



Handige tools bij Het Nieuwe Telen

Dit project is tot stand gekomen in het kader van het programma Kas als Energiebron, het innovatie- en actieprogramma van het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit en Glastuinbouw Nederland



Tools Het Nieuwe Telen

Uitstralingsmonitor

Psychrodiagram

Rekentool

Het Nieuwe Telen

- telen met de plant centraal
- met gebruikmaking van kennis van natuurkunde en plantenfysiologie

Optimale groei volgt uit een optimale balans tussen **alle** betrokken plantprocessen

6 BALANSEN

Plant

Assimilatenbalans

Energiebalans

Waterbalans

Kas

Energiebalans

Vochtbalans

CO₂-balans

De drie plantbalansen:

- **assimilatenbalans** (evenwicht tussen aanmaak en verbruik assimilaten)
- **energiebalans** (evenwicht tussen aanvoer en afvoer van energie)
- **waterbalans** (evenwicht tussen aanvoer en afvoer van vocht)

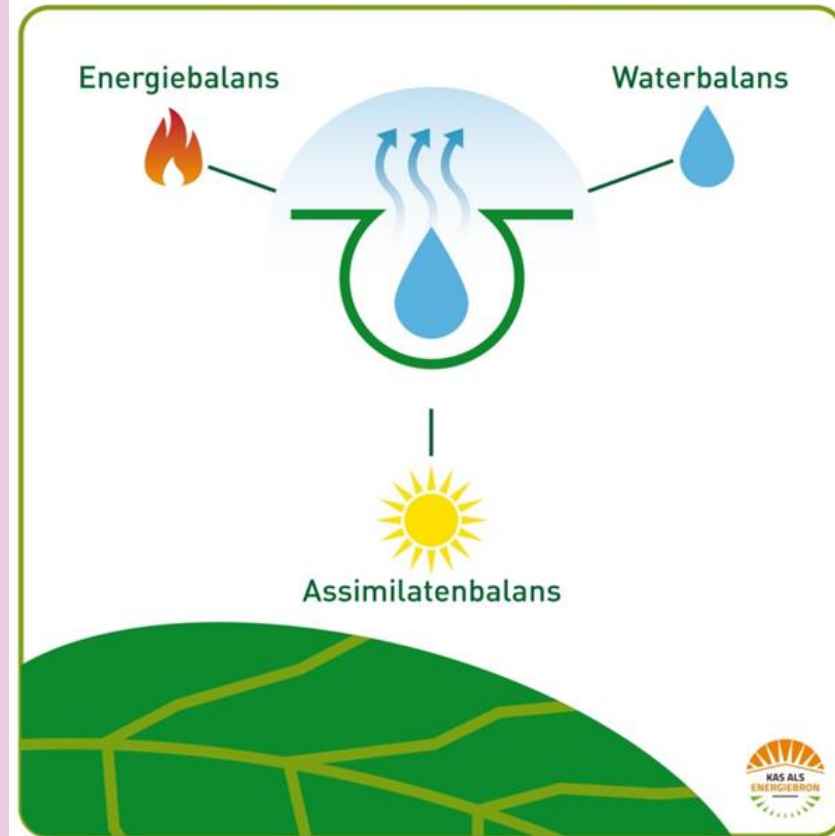
De **huidmondjes** spelen een centrale rol in alle balansen!

Huidmondjes en plantbalansen

Huidmondjes open:

- CO₂-opname - assimilatenbalans
- verdamping – waterbalans
- verdamping betekent ook: gewas kan zichzelf koelen – energiebalans

