WAGENINGEN UNIVERSITY & RESEARCH

Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit

KAS ALS ENERGIEBRON

Glastuinbouw Nederland
morgen groeit vandaag

Delphy

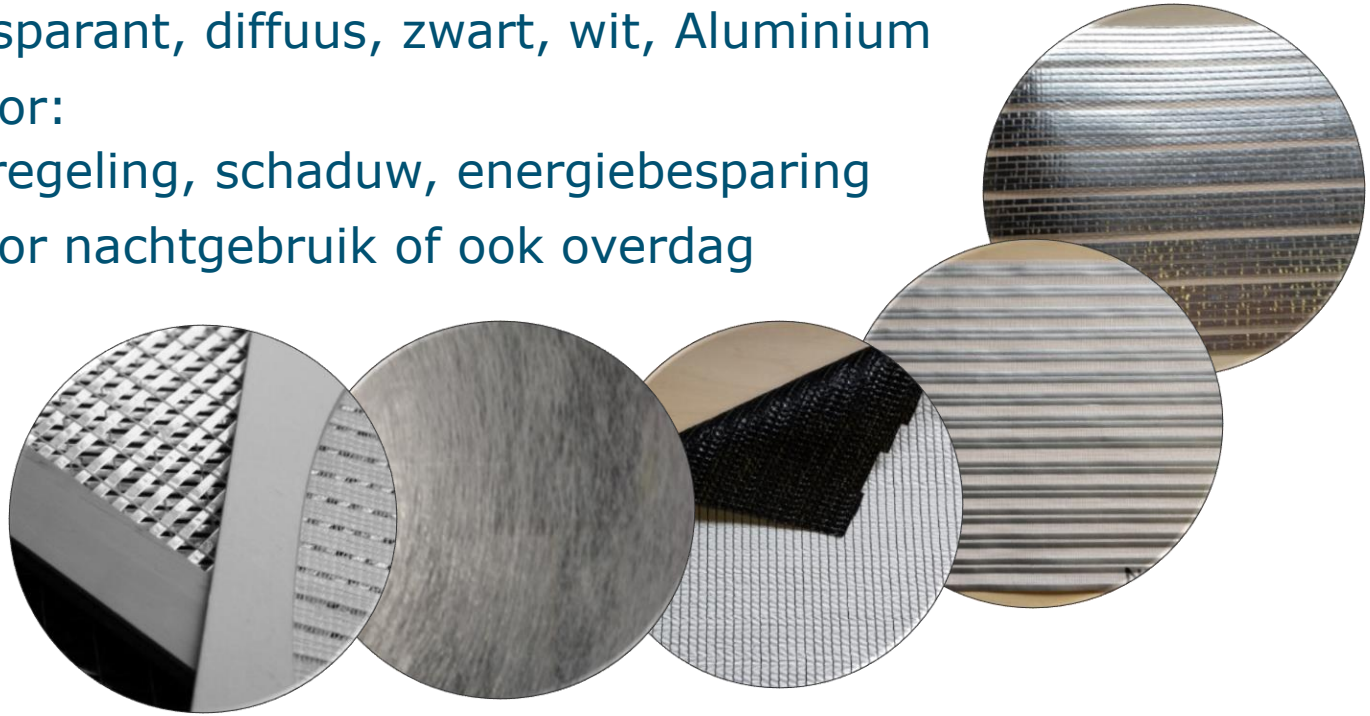
Energiek Event 2023

Optimale keuze voor schermen

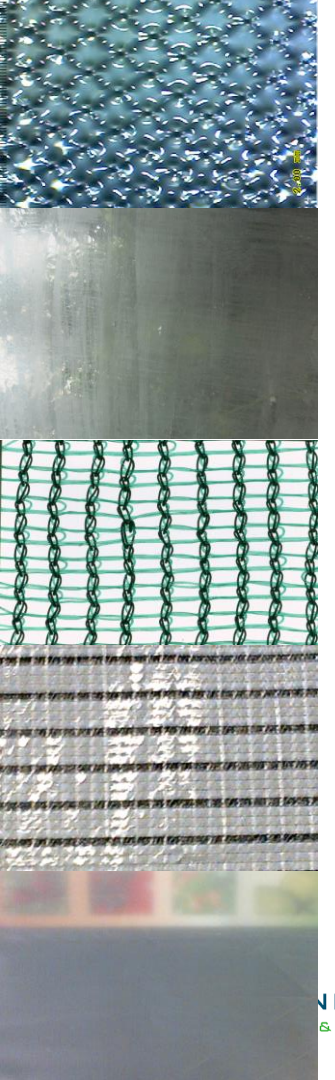
Worldwide Expertise for Food & Flowers

Verschillende schermen, verschillende eigenschappen

- Geweven, gebreid, folie
- Open, transparant, diffuus, zwart, wit, Aluminium
- Bedoeld voor:
  daglengte regeling, schaduw, energiebesparing
- Bedoeld voor nachtgebruik of ook overdag



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH



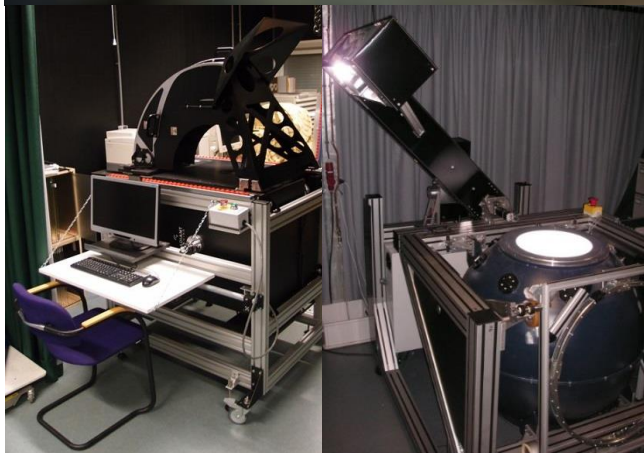
WUR LightLab

- Optische eigenschappen van kasbedekkingsmaterialen en schermmaterialen
- R&D samen met de industrie
- Ontwikkelen van nieuwe meetmethoden
- Verzamelen van objectieve informatie

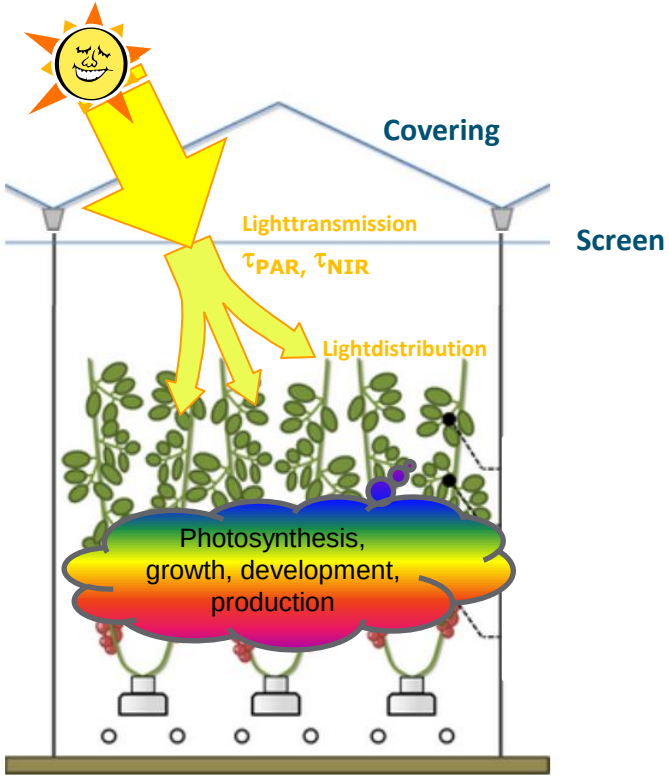
NEN 2675

Greenhouse glass - Determination of optical properties of greenhouse covering materials and screens

TESTING
RvA L 655

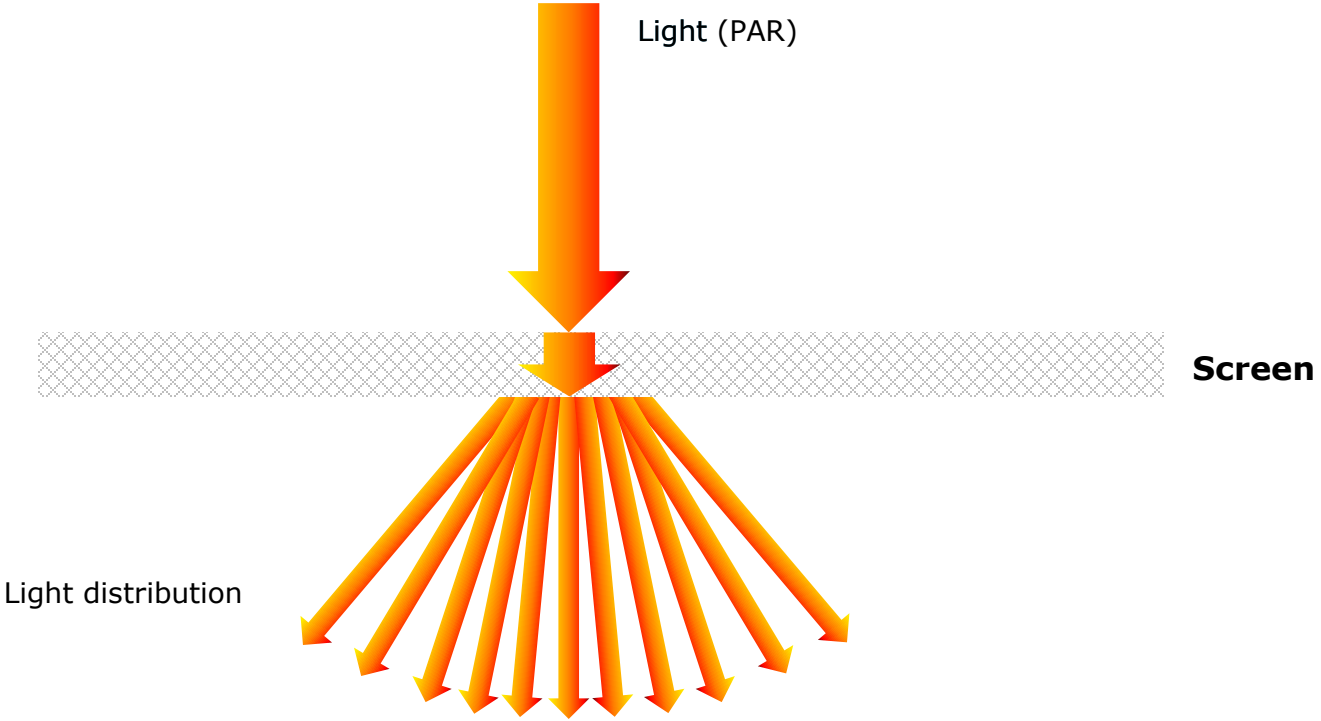


Licht-doorlatendheid meten



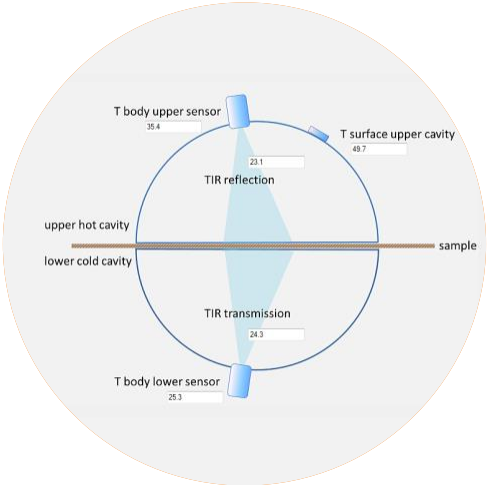
WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

