



Klimaat uniformiteit bij ontvochtiging door middel van zout in de Exe-kas

B.H.E. Vanthoor¹, Jan Janse¹ en Filip Bronchart²

¹ Wageningen University & Research, ² ILVO

Rapport WPR-742

Referaat

Het doel van het Exe-Kas project is om energie te besparen door kaslucht te ontvochtigen door middel van een geconcentreerde zoutoplossing. Hierdoor wordt er minder geventileerd op vocht waardoor er minder warmte door de ventilatieopening verloren gaat. Tevens kunnen de dagschermen vaker worden ingezet waardoor er nog meer energie bespaard kan worden. Als onderdeel van het Exe-Kas project is in dit rapport de kasklimaat uniformiteit (temperatuur en relatieve vochtigheid op verschillende hoogtes en lengtes in de kas) bepaald. Gebaseerd op de 2 dagen dat er ontvochtigd werd met een geconcentreerde zoutoplossing kan er geconcludeerd worden dat het ontvochtigen van kaslucht door middel van een geconcentreerde zoutoplossing in combinatie met het inblazen van deze ontvochtigde lucht onder het gewas geen invloed heeft op de klimaatuniformiteit in de kas. De periode van 2 dagen dat het ontvochtigingssysteem aanstond is echter te kort om de conclusies los te kunnen laten op een heel teeltseizoen. Om conclusies te kunnen trekken voor een praktijk situatie is het belangrijk dat er jaarrond gemeten wordt aan de klimaatuniformiteit en dat er over grotere kas lengtes gemeten wordt. De geschetste meetmethode in dit rapport is een geschikte aanpak om de klimaat uniformiteit te bepalen in kassen.

Abstract

The aim of the Exe-Kas project is to save energy by dehumidifying greenhouse air by means of a concentrated salt solution. By doing this less ventilation on high humidity levels is needed which result in less heat loss through the ventilation opening. The day screens can then also be used more often, which means that even more energy can be saved. As part of the Exe-Kas project, the greenhouse climate uniformity (temperature and relative humidity at different heights and lengths in the greenhouse) is determined in this report. Based on the 2 days of dehumidification with a concentrated salt solution, it can be concluded that the dehumidification of greenhouse air by means of a concentrated salt solution - in combination with blowing in of this dehumidified air under the crop - has no influence on the climate uniformity in the greenhouse. However, the 2-day period that the dehumidification system was on is too short to allow the conclusions to be released on a whole growing season. In order to be able to draw conclusions for a practical situation, it is important to measure the climate uniformity throughout the year and to measure in longer greenhouses. The method of measurement outlined in this report is a suitable approach to determine climate uniformity in greenhouses.

Rapportgegevens

Rapport WPR-742

Projectnummer: 37 421 78 900

DOI nummer: 10.18174/440765

Dit project/onderzoek is gefinancierd vanuit de opdracht "Op zoek naar duurzame oplossingen voor de glastuinbouwsector in Vlaanderen" binnen het programma van innovatief aanbesteden.

Disclaimer

© 2018 Wageningen Plant Research (instituut binnen de rechtspersoon Stichting Wageningen Research), Postbus 20, 2665 MV Bleiswijk, Violierenweg 1, 2665 MV Bleiswijk, T 0317 48 56 06, F 010 522 51 93, E glastuinbouw@wur.nl, www.wur.nl/plant-research. Wageningen Plant Research.

