Stuurbare LED belichting in de praktijk

Wat kan je er allemaal mee?

Sander Hogewoning
Plant Lighting B.V.

Lisanne Helmus-Schuddebeurs
Delphy IC

07 juni 2023

Energiekevent

Inhoud

- Introductie stuurbare LED
  - Wat is er mogelijk?
  - Dimmen en sturen op lichtsom voor lagere elektrakosten per mol belichting
  - Biologische klok gewas
  - Kleurenspectrum en sturen per kleur

- Voorbeelden toepassing per gewas
  - Lelie
  - Komkommer
  - Chrysant
  - Tomaat

- Afsluiting en vragen

Van SON-t naar LED naar stuurbare LED

- SON-T: vaste lichtintensiteit, eventueel schakelbaar in aantal zones (rijen/dambord)
  - Na uitschakelen wachttijd voor opnieuw aanschakelen
  - Lagere efficiëntie (µmol/W) gedurende enige tijd na aanschakelen
  - Dus niet te vaak aan en uit schakelen
  - Vast spectrum

- LED: schakelbaar in zones (net als SON-T) of dimbaar
  - Efficiëntie direct hoog na aanschakelen
  - Mogelijkheid om traploos en ‘oneindig vaak’ te dimmen (mits dimbare uitvoering)
  - In gedimde stand is efficiëntie hoger (want minder warme LED’s)
  - Keuze in spectrum.
  - Mogelijkheid sturing van spectrum door kanalen met verschillende typen LEDs apart te sturen

Dimbaar en stuurbaarheid spectrum zit wel een prijskaartje aan. Dus afwegen of het voldoende oplevert voor jouw gewas en doelstellingen.

Plant Lighting

Voordelen dimmen intensiteit

- Snel met belichting inspelen op veranderingen in daglicht
  - vooral schaduwgewassen hebben voordeel bij een gelijkmatige lichtintensiteit
- Snel met belichting inspelen op veranderingen in elektraprijzen
  - Door meer capaciteit belichting te installeren kan je de gewenste lichtsom halen door te dimmen als elektra duur is en meer te belichten op de goedkopere uren. Dan wel grotere investering in lampen.
  - Bij goedkope stroom overdag (zon) benut het gewas de belichting wel minder goed:
    - afvlakking van de licht-respons curve
    - minder CO_2 door luchten.
    - dus meer lichtsom nodig voor eenzelfde resultaat…
- Dimmen op dure uren kan je plantkundig gezien waarschijnlijk goed maken. Uitzetten (2e nacht) op dure uren moet je mee oppassen.

Voorbeeld sturen op lichtsom en dimmen op uren met dure elektra

Tijd	Belichting (µmol/m²/s) stabiel	Belichting (µmol/m²/s) overcapaciteit	Lichtsom (mol/m²/uur) stabiel	Lichtsom (mol/m²/uur) 0vercapaciteit
00:00	185	260	0.666	0.936
01:00	185	260	0.666	0.936
02:00	185	260	0.666	0.936
03:00	185	260	0.666	0.936
04:00	185	260	0.666	0.936
05:00	185	260	0.666	0.936
06:00	185	130	0.666	0.468
07:00	185	40	0.666	0.144
08:00	185	40	0.666	0.144
09:00	185	40	0.666	0.144
10:00	185	40	0.666	0.144
11:00	185	260	0.666	0.936
12:00	185	260	0.666	0.936
13:00	185	260	0.666	0.936
14:00	185	260	0.666	0.936
15:00	185	260	0.666	0.936
16:00	185	130	0.666	0.468
17:00	185	40	0.666	0.144
18:00	0	0	0	0
19:00	0	0	0	0
20:00	0	0	0	0
21:00	0	0	0	0
22:00	0	0	0	0
23:00	0	0	0	0
Lichtsom =			12.0	12.0

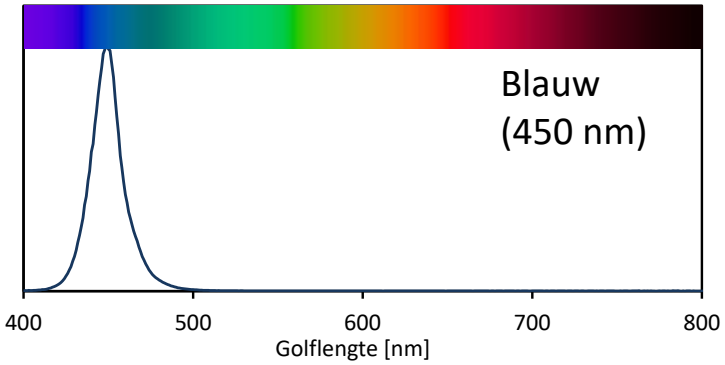
- 260 i.p.v. 185 µmol belichting en dimmen op ’dure uren’: beide situaties zelfde lichtsom.
- Je kan ook varieren tussen dagen. Bijvoorbeeld meer belichten in weekenden en minder op maandag en vrijdag.
- Lampen helemaal uit (‘2e nacht’) tussen bijvoorbeeld 6 en 9 uur niet zomaar doen.

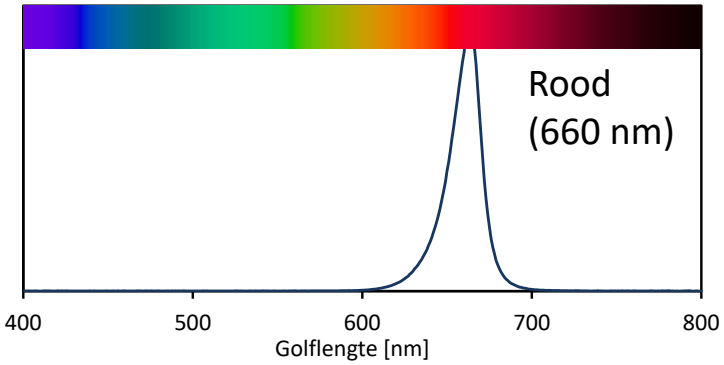
Verstoring bioritme door ‘2e nacht’?

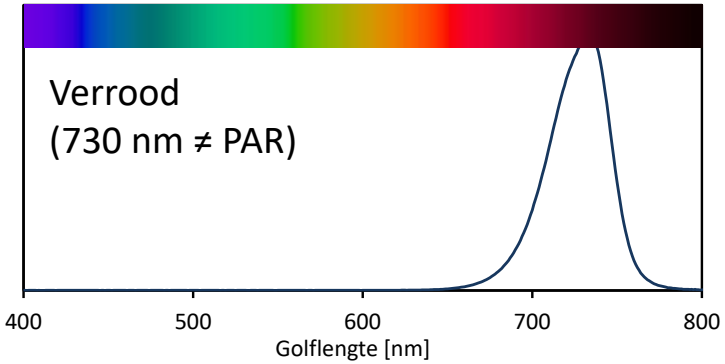
- 24 uur belichting geeft ernstige schade bij bepaalde gewassen. Schade kan zeer heftig zijn.
- Schade ontstaat bij te lange daglengte door verstoring van het bioritme.
- 6 uur licht/donker/licht/donker geeft vergelijkbare schade bij tomaat.
- Effect korte ‘2e nacht’ van enige uren niet bekend. Dus niet zomaar doen…

