

Low-e, Winterlichtkas en spectrumproef komkommer bij WUR Bleiswijk

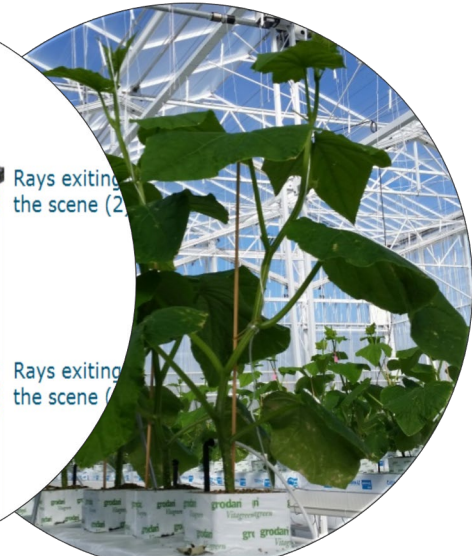
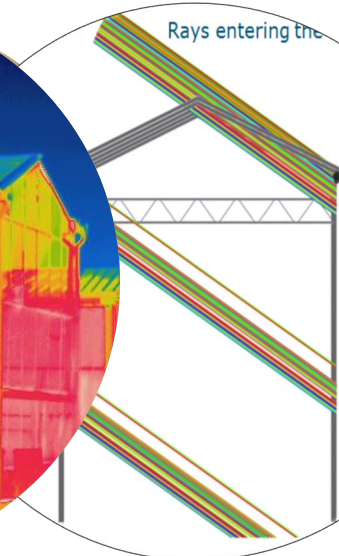
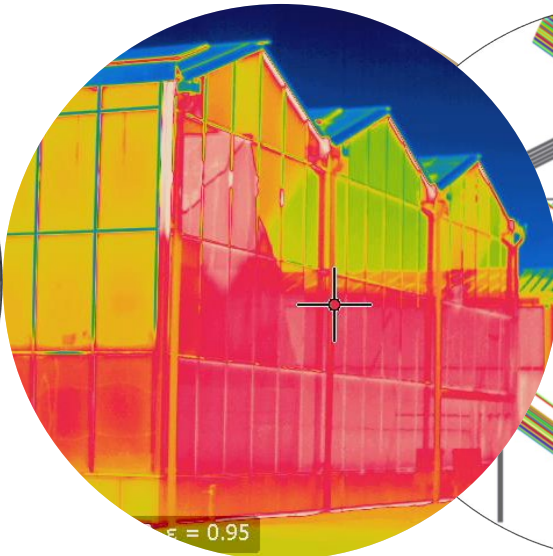
10-05-2023, Monique Bijlaard, Frank Kempkes en Kees Weerheim



Low ϵ glas

Het kasdek van morgen; vandaag

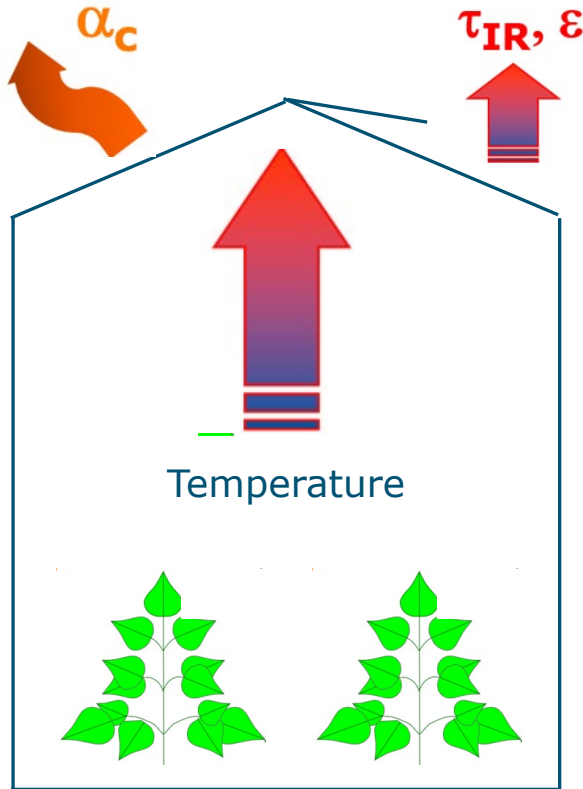
Frank Kempkes, Monique Bijlaard



Warmteverlies van een kas

- Lekverliezen
 - Kieren en gaten
 - Ramen open
- Convection verliezen
 - Warmteoverdracht glas aan buiten lucht
- Stralingswarmte verliezen
 - Warmteoverdracht glas naar de hemel

Fysische aspecten



α_c

Convectief warmteverlies afhankelijk van ΔT (binnen – buiten) en windsnelheid

τ_{IR}, ϵ

Stralingswarmte verlies afhankelijk van ΔT (glas – hemel) helder / bewolkt

ϵ

Nummer geeft het niveau van de sterkte van deze koppeling aan
Meeste materialen ≈ 0.9
Aluminium 0.1 (nieuw) geoxideerd 0.4

- Standaard glass ≈ 0.9
- Geysir glass (AGC) ≈ 0.3



WAT DOEN WE WAAROM: aanleiding



- Voor energiebesparing
 - Kas met hoge lichtdoorlatendheid, max gratis zonne-energie
 - Goede isolerende eigenschappen warmteverlies voorkomen
- Antireflectie coatings (AR) verhogen lichttransmissie
- Emissiearme coatings (low- ϵ) verminderen het warmteverlies
 - Gangbare low- ϵ coatings verlagen licht transmissie fors
 - Hebben beschermende atmosfeer nodig om degradatie te voorkomen
 - Low- ϵ coatings standaard alleen in dubbel glas toegepast.

With Low Emission to High Transmission

Integrating low thermal emissivity in antireflective coatings on glasses for energy saving in greenhouse horticulture

Bram van Breugel¹, Esteban Baeza¹, Marcel Raaphorst¹, Remi Aninat²,
Mohammad Shayesteh³, Feije de Zwart¹, Hans Linden² and Vincent Liefbrig³

1. Wageningen University & Research, 2. TNO Solliance, AGC Glass Europe

Report WPR-1040



WAT DOEN WE WAAROM

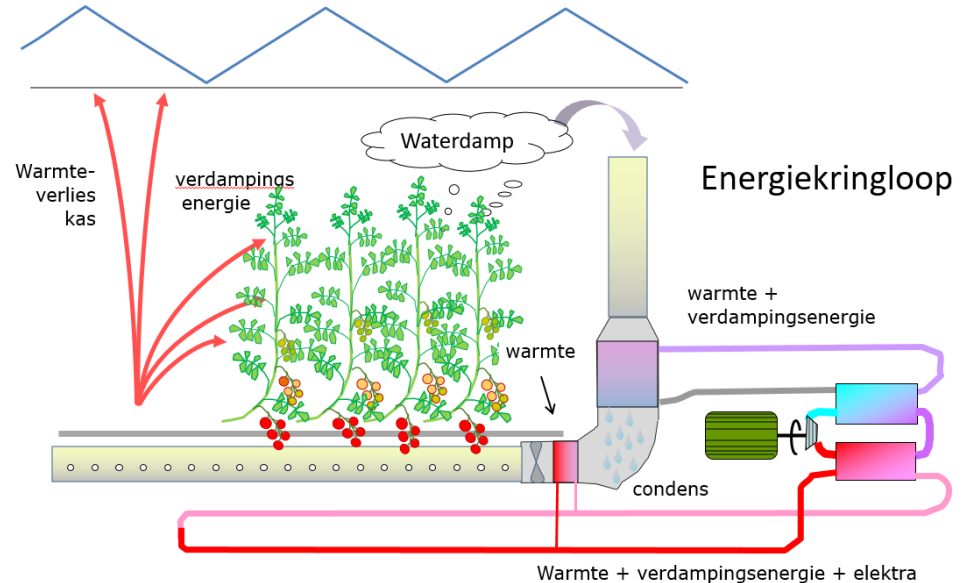
- low-e en antireflectie eigenschappen verenigen in een enkele coating waardoor het verhogen van de lichttransmissie en verminderen van het warmteverlies wordt gecombineerd
- Dit levert een duidelijke energiebesparing op.
- Potentiële besparing ca. 20%
 - Kasdek warmer
 - Minder condensatie, meer ventileren, minder CO₂