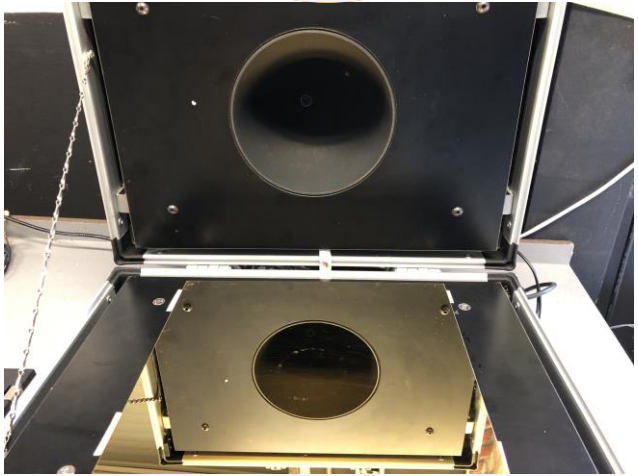
Maar ook de diffusiteit van het licht (hortiscatter)



Stralingseigenschappen

- **'TNO-koffer'**
- Twee halve bollen die naar elkaar stralen
- Reflectie ρ_{TIR}
  transmissie τ_{TIR}
  emissie ε_{TIR}
- Apparaat wordt ook gebruikt door fabrikant
- Foutmarge < 2.5%



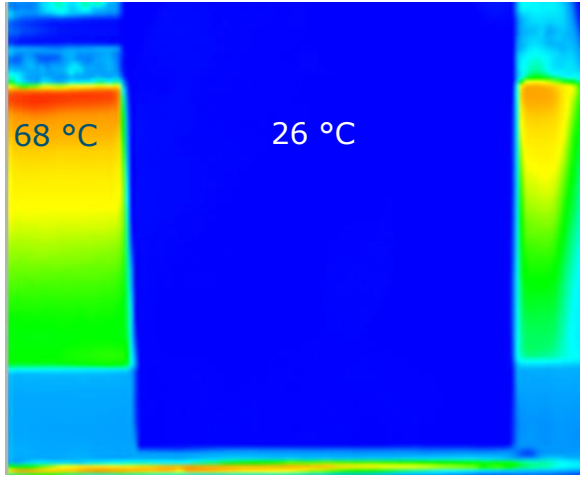


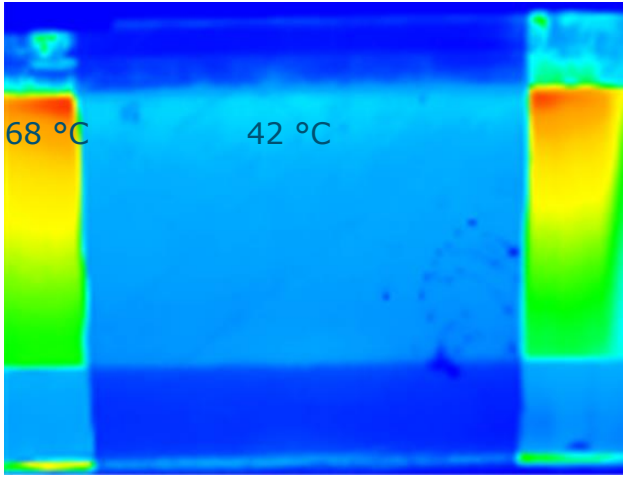
De la Faille, B.; Campen, J.B. and Oversloot, H. (2009) Emission and transmission of heat radiation through screens. TNO report 034-DTM-2009-04659.

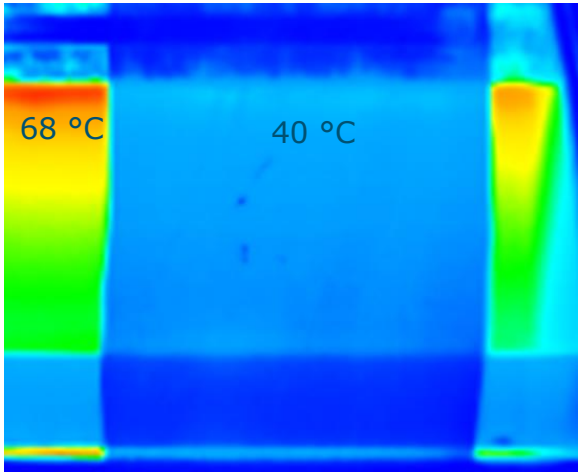
WAGENINGEN UNIVERSITY & RESEARCH

Infrarood transmissie

Glas is nauwelijks IR-doorlatend, folies meestal meer



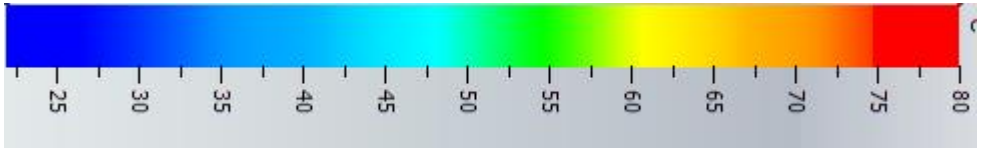




$26 = \tau_{glas} \times 68 + (1 - \tau_{glas}) \times 22$
$\rightarrow \tau_{glas_ir} = 0.05$

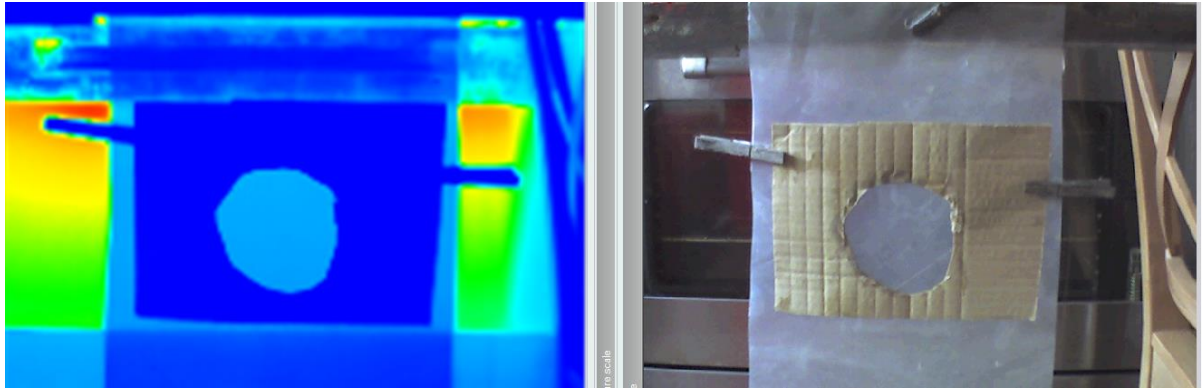
$42 = \tau_{folie} \times 68 + (1 - \tau_{folie}) \times 22$
$\rightarrow \tau_{folie_ir} = 0.41$

$42 = \tau_{folie} \times 68 + (1 - \tau_{folie}) \times 22$
$\rightarrow \tau_{folie_ir} = 0.36$



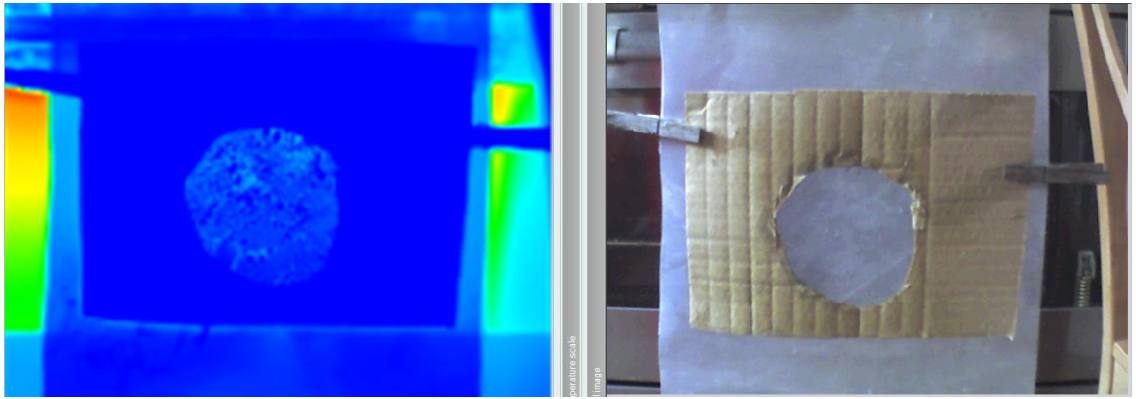
WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