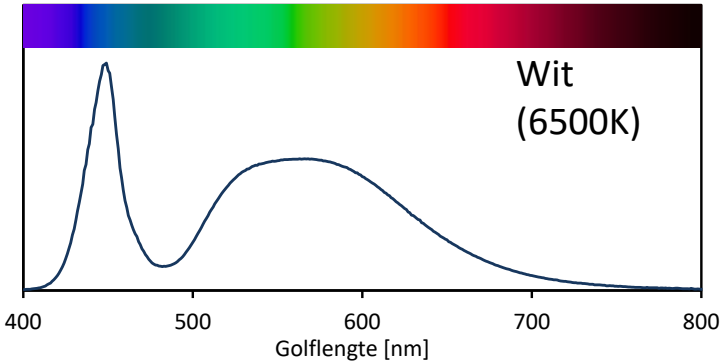
Schade door verstoring bioritme tomaat

Vier typen LED worden vrij standaard gebruikt in LED-armaturen voor de tuinbouw









- Rode LED meest efficient (~3.8 µmol/J). Blauw minder efficient (~2.7 µmol/J), maar nodig voor een gezond gewas.
- Een witte LED (~2.6 µmol/J) is een blauwe LED met een fosforcoating die een gedeelte van het blauw omzet in groen en rood licht. Groen is fijn voor werkbaarheid. En wit levert dus ook een aandeel blauw.
- Verrood valt buiten het PAR, maar draagt wel nog iets bij aan de fotosynthese (minder dan bijvoorbeeld rood). Voor sturing bloei of plantvorm is verrood bij sommige gewassen noodzakelijk.
- Ideaal spectrum hangt af van gewas en doelstelling tuinder. Effect lichtspectrum verschilt sterk tussen gewassen.

Kalanchoe (korte-dag plant): voorbeeld effecten lichtspectrum

Project ‘Energiezuinig belichten bloeiende potplanten’ in klimaatcellen Plant Lighting 2021-2022

Wens: Goede groei en bloei, laag elektragebruik, compacte groei zonder groeiremmers

Wat valt op?

- Meer blauw licht geeft compactere plant.
- Geen verrood verstoort normale bloei bij bepaalde rassen.

Effecten van het spectrum van licht verschillen sterk tussen gewassen en soms ook rassen!

Effect verrood licht op bladkrulling komkommer cv. Amaranta

Bijbelichting 75 µmol/m²/s PAR
LED rood/blauw

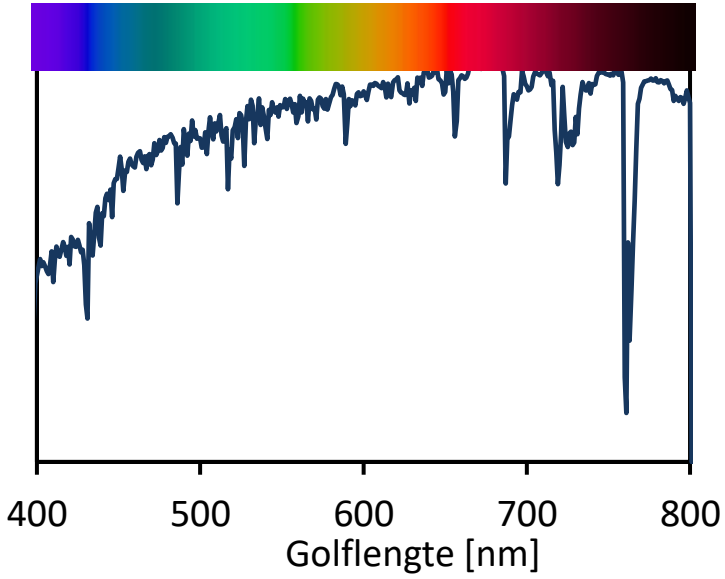
Bijbelichting 75 µmol/m²/s PAR
LED rood/blauw/verrood

- Forse bladkrulling onder LED rood/blauw, toevoeging verrood lost probleem op.

Onderzoek Plant Lighting in kas Plantenkwekerij van der Lugt in december 2011

LED met aanstuurbaar spectrum

- De verschillende LED's (rood, blauw, wit, verrood) kunnen onafhankelijk van elkaar aangestuurd worden, als de armatuur daartoe uitgerust is.
- Bij voldoende daglicht kunnen blauw, wit en verrood worden uitgeschakeld, zodat alleen met de meest efficiënte rode LED's belicht wordt.
- Puur verrood aan het begin van de nacht kan lengte sturen.
- Sturen van het lichtspectrum per gewasstadium kan interessant zijn.
- Als er gewerkt wordt in de kas, zou het aandeel wit verhoogd kunnen worden door rood te dimmen (beoordeling bloemkleur etc.).



Daglicht-spectrum. Daarin zitten alle kleuren van de regenboog.

Voorbeeld komkommer

Behoefte aan verrood?

- Voor komkommer is verrood in het spectrum een must! Anders extreme bladkrulling.

Foto uit 2009 door Govert Trouwborst

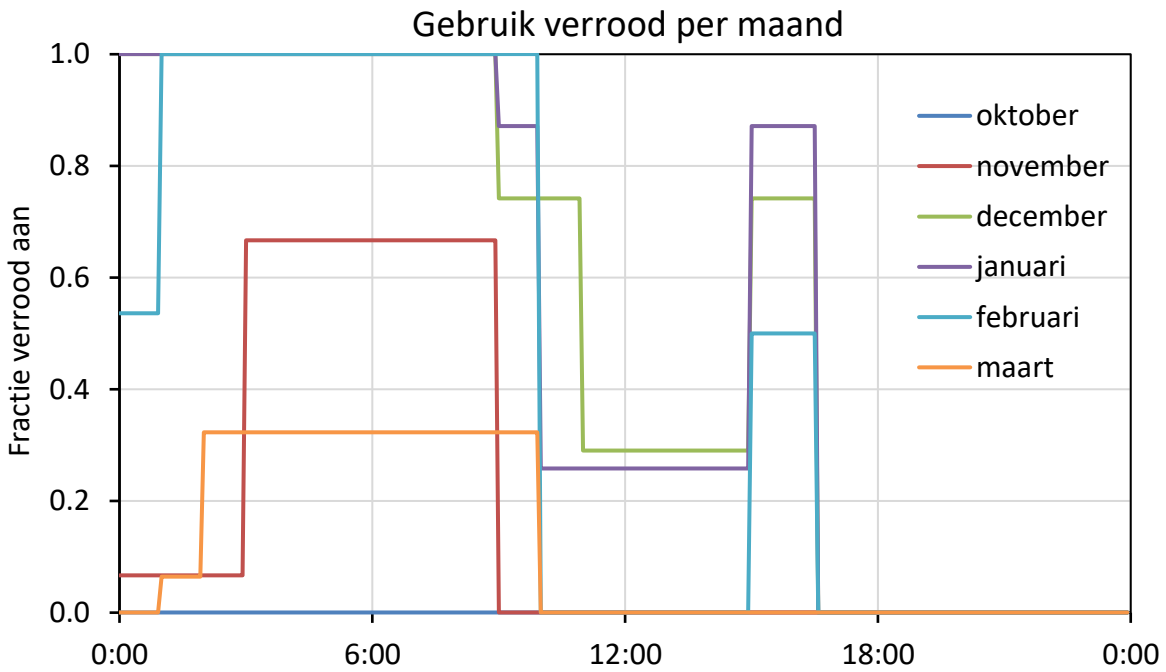
Besparen op verrood bij komkommer?

- Winterteelt proefkas Botany 2022/2023 met full-LED (R74%-G9%-B8%-Fr9%), dimbaar en apart schakelbaar verrood. Doel: goede teelt en max 100 kWh elektra en 10m^3/m^2 gas.
  - Verrood is niet aangezet in periode dat de lichtsom van buiten hoog genoeg is (oktober)
  - In week 45 is verrood aangezet en overdag uit. In week 4 was een donkere week en liet het gewas bladkrulling zien! Dus beter was geweest om verrood bij bijvoorbeeld >50 µmol daglicht in de kas af te schakelen.