Huidmondje is regelorgaan 3 plantbalansen



Energiebalans van de plant

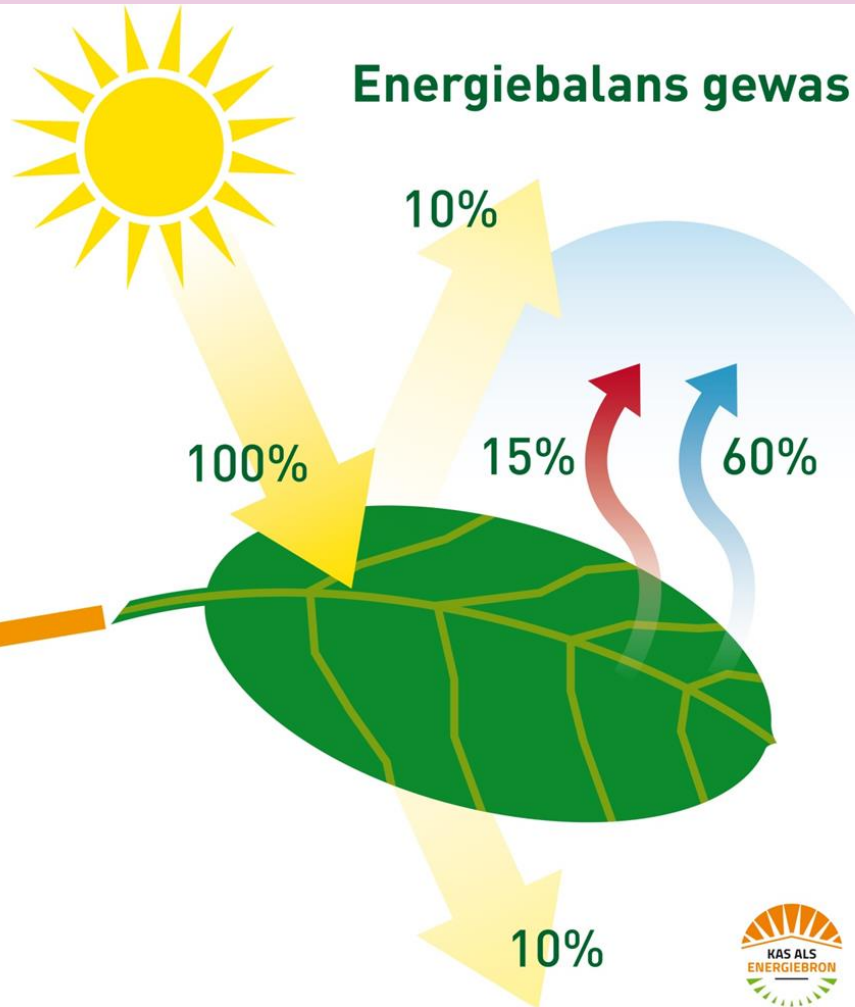
Aanvoer en afvoer van energie moeten in evenwicht zijn

Plant heeft geen eigen temperatuurregeling:

- volgt de ruimtetemperatuur
- verdamping koelt de plant af
- instraling/belichting warmt de plant op
- uitstraling koelt de plant af

Aanvoer van energie via:

- straling
- convection



AANVOER:

Instraling

AFVOER:

fotosynthese (5%)
reflectie (10 %)
transmissie (10 %)
convectie (15 %)
verdamping (60 %)
uitstraling (pm)

VERDAMPING kan alleen als er een overschot is op de energiebalans!

Energiebalans plant

Energiebalans plant

AANVOER

instraling
convectie



AFVOER

fotosynthese
verdamping
reflectie
transmissie
convectie
uitstraling



Energiebalans plant nacht

Energiebalans plant

AANVOER

instraling
convectie



AFVOER

fotosynthese
verdamping
reflectie
transmissie
convectie
uitstraling



Energiebalans plant nacht

Energiebalans plant

AANVOER
convectie



AFVOER
verdamping
uitstraling



Verdamping en energiebalans

- verdamping kan alleen plaatsvinden als er een overschot is op de energiebalans
- maar in het donker verdampt een plant ook...toch?
- hoe is dan de energiebalans?

Het verdampingsoverschot kan alleen komen van:

- instraling
- convectorie

Planttemperatuur en uitstraling

Wat is uitstraling?

- plant/object geeft langgolvlige straling af aan de koudere omgeving
 - enkel glas
 - nachtvorst, krabben autoraam
 - buitenparasol
- in Watt/m^2 , negatief getal.
- pyrgeometer (uitstralingsmeter)
 - bewolkt weer, ca. - 60 W/m^2
 - helder weer, ca. - 125 W/m^2

Energiebalans van de plant (nacht)