Wageningen University & Research, BU Glastuinbouw aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Adresgegevens

Wageningen University & Research, BU Glastuinbouw

Postbus 20, 2665 ZG Bleiswijk
Violierenweg 1, 2665 MV Bleiswijk
T +31 (0)317 48 56 06
F +31 (0)10 522 51 93

Inhoud

	Samenvatting	5
	Dankwoord	7
1	Introductie	9
3	Materiaal en methode	13
4	Resultaten	15
5	Discussie	27
6	Conclusies	29
	Literatuur	31
	Bijlage 1 Buitenklimaat en sturing tijdens experimenten	33

Samenvatting

Het doel van het Exe-Kas project is om energie te besparen door in een slurf kaslucht te ontvochtigen door middel van een geconcentreerde zoutoplossing. De drogere en warmere lucht wordt vervolgens de kaslucht weer ingeblazen. Hierdoor wordt er minder geventileerd op vocht waardoor er minder voelbare en latente warmte (energie die in vochtige lucht zit) door de ramen verloren gaat. Tevens kunnen de dagschermen vaker worden ingezet waardoor er nog meer energie bespaard kan worden. Als onderdeel van het Exe-Kas project is in dit rapport de kasklimaat uniformiteit (temperatuur en RV op verschillende hoogtes en lengtes in de kas) bepaald door middel van draadloze geventileerde sensoren. In een tomatenteelt (24m breedte x 30m lengte) is op het einde van de teelt (27 september – 27 oktober 2017) de kasklimaatuniformiteit bepaald voor de situaties dat er wel en niet ontvochtigd werd met geconcentreerd zout.

Gebaseerd op de 2 dagen dat er ontvochtigd werd met een geconcentreerde zoutoplossing (28 september en 24 oktober) kan er geconcludeerd worden dat het ontvochtigen van kaslucht door middel van een geconcentreerde zoutoplossing in combinatie met het inblazen van deze ontvochtigde lucht onder het gewas geen invloed heeft op de klimaatuniformiteit in de kas. Er was namelijk geen verschil in kasklimaatuniformiteit tussen de dagen dat het ontvochtigingssysteem met zoutoplossing wel en niet gewerkt heeft. De periode van 2 dagen dat het ontvochtigingssysteem aanstond is echter te kort om de conclusies los te kunnen laten op een heel teeltseizoen. Om conclusies te kunnen trekken voor een praktijk situatie is het belangrijk dat er jaarrond gemeten wordt aan de klimaatuniformiteit en dat er over grotere kas lengtes gemeten wordt. De geschetste meetmethode in dit rapport is een geschikte aanpak om de klimaat uniformiteit te bepalen in kassen. In dit onderzoek kwam naar voren dat het achterin de kas gemiddeld 0.5°C warmer was en dat de RV achterin 1.4 -2.4% droger was dan voorin de kas . De RV op kophoogte was 1.6-2.2% hoger dan op troshoogte. Bij hogere globale instraling was de temperatuur op kophoogte 0.2°C warmer dan op tros niveau en bij lagere globale instraling was de temperatuur op kophoogte 0.3°C lager dan op troshoogte.