For instance to see the effect of a water film

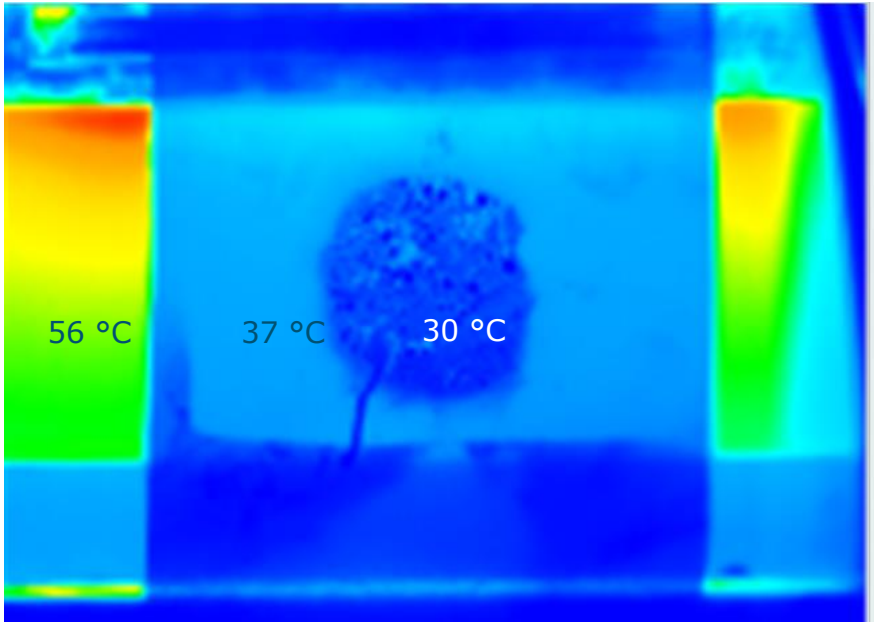


Dry foil

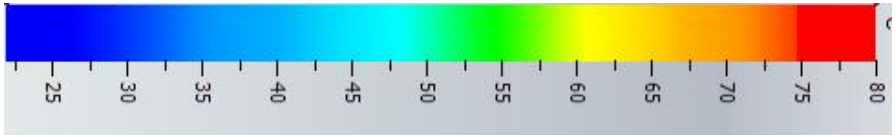
wetted foil



For instance to see the effect of a water film



$\tau_{droog} = 0.30$
$\tau_{nat} = 0.15$



Lucht-doorlatendeheid

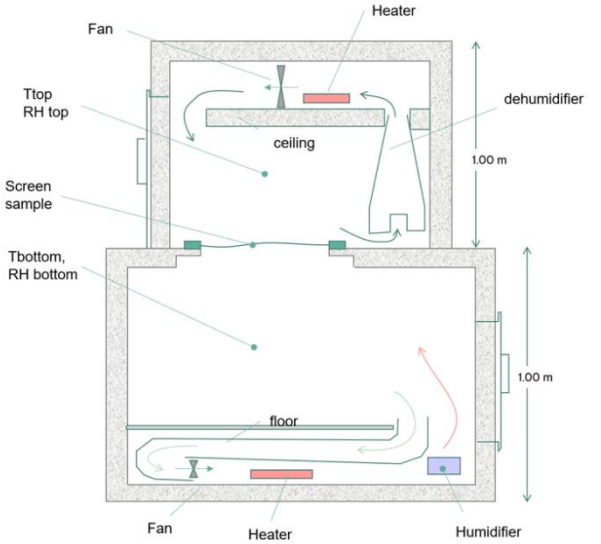
- **Permea air permeability device**
- Kleine windtunnel met een nauwkeurige meetsensor voor de flow van lucht door een scherm als functie van een drukverschil
- $\sigma<0.2\%$

Hemming, Silke, Feije de Zwart, Vida Mohammadkhani, Marcel Raaphorst, Bram van Breugel, Esteban Baeza (2021). Wet Screens: Characterization of the physical properties of wet screens and quantification of their effect on energy use in greenhouses. 10.18174/558268

WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Vochtdoorlatendheid

- **TransHumid vapour transport device**
- Twee ruimtes, gescheiden door 0.25 m2 schermdoek
- Bovenste ruimte koud en (daardoor) relatief droog
- Onderste ruimte warm en kan droog zijn of bevochtigd worden.
- Vochttransport meting door te meten hoeveel water er onderin verdampt en hoeveel er bovenin condenseert.



Hemming, Silke, Feije de Zwart, Vida Mohammadkhani, Marcel Raaphorst, Bram van Breugel, Esteban Baeza (2021). Wet Screens: Characterization of the physical properties of wet screens and quantification of their effect on energy use in greenhouses. 10.18174/558268

WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Samen naar een klimaatneutrale glastuinbouw

PARTNERS

PROEFCENTRUM HOOGSTRATEN
PROEFSTATION VOOR DE GROENTETEELT
UNIVERSITEIT GENT
VERHOEVEN QH B.V.
ILVO
Botany Agro R&D Facilities
Plant Lighting
maurice KASSENBOUW BV
THOMAS MORE
Maastricht University
WAGENINGEN UNIVERSITY & RESEARCH

FINANCIERDERS

Interreg Vlaanderen-Nederland
Gefinancierd door de Europese Unie
Energlik
Glastuinbouw Nederland
KAS ALS ENERGIEBRON
Provincie Antwerpen
Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit
provincie limburg
provincie Oost-Vlaanderen
Ministerie van Economische Zaken

Interreg Vlaanderen-Nederland
Gefinancierd door de Europese Unie
Energlik

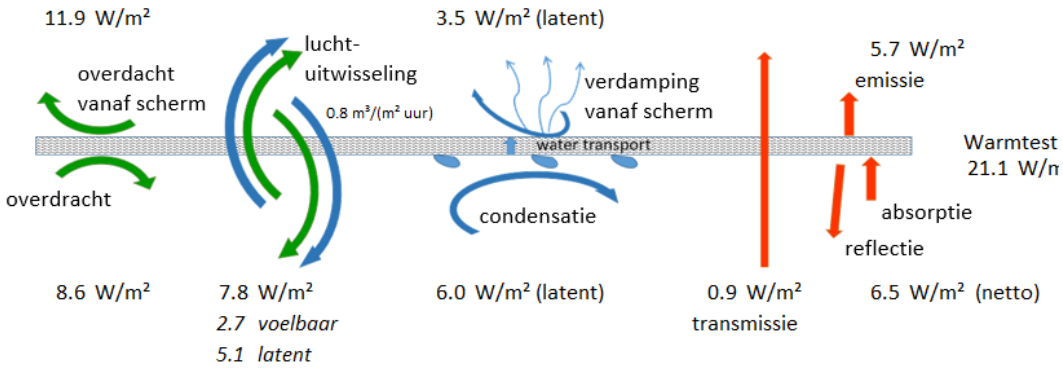
TransHumidbox simulator geeft inzicht

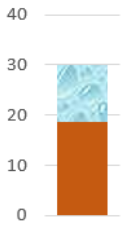
Temperatuur	10	°C						
Vochtigheid	60	%RV	5.7	gr/m³				
					τ	0.05		
Scherm	LD_100_WB+B_Fl	Doorlatendheid	0.50	·1e-7	ε	0.90	ρ	0.05
Berekende schermtemperatuur	15.6	°C	(nat)		ε	0.90	ρ	0.05

Berekend vochttransport	13	gram/(m² uur)
Berekende luchtuitwisseling	0.8	m³/(m² uur)
Hygroscopisch transport	5	gram/(m² uur)

Temperatuur	20	°C			
Vochtigheid	85	%RV	14.8	gr/m³	
Dauwpunt	17.4	oC			
Vochtgradient	9.1	gr/m³	Temperatuurgradient	10.0	°C

Berekende vochtproductie	17	gram/(m² uur)		
Berekende warmtevraag	30	W/m²	waarvan 11	W/m² latent
Warmteverlies	3.0	W/(m² K)		





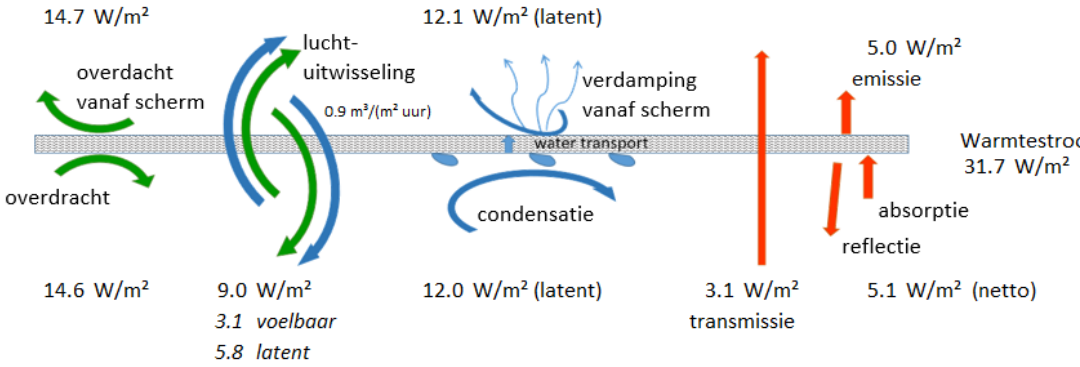
Verwarmingsvermogen 'kas'

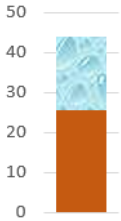
voelbaar	19	W/m²
latent	11	W/m²
totaal	**30**	**W/m²**

Uvalue 3.0 W/(m² K)

TransHumidbox simulator geeft inzicht

Temperatuur	10	°C						
Vochtigheid	60	%RV	5.7	gr/m³				
					τ	0.18		
Scherm	Harmony_2047_FR	Doorlatendheid	0.57	·1e-7	ε	0.75	ρ	0.07
Berekende schermtemperatuur	15.0	°C	(nat)		ε	0.75	ρ	0.07
Berekend vochttransport	26	gram/(m² uur)						
Berekende luchtuitwisseling	0.9	m³/(m² uur)						
Hygroscopisch transport	18	gram/(m² uur)						
Temperatuur	20	°C						
Vochtigheid	85	%RV	14.8	gr/m³				
Dauwpunt	17.4	oC						
Vochtgradient	9.1	gr/m³	Temperatuurgradient	10.0	°C			
Berekende vochtproductie	28	gram/(m² uur)						
Berekende warmtevraag	44	W/m²	waarvan	19	W/m² latent			
Warmteverlies	4.4	W/(m² K)						





Verwarmingsvermogen 'kas'

voelbaar	26	W/m²
latent	19	W/m²
totaal	**44**	**W/m²**

Uvalue 4.4 W/(m² K)

WAGENINGEN UNIVERSITY & RESEARCH

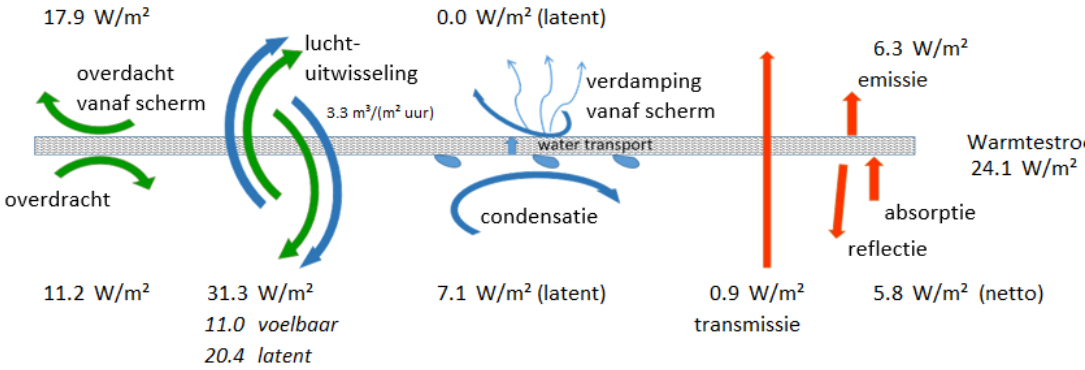
TransHumidbox simulator geeft inzicht

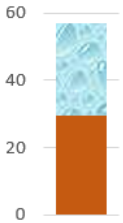
Temperatuur	10	°C						
Vochtigheid	60	%RV	5.7	gr/m³				
					τ	0.05		
Scherm	PhormitexCrystal	Doorlatendheid	1.90	·1e-7	ε	0.90	ρ	0.05
Berekende schermtemperatuur	15.9	°C	(nat)		ε	0.90	ρ	0.05