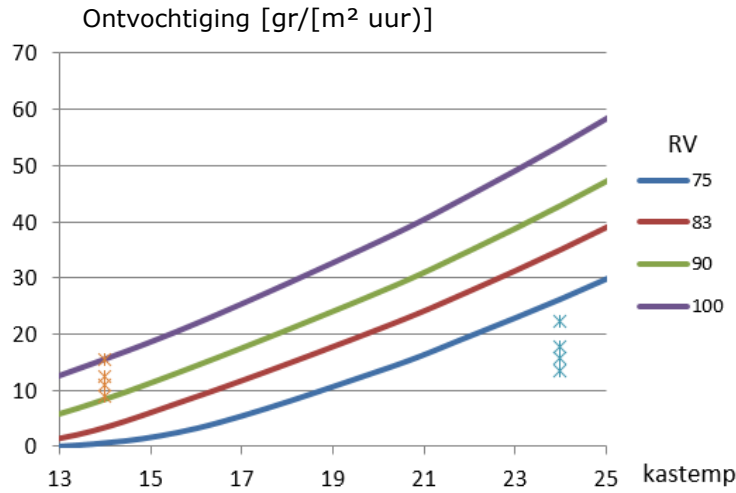
WAT DOEN WE WAAROM: deze proeven

- Project van programma KaE
 - Bewijzen dat dit ook daadwerkelijk zo werkt maar tomaat (2022) vs aubergine (2023), toch een heel andere teelt
 - Meegegeven opdracht: State of the art teelt
 - Ook referentieteelt
 - Veel schermen (HNT)
 - Actief ontvochtigen

Optie voor energiebesparing – latent warmte terugwinning



Ontvochtiging is afhankelijk van T & RV



Luchtbehandelingsinstallatie van Next Generation Semigesloten Kas

Ontvochtigen met buitenlucht 0 (0 of 1)

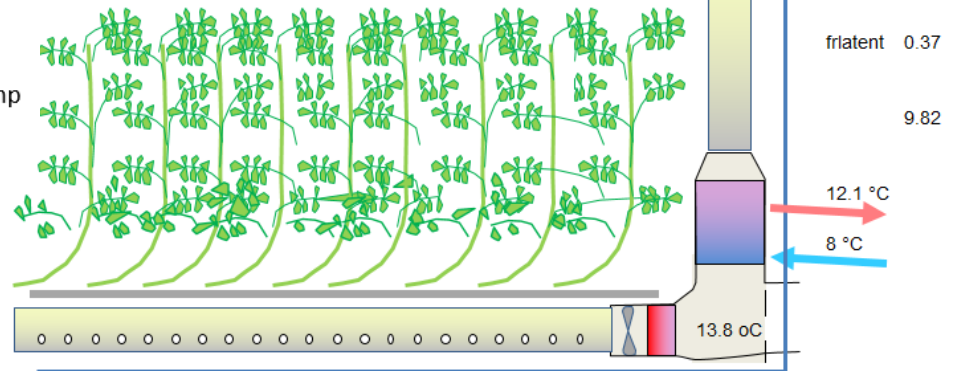
buitentemperatuur 10 °C
Luchtvochtigheid buiten 95 %RV

Kasluchttemperatuur 18 °C
Luchtvochtigheid RV dX 83 %
Gewenste inblaastemp 18 °C
luchtdebiet 10 m³/(m² u)
Koelwatertemperatuur 8.0 °C
Waterdebiet 50 m³/(ha uu)

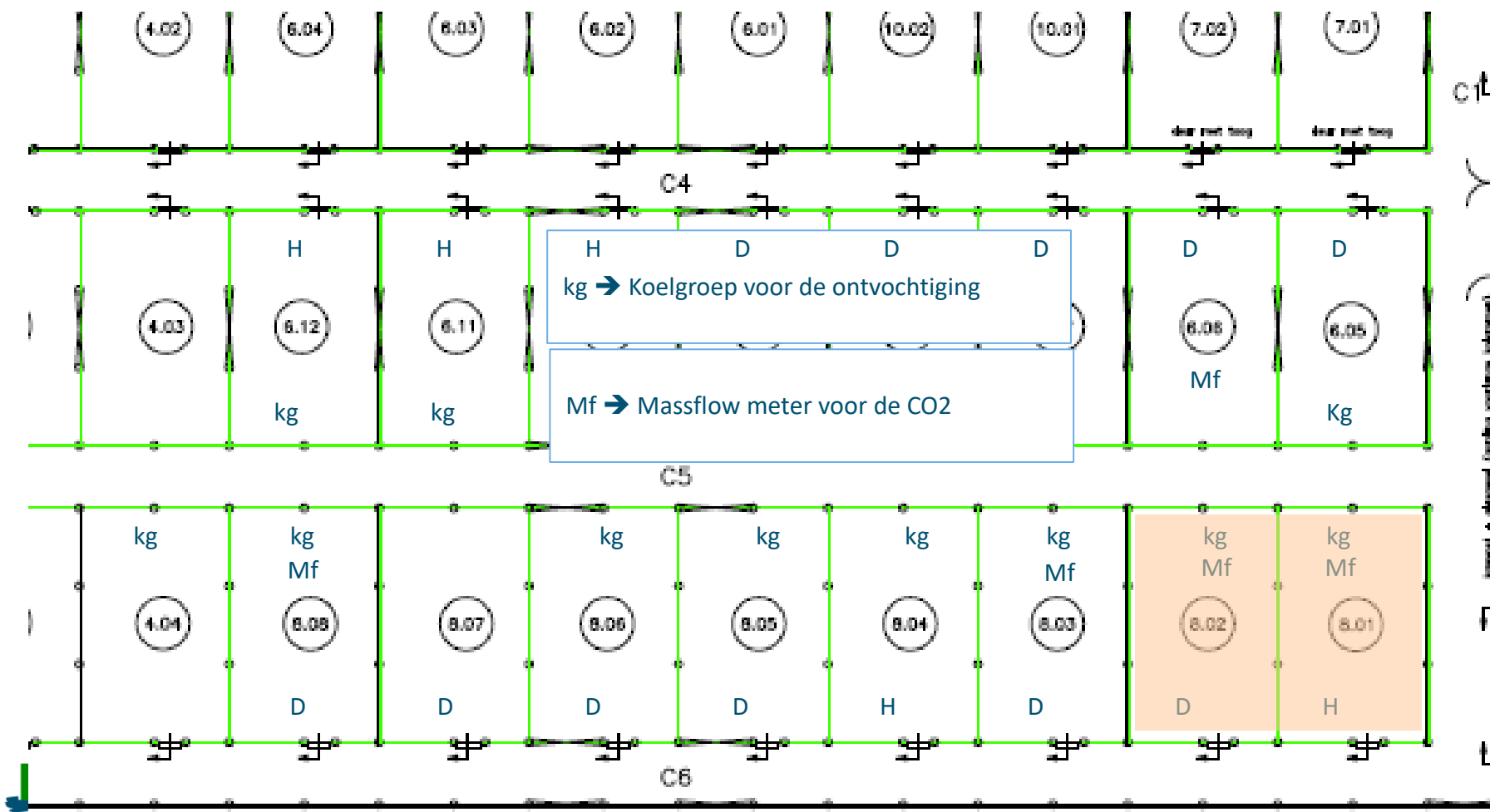
kasbreedte per slurf 4 m
padlengte 95 m
luchtdebiet per slang 3800 m³/hr
benodigde slangdiameter bij 8 m/s -> 0.41 m

Ontvochtiging 14.7 gr/(m² uur)
Naverwarming 15.2 W/m²
Koelvermogen 24.0 W/m²

Calculate



inblaas lucht bevat 11.3 gr/m³



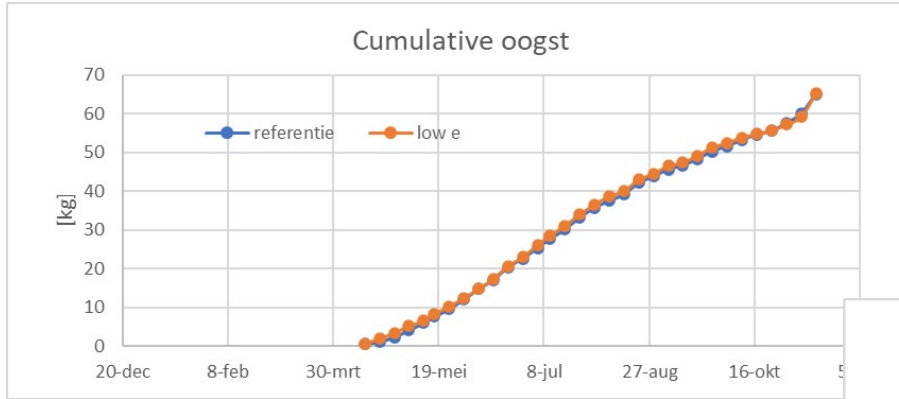
Opzet van de proef

- Referentie & Low emissie glas (ook in gevels)
- Schermen:
 - Transparant (luxous) & donkerdoek [2022]
 - Transparant (luxous) & Transparant (vocht) [2023]
 - Maximale flexibiliteit
- Alleen buisrail, de groeibuis groep is de naverwarming LBK geworden
- Telen met de principes van het nieuwe telen
- Monitoring energie stromen & gevolgen op klimaat en CO₂ concentratie