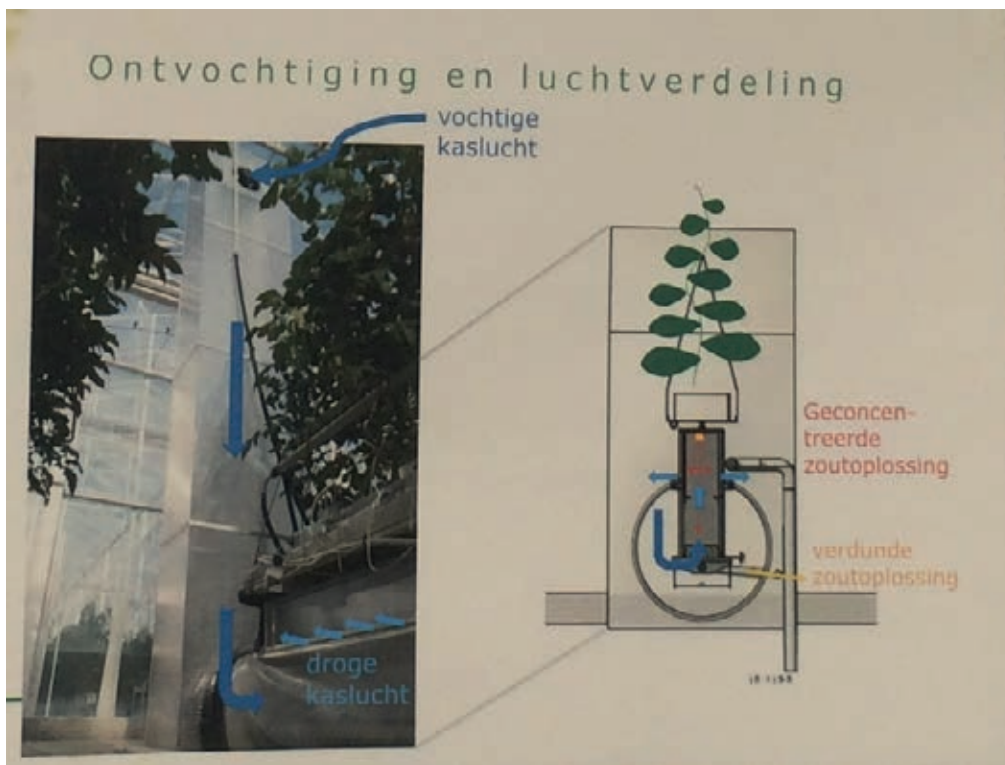
Dankwoord

We zouden graag Jasper Ingelbrecht en Lieve Wittemans van het Proefstation voor de Groenteteelt, Sint-Katelijne-Waver bedanken voor hun goede medewerking in dit onderzoek. Dankzij hen zijn de teelt en de draadloze temperatuur en relatieve vochtigheid metingen goed verlopen.

1 Introductie

Als onderdeel van het Exe-Kas project wordt in dit rapport de kasklimaat uniformiteit bepaald in een kas waar door middel van zout de kaslucht ontvochtigd wordt. Een gedetailleerde project omschrijving wordt beschreven in de projectaanvraag "Naar een duurzame kas met 'Energy Balancing'-schermen en dampwarmtepomp" (Bronchart, 2014). Het doel van het Exe-Kas project is om energie te besparen door kaslucht te ontvochtigen door middel van een geconcentreerde zoutoplossing. Hierdoor wordt er minder geventileerd op vocht waardoor er minder voelbare en latente warmte (energie die in vochtige lucht zit) door de ramen verloren gaat. Tevens kunnen de dagschermen vaker worden ingezet waardoor er nog meer energie bespaard kan worden. Door het omzetten van latente energie in voelbare energie in de slurf neemt de absolute vochtigheid van de kaslucht af en zal de kaslucht opgewarmd worden.

In Figuur 1 is te zien hoe de kaslucht ontvochtigd wordt. De lucht wordt aan het pad door een ventilator aangezogen in een verticale koker en wordt vervolgens in de slurf ontvochtigd met een geconcentreerde zoutoplossing. Hierdoor wordt de lucht in de slurf droger en warmer. Deze lucht wordt vervolgens de kas weer ingeblazen.



Figuur 1 Vochtige kaslucht wordt aangezogen en wordt in de slurf ontvochtigd door een geconcentreerde zoutoplossing.

2 Doel

Ten opzichte van een conventionele vochtafvoer via de ventilatie ramen verschilt het systeem met ontvochtigen door middel van zout qua kasklimaatuniformiteit op de volgende punten. Bij ontvochtigen met zout:

- Wordt de lucht ontvochtigd in de slurf onderin de kas in plaats van bovenin de kas via raamventilatie. Dit zou tot gevolg kunnen hebben dat de lucht onderin droger wordt ten opzichte van de conventionele situatie.
- Doordat latente energie onderin de slurf omgezet wordt naar voelbare energie, zou de luchttemperatuur onderin hoger kunnen worden ten opzichte van de conventionele situatie.

Om meer grip te krijgen op de kasklimaatuniformiteit is het doel van dit onderzoek om de uniformiteit van de kaslucht (temperatuur en RV) te bepalen als het ontvochtigingssysteem aanstaat.

