | 0.76       | 0.00  | 0.06       | 0.12       | *                                | 190        | 191        | 0.00             |
| week 9  | 0.78   | 0.82       | 0.77       | 0.87                | 0.91       | 0.91       | 0.17  | 0.12       | 0.12       | 193                              | 207        | 208        | 0.00             |
| week 10 | 0.93   | 0.92       | 0.89       | 1.00                | 0.94       | 0.91       | 0.17  | 0.12       | 0.12       | 177                              | *          | *          | 0.47             |
| week 11 | 1.01   | 1.11       | 1.14       | 1.00                | 1.08       | 1.03       | 0.17  | 0.12       | 0.12       | *                                | 202        | 219        | 0.48             |
| week 12 | 1.16   | 1.31       | 1.45       | 1.08                | 1.36       | 1.25       | 0.17  | 0.13       | 0.12       | 207                              | 170        | 176        | 0.78             |
| week 13 | 3.01   | 3.24       | 3.18       | 2.22                | 3.44       | 3.46       | 0.25  | 0.27       | 0.12       | 178                              | 172        | 180        | 1.44             |
| week 14 | 3.69   | 3.70       | 3.48       | 3.20                | 3.81       | 3.51       | 0.27  | 0.27       | 0.12       | 186                              | 176        | 165        | 1.95             |
| week 15 | 4.10   | 3.91       | 3.68       | 4.11                | 3.81       | 3.55       | 0.27  | 0.27       | 0.12       | 175                              | *          | 140        | 2.58             |
| week 16 | 4.21   | 4.09       | 4.01       | 4.11                | 4.08       | 4.30       | 0.27  | 0.27       | 0.12       | *                                | 189        | 174        | 2.91             |
| week 17 | 5.58   | 5.63       | 5.68       | 5.02                | 5.70       | 6.21       | 0.27  | 0.27       | 0.12       | 189                              | 192        | 169        | 3.70             |
| week 18 | 6.39   | 6.54       | 6.46       | 6.34                | 6.53       | 6.54       | 0.33  | 0.28       | 0.12       | 187                              | 186        | 193        | 4.59             |
| week 19 | 7.35   | 7.26       | 6.99       | 7.35                | 7.00       | 6.95       | 0.41  | 0.29       | 0.13       | 189                              | 201        | 198        | 5.66             |
| week 20 | 8.08   | 7.78       | 7.44       | 8.28                | 7.34       | 7.14       | 0.41  | 0.29       | 0.13       | 197                              | 187        | 190        | 6.59             |
| week 21 | 8.80   | 8.76       | 8.57       | 8.92                | 8.68       | 8.40       | 0.41  | 0.29       | 0.13       | 193                              | 199        | 212        | 6.97             |
| week 22 | 9.53   | 9.73       | 9.54       | 9.73                | 9.64       | 9.43       | 0.41  | 0.29       | 0.13       | 206                              | 193        | 192        | 7.52             |
| week 23 | 11.26  | 11.40      | 10.97      | 11.11               | 10.87      | 10.49      | 0.41  | 0.29       | 0.13       | 194                              | 184        | 189        | 8.89             |
| week 24 | 12.39  | 12.18      | 11.81      | 12.14               | 11.10      | 10.86      | 0.48  | 0.29       | 0.13       | 184                              | 175        | 177        | 9.55             |
| week 25 | 13.03  | 12.59      | 12.27      | 12.71               | 11.44      | 11.21      | 0.48  | 0.29       | 0.16       | 186                              | 190        | 180        | 10.53            |