■ LOW_e

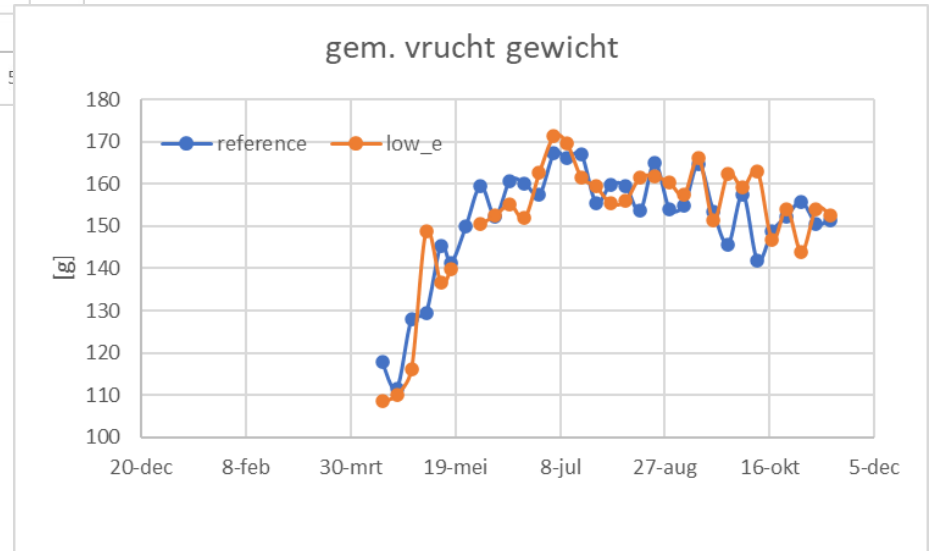


Plant metingen en oogst data



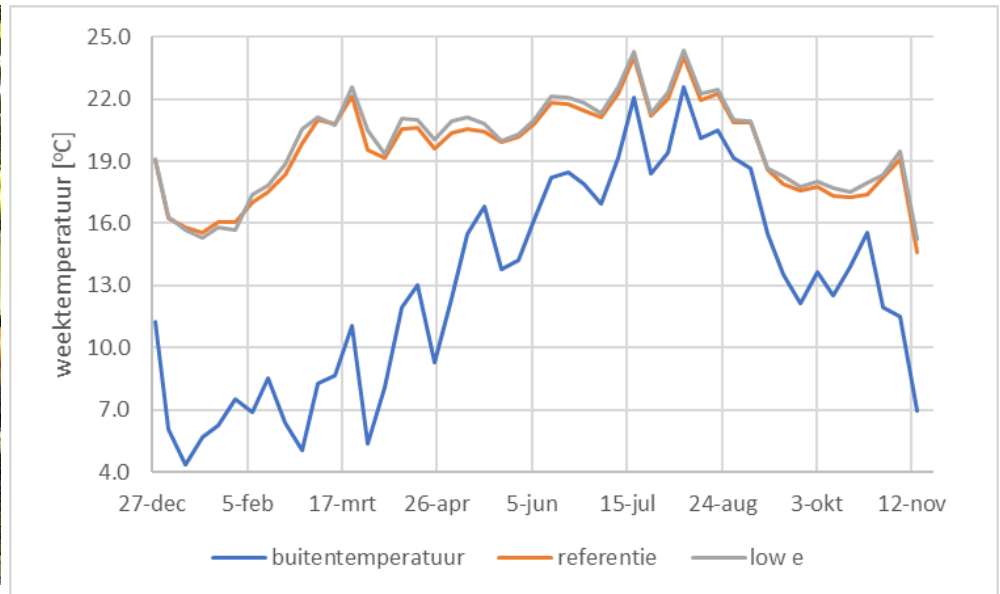
- Tomaat 28-12-2021 – 16-11-2022
- Marinice
- 2.5 st/m²

Beide afdelingen: 65 kg
Plantlengte: 9,20 meter
trossen: 30 per plant



Klimaat

- Iets warmer (vaak in regeling)
- Extreme hitte klimaat vrijwel gelijk
- Veel geschermd 4500 uur 1 doek en 2800 uur 2 doeken



Klimaat de 10 warmste dagen (etmalen)

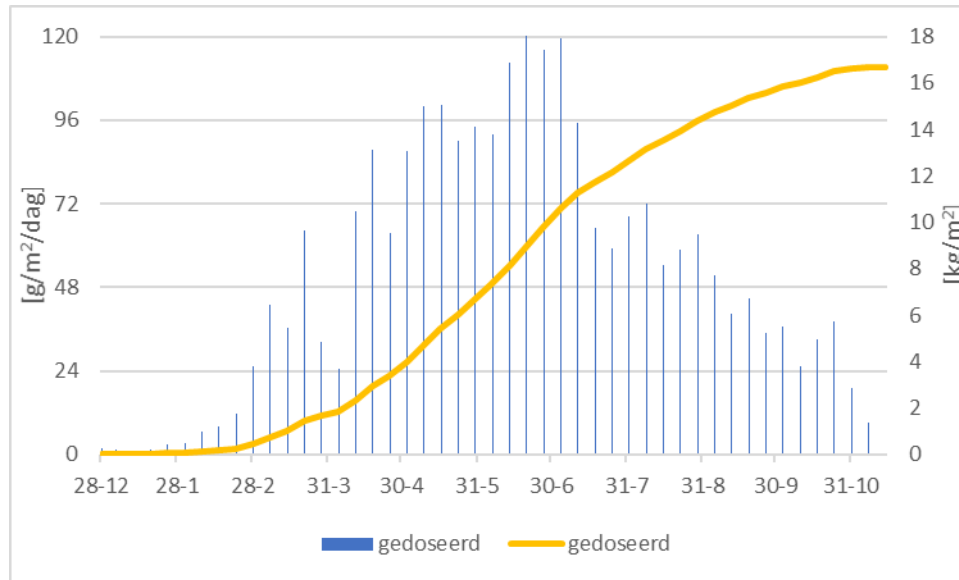
datum	etmaal temperatuur (ref)
17-6	24.3
18-7	25.9
19-7	28.9
20-7	25.5
24-7	24.8
3-8	24.6
11-8	25.1
12-8	25.8
13-8	25.6
14-8	25.8

gemiddelde temperatuur	
ref regel box	25.6
low e regel box	25.8
ref laag	24.5
low e laag	24.8

- Low e is op deze 10 dagen 0.2 °C hoger in etmaal
- Over hele periode juni-augustus 0.3 °C

CO₂

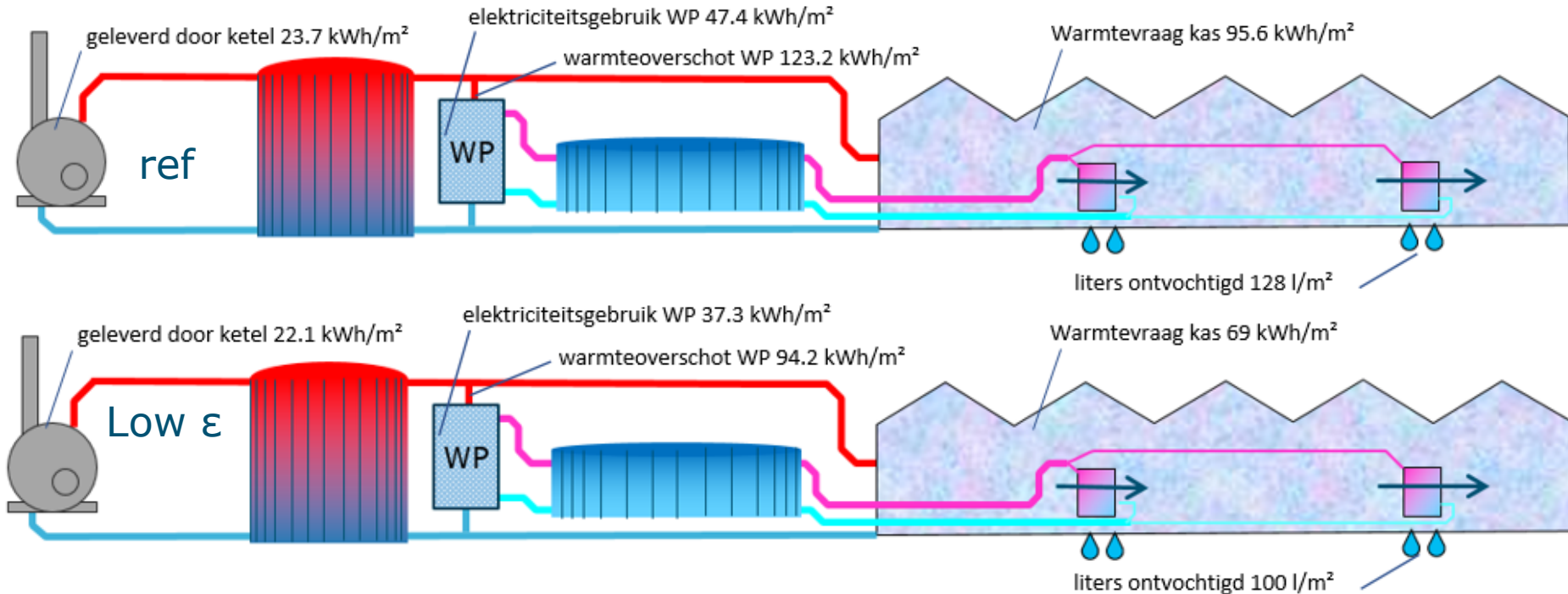
- Doel 15 kg/m² → 16.6 & 16.7 kg/m² voor ref & low_e
- Eind juni "fors" ingegrepen om naar doel te komen