De volgende onderzoeksvragen worden beantwoord:

- Wordt de uniformiteit van de kaslucht beïnvloed door het ontvochtigingssysteem met zouten?
 - En zoja, hoe?

3 Materiaal en methode

In een tomatenteelt van 3 januari 2017 tot 13 november 2017 is een rassenproef uitgevoerd in een kas van 24m breed bij 30m lang in het Proefstation voor de Groenteteelt, Sint-Katelijne-Waver, België. De kop is op 6 september uit de plant gehaald. In de periode 28 september t/m 11 november 2017 is er geëxperimenteerd met het ontvochtigen van kaslucht door middel van een geconcentreerde zoutoplossing.

In het experiment zijn 11 draadloze geventileerde sensoren geplaatst die temperatuur en relatieve vochtigheid meten op verschillende locaties in de kas. De nauwkeurigheid van deze sensoren is voor de temperatuur +/- 0.15°C en voor de RV +/- 0.5%. In Figuur 2 worden 2 sensoren weergegeven die de kaslucht en RV meten op troshoogte.



Figuur 2 Draadloze temperatuur- en relatieve vochtigheid-sensoren in de Exe-kas.

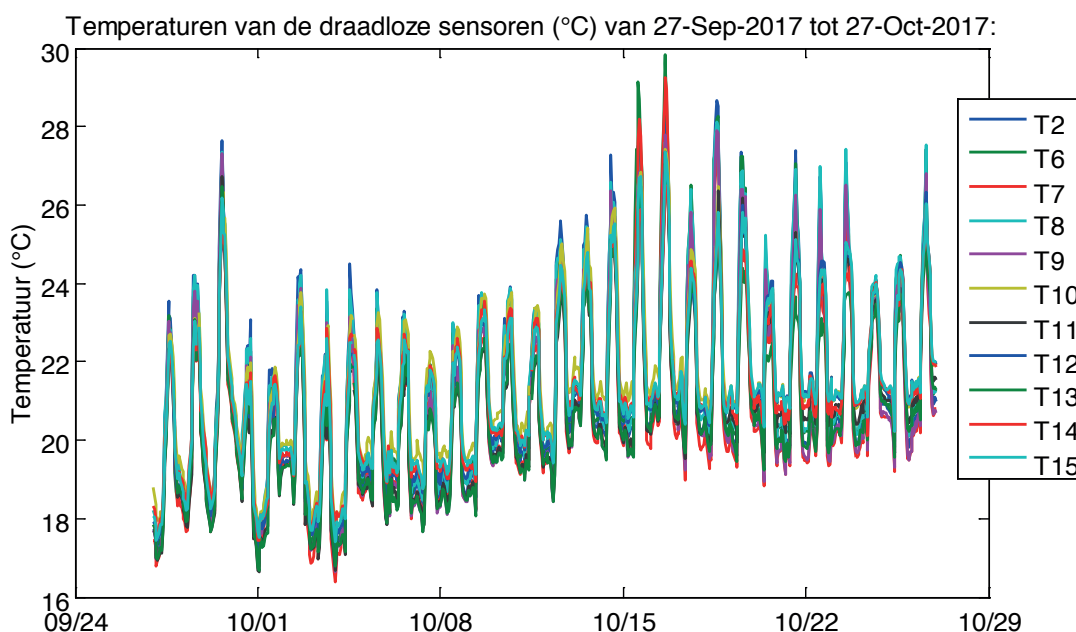
De locaties van de sensoren die gebruikt zijn in dit onderzoek staan aangegeven in Figuur 3.