- Inzet verrood oktober-maart:
  - 36% belichte uren FR uit, besparing hierdoor 3kWh (3%)

- Vermoedelijk kan hetzelfde met groen/blauw gedaan worden.

- Is de besparing hierdoor enorm?
  - Nee, maar alle beetjes helpen…
  - Als ook blauw/wit uit, is er meer besparing
  - Afwegen tegen meerkosten aanstuurbaarheid



Wanneer mag FR uit? Simulatie PSS op winterdag

- PSS is een berekende maat voor de verhouding actief/inactief fytochroom, dat sterk beïnvloed wordt door verhouding rood/verrood licht. PSS is een redelijke voorspeller van de gewasreactie.
  - Meer verrood=lagere PSS
  - PSS 0.86 of 0.88 lijkt bijna hetzelfde, maar heeft al veel effect…

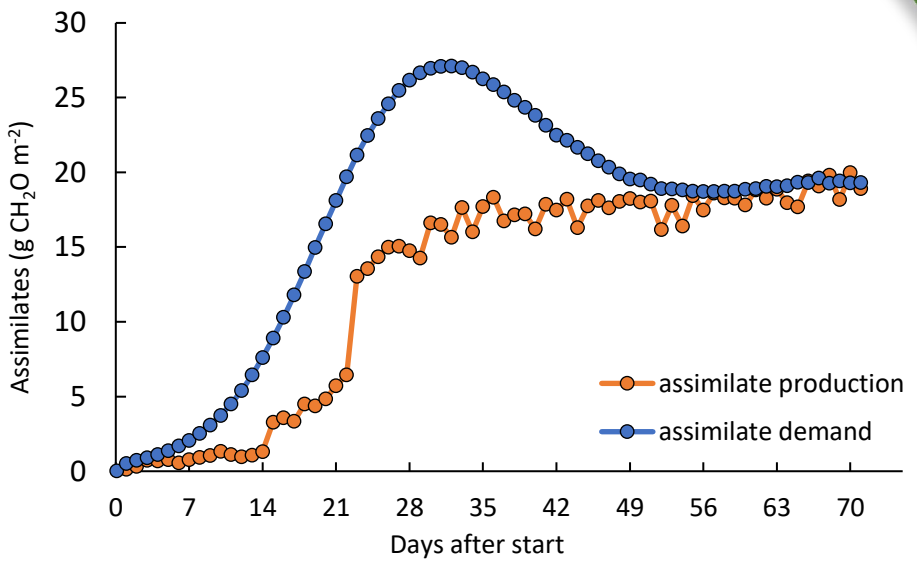
	PSS		FR µmol PFD	
	FR aan	FR uit	FR aan	FR uit
LED-belichting R74%-G9%-B8%-Fr9% komkommerproef	0.858	0.883	18	1
Daglicht 100 µmol	0.713	0.713	35.2	35.2
Gemengd spectrum LED met 50 µmol zonlicht	0.842	0.863	35.5	18.6
Gemengd spectrum LED met 100 µmol zonlicht	0.829	0.847	53.1	36.2
Gemengd spectrum LED met 200 µmol zonlicht	0.809	0.824	88.4	71.5

- Als daglichtloos met PSS van 0.86 goed gaat, dan mag verrood bij ruim 50 µmol daglicht in kas al uit. Tenminste, dat verwachten we…

Voorbeeld Lelie

Lelie en haar bijzonderheden…

- Lelie is een bolgewas. Energie in de bol wordt de eerste weken in de kas benut en daarom is er dan nog maar weinig licht nodig. 25 µmol/m^2/s PAR is genoeg.
- Na ~ 3 weken in de kas is wel meer licht nodig.
- Lelie (Oriëntal en OT) is een kwantitatieve lange-dag plant. Een korte dag geeft bloeivertraging. De lange-dag wordt pas waargenomen door de plant als er rood en verrood licht in het spectrum zit. Slechts 6 µmol verrood is genoeg.
- Halverwege de teelt is de knop voldoende ontwikkeld en is verrood niet meer nodig.



Assimilatenbalans van lelie cv. Santander berekend met model Plant Lighting. De vraag naar assimilaten was hoger dan de gewasproductie tot 45 kasdagen. Het tekort is waarschijnlijk vanuit de bol geleverd. Bron: lopend onderzoek Plant Lighting i.s.m. Delphy.

Bron: Hogewoning et al. 2020. Leliebroei op weg naar fossielvrij: Voorbroei onder LED. Plant Lighting B.V.

Lelie: groot effect spectrum bij Oriëntals (kwantitatieve lange-dag plant)

Lelie onder LED RWB vs. RWB + verrood

- Tot wel 12 dagen verschil in trekduur tussen de 2 kleurenspectra!
- 6 µmol/m^2/s verrood voldoende om vertraging te voorkomen
- Eerste weken laag licht voldoende (25 µmol/m^2/s PAR), want plant haalt energie dan nog uit bol. Maar, ook in die eerste fase in de kas wel lange dag met 6 µmol/m^2/s verrood!
- Bij LA's weinig verschil tussen de twee lichtspectra

Bron: Hogewoning et al. 2021. Leliebroei onder LED met minimaal energieverbruik. Plant Lighting B.V.

Hoe zou je kunnen belichten bij oriëntal lelie?

- Standaard RWB LED-armatuur
  - Bloeivertraging (geen verrood) en verspilling energie eerste teeltweken. Dubbel jammer…
- Dimbaar RWB-Fr armatuur met 100 µmol PAR en 6 µmol verrood
  - Als je de eerste teeltweken terug dimt tot 25 µmol PAR (dat mag), dan slechts 1.5 µmol verrood (te kort)
  - Als je de eerste teeltweken 6 µmol verrood aanbiedt, dan belicht je 75 µmol PAR teveel (zonde!)
  - In de tweede helft van de teelt staat het verrood voor niks aan (zonde!)
  - Bij voldoende daglicht staat het verrood voor niks aan (zonde!)
- Dimbaar RWB-Fr armatuur met 100 µmol PAR en apart aanstuurbaar kanaal met 6 µmol verrood
  - Vul zelf maar in…
- Alternatief is dimbaar RWB LED-armatuur en losse verrood-modules erbij (aan/uit).