Energie

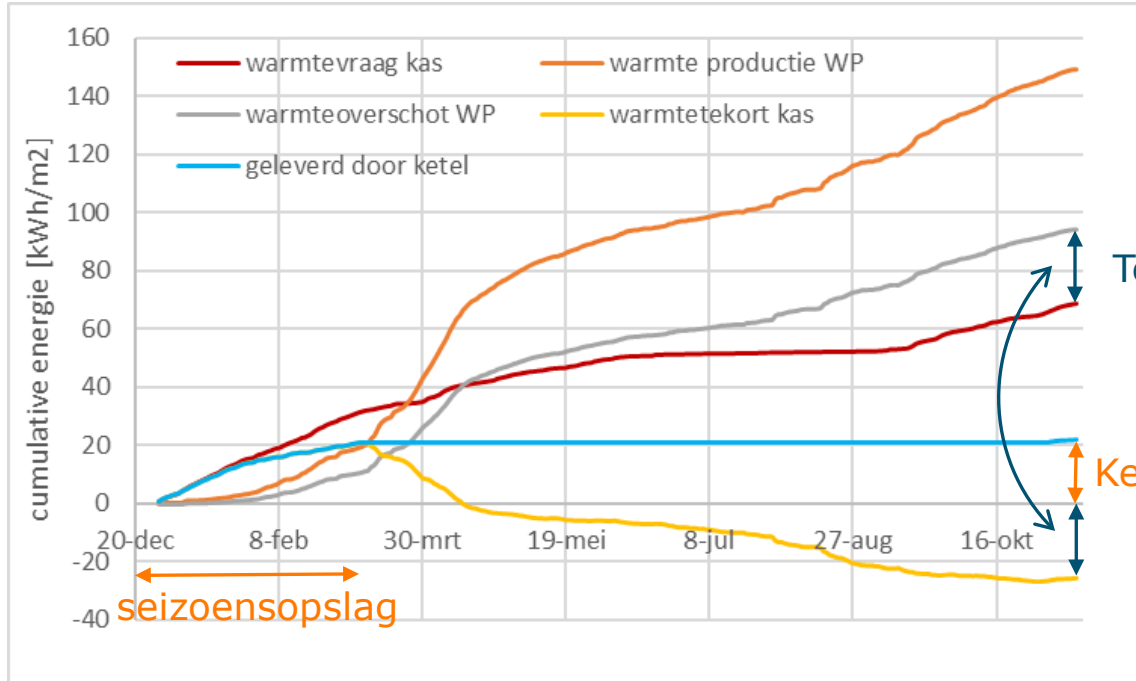
$1\text{m}^3 = 8.8 \text{ kWh}$

- Warmtevraag kas door low_e 20+% lager
- Forse warmteoverschotten \rightarrow teveel ontvochtigd & el gebruik WP <<



Energie

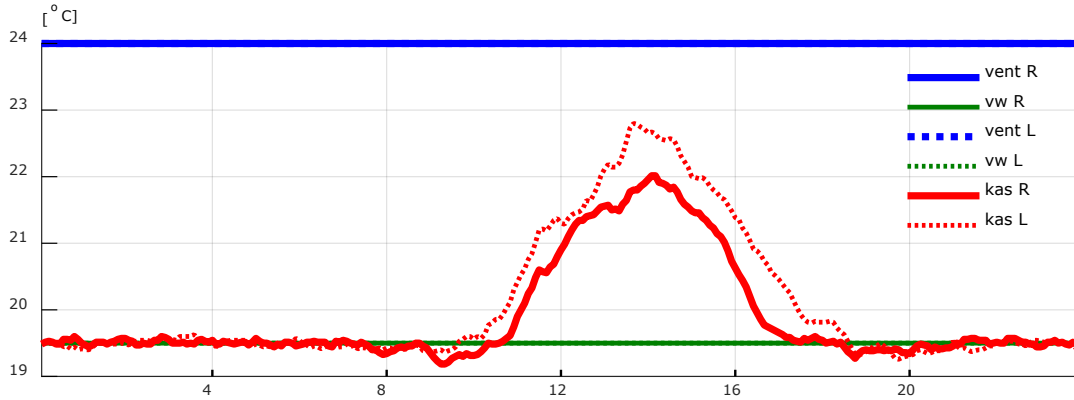
■ In de tijd



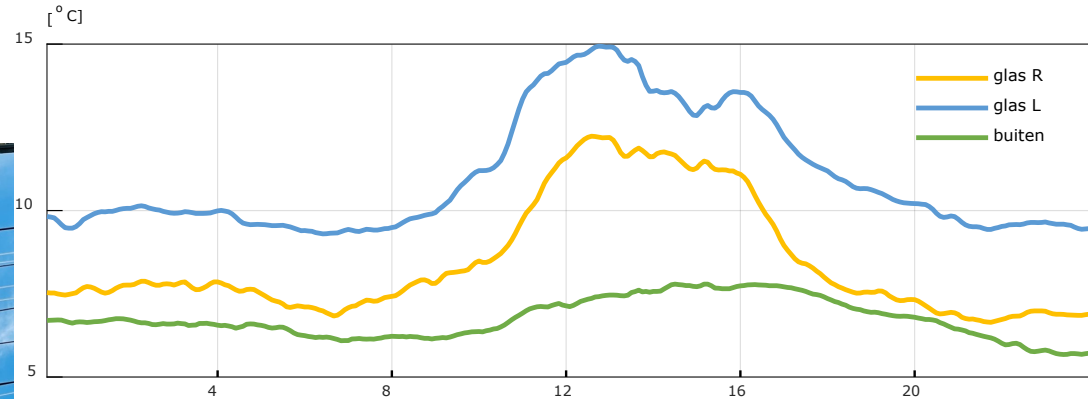
Conclusies

- Onder low_e glas is prima te telen
 - Geen productieverval naar voren gekomen
 - Kwaliteit is gelijk
- Er is een forse besparing op warmtegebruik mogelijk (ca. 20%)
 - Besparing vergroten door grotere diff bij zelfde RTR
 - Onbalans in de winter vraagt andere aanpak met seizoensopslag
 - Onbalans in zomer zou met kleinere ontvochtigingsvraag kunnen worden ingevuld