Energiebalans plant

AANVOER

Convectie
 30 W/m^2



AFVOER

Uitstraling
 18 W/m^2
Verdamping
 12 W/m^2



- plant 'kijkt' naar boven en uitstraling wordt bepaald door het eerste wat hij tegenkomt.
- kasdek OF schermdoek...
- temperatuurverschil bepaalt de afkoeling
- vuistregel: Per °C verschil is de uitstraling 5 W/m².
- bewolkingsgraad is van belang: bij bewolkt weer is er minder uitstraling dan bij onbewolkt weer

Uitstralingsmonitor

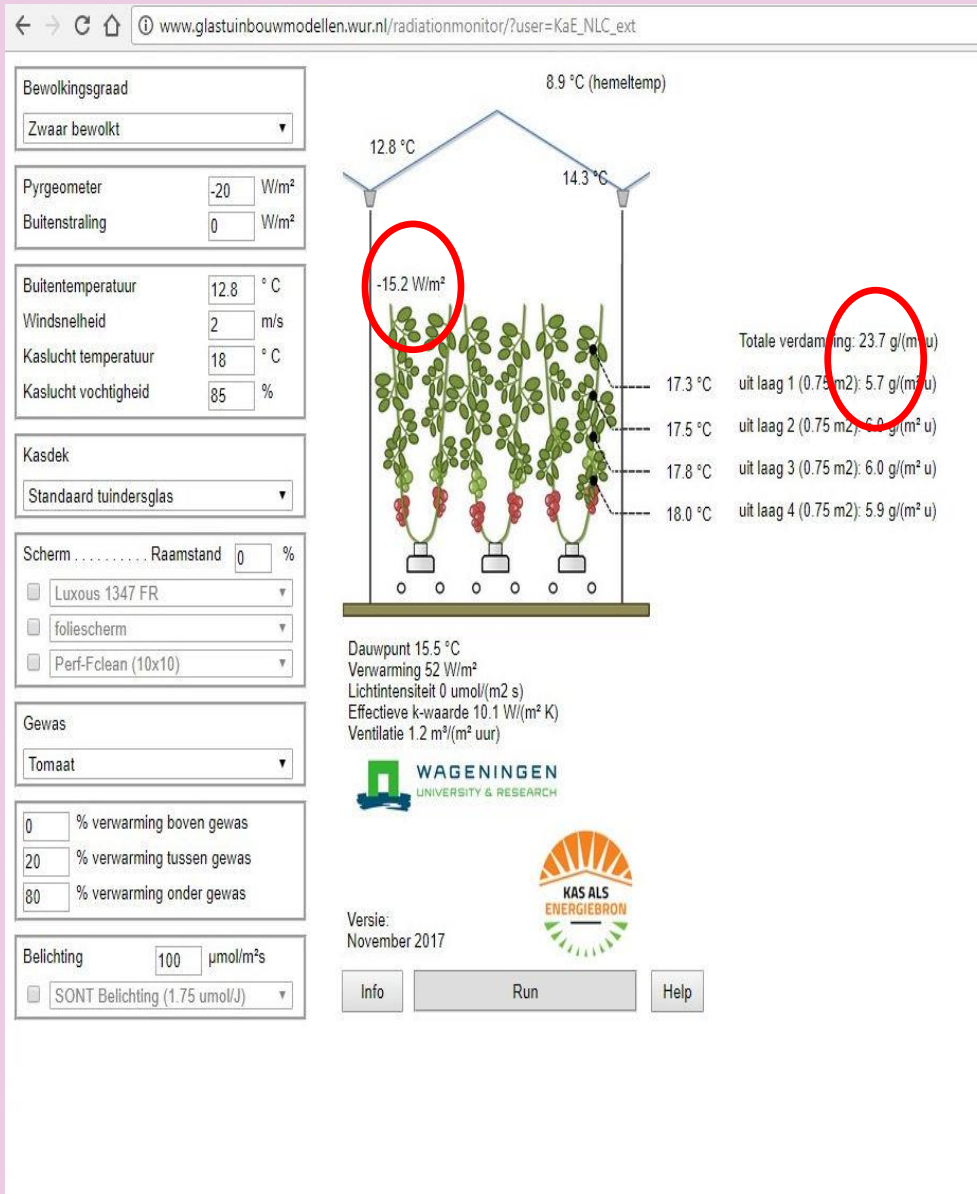
- te vinden via www.kasalsenergiebron.nl
- kies dan 'ik wil aan de slag met Het Nieuwe Telen'.
- kies dan 'Uitstralingsmonitor'

Uitstralingsmonitor voorbeeld

Het is zwaar bewolkt, donker, 12,8 °C buiten, 2 m/s.
Kas 18 °C, RV 85 %. Verwarming 80 % onder, 20 % tussen.