WAGENINGEN UNIVERSITY & RESEARCH

Delphy

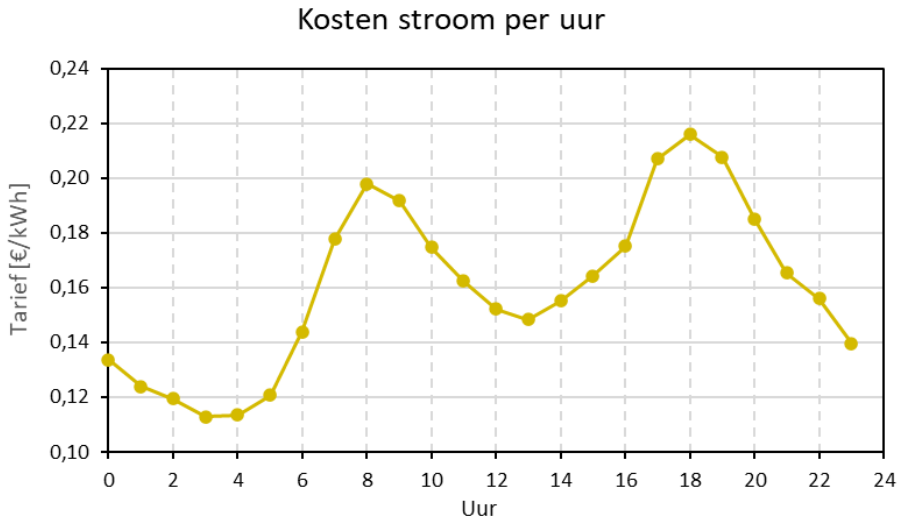
Voorbeeld chrysant

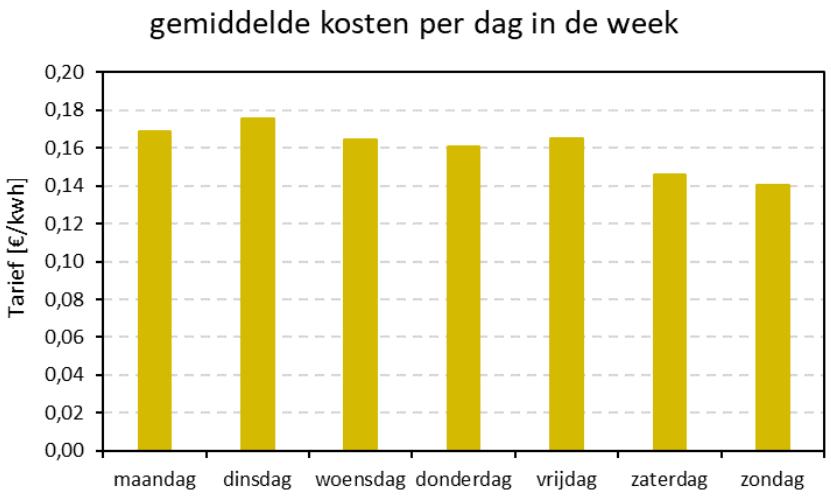
Worldwide Expertise for Food & Flowers

Uitgangspunten strategie

- Iedere kilowatt maximaal omzetten in productie!
  - €/kWh → mol: dynamische strategie die focust op de goedkope uren
  - mol → productie: wanneer gebruikt het gewas een micromol het meest efficiënt

- Verloop stroomprijs:
  - Tussen 7:00 en 10:00 uur dure stroom
  - In het weekend goedkopere stroom

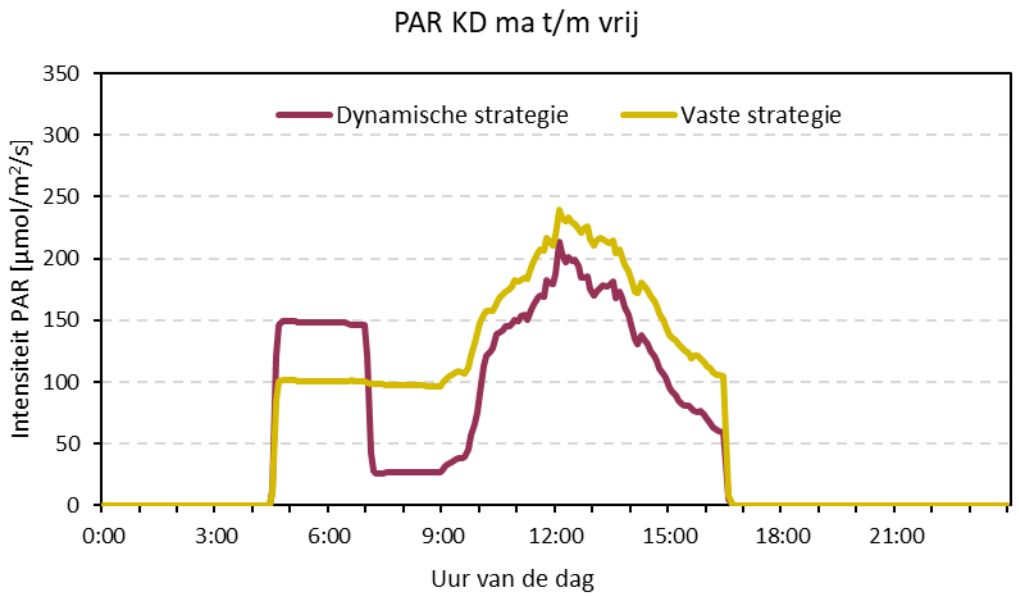


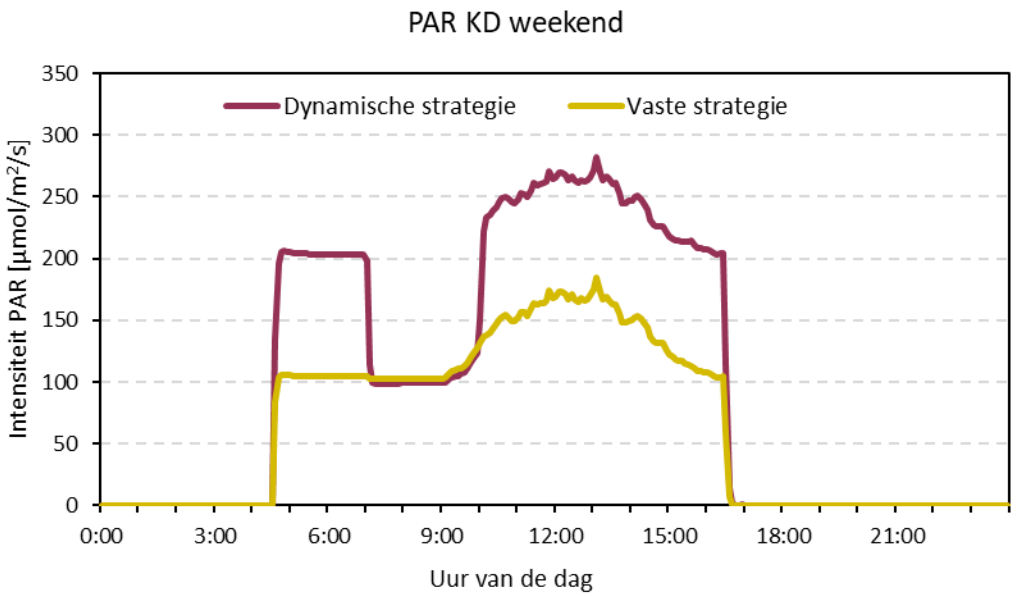


Delphy

Chrysant: korte dag plant

- Goedkope uren vallen vooral in de nacht.
- Installatie 200 µmol/m²/s → teeltplan 100 µmol/m²/s
- Vast belichtingsstrategie vs. dynamische strategie