Wat vergelijkingen in de aubergine

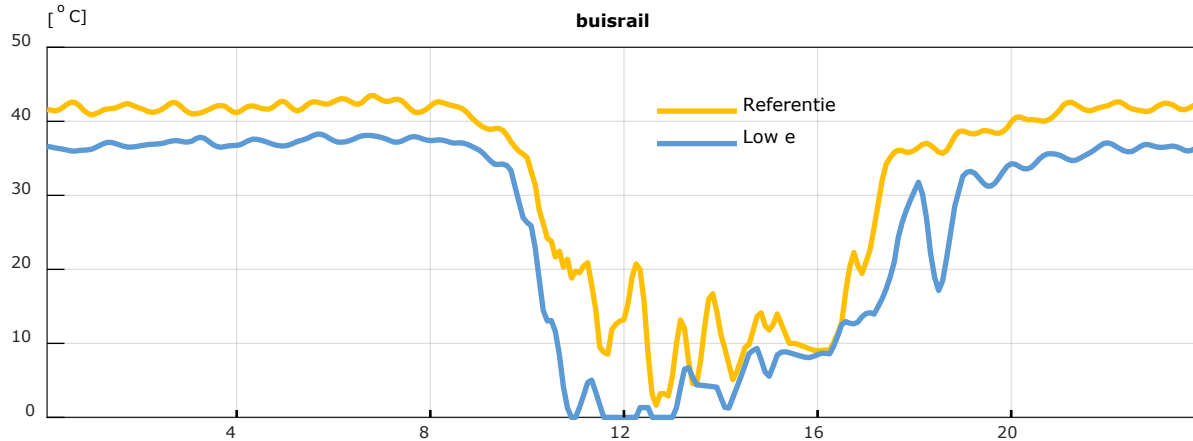


Alle data vanaf 28 december – 10 februari



Wat vergelijkingen in de aubergine

- Alle data vanaf 28 december – 10 februari



Dank

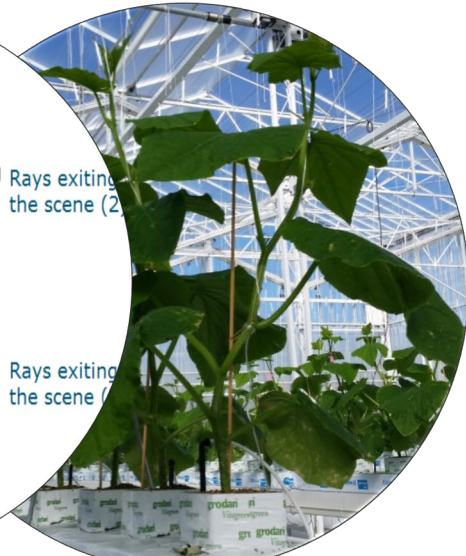
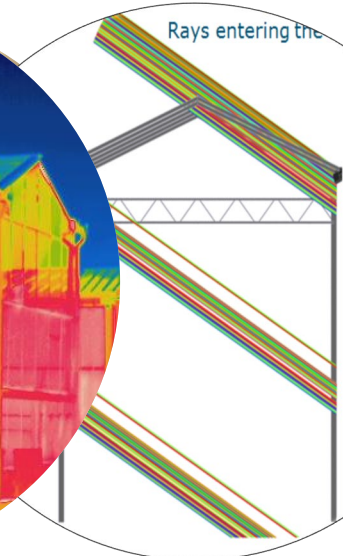
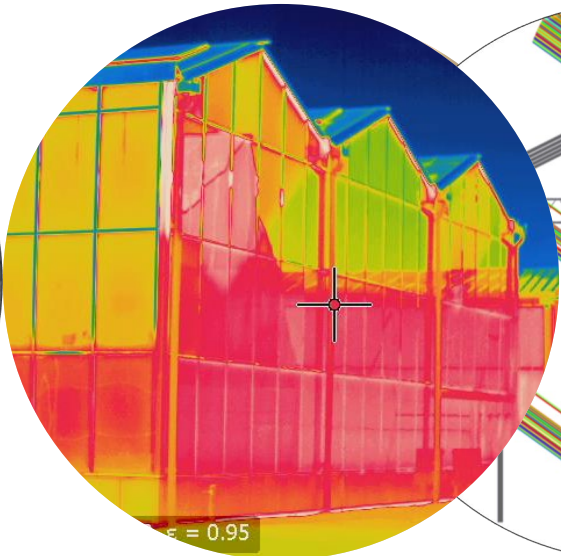
- Vragen?



Winterlichtkas

Naar een fossielvrij komkommerteelt

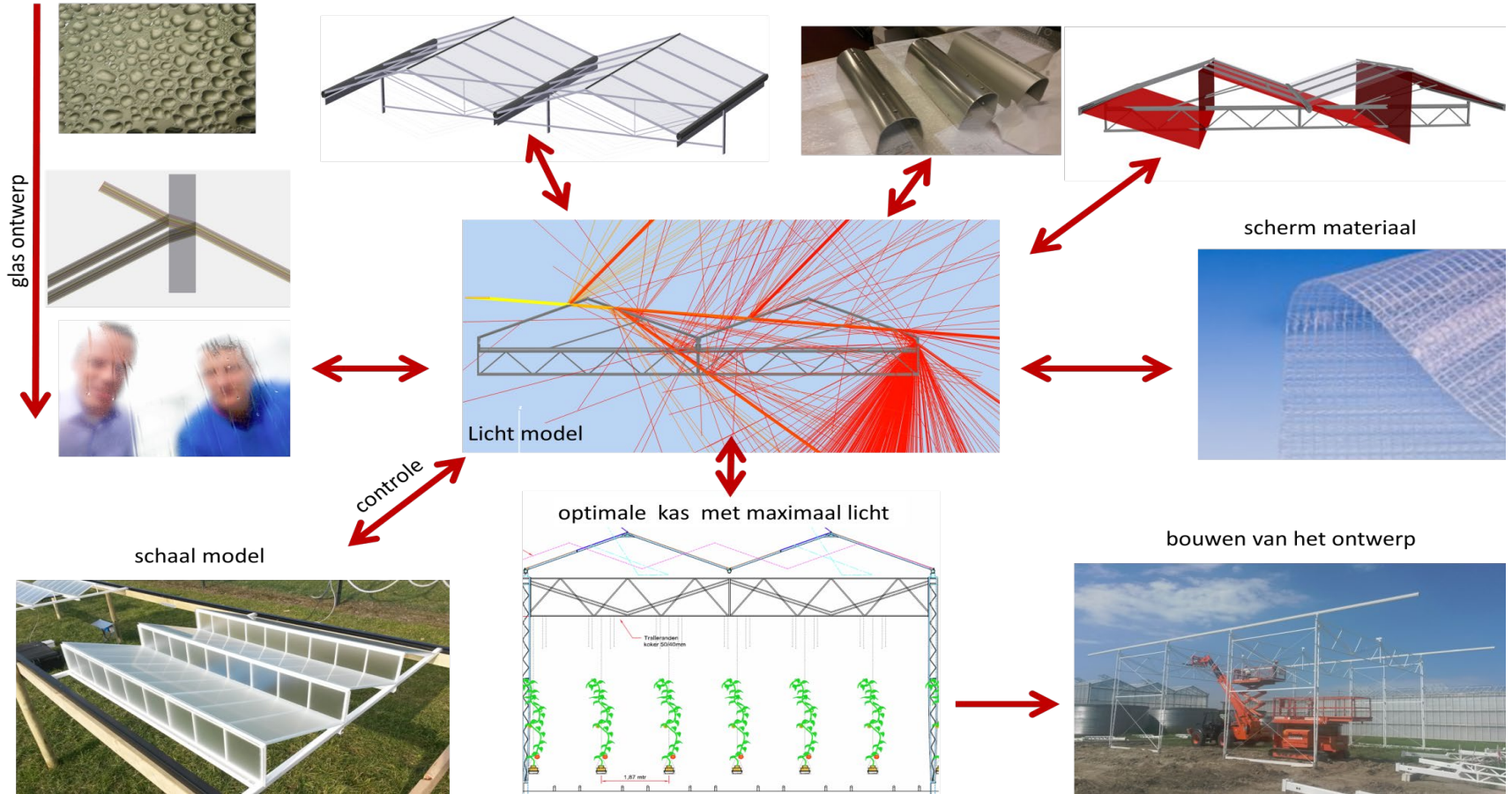
Monique Bijlaard, Frank Kempkes



Winter Licht kas (2016)



De zaagtang als startpunt voor uiteindelijk ontwerp



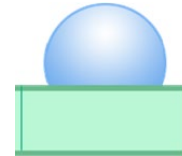
Licht hoeveelheid verlies door condensatie



Hydrofiel



Standaard



Hydrofobisch



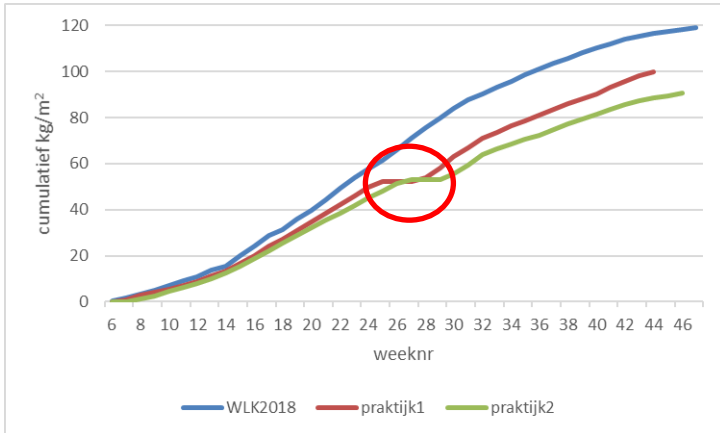
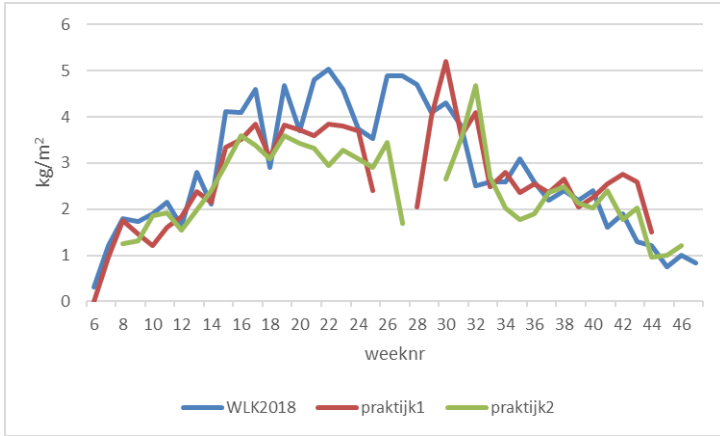
- In de winter is het kasdek nat

Teelt 2018 (laatste onbelichte jaarrond teelt)

- Gewas: ras Hi-Power, plantdatum 28 dec 2017
- Plant- en stengeldichtheid:
 - Start 1.67 pl/m²
 - Getopt 24 jan i.v.m. wat zwarte koppen; met 1 scheut door
 - Nogmaals getopt op 22 feb en verdubbeld (3.3 st/m²)
 - 2 x herbeworteld: 26 apr (na splitsing) en 14 jun
 - Getopt 19 okt, laatste oogst 21 nov



Productie in 2018



- WLK wekelijks tot half juli meer kilo's; 2.9 kg/oogstweek
- Totaalproductie WLK:
 - 120 kg/m² (klasse I)
 - 282 stuks/m²
 - gvg 425 g



Waarom in WLK zo'n hoge productie?