Je vindt in de uitstralingsmonitor:

1. het temperatuurverschil tussen plant en kasdek
2. de totale verdamping
3. de verdamping in de kop van de plant
4. de uitstraling
5. berekende verwarmingsbehoefte



Zwaar bewolkt, zonder scherm

Temperatuurverschil
plantkop en kasdek: 3 °C

Uitstraling: 15,2 W/m²
(vuistregel: 3 * 5 W/m²
= 15 W/m²)

Verdamping totaal:
23,7 g/m²/u

Verdamping plantkop:
5,7 g/m²/u

Bewolgingsgraad
Onbewolkt ▼

Pyrgometer -90 W/m²
Buitenstraling 0 W/m²

Buitentemperatuur 12.8 °C
Windsnelheid 2 m/s
Kaslucht temperatuur 18 °C
Kaslucht vochtigheid 85 %

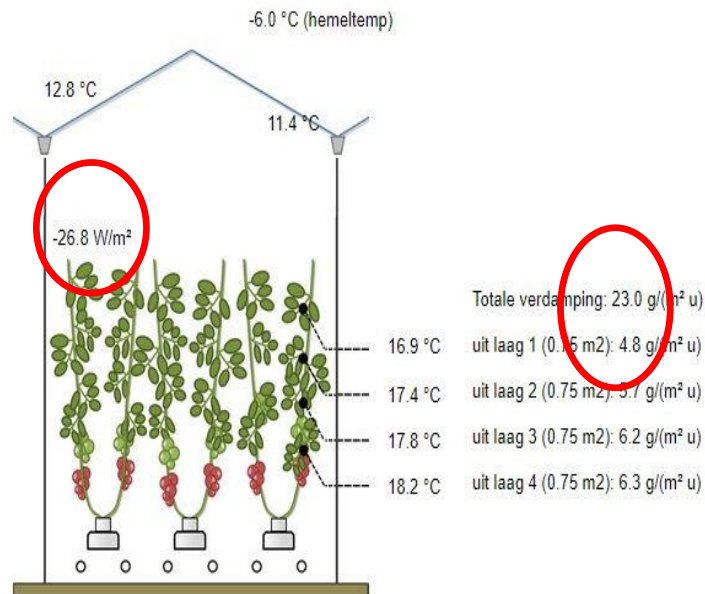
Kasdek
Standaard tuindersglas ▼

Schermbestand Raamstand 0 %
☐ Luxous 1347 FR ▼
☐ folieschermb ▼
☐ Perf-Fclean (10x10) ▼

Gewas
Tomaat ▼

0 % verwarming boven gewas
20 % verwarming tussen gewas
80 % verwarming onder gewas

Belichting 100 μmol/m²s
☐ SONT Belichting (1.75 μmol/J) ▼



Dauwpunt 15.4 °C
Verwarming 83 W/m²
Lichtintensiteit 0 μmol/(m² s)
Effectieve k-waarde 16.0 W/(m² K)
Ventilatie 1.2 m³/(m² uur)