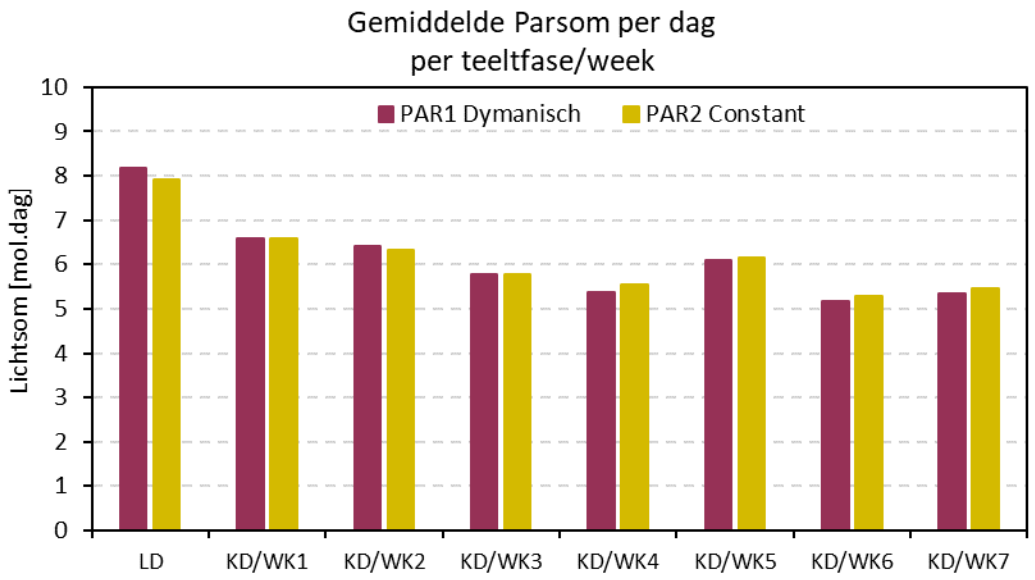


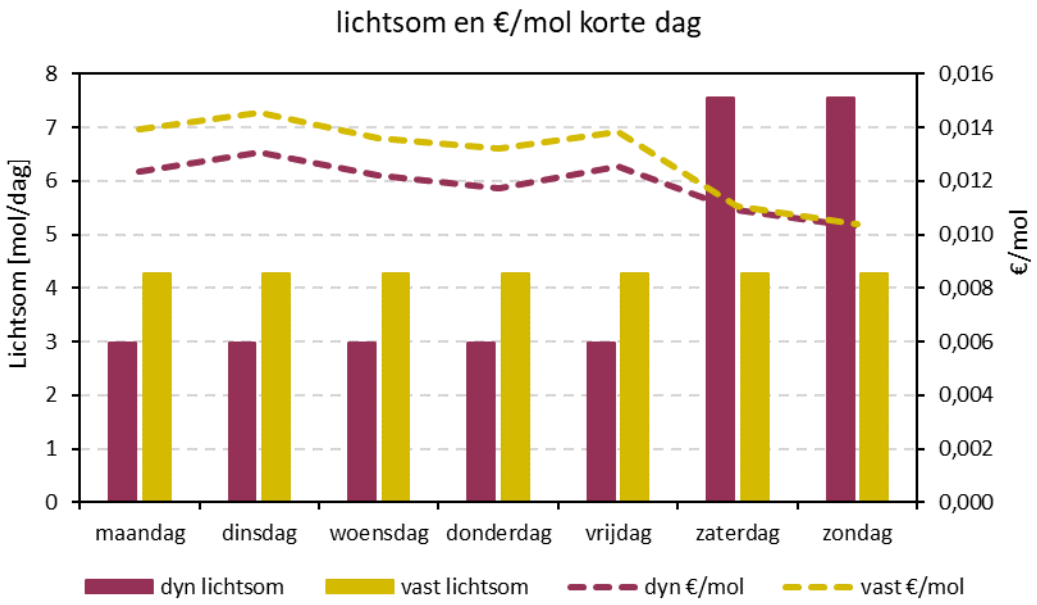


Delphy

Gerealiseerde PARsommen

- Tussen de dagen verschillend, maar weeksommen zijn gelijk.
- Dynamische strategie = zelfde lichtsom, maar goedkopere micromolen.