- Meer licht: +10%
- Gewasverzorging!
- Geen productieloze periode
- Geen kkbontvirus of mycosphaerella
- Pas half mei 1^e meeldauw
- Plagen goed beheersbaar
- Hogedrukverneveling → 88.5 l/m²
- Aan einde teelt nog prima gewas



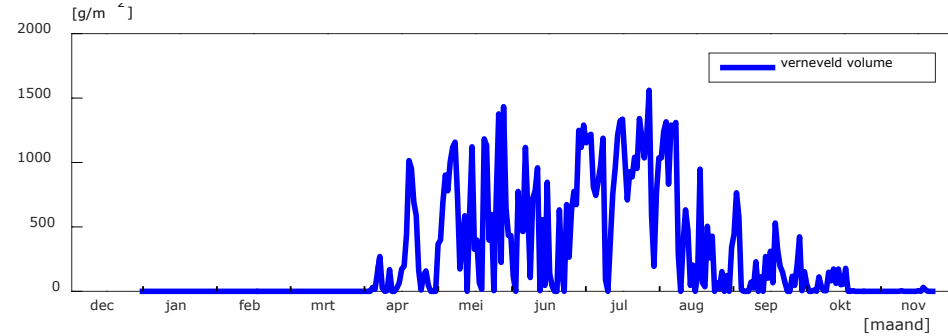
Energiegebruik teelt 2018

- WinterLichtkas 20.3 m³/m² (22 kg CO₂ gedoseerd)
- Praktijk 1 33.2 m³/m²
- Praktijk 2 heeft 1 dicht en 1 open (zonnedoek) scherm + wat later begonnen → snelheid maken 35.9 m³/m²
- Verbruik ca. 40% lager bij vergelijkbare kasuitrusting m.b.t dek en schermen
 - Wel een ontvochtiging met **voelbare** warmte-terugwinning

Klimaat: vernevelen en ontvochtigen

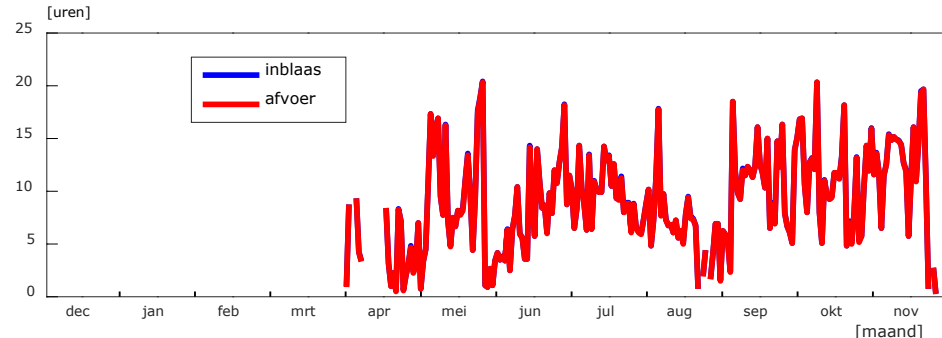
■ Vernevelen

- kas heeft 40 nozzles a 4 l per uur
→ 306 g/m²/uur pulsen
- Vanaf begin april ingezet
- Totaal 289 uur verneveld → gepulsd
- 88.4 l/m² verneveld (hoogste dagsom 1.5 l/m² en max. 140 g/m².uur)



■ Ontvochtigen

- Unit 2100 uur ingezet (7900 uur teelt),
elektriciteitsgebruik 1.8 kWh/m²



Komkommer jaarrond fossielvrij

- Hoe is de teelt fossielvrij te maken? $20 \text{ m}^3/\text{m}^2 \rightarrow 0 \text{ m}^3/\text{m}^2 \rightarrow \text{kWh}/\text{m}^2 \uparrow$
- Verbruiken verminderen (warmte, elektriciteit & CO_2 [verlies])
- Warmte:
 - Verdere isolatie \rightarrow 3^e scherm “ontvochtiging”
 - \rightarrow 30% warmtebesparing is haalbaar
 - Ontvochtiging met warmteterugwinning (voelbaar & latent)
 - In zomer warmte oogsten voor seizoensopslag
 - De som van dit geheel richting 0 m^3 gas input, elektrificatie warmte vraag, ca. $25 \text{ kWh}/\text{m}^2$ (verwarming via de warmtepomp)
 - Elektriciteit is duurzaam in te kopen

Doelen teelt 2023

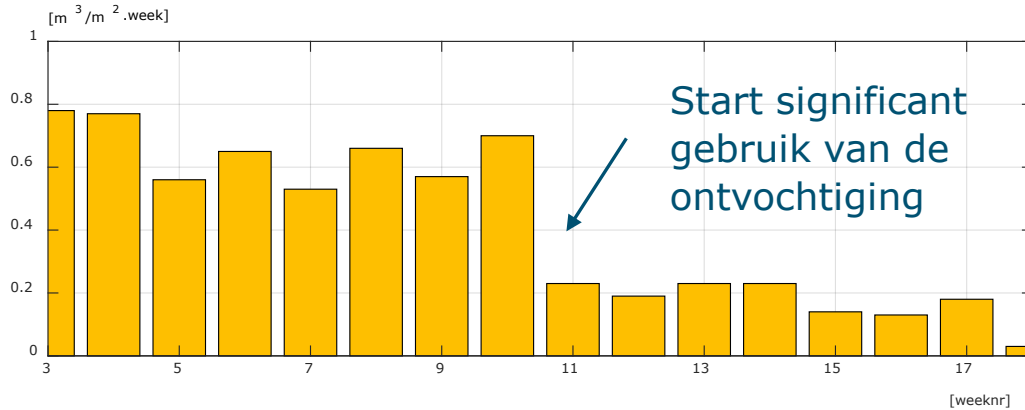
- Warmtevraag van de teelt minimaliseren richting de 10 m³/m² eq. (88 kWh /m²) → teelt niet in december starten
- Warmtevraag grotendeels invullen met terugwinning van latente warmte
- Inzet van 25 kWh/m² warmtepomp & 5 kWh/m² voor luchtbehandeling
- De (nog) niet fossielvrije inzet van warmte in de zomer zoveel mogelijk uit kas oogsten en “fictief” in lange termijn warmteopslag opslaan
- CO₂ dosering beperken tot 15 kg/m² voor de gehele teelt
- Beperken gebruik chemische bestrijdingsmiddelen
- 1 lange teelt mbv herbewortelen
- Generatief gewas met stabiele en voldoende hoge productie

Teelt opzet 2023

- Gewas: ras Uptrace, plantdatum 18 januari 2023
- Plant- en stengeldichtheid:
 - Start 1.7 pl/m²
 - Eerste helft verdubbeld in week 8
 - Tweede helft verdubbeld in week 12
 - 2 x herbewortelen: eerste week mei (net voor en na splitsing) en half juni
 - Kokos perliet mix in de aan-aard bakken