4 Resultaten

Eerst worden de gemiddelde temperatuur- en RV-waarden van iedere sensor bepaald voor de periode van 27 september tot 27 oktober waarin het ontvochtigingssysteem over het algemeen uitstond. Voor iedere locatie wordt dan de afwijking ten opzichte van de gemiddelde waarde van de sensor bepaald. Vervolgens wordt er gefocust op de dagen dat er daadwerkelijk ontvochtigd is met zout. Gedurende de hele periode heeft de ventilator die lucht door de slurf blaast continu gedraaid op 25%. Op dagen dat er ontvochtigd was nam dit percentage toe naarmate de ontvochtigingsvraag toenam.

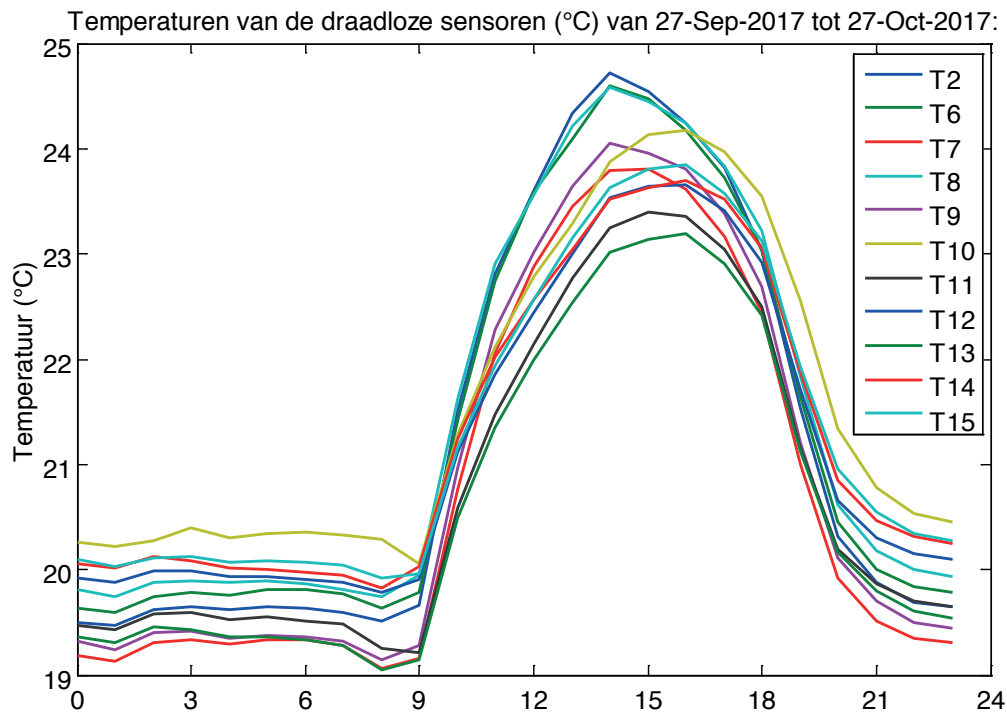
4.1 Periode 27 september tot 27 oktober

Allereerst zijn de temperaturen van de draadloze sensoren geanalyseerd voor de periode van 27 september tot 27 oktober, zie Figuur 4. Het is duidelijk te zien dat er geen uitschieters in de data zitten.



Figuur 4 Verloop van de temperatuurmetingen van de draadloze sensoren voor de periode van 27 september tot 27 oktober.

In Figuur 5 is het gemiddelde verloop over de dag weergegeven van de periode 27 september tot 27 oktober. De temperaturen bij de kop van het gewas zijn overdag hoger ten opzichte van de temperatuur bij de tros. Wat opvalt is dat sensor 10 een vertraging heeft in de meting. Dit is hoogstwaarschijnlijk veroorzaakt doordat de ventilator van de sensor uitstond.



Figuur 5 Verloop van de temperaturen over de dag gemiddeld over de periode 27 september tot 27 oktober.

Voor deze periode zijn vervolgens voor iedere sensor de volgende waarden berekend:

- De gemiddelde waarden.
- Het verschil van de meetwaarde ten opzichte van het gemiddelde van alle draadloze sensoren.