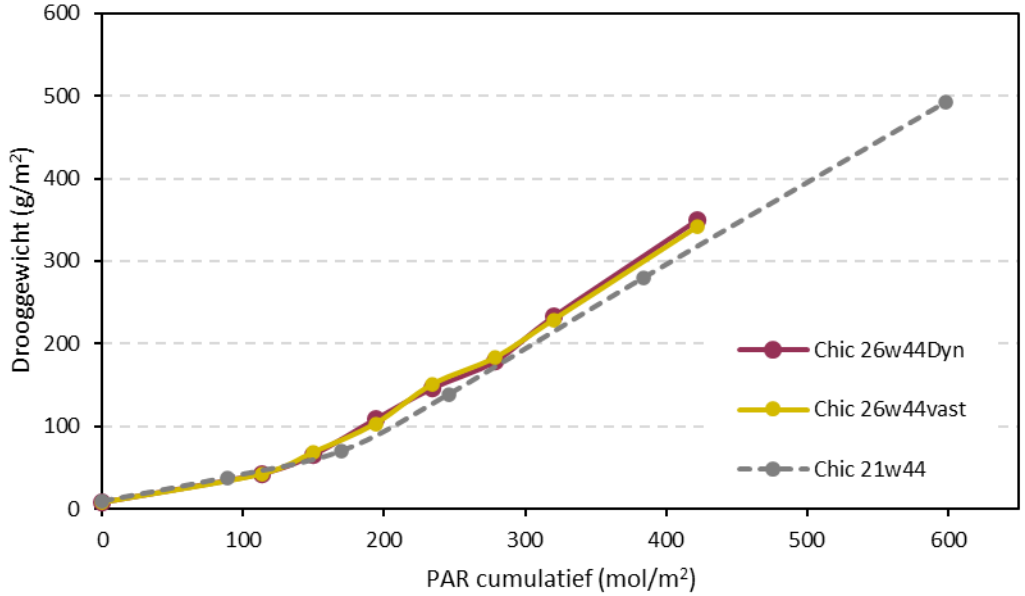


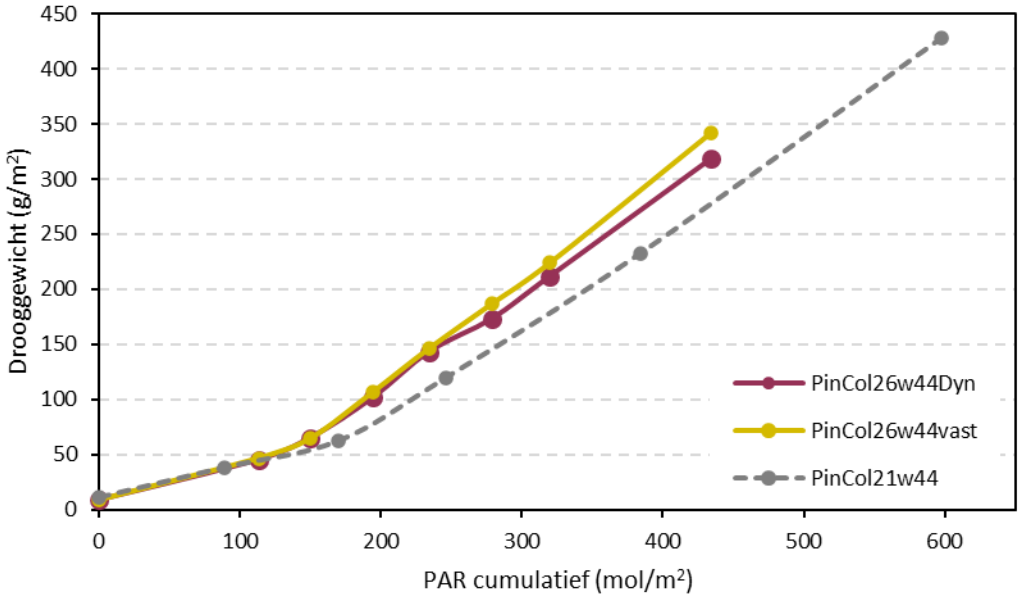


Delphy

Resultaat teelt 26

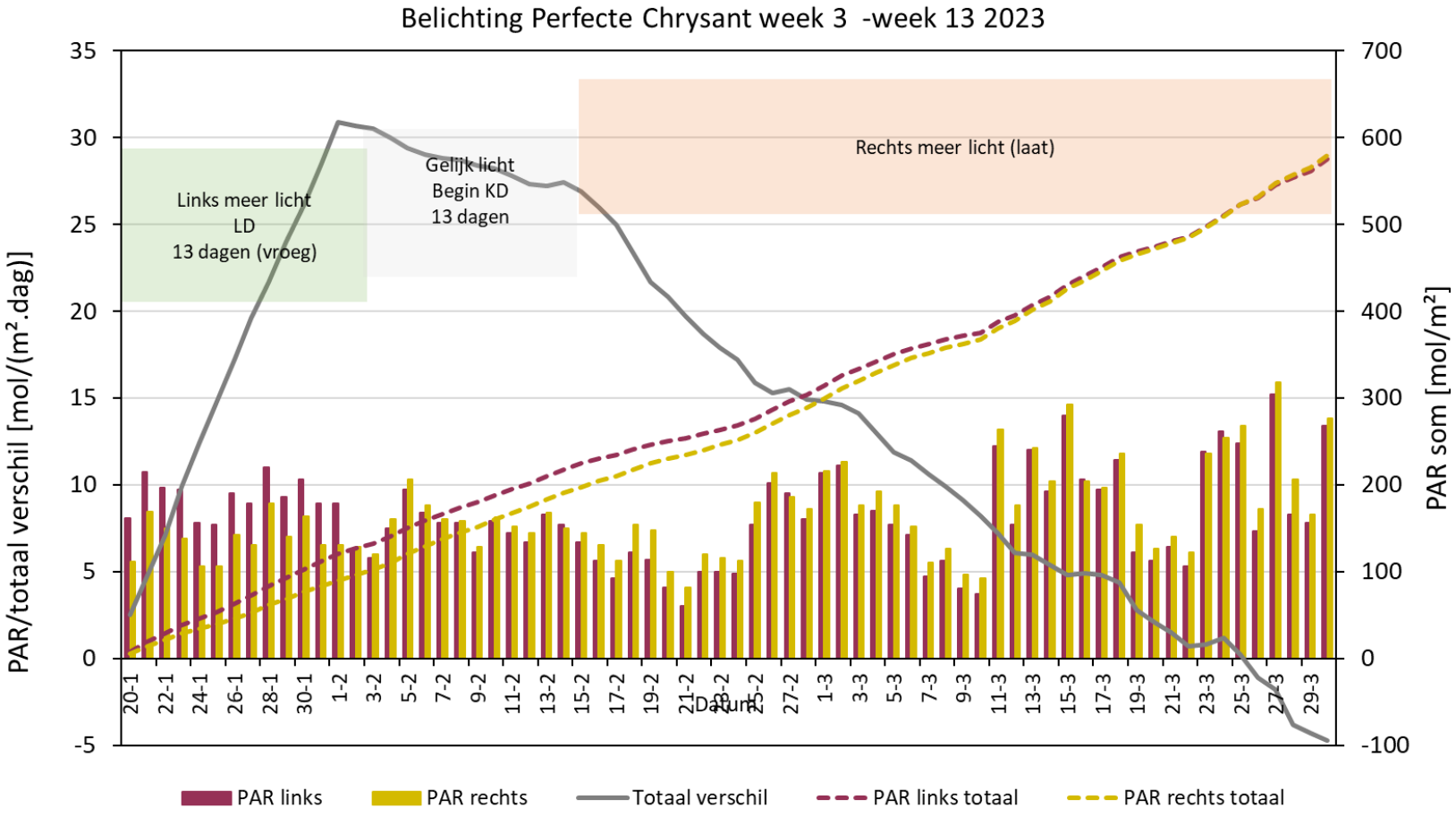
- Minimale verschillen in productie, zowel vers als droog.
- LBE in lijn met teelt 2021, met meer licht.
- Strategie met ± 100 µmol/m²/s, i.c.m. energiezuinig is niet genoeg voor goede kwaliteit





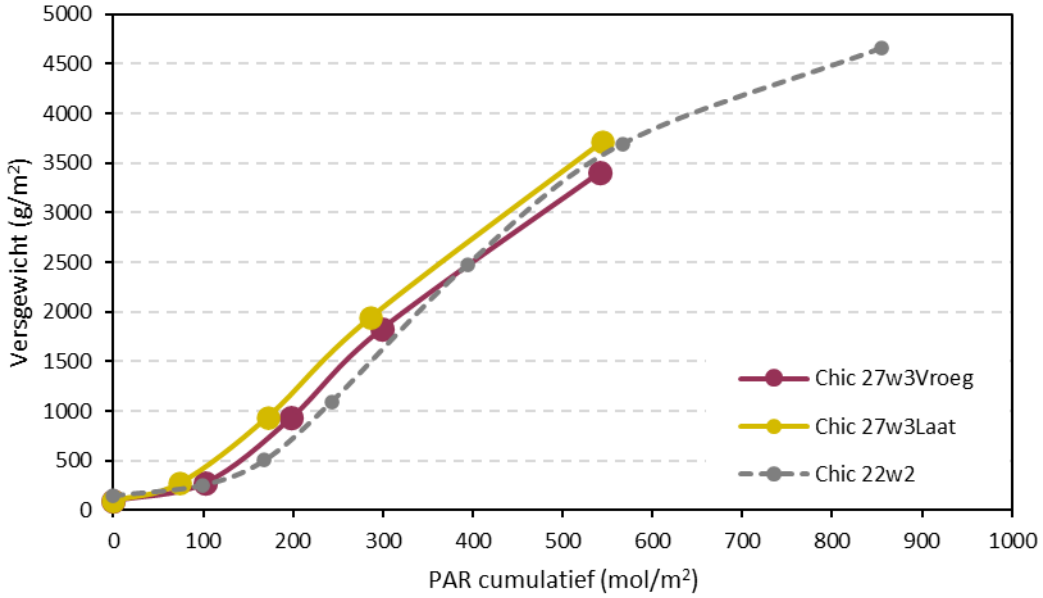
Teelt 27: Meer of minder einde teelt

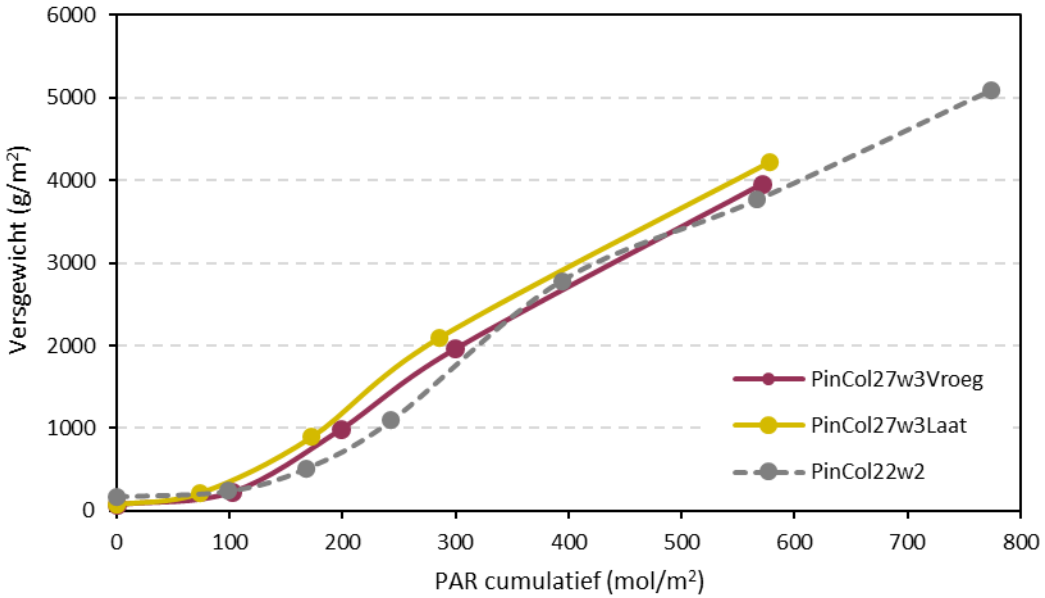
- Efficiënte per mol verhogen



Resultaat teelt 27

- Meer licht later in de teelt, resulteert in meer versgewicht in beide rassen.
- LBE Chic: 6.3 (vroeg)/ 6.8 (laat)
- LBE Pina Colada: 6.9 (vroeg)/ 7.3 (laat)