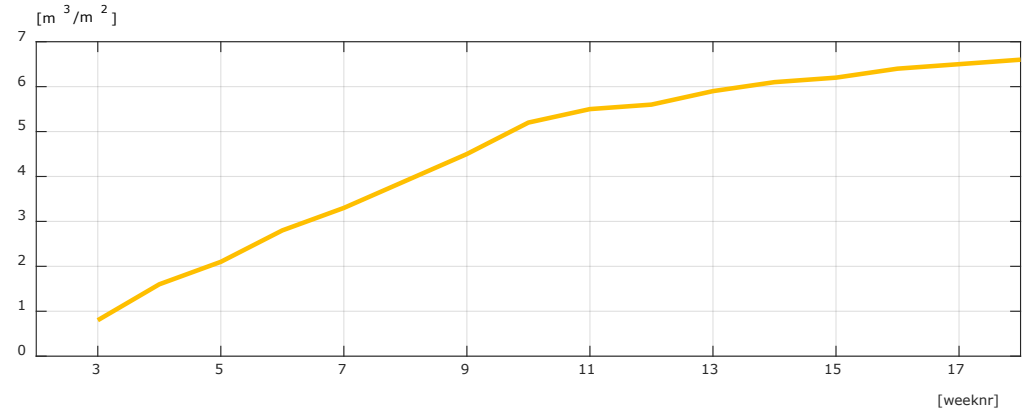


Energieverbruik tot nu toe in teelt 2023



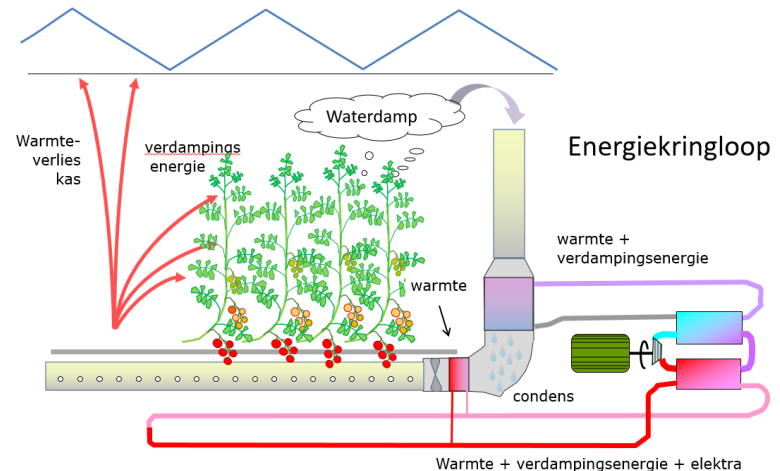
- In 2018 van week 19 t/m 44 nog 5 m³/m² gebruikt
➔ 10 m³ warmtevraag is uitdagend

- Erg lastig in jan & feb warmtevraag te verlagen
- Voor ontvochtiging ruim 5 kWh/m² gebruikt



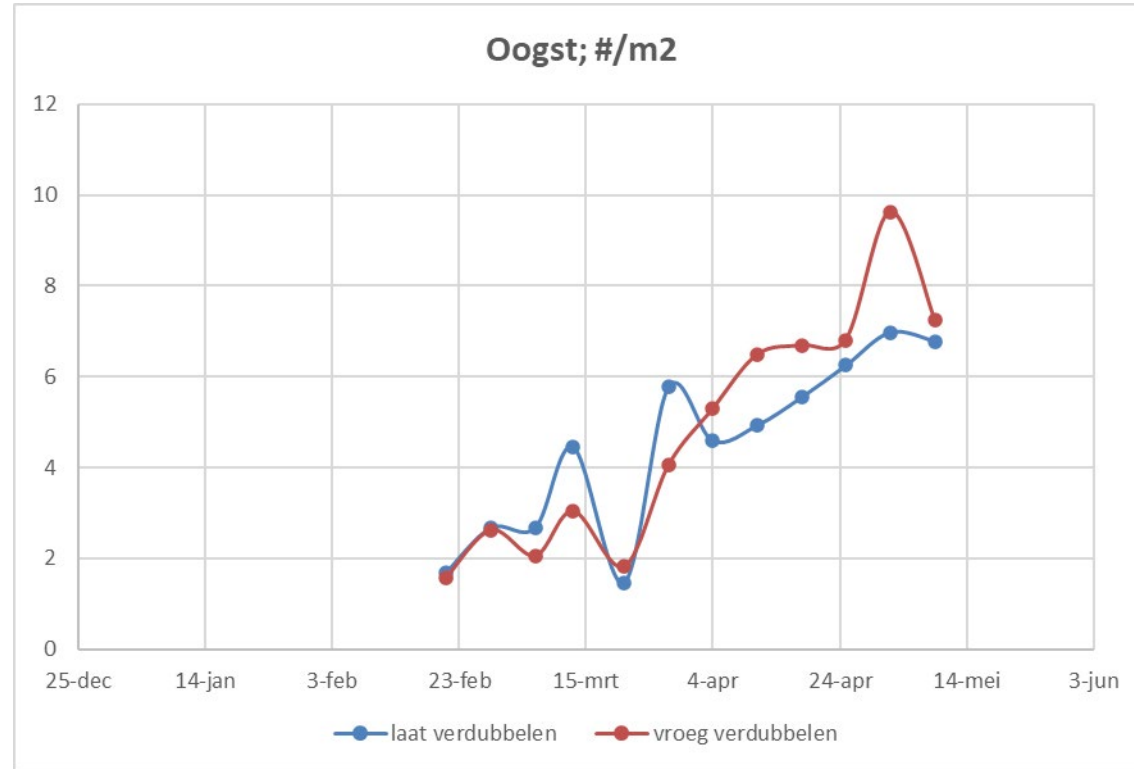
Ontvochtiging

- Nu een tijdelijke oplossing → ca, 2.2 l ontvochtiging per kWh
- Separaat project om efficiëntere ontvochtiger te bouwen die minder / geen naverwarming vraagt
- Zou vanaf september operationeel moeten zijn



Gewas resultaten 2023 tot nu toe

- Dip = broei; klimaat aanpassingen gemaakt
- Aanname methode verdubbelen; gelijk aantal vruchten per m²
- Veel broei in deel late verdubbeling; vertraging plant & minder oogst
- Herbeworteling 1 ingezet



Dank

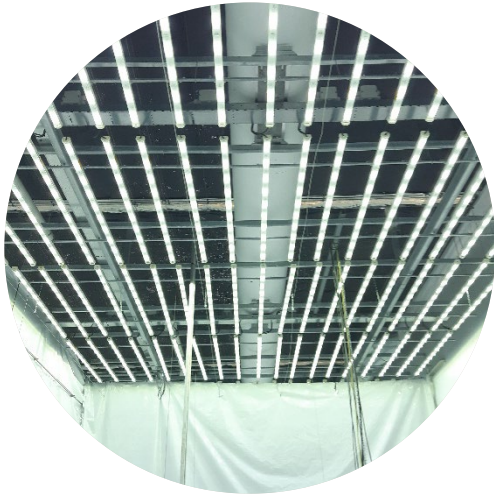
- Vragen?



project "komkommer: met zonlicht een spectraal evenwicht"

Samenvatting proefopzet en resultaten

9-5-2023, Kees Weerheim

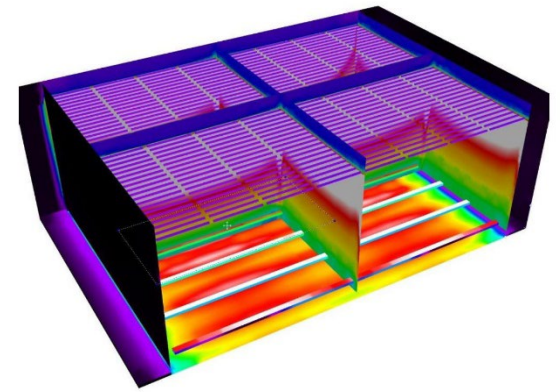


Achtergrond en doel van het project

- Achtergrond: door hoge elektraprijzen wordt efficiënt belichten steeds relevanter, naast de doelstelling van fossielvrij telen.
- Doel: een belichtingsstrategie ontwikkelen met een maximum van 100 kWh/m² input.
 - Hoe kunnen we licht inzetten voor een optimaal producerend gewas? Welk licht is absoluut noodzakelijk en op welk moment?
 - Hoe beïnvloedt verschillende toepassing van verrood groei en ontwikkeling?
 - Kunnen we de LBE verhogen in een wintergewas?