In Tabel 1 staan deze waarden samengevat. Het gemiddelde voor de hele periode was 21.1°C. De laagste temperatuur ligt 0.5°C onder het gemiddelde (sensor 13) en de hoogste temperatuur ligt 0.5°C boven het gemiddelde (sensor 10). De laagste RV ligt 3.3% (sensor 10) onder het gemiddelde en de hoogste RV ligt 2.6% (sensor 7) hoger dan het gemiddelde. Zoals eerder vermeld bestaat het vermoeden dat de ventilator van sensor 10 uitstond.

Tabel 1

Gemiddelde temperatuur en RV waarden voor iedere sensor afzonderlijk en de gemiddelde afwijking ten opzichte van het gemiddelde van alle sensoren.

Sensor	Locatie	Temperatuur (°C)		Relatieve vochtigheid (%)	
		Gemiddelde	Afwijking tov gemiddelde	Gemiddelde	Afwijking tov gemiddeld
2	Midden slurf kop	21.2	0.1	82.4	0.3
6	Einde slurf - kop	21.3	0.2	81.5	-0.6
7	Begin slurf - kop	20.7	-0.4	84.7	2.6
8	Einde slurf - kop	21.4	0.3	82.1	-0.1
9	Begin slurf - kop	20.9	-0.2	84.5	2.4
10	Midden slurf - tros	21.6	0.5	78.9	-3.3
11	Begin slurf - tros	20.7	-0.4	82.4	0.3
12	Einde slurf - tros	21.1	0.0	81.7	-0.5
13	Begin slurf - tros	20.6	-0.5	83.1	1.0
14	Einde slurf - tros	21.2	0.2	81.3	-0.8
15	Midden slurf -tros	21.3	0.2	80.8	-1.3
Gemiddelde		21.1		82.1	

In Tabel 2 zijn de temperaturen en RV-metingen ingedeeld per locatie zodat de horizontale temperatuur en RV-verschillen bepaald kunnen worden. Voor zowel troshoogte als kophoogte geldt dat de kasluchttemperatuur op het einde van de slurf 0.5°C warmer is dan op het begin van de slurf. De RV op het einde van de slurf is lager dan op het begin van de slurf (1.3% lager op tros hoogte en 2.8% lager op kophoogte).

Tabel 2

Verschillen in temperatuur en RV tussen het einde van de slurf en op het begin van de slurf voor verschillende hoogtes in de kas.

	Temperatuur (°C)		Relatieve vochtigheid (%)	
	Gemiddelde	Verschil einde slurf – begin slurf	Gemiddelde	Verschil einde slurf – begin slurf
Begin slurf tros	20.6	0.5	82.8	-1.3
Midden slurf tros	21.4		79.8	
Einde slurf tros	21.2		81.5	
Begin slurf kop	20.8	0.5	84.6	-2.8
Midden slurf kop	21.2		82.4	
Einde slurf kop	21.3		81.8	

In Tabel 3 is te zien dat de temperatuur op kophoogte 0.2°C hoger dan op troshoogte, dit geldt voor zowel op het begin van de slurf als op het eind van de slurf. De RV op kophoogte is ook hoger dan op troshoogte, die varieert voor verschillende locaties van 0.3% tot 2.6%.

Tabel 3

Verschillen in temperatuur en RV tussen kophoogte en troshoogte voor verschillende locaties in de kas.

	Temperatuur (°C)			Relatieve vochtigheid (%)		
	Gemiddelde	Verschil t.o.v. gemiddeld	Verschil kop – tros	Gemiddelde	Verschil t.o.v. gemiddeld	Verschil kop – tros
Begin slurf tros	20.6	-0.5	0.2	82.8	0.6	1.9
Begin slurf kop	20.8	-0.3		84.6	2.5	
Midden slurf tros	21.4	0.3	-0.2	79.8	-2.3	2.6
Midden slurf kop	21.2	0.1		82.4	0.3	
Einde slurf tros	