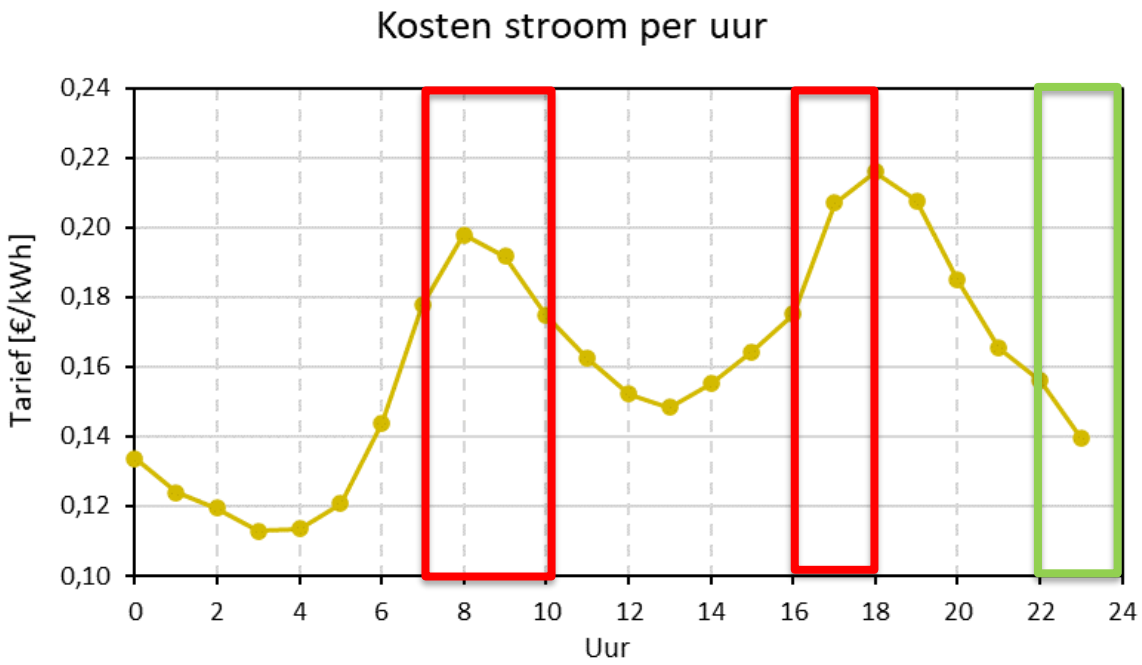
Voorbeeld tomaat

Delphy

Worldwide Expertise for Food & Flowers

Teeltstrategie

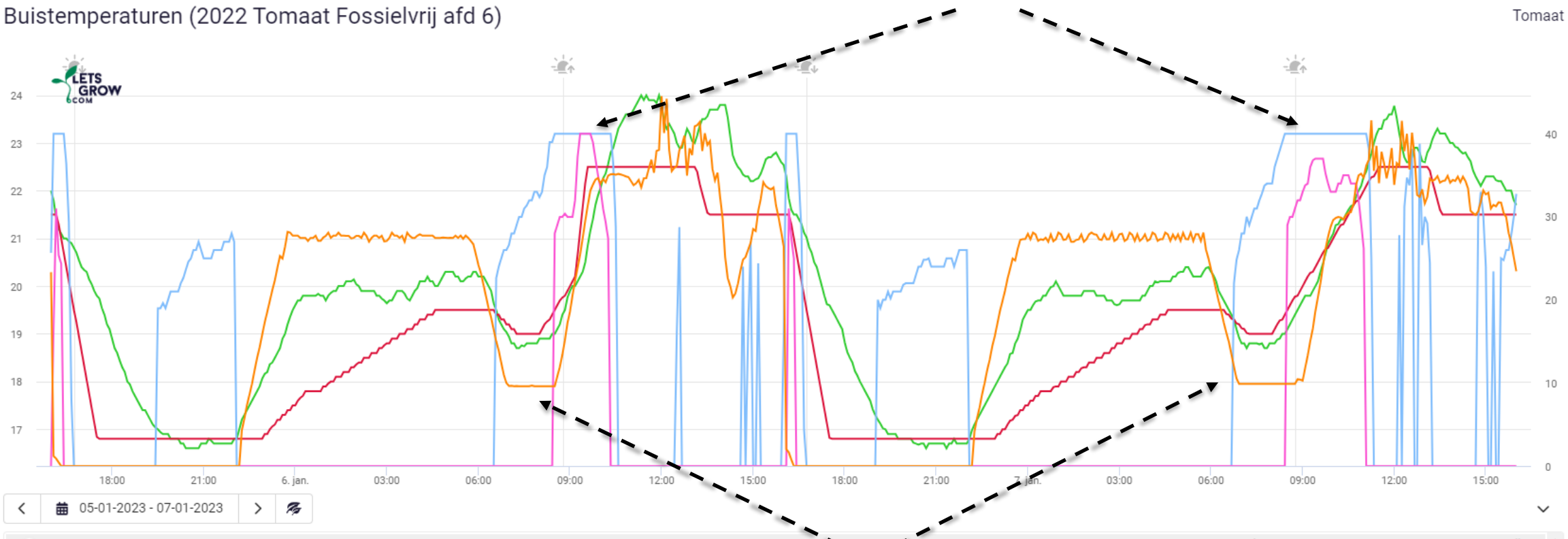
- Geen specifieke daglengte gevoeligheid = meer flexibiliteit in strategie
- Wel maximale en vaste belichtingsduur van 18 uur/dag.
- Verschuiven van belichtingsperiode → 2 uur eerder starten.
- Creëer flexibiliteit in de teeltplanning → 16 mol i.p.v. 20 mol



Delphy

Kan dit ongestraft? (1)