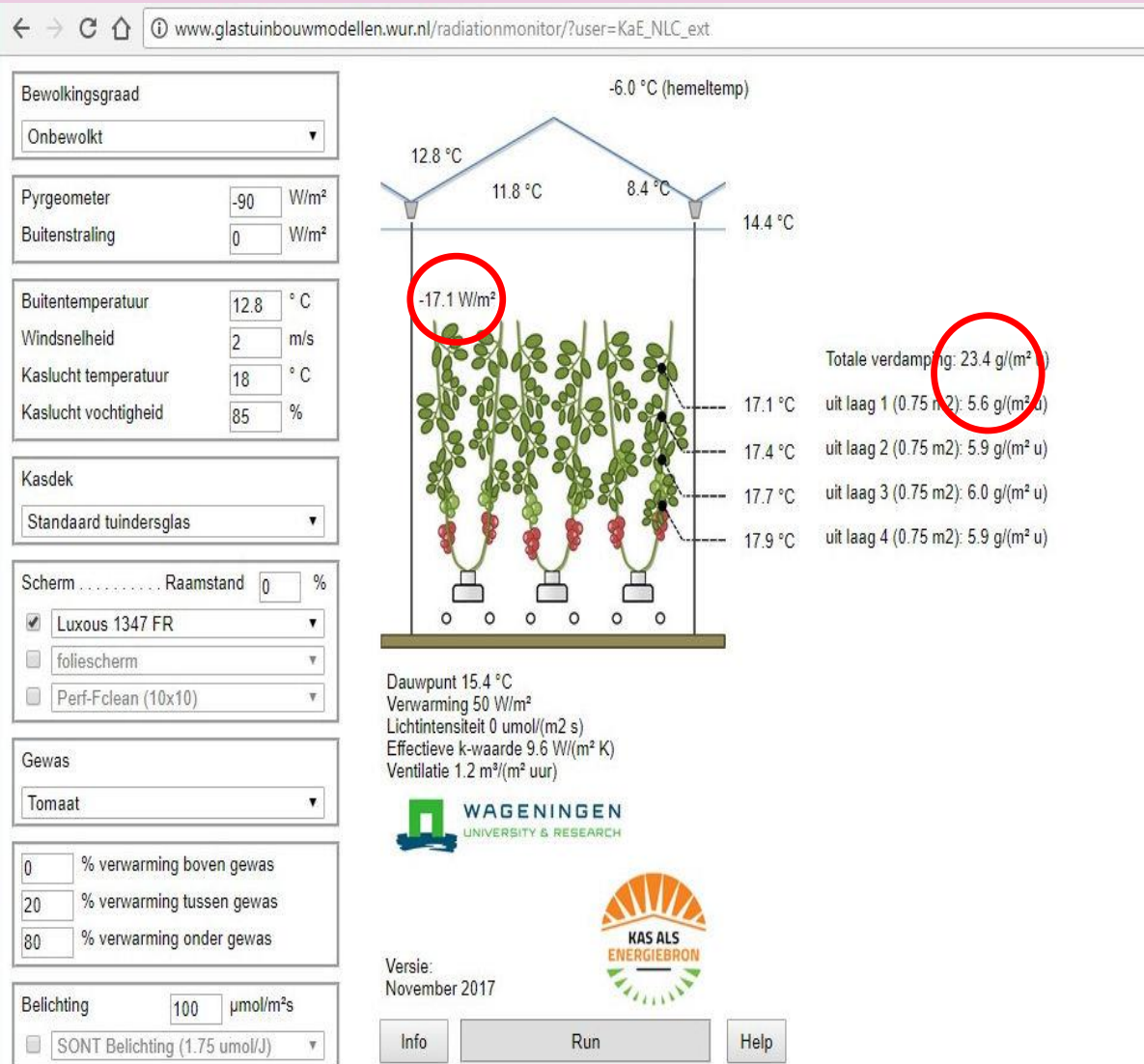


Versie:
November 2017

Info Run Help

Onbewolkt, zonder scherm

- Verschil $T_{\text{plant}} - T_{\text{kasdek}}$ neemt toe: 5,5 °C (was 3)
- Uitstraling neemt toe naar 26,8 W/m² (was 15,2 W/m²)
- Totaal verdamping neemt AF naar: 23 g/m²/u (was 23,7 g/m²/u)
- Verdamping kop van de plant neemt ook AF: 4,8 g/m²/u (was 5,7 g/m²/u)



Onbewolkt, met scherm:

Versil $T_{\text{plant}} - T_{\text{SCHERM}}$ is 2,7 °C (was 5,5 °C!)

Uitstraling neemt af naar 17,1 W/m² (was 26,8 W/m²)

Totaal verdamping neemt toe: 23,4 g/m²/u (was 23 g/m²/u)

Verdamping kop van de plant neemt ook toe: 5,6 g/m²/u (was 4,8 g/m²/u)

Door schermen neemt verdamping toe!