IDC LED hogedraad

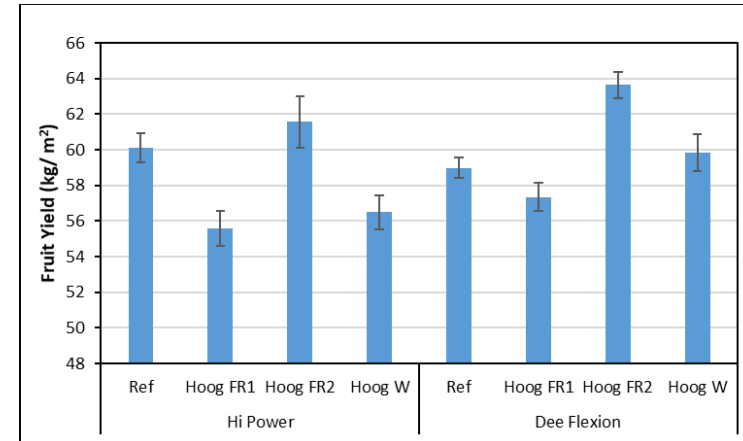
- Geschikt voor spectrumonderzoek in hogedraad gewassen
- Hoge koel en ultrasoonbevochtiging
- 4 compartimenten
 - Regelbare intensiteit en spectrum
 - Meetbox, PAR/FR, onderschepping, nettostraling
 - Aquabalance en groepen
 - Verticale T/RV sensoren



Eerdere resultaten lichtspectrumonderzoek

Behandeling	Spectrale samenstelling (%)				Intensiteit		R:FR	PSS	Efficacy (2023) μmol/J
	B	G	R	FR	PPFD	PFD			
Referentie	5%	5%	80%	10%	200	222	8.0	0.86	3.5
Hoog FR 1	5%	5%	72%	18%	182	222	4.0	0.83	3.4
Hoog FR 2	5%	5%	72%	18%	200	244	4.0	0.83	3.4
Hoog W	11%	16%	55%	18%	200	244	3.0	0.82	3.1

- Verrood is noodzakelijk tot een bepaalde hoogte, voor plantvorm en fotosynthese efficiëntie;
- Meer VR ten koste van PAR leidt tot lagere productie, PAR+VR hogere productie
- Meer wit+VR: zelfde of lagere productie



Eerdere resultaten lichtspectrumonderzoek

- Productie uitdrukken in:
 - LBE (g/mol) op basis van PFD:
 - 400-800nm LED+Zon
 - LBE (kWh/kg)
 - 400-800nm LED
- Conclusie: Referentiespectrum- en intensiteit het meest efficiënt per kWh

Cultivar	Behandeling	LBE		
		PPFD (g/mol)	PFD (g/mol)	PFD (kWh/kg)
Hi Power	Ref	27.4	23.9	2.70
	Hoog FR1	27.6	22.3	2.97
	Hoog FR2	28.4	23.0	2.95
	Hoog W	25.9	21.1	3.52
Dee Flexion	Ref	27.7	24.2	2.67
	Hoog FR1	28.5	23.1	2.88
	Hoog FR2	29.6	24.0	2.83
	Hoog W	28.0	22.8	3.26
Gemiddeld		27.9	23.0	2.97

Projectplan: komkommer met zonlicht een spectraal evenwicht (2022-2023)

- **WP1: Belichtingsstrategie**
- WP2: Teelt najaar-winter
- WP3: Teelt winter-voorjaar (lopend)

Onderzoeksvragen werkpakket 1

- Hoe kunnen we het licht zo efficiënt mogelijk toedienen?
- Hypothesen:
 - Wit licht in de nacht kan worden weggelaten > besparing en hogere efficiëntie
 - Eindedags verrood behandeling (EOD FR) heeft een positief effect op morfologie
 - Begin- en eindedags verrood behandeling BEOD FR heeft een positief effect op morfologie en assimilatenverdeling naar de vruchten

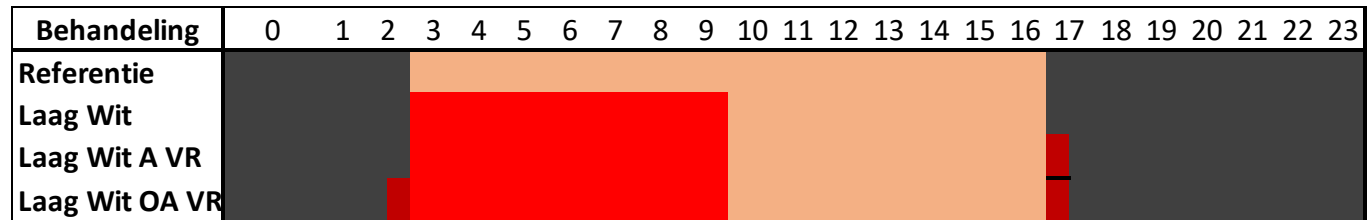
Proefopzet

■ 4 Behandelingen:

1. B/G/R/VR: 5/5/80/10: Referentiespectrum eerder onderzoek (PPFD:171, PFD (totale flux): $190 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)
2. B/G/R/VR: nacht: 0/0/89/11, dag 5/5/80/10 : Wit licht wordt weggelaten gedurende de nacht (PPFD :162, PFD: $181 \mu\text{mol}$)
3. Als 2, maar met een eindedags verroodbehandeling (B/G/R/VR: 0/0/1/99 PFD: $19 \mu\text{mol}$ 30 min)
4. Als 3 maar met een verrood behandeling aan het begin en eind van de dag (beide B/G/R/VR: 0/0/1/99 PFD: $19 \mu\text{mol}$ 30 min)

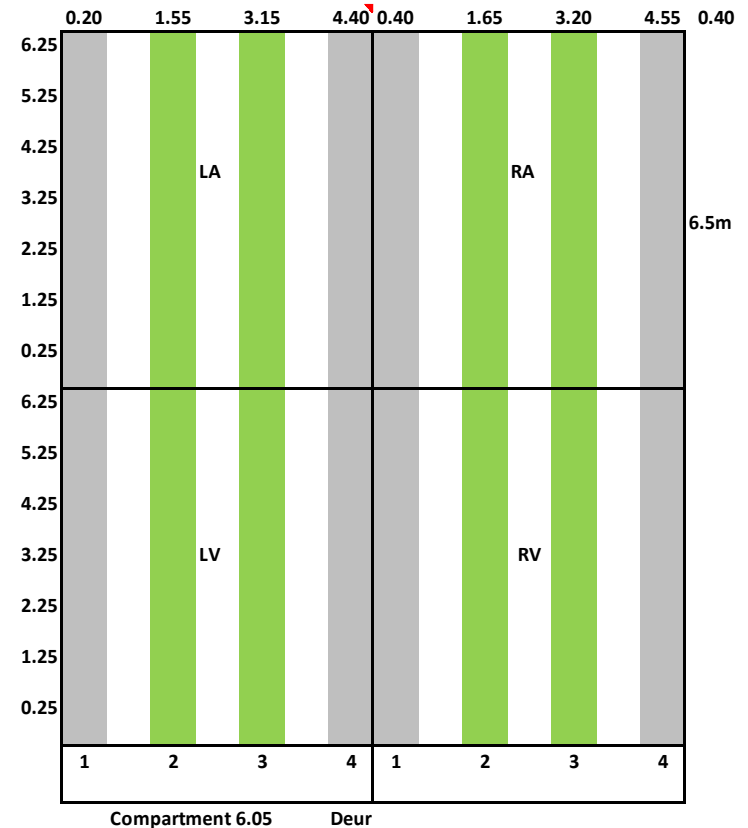
Behandelingstabel

Compartiment	Behandeling	Spectrale samenstelling (%)				Intensiteit	
		B	G	R	FR	PPFD	PFD
LA	Referentie	5%	5%	80%	10%	171	190
RA	Laag Wit	3%	3%	84%	11%	162	181
LV	Laag Wit A VR	3%	3%	84%	11%	162	181
RV	Laag Wit OA VR	3%	3%	84%	11%	162	181



Proefopzet:

- 4 compartimenten met 1 cultivar:
 - Dee Flexion
 - Plant dichtheid 2.1 pl/m²
 - Plant datum: week 32
 - Duur: 8 weken
 - Daglengte: 14.5 uur



Metingen

- Biomassa van gehele plant inclusief gesnoeid blad
- Gewasontwikkeling
- Water en voedingsopname
- Verticale licht- temperatuur- vochtverdeling
- Fotosynthese
- Plantopbouw

Resultaten

- Geen significant verschil in totale biomassa
- Geen verschil in productie:
 - Evenredig minder met minder PAR
- Lager bladoppervlakte met minder wit licht: minder vegetatief
- Hoger vrucht DS met VR

Behandeling	LBE		
	PPFD (g/mol)	PFD (g/mol)	PFD (kWh/kg)
Referentie	21.0	18.4	3.6
laag wit	21.0	18.4	3.5
laag wit VR A	20.9	18.2	3.6
laag wit VR OA	20.8	18.2	3.6
Gemiddeld	20.9	18.3	3.6

Conclusies:

- Wit licht in de nacht kan worden weggelaten
 - 5% minder lamplicht kost 4% productie
- Eindedags verrood behandeling EOD FR treatment heeft een positief effect op morfologie
 - Langere internodien en groter bladoppervlakte
- Begin- en eindedags verrood behandeling BEOD FR heeft een positief effect op morfologie en assimilatenverdeling naar vruchten
 - Langere internodien maar geen toename in assimilatenverdeling naar de vruchten

Conclusies en vervolg

- Dynamiek aanbrengen op de dag leidt niet tot een efficiëntere belichtingsstrategie
- Effect op drooggewicht positief van (B)EOD verrood
- In combinatie met hoger vrucht DS geen verschil in versproductie
- Referentiespectrum leidt tot goede resultaten
 - Vervolg in WP2 en 3 (lopend)

Bedankt voor uw aandacht!

Kees.weerheim@wur.nl

+31 317 481278