Berekend vochttransport	30	gram/(m² uur)
Berekende luchtuitwisseling	3.3	m³/(m² uur)
Hygroscopisch transport	0	gram/(m² uur)

Temperatuur	20	°C			
Vochtigheid	85	%RV	14.8	gr/m³	
Dauwpunt	17.4	oC			
Vochtgradient	9.1	gr/m³	Temperatuurgradient	10.0	°C

Berekende vochtproductie	41	gram/(m² uur)			
Berekende warmtevraag	57	W/m²	waarvan	27	W/m² latent
Warmteverlies	5.7	W/(m² K)			





Verwarmingsvermogen 'kas'

voelbaar	30	W/m²
latent	27	W/m²
totaal	**57**	**W/m²**

Uvalue 5.7 W/(m² K)

Schermeigenschappen doorvertalen naar effect

Screens | Greenhouse | Crop | Setpoints | Simulate | To Analysis
General | Illumination | Dehumidification

Interreg Vlaanderen-Nederland | Gefinancierd door de Europese Unie | Energlik | WAGENING UNIVERSITY & RESEA

General

Location: Bleiswijk

Simulation start: 2022-12-01 yyyy-mm-dd 44896
Number of months: 11 45232

Scenario Naam: BlackScreen

Greenhouse

	jan	feb	mrt	apr	may	jun	jul	aug	sep	oct	nov	dec	
White wash reduction	0												%

CO2 fertilisation

Pure: 200 kg/ha/h max

Crop

Type: tomato

	jan	feb	mrt	apr	may	jun	jul	aug	sep	oct	nov	dec
Cultivation											0	1

Dehumidification

○ Just open the vents

◉ Forced ventilation
Capacity: 7 m³/m²/h

○ Screen ventilator
Capacity: 20 m³/m²/h

○ Internal dehumidifcation

Schermeigenschappen doorvertalen naar effect

Screens | Greenhouse | Crop | Setpoints | Simulate | To Analysis
General | Illumination | Dehumidification

Interreg Vlaanderen-Nederland | Gefinancierd door de Europese Unie | Energlik | WAGENING UNIVERSITY & RESEA

General

Location: Bleiswijk

Simulation start: 2022-12-01 yyyy-mm-dd 44896
Number of months: 11 45232

Scenario Naam: BlackScreen

Greenhouse

	jan	feb	mrt	apr	may	jun	jul	aug	sep	oct	nov	dec	
White wash reduction	0												%

CO2 fertilisation

Pure: 200 kg/ha/h max

Crop

Type: tomato

	jan	feb	mrt	apr	may	jun	jul	aug	sep	oct	nov	dec
Cultivation											0	1

Dehumidification

○ Just open the vents

◉ Forced ventilation
Capacity: 7 m³/m²/h

○ Screen ventilator
Capacity: 20 m³/m²/h

○ Internal dehumidifcation

Schermeigenschappen doorvertalen naar effect

Screens

Screen 1

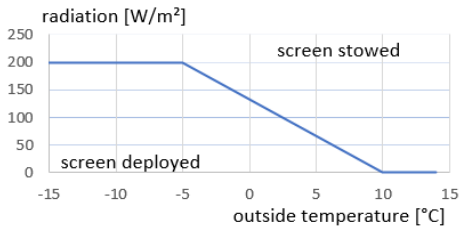
Type: HARMONY 2047 FR

Use below: 14 °C outside

Close below

T out, °C	Rad, W/m²
-20	200
-5	200
10	0
12	0
14	0

☐ Blackout



Screen 2

Type: None

Use below: 12 °C outside

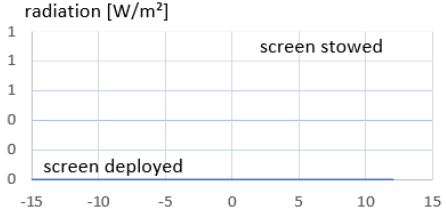
Close below

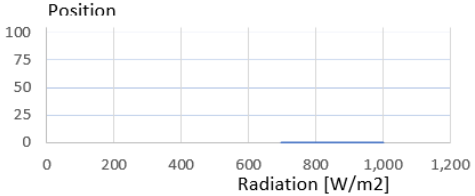
T out, °C	Rad, W/m²
-20	100
5	10
8	0
10	0
14	0

☐ Blackout

☐ Use as shading screen

T out, °C	Pos, %
700	50
750	75
800	100





WAGENINGEN UNIVERSITY & RESEARCH

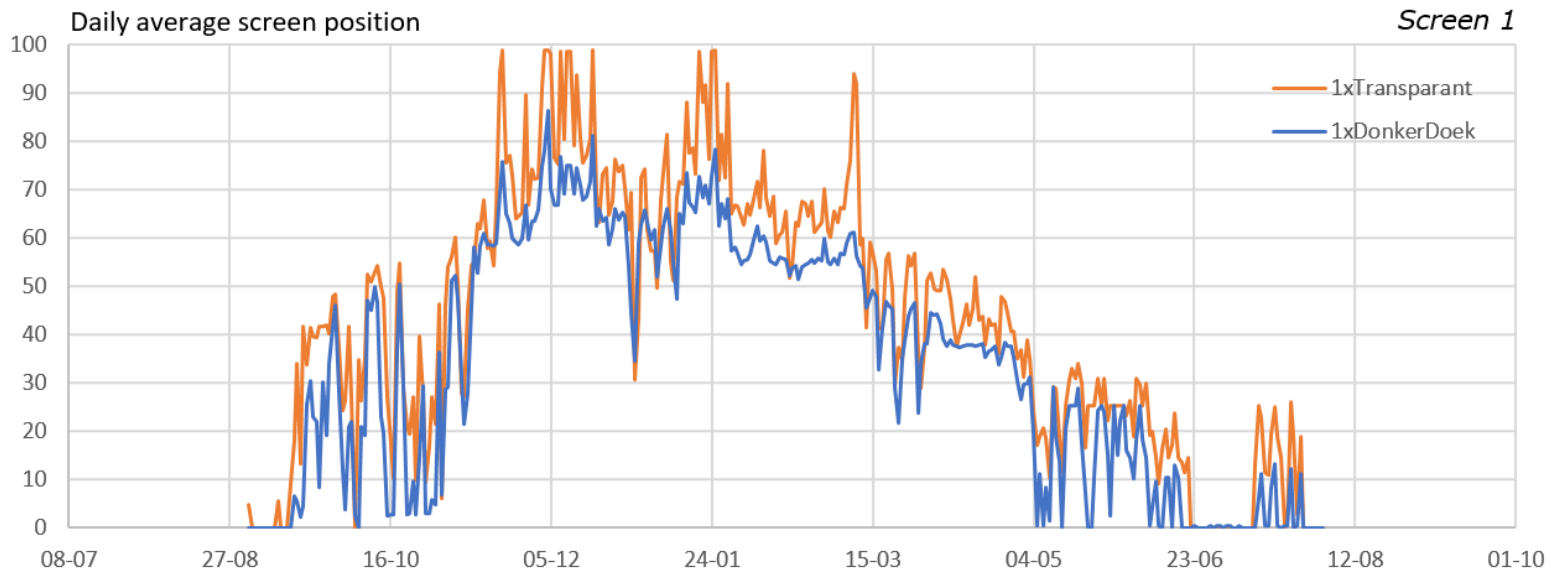
Schermeigenschappen doorvertalen naar effect

Case: Belichte tomatenteelt met 1 schermdoek

	1xTransparant	1xDonkerDoek	
Gemiddelde kasluchttemperatuur	21.1	21.1	°C
Gemiddelde RV	86	86	%
Gemiddelde CO2 concentratie	616	615	ppm
Lichtsom	6891	6914	mol PAR/m2
Gewasverdamping	812	814	liter/m2
Ontvochtiging	259	255	liter/m2
CO2-dosering	40.4	40.0	kg/m2
Schermuren scherm1	3455	0	uur
scherm2	0	2744	uur
scherm3	0	0	uur
Warmtevraag	1122	1129	MJ/m2
Gasverbruik	35.4	35.7	m3/m2
Elektriciteitsverbruik	226	226	kWh/m2

Schermeigenschappen doorvertalen naar effect

Case: Belichte tomatenteelt met 1 schermdoek



Een tweede scherm er bij

Case: Belichte tomatenteelt met 1 Donkerdoek + 1 transparent doek

	Donker+Transp	1xDonkerDoek	
Gemiddelde kasluchttemperatuur	21.1	21.1	°C
Gemiddelde RV	86	86	%
Gemiddelde CO2 concentratie	613	615	ppm
Lichtsom	6794	6914	mol PAR/m2
Gewasverdamping	799	814	liter/m2
Ontvochtiging	274	255	liter/m2
CO2-dosering	40.8	40.0	kg/m2
Schermuren scherm1	3447	0	uur
scherm2	2742	2744	uur
scherm3	0	0	uur
Warmtevraag	1016	1129	MJ/m2
Gasverbruik	32.1	35.7	m3/m2
Elektriciteitsverbruik	227	226	kWh/m2

WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Met ontvochtiging met latente warmte terugwinning

Case: Belichte tomatenteelt met 1 Donkerdoek + 1 transparent doek

	Donker+Transp	1xDonkerdoek	
Gemiddelde kasluchttemperatuur	21.0	21.1	°C
Gemiddelde RV	87	86	%
Gemiddelde CO2 concentratie	642	637	ppm
Lichtsom	6794	6914	mol PAR/m2
Gewasverdamping	759	775	liter/m2
Ontvochtiging	205	185	liter/m2
CO2-dosering	28.6	28.7	kg/m2
Schermuren scherm1	3474	0	uur
scherm2	2757	2759	uur
scherm3	0	0	uur
Warmtevraag	733	862	MJ/m2
Gasverbruik	3.6	8.2	m3/m2
Elektriciteitsverbruik	314	303	kWh/m2

WAGENINGEN UNIVERSITY & RESEARCH

Met ontvochtiging met latente warmte terugwinning

Case: Twee verschillende **enkele** doeken, belichte kas (LED-lampen met 2.3 umol/J)

	1xHarmony	1xCristal	
Gemiddelde kasluchttemperatuur	21.1	21.1	°C
Gemiddelde RV	86	86	%
Gemiddelde CO2 concentratie	639	635	ppm
Lichtsom	6891	6893	mol PAR/m2
Gewasverdamping	771	770	liter/m2
Ontvochtiging	192	195	liter/m2
CO2-dosering	28.7	29.0	kg/m2
Schermuren scherm1	3478	3476	uur
scherm2	0	0	uur
scherm3	0	0	uur
Warmtevraag	844	847	MJ/m2
Gasverbruik	7.3	7.0	m3/m2
Elektriciteitsverbruik	306	308	kWh/m2

Met ontvochtiging met latente warmte terugwinning

Case: Belichte tomatenteelt met 1 Donkerdoek + verschillende doeken

	1xHarmony	1xCristal	
Gemiddelde kasluchttemperatuur	20.2	20.2	°C
Gemiddelde RV	86	85	%
Gemiddelde CO2 concentratie	621	615	ppm
Lichtsom	5508	5510	mol PAR/m2
Gewasverdamping	744	741	liter/m2
Ontvochtiging	177	180	liter/m2
CO2-dosering	26.2	26.3	kg/m2
Schermuren scherm1	3259	3258	uur
scherm2	0	0	uur
scherm3	0	0	uur
Warmtevraag	1066	1068	MJ/m2
Gasverbruik	19.1	18.9	m3/m2
Elektriciteitsverbruik	78	79	kWh/m2

Delphy

Ervaringen met schermen

Delphy Improvement Centre

Worldwide Expertise for Food & Flowers

Korte introductie

- Stijn Jochems
- Onderzoeker bij Delphy Improvement Centre

- Gefocust op energie efficiëntie & LED
- Toepassing nieuwe technieken, stap tussen leveranciers & wetenschap en praktijk
  - Tomaat
  - Aardbei
  - Chrysant
  - Lelie
  - Aubergine

Delphy

Rol van energieschermen

- Belangrijke rol van schermen in energiezuinige glastuinbouw
- Maar staan niet op zichzelf

- Echte bijdrage zit in de strategie

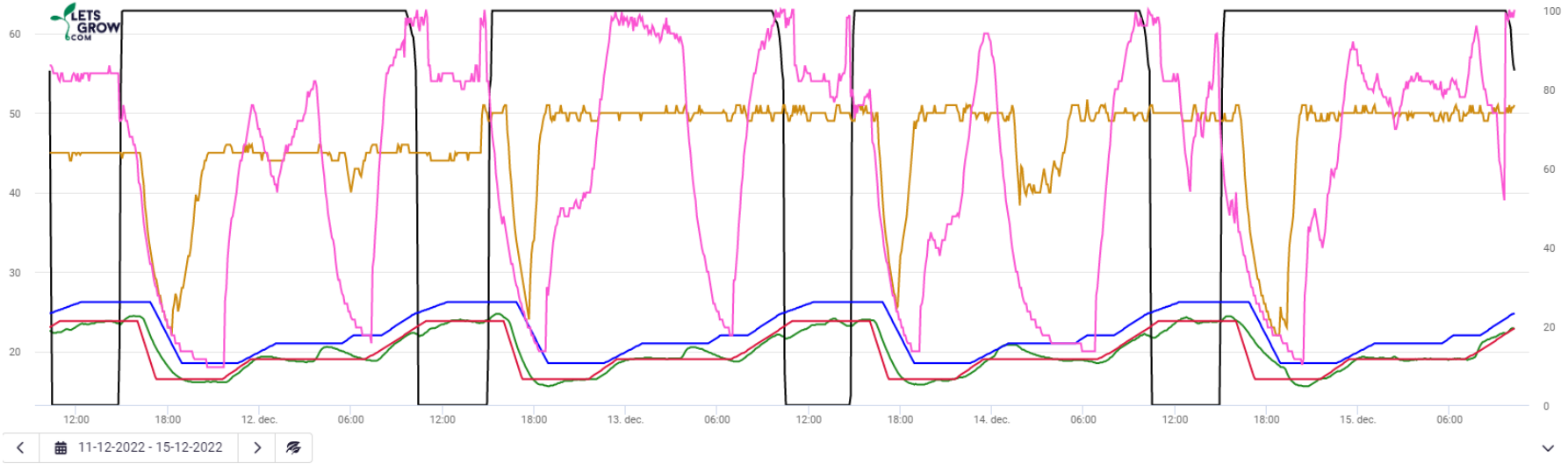
- Rol van demonstratieproeven:
  - Vinden van grenzen
  - Inbouwen schermstrategie in teeltconcepten

Systeemverandering

- Son-T vervangen voor LED = ruim een derde minder warmte (bij gelijke intensiteit)
- Wordt tegengegaan door intensief schermen
- Tweede (energie-)scherm nodig om temperaturen te halen
- Hoe intensiever geschermd wordt, hoe meer vochtopbouw
- Hoe hoog mag het vocht gaan? En hoe voer je het af?

Klimaat
Plant
Licht

Een situatie Full-LED zonder energiescherm



Verduisterscherm

Ventilatietemperatuur

Kastemperatuur

Verwarmingstemperatuur

Onderbuis → tot 60°C

Groeibuis → tot 50°C

Delphy

Toelichting proeven

Toelichting proef ‘Tomaat Fossielvrij’

- Demonstratieproef, dus geen vergelijk
- Testen van strategieën → Handvaten voor praktijk
  - Langer schermen
  - Accepteren hoger vocht
  - Bevlieging in de nacht
  - Dimmen van belichting
  - …
- Samenwerking met partners

Delphy

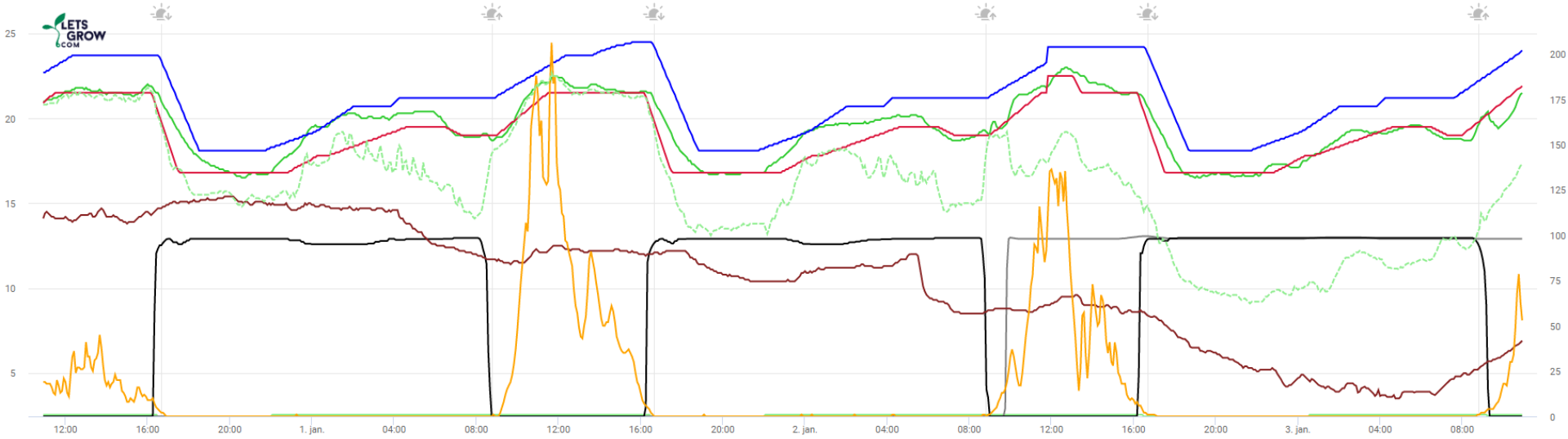
Strategie in huidige proef - winter

- Doel: zo veel mogelijk energievraag beperken door intensief schermen (onderstaand op koude dagen) RV ~85%

Delphy

Strategie in huidige proef - winter

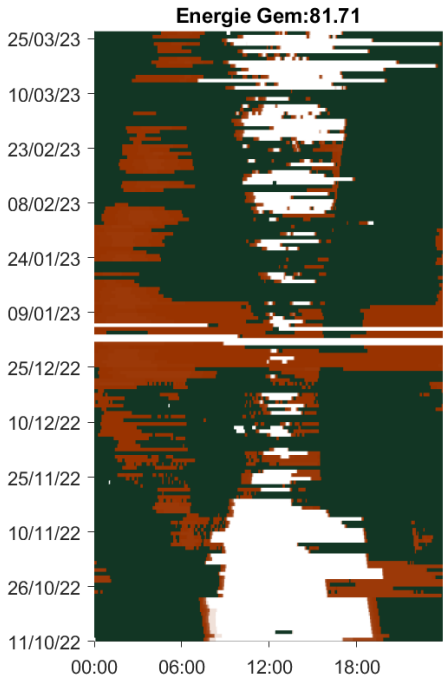
- Doel: zo veel mogelijk energievraag beperken door intensief schermen (onderstaand op warme dagen) RV ~85%



Delphy

Opzoeken van extremen

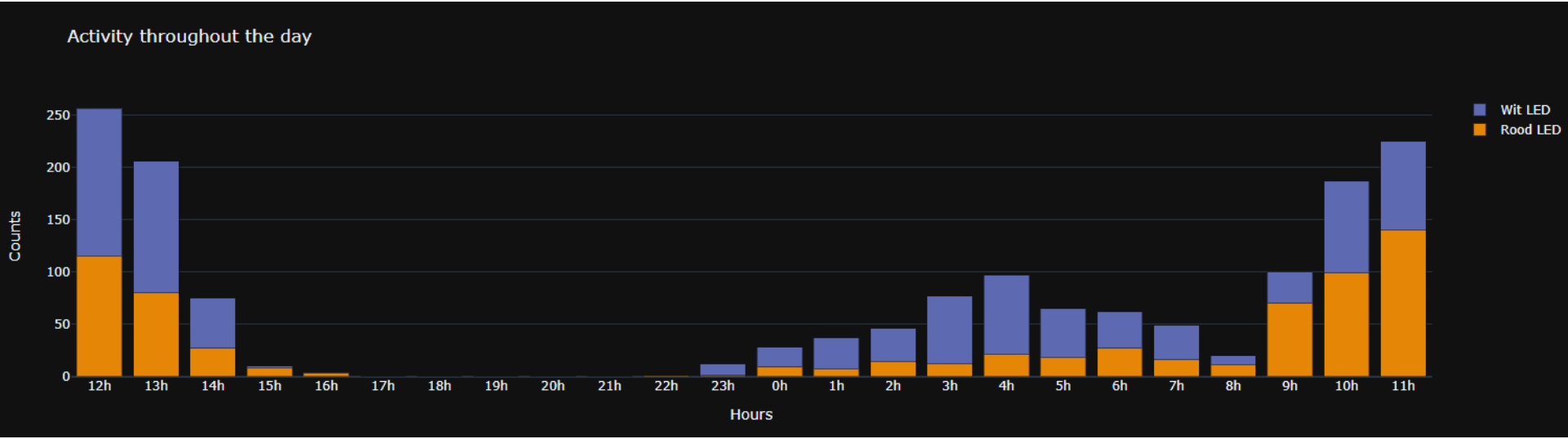
- Periodes van een week waar scherm niet open gaat
- Effect op klimaat
  - Weinig dynamiek
- Effect op plant
  - Weinig stress



Delphy

Bevlieging onder gesloten scherm

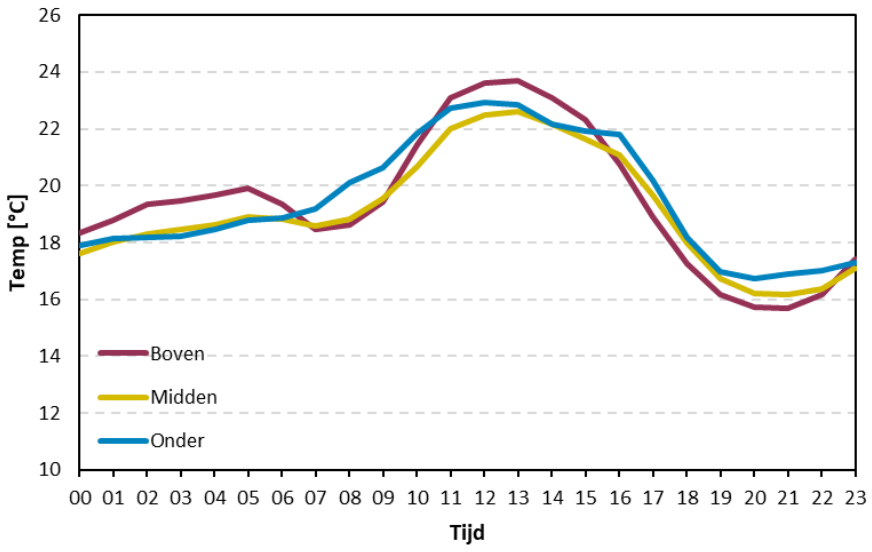
- Is mogelijk! Lichtspectrum (en intensiteit?) lijken grote invloed te hebben
- Let wel op klimaat

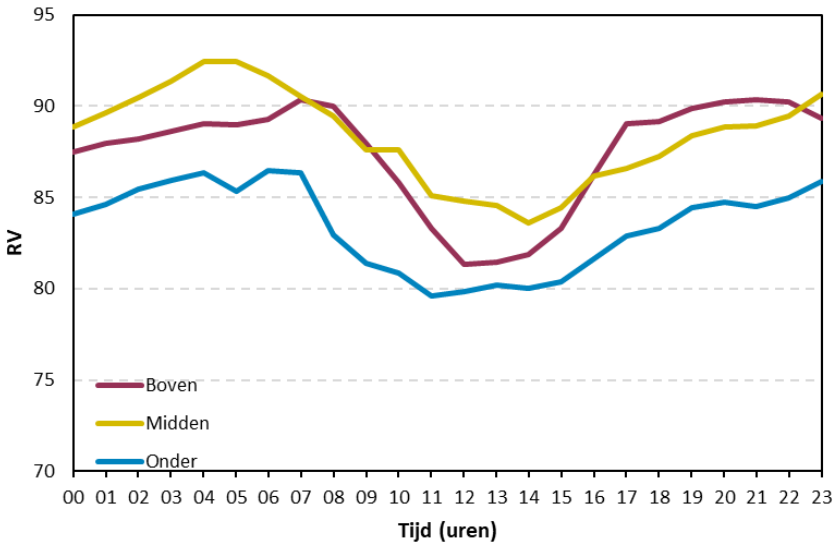


Delphy

Strategie in huidige proef - winter

- Let op luchtbeweging onder gesloten scherm!
- Monitor met sensoren wat gebeurt bij het gewas

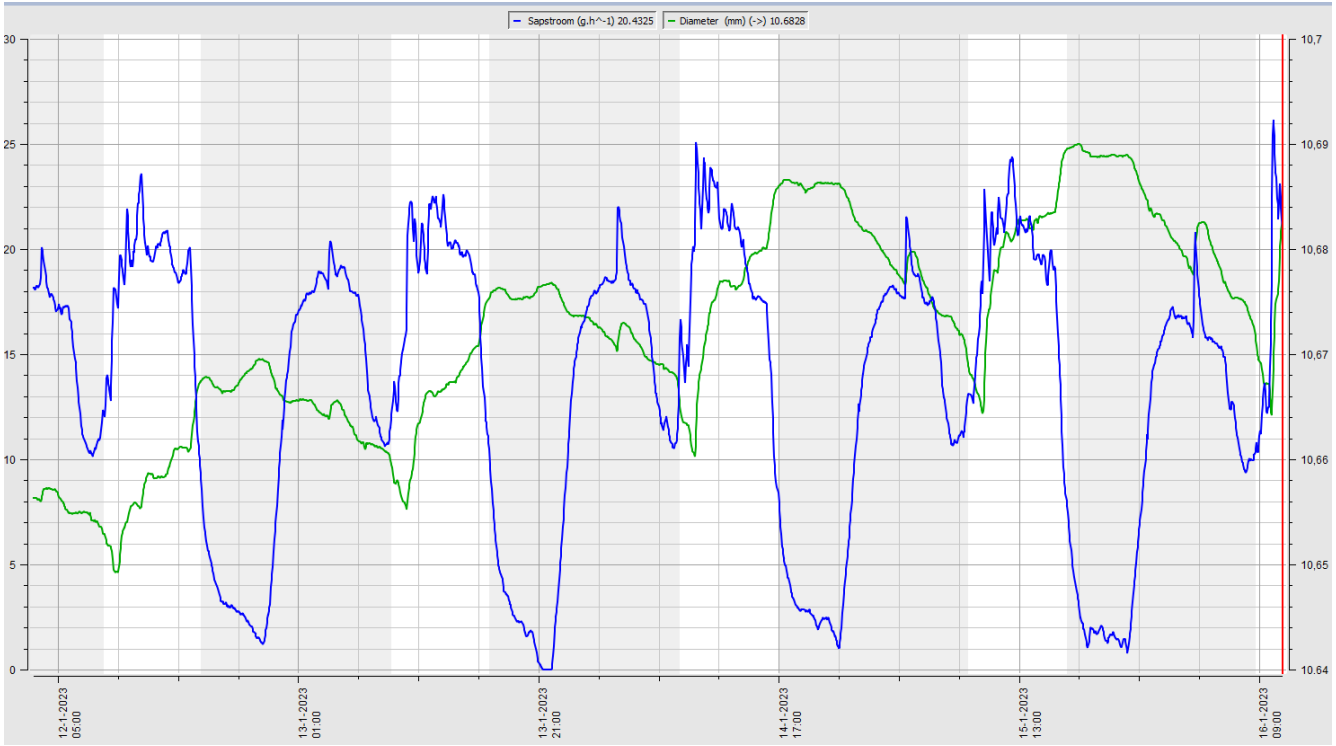




Delphy

Strategie in huidige proef - winter

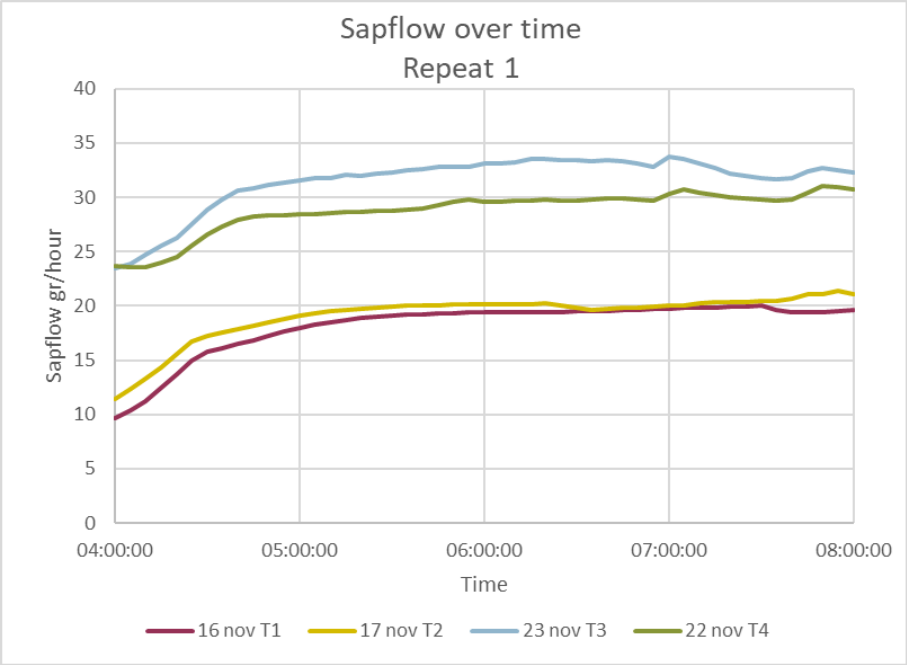
- Let op gewasreactie bij dimmen belichting
- Stem arbeid & irrigatie af



Delphy

Activiteit onder gesloten scherm

Behandeling	Schermstand (verduister+energie)	Min. raam (~3%)	Verwarming
1	100%	Nee	Op warmtevraag
2	100%	Ja	Op warmtevraag
3	100%	Ja	Op warmtevraag + min buis
4	95%	Ja	Op warmtevraag + min buis



- Ja, minimumbuis verhoogt activiteit
- Maar is het nodig?
- Prima resultaten behaald zonder..