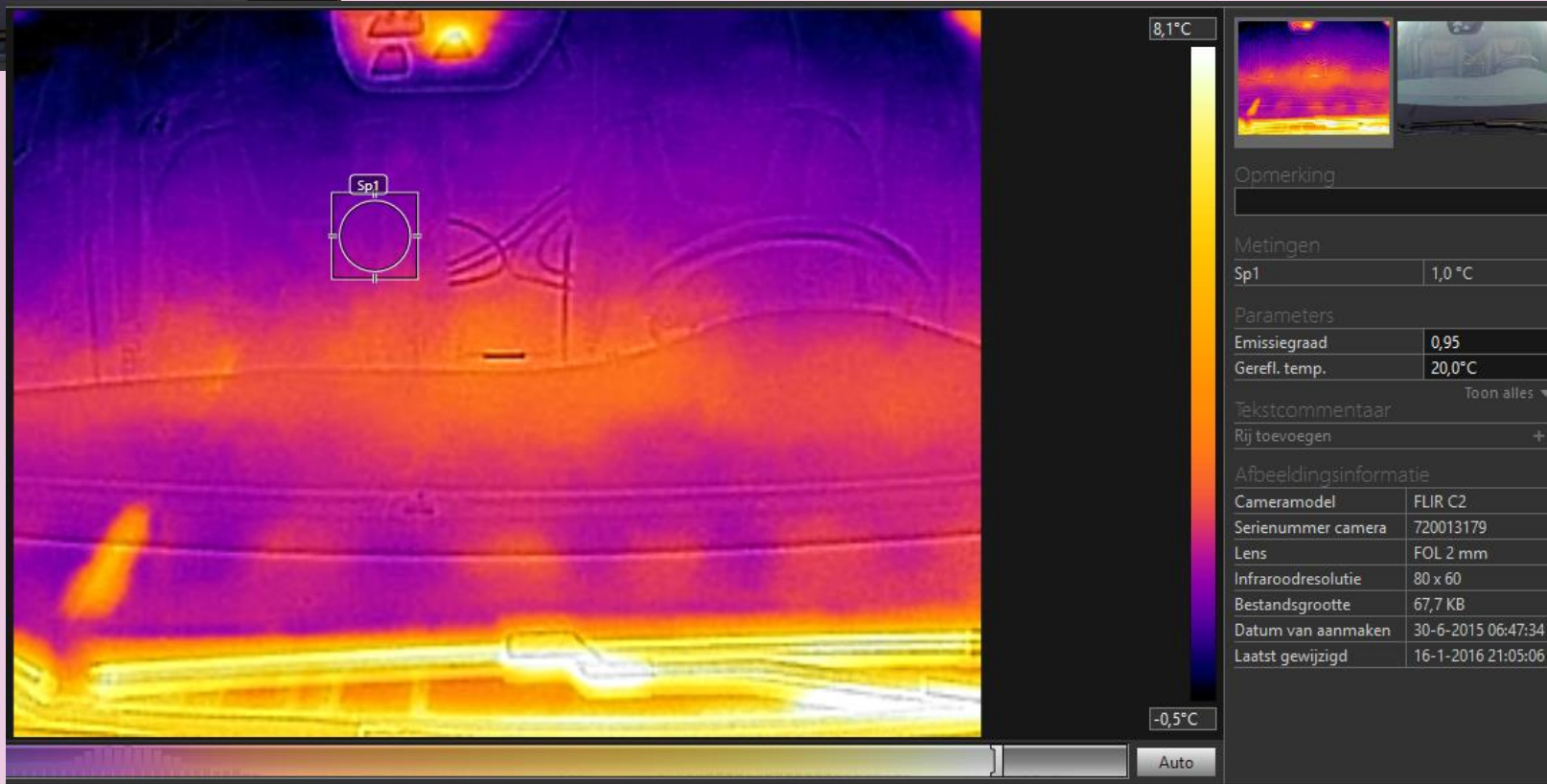
Afkoeling door uitstraling bij heldere lucht



30-6-2015, 6.47 uur

$T_{\text{buitenlucht}} = 12\text{ }^{\circ}\text{C}$

$T_{\text{autoruit}} = 1\text{ }^{\circ}\text{C}$



Conclusie

- door schermen stijgt de temperatuur van de plantkop
- de verdamping wordt GROTER
- het groeipunt is actiever
- minder kans op calciumgebrek!
- minder kans op natslaan!

Wat kun je meer met kennis over uitstraling?