Toename buis



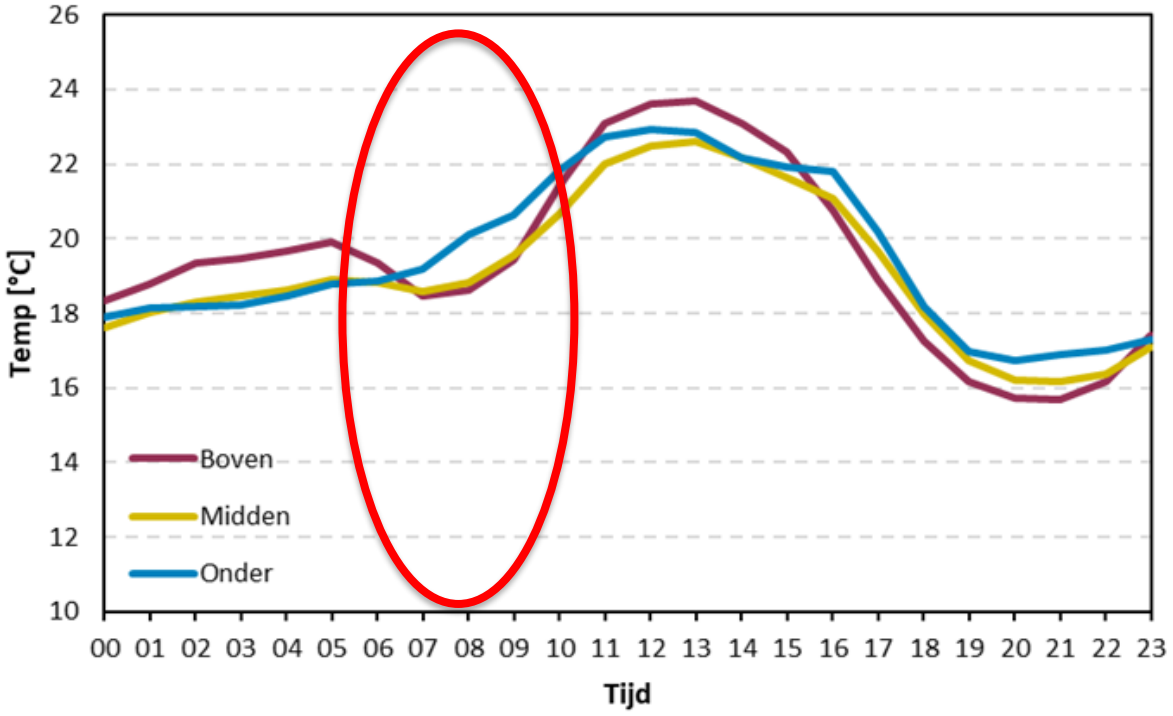
Naam	Factor	As	Min	Max	Gem	Leeslijn
kastemperatuur - °C - 5 min: Delphy IC klimaat afd 06.1	1	←	16,6	24	20	-
verwarmingstemp: ber - °C - 5 min: Delphy IC klimaat afd 06.1	1	←	16,8	22,5	19,3	-
groeibuis: ber - °C - 5 min: Delphy IC klimaat afd 06.1	1	→	0	40	11,5	-
onderbuis: ber - °C - 5 min: Delphy IC klimaat afd 06.1	1	→	0	40	3,4	-
plant: PAR - µmol/m²/s - 5 min: Delphy IC klimaat afd 06.1	0.1	→	0	445,3	192,3	-

Dip in temperatuur

Delphy

Kan dit ongestraft (2)

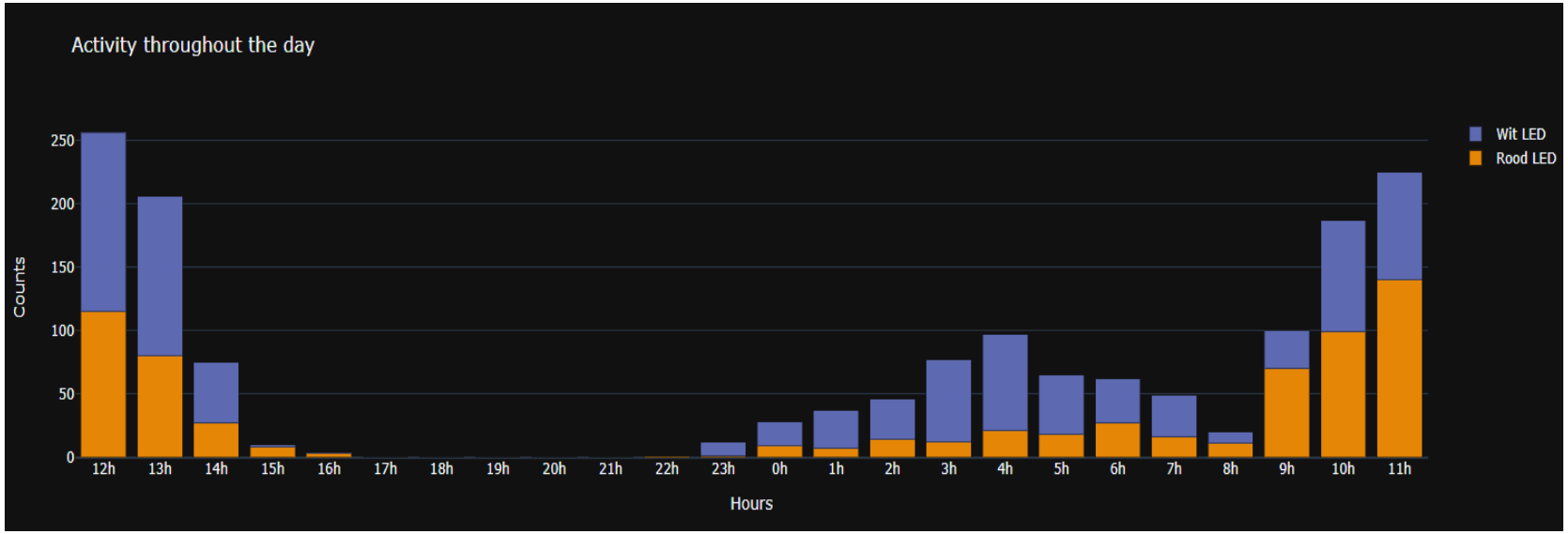
- Verandering van temperatuur gradiënt:
  - Kop wordt koeler en onderin warmer
  - Effect opregelen buis en minder warmte



Delphy

Kan dit ongestraft? (3)

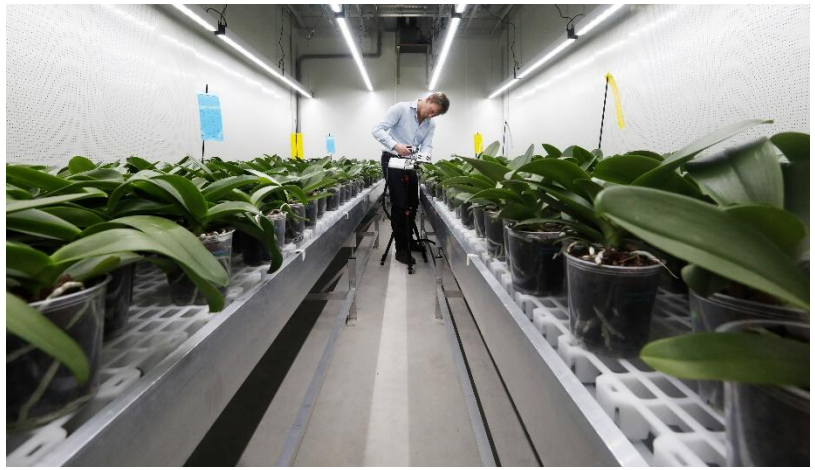
- Bevlieging en bestuiving:
  - Hommel activiteit minder in de nacht.
  - Spectrum invloed op hommelactiviteit.



Discussie

- Dimmen en eventueel ook apart kunnen sturen van kleuren is interessant.
- Dimmen verlaagt de elektra-input, maar verhoogt de vraag naar warmte. Dus het moment van dimmen beïnvloedt ook het klimaat.
- Verschuiven belichtingsuren kan economisch aantrekkelijk zijn, maar houdt aandacht voor de teelt.
- Maak per teelt en per bedrijf de afweging of de meerkosten opwegen tegen de voordelen
- Het gaat om grote investeringen. Laat je goed informeren van te voren door onafhankelijke experts.

Contact



Sander Hogewoning

+31 614271525

info@plantlighting.nl

www.plantlighting.nl

Plant Lighting B.V.

Doordraai 1

3981 PE Bunnik

Lisanne Helmus-Schuddebeurs

+31 6 21 58 67 30

l.schuddebeurs@delphy.nl

www.delphy.nl

Delphy Improvement Centre