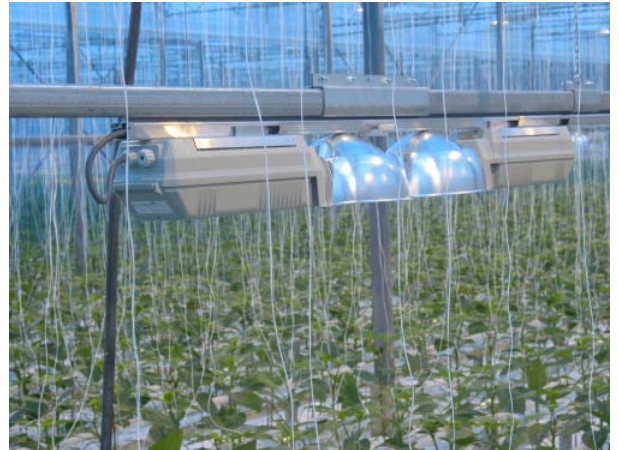
|          | Totaal productie – cumulatief (kg/m <sup>2</sup> ) |       |       |                     |       |       | Klasse II - cumulatief (kg/m <sup>2</sup> ) |            |                 | Gemiddeld vruchtgewicht per week |            |                 | Totaal productie   |
|----------|--|-------|-------|---------------------|-------|-------|---|------------|-----------------|----------------------------------|------------|-----------------|--------------------|
|          | Waarnemingen paden                                 |       |       | Waarnemingen velden |       |       | vast  | korte slag | combi-<br>natie | vast                             | korte slag | combi-<br>natie | velden<br>1800 lux |
| week 26  | 13.52  | 13.08 | 12.94 | 12.97               | 11.89 | 12.03 | 0.52  | 0.31       | 0.19            | 189                              | 194        | 194             | 10.99              |
| week 27  | 14.74  | 14.41 | 14.14 | 14.09               | 13.35 | 13.41 | 0.60  | 0.35       | 0.23            | 179                              | 178        | 180             | 11.29              |
| week 28  | 16.54  | 16.26 | 15.87 | 15.52               | 14.91 | 14.65 | 0.61  | 0.35       | 0.23            | 171                              | 166        | 177             | 12.42              |
| week 29  | 17.88  | 17.33 | 16.91 | 16.49               | 15.38 | 15.17 | 0.65  | 0.37       | 0.23            | 172                              | 170        | 178             | 13.60              |
| week 30  | 18.80  | 18.20 | 17.78 | 17.79               | 16.27 | 15.68 | 0.71  | 0.42       | 0.23            | 167                              | 177        | 176             | 15.22              |
| week 31  | 19.31  | 18.71 | 18.38 | 18.49               | 17.16 | 16.72 | 0.76  | 0.42       | 0.23            | 140                              | 172        | 177             | 16.21              |
| week 32  | 20.36  | 19.82 | 19.55 | 19.40               | 18.37 | 17.93 | 0.88  | 0.48       | 0.25            | 171                              | 168        | 174             | 16.94              |
| week 33  | 22.41  | 21.74 | 21.10 | 21.16               | 20.06 | 19.55 | 0.98  | 0.49       | 0.25            | 171                              | 171        | 185             | 18.05              |
| week 34  | 23.51  | 22.71 | 22.21 | 22.55               | 21.14 | 20.81 | 0.98  | 0.51       | 0.25            | 186                              | 164        | 176             | 19.55              |
| week 35  | 24.04  | 23.29 | 22.87 | 23.40               | 21.83 | 21.38 | 1.00  | 0.51       | 0.25            | 176                              | 144        | 165             | 20.46              |
| week 36  | 24.61  | 23.83 | 23.55 | 24.02               | 22.69 | 21.87 | 1.00  | 0.54       | 0.25            | 152                              | 167        | 167             | 20.94              |
| week 37  | 25.29  | 24.45 | 24.14 | 24.35               | 23.13 | 22.52 | 1.02  | 0.54       | 0.26            | 137                              | 166        | 154             | 21.37              |
| week 38  | 26.20  | 25.27 | 24.87 | 25.52               | 23.87 | 23.19 | 1.06  | 0.54       | 0.29            | 156                              | 136        | 153             | 22.01              |
| week 39  | 27.53  | 26.47 | 25.94 | 26.64               | 24.83 | 24.21 | 1.13  | 0.56       | 0.30            | 142                              | 151        | 149             | 23.69              |
| week 40  | 28.43  | 27.46 | 26.88 | 27.70               | 25.78 | 25.23 | 1.13  | 0.57       | 0.33            | 154                              | 143        | 138             | 24.79              |
| week 41  | 28.90  | 27.95 | 27.44 | 28.60               | 26.57 | 26.15 | 1.16  | 0.59       | 0.33            | 146                              | 151        | 142             | 25.70              |
| week 42  | 29.43  | 28.56 | 28.02 | 28.98               | 27.19 | 26.39 | 1.21  | 0.59       | 0.33            | 151                              | 160        | 146             | 25.87              |
| 42 groen |  |       |       | 29.36               | 27.64 | 26.81 |   |            |                 |                                  |            |                 | 26.30              |
| week 43  | 31.86  | 30.73 | 30.00 | 30.52               | 29.24 | 27.94 | 1.26  | 0.60       | 0.33            | 144                              | 147        | 145             | 27.15              |
| 43 bont  |  |       |       | 31.80               | 30.61 | 29.23 |   |            |                 |                                  |            |                 | 28.57              |

## Bijlage 5 – Foto's gewas

Vanaf de start van de teelt zijn met regelmaat foto's genomen. Hieronder een impressie van het gewas door het seizoen heen.



Week 49, 2003: de combinatiebelichting met een duidelijke optische weergave van het lichtshot.



Week 49, 2003: het mobiele deel van de combinatiebelichting.



Week 51, eerste zetting gerealiseerd



Week 3: eerste vrucht groen geoogst met behoud van één vrucht per plant.



Week 3: vaste belichting.



Week 3: korte slag belichting.



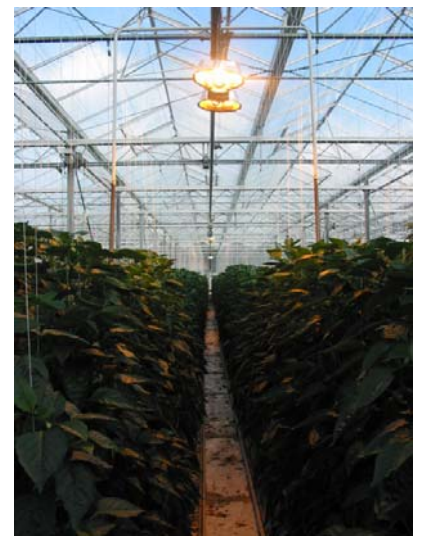
Week 3: combinatiebelichting.



Week 19: vaste belichting.



Week 19: korte slag belichting.



Week 19: combinatiebelichting.



Week 26: nog veel paprika's te oogsten in het vaste systeem.



Week 37: de lampen inmiddels te dicht op het gewas waar door het groeilicht niet meer kan worden toegediend.