- Juiste moment van sluiten van het doek?
- Juiste moment van openen van het doek?
- Sluiten in de zomer?

Wat kun je meer met kennis over uitstraling?

- Juiste moment van sluiten van het doek?
 - bij zacht weer: als uitstraling = instraling én kastemperatuur is op streefwaarde
 - bij koud weer: als kastemperatuur is gedaald tot 1 à 2 °C boven streefwaarde
- Juiste moment van openen van het doek?
 - als instraling = uitstraling én de nok voldoende opgewarmd!
- Sluiten in de zomer?
 - Ja! Met een kier van ca. 20 % blijft het niet te warm, maar neem je 80 % van de uitstraling weg.

Psychrodiagram

Wat kun je eruit halen?

- Absoluut vocht: aantal gram vocht per m³ lucht
- Energie-inhoud van de lucht
- Dauwpunt
- Dampdrukverschil in en buiten de huidmondjes

Zomers weer: wat gebeurt er als je gaat luchten?

- Temperatuur?
- Vocht?

Maar....hoeveel moet je eigenlijk luchten? Kan dat efficiënter, dus met een kleinere raamstand?

Ja, als je ervoor zorgt dat elke m^3 die je aflucht veel energie bevat!

Psychrodiagram

Wat kun je ermee doen?

Zomersituatie:

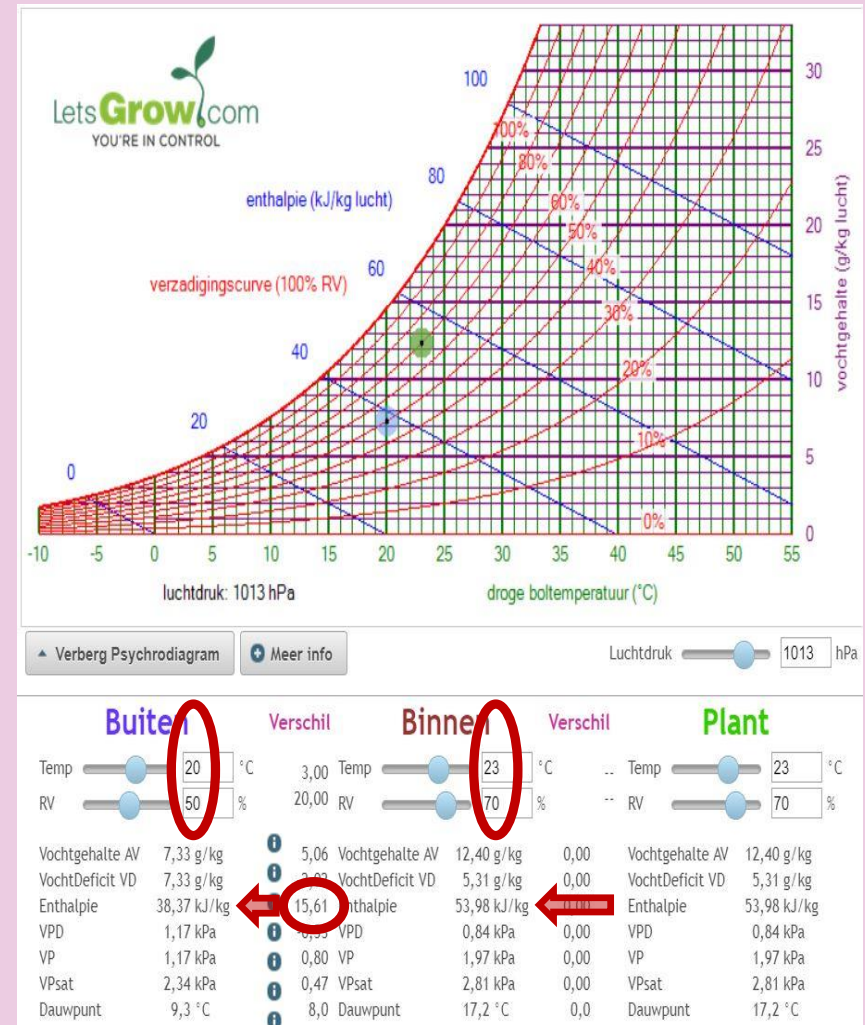
- Berekenen hoeveel je moet luchten
- Tegelijkertijd ook berekenen hoeveel vocht je dan kwijt raakt
- Berekenen hoeveel je moet bevochtigen om de plant actief te houden