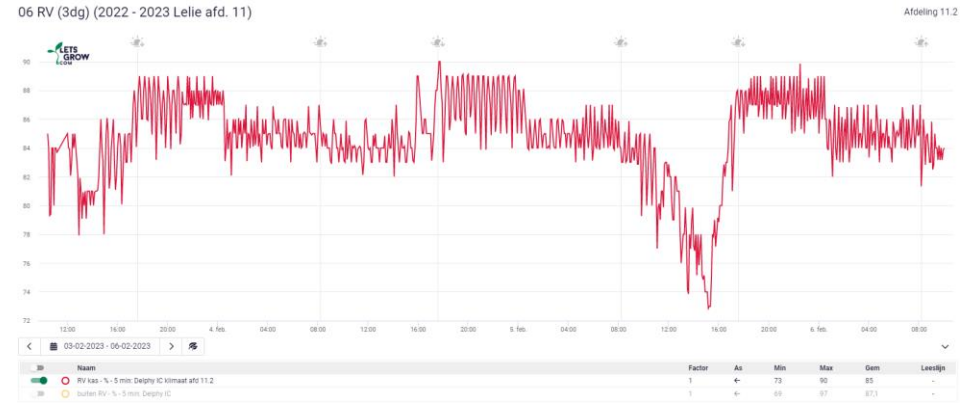
Delphy

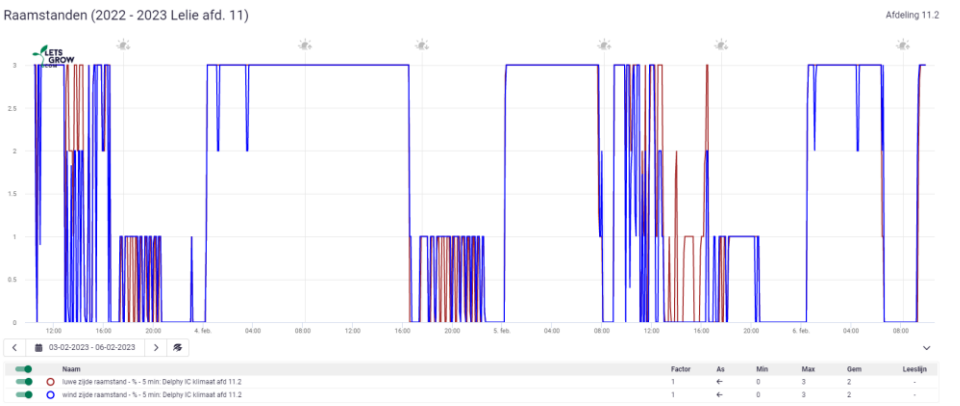
Toelichting proef ‘Lelie fossielvrij met LED en actieve ontvochtiging’

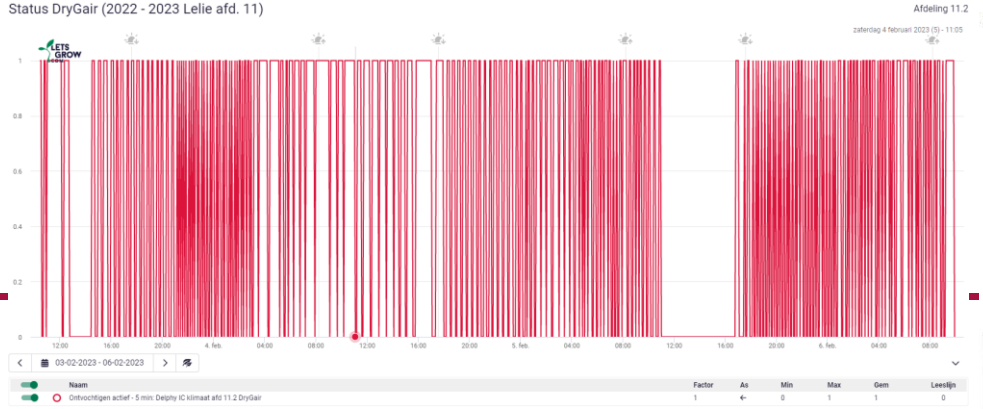
- Teeltconcept met:
  - Dimbare LED (150µmol + 6µmol FR)
  - Verduisterscherm + 2 Energieschermen
  - DryGair
- Doel:
  - Goede kwaliteit lelies
  - Zo laag mogelijk gas-, CO_2- en elektragebruik
- Uitdagingen
  - Oplopend vocht bij intensief schermen
  - Door ontvochtiging minder luchten
  - Daardoor minder energieverlies
  - Daardoor minder gasverbruik

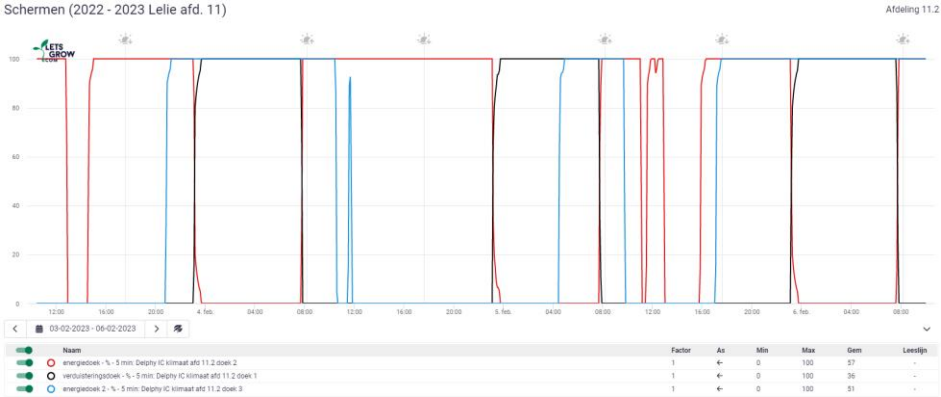
Delphy

Strategie proef ‘Lelie fossielvrij met LED en actieve ontvochtiging’





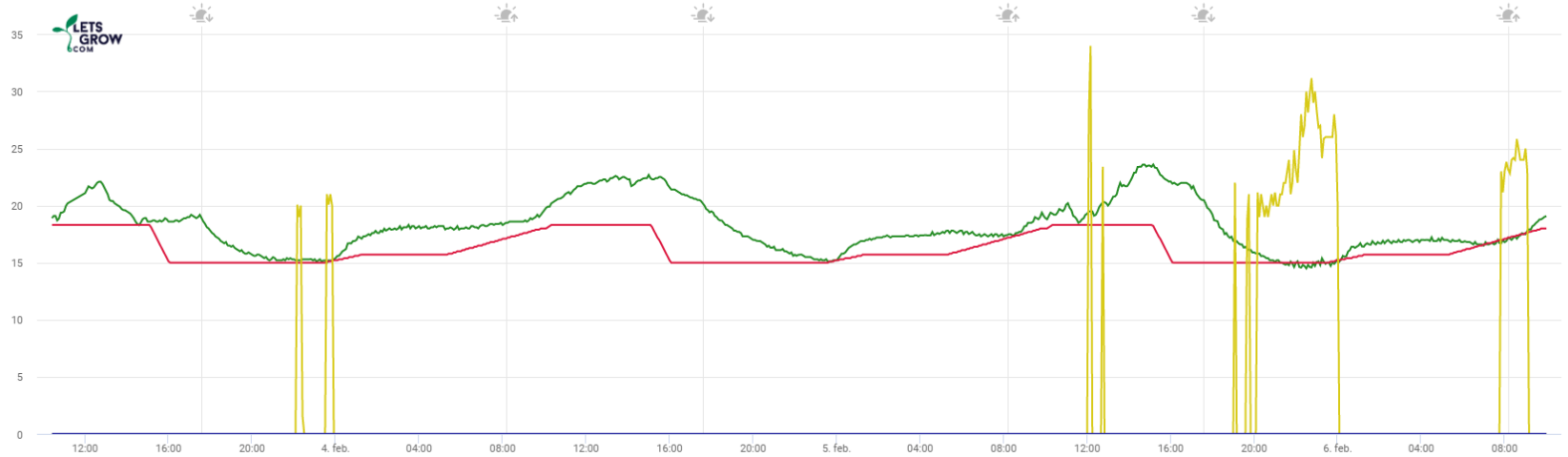




Strategie proef ‘Lelie fossielvrij met LED en actieve ontvochtiging’

Buistemperaturen (2022 - 2023 Lelie afd. 11)

Afdeling 11.2



Naam	Factor	As	Min	Max	Gem	Leeslijn
kastemperatuur - °C - 5 min: Delphy IC klimaat afd 11.2	1	←	14,5	23,6	18,1	-
verwarmingstemp: ber - °C - 5 min: Delphy IC klimaat afd 11.2	1	←	15	18,3	16,2	-
groeibuis: ber - °C - 5 min: Delphy IC klimaat afd 11.2	1	←	0	34	2,1	-
bovenbuis: ber - °C - 5 min: Delphy IC klimaat afd 11.2	1	←	0	0	0	-

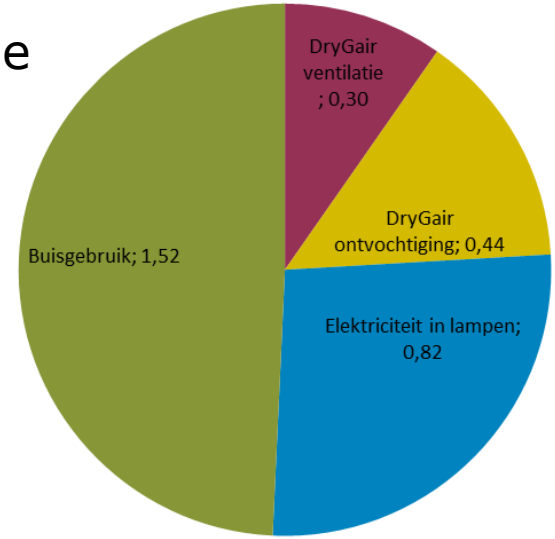
Delphy

Strategie proef ‘Lelie fossielvrij met LED en actieve ontvochtiging’

- Besparing op energie
- Verschuiving van energie

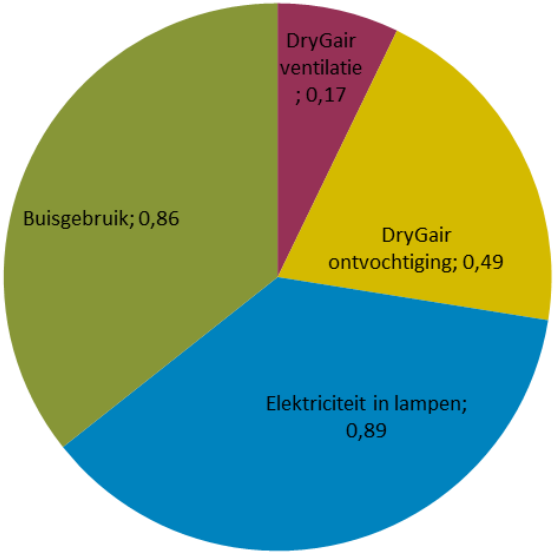
Week 17

Totaal 3,08kWh



Week 18

Totaal 2,41kWh



Delphy

DGX

Toelichting proef ‘Aubergine onder LED’

- Aubergines worden op dit moment nog niet belicht geteeld
- De wil om te belichten is er → bedrijfszekerheid & marktvraag
- Van 2019-2022 proeven gedaan in kas en klimaatkamers om LED-gerelateerde vragen op te lossen

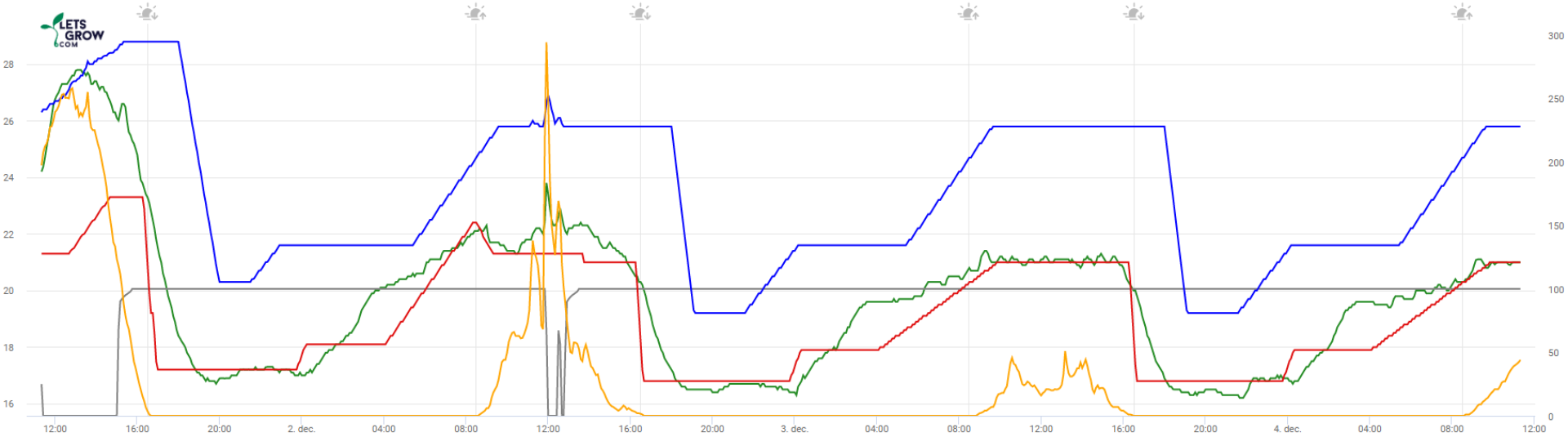
- 2022/2023 demonstratie in kasproef. Doelstellingen:
  - Vitale en rendabele teelt t/m september
  - Gas-, CO_2- en elektragebruik zo veel mogelijk beperken

- Kasinstallatie:
  - 200µmol dimbaar LED
  - Energiescherm met spouw
  - Verduisterscherm

Delphy

Strategie ‘Aubergine onder LED’

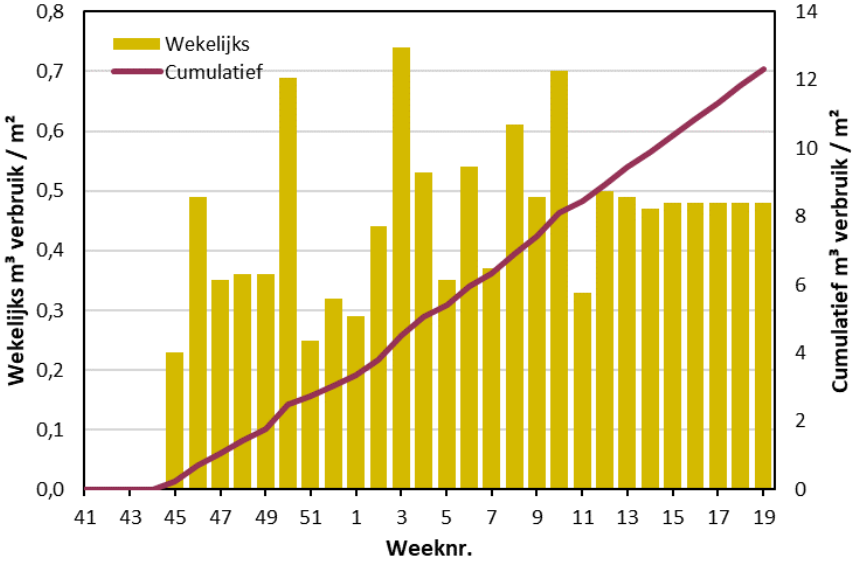
- Etmalen 20.5 in de winter → behaald met begrensde buizen (35 – 40°C) en benutting van lampwarmte

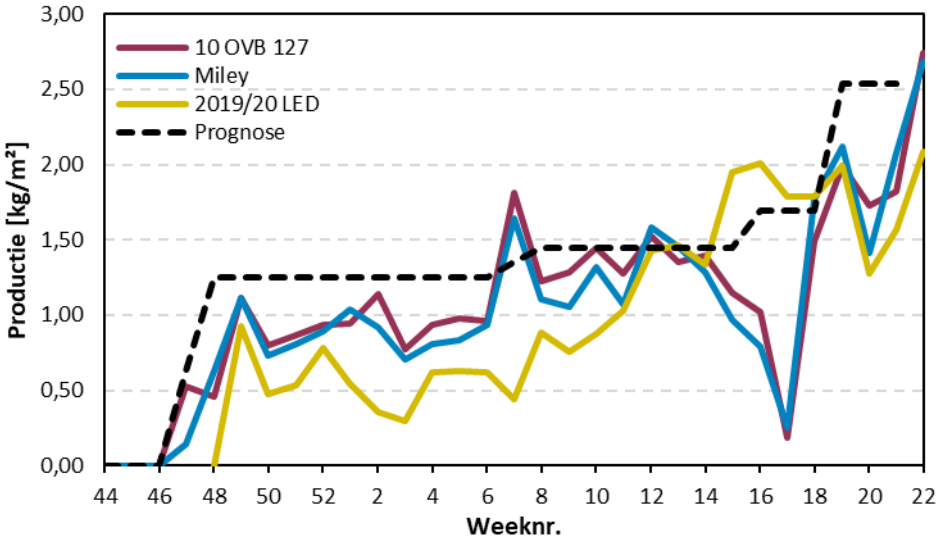


Delphy

Strategie ‘Aubergine onder LED’

- Etmalen 20.5 in de winter → behaald met begrensde buizen (35 – 40°C) en benutting van lampwarmte
- Maar productieprognose niet gehaald → gewasstand





Delphy

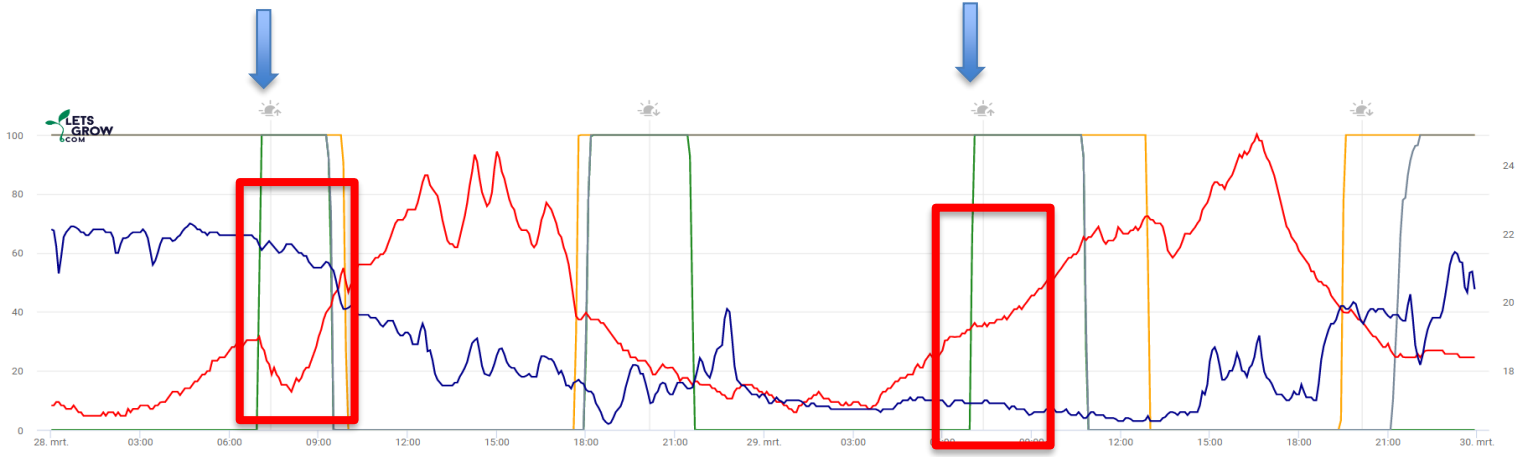
Toelichting proef ‘Paprikateelt weerbaar richting fossielvrij’

- Onbelichte teelt paprika
  - Huidige situatie omtrent energie vraagt een andere aanpak

- Plantgezondheid een uitdaging
  - Lagere warmte input en schimmelziekten
  - Gieten bij lage warmte input
  - Mogelijkheden voor organisch substraat?

Effect aluminium doek

- Hoge uitstraling = temp daling bij wissel



Naam	Apparaat	Factor	As	Min	Max	Gem	Leeslijn
energiedoek - % - 5 min: Delphy IC klimaat afd 09	Priva - Improvement Centre	1	←	0	100	70	-
energiedoek 2 - % - 5 min: Delphy IC klimaat afd 09	Priva - Improvement Centre	1	←	0	100	20	-
verduisteringsdoek - % - 5 min: Delphy IC klimaat afd 09	Priva - Improvement Centre	1	←	0	100	60	-
kastemperatuur - °C - 5 min: Delphy IC klimaat afd 09	Priva - Improvement Centre	1	→	16,7	24,9	19,7	-
uitstraling: pyrgeometer - W/m² - 5 min: Delphy IC	Priva - Improvement Centre	1	←	2	70	28	-

Delphy

Samenvattend

- Aanzienlijke besparingen te realiseren door maximaal benutten van schermdoeken
- Extra kansen op besparing door bevlieging onder het scherm te realiseren
- Balans vegetatief/generatief een uitdaging door weinig dynamiek in klimaat
- Monitor met sensoren wat gebeurt met klimaat & gewas

Delphy

Delphy

Dank voor de aandacht!

Worldwide Expertise for Food & Flowers