Via psychrodiagram:

Kas: 23 °C; RV 70 %;
AV 54 kJ/kg

Buiten: 20 °C; RV 50 %
AV 7,3 kJ/kg

Enthalpieverschil: 15,6 kJ/kg



Via de rekentool:

Kas: 23 °C; RV 70 %;
AV 54 kJ/kg

Buiten: 20 °C; RV 50 %
AV 7,3 kJ/kg

Enthalpieverschil: 15,6 kJ/kg

lets Grow.com

Introductie Vochtafvoer Vochttransport Energiebehoefte Energieschermen Ventilatiesnelheid

Invloed kastemperatuur en RV op ventilatiesnelheid en CO₂ verlies.

Buiten

Temp 20 °C
RV 50
CO₂ 400 ppm
Vochtgehalte AV 7.33 g/kg
Enthalpie 38.37 kJ/kg

Binnen

Temp 23 °C
RV 70
CO₂ 600 ppm
Vochtgehalte AV 12.40 g/kg
Enthalpie 53.98 kJ/kg

Straling van de zon

Buiten 930 W/m² kas
Instraling in de kas 70% 651.00 W/m² kas

Benodigde ventilatiesnelheid om energie input af te voeren 145.28 kg lucht/m².uur
Berekend CO₂-verlies 442.4 kg/ha.uur

Vochtafvoer kas

Vochtafvoer kas 735.46 gr/m².uur

Leerpunten Opdracht1 Opdracht2 Opdracht3 Opdracht4

- De energieinhoud van lucht neemt toe bij stijgende temperatuur en vooral ook bij stijgende RV.
- Om de instraling van de zon af te voeren moet kaslucht met hoge enthalpie uitgewisseld worden door buitenlucht met lagere enthalpie.
- Energieafvoer is enthalpieverschil binnen-buiten maal ventilatiesnelheid in kg/m².uur.
- Naarmate er meer lucht uitgewisseld wordt gaat ook meer CO₂ verloren.
- CO₂ verlies is verschil concentratie binnen-buiten maal ventilatiesnelheid.
- Door enthalpie kaslucht maximaal hoog te laten worden, kan ventilatiesnelheid en dus CO₂ verlies beperkt worden.

Enthalpie = voelbare energie + latente energie

Kastemperatuur 23 °C; RV 70 %; AV = 12,4 g/kg lucht

Voelbare energie:

- 1 kJoule per °C
- kastemperatuur 23 °C  voelbare warmte = 23 kJ

Latente energie:

- 2,5 kJ per gram waterdamp
- AV = 12,4 g/kg  latente warmte = $12,4 * 2,5 = 31$ kJ

Totale energie (=enthalpie): $23 + 31 = 54$ kJ/kg lucht

Voelbare en latente energie - voorbeeld

Kaslucht: 23 °C en 70 % RV
Buitenlucht 20 °C en 50 % RV



Kas: totale energie: $23 + 31 = 54$ kJ/kg
Buiten: totale energie: $20 + 18,3 = 38,3$ kJ/kg

Vershil:
 $54 - 38,3 = 15,7$ kJ/kg

Vershil voelbare energie:

$23 \text{ (kas)} - 20 \text{ (buiten)} = 3$ kJ/kg

Vershil latente energie:

$31 \text{ (kas)} - 18,3 \text{ (buiten)} = 12,7$ kJ/kg

vershil latente energie
ruim **4 x zo groot** als
vershil voelbare
energie!

Bij luchtuitwisseling is de **LATENTE** energie dus zeer belangrijk!

Cursus Het Nieuwe Telen

- Energie in de kas en de kaslucht?
- Vocht afvoeren of vocht sparen?
- Hoe verdampt een plant precies?
- Wat is er in de nacht nodig om de plant voldoende actief te houden?
- Werking van de huidmondjes – hoe regelt de plant precies zijn temperatuur en wat is daarvoor nodig?
- Wat moet ik registreren en meten om nog beter het klimaat in de hand te hebben?
- Hoe houd ik het klimaat in de zomer voor de plant groeizaam?
- Bij toepassing van HNT zal energiebesparing vanzelf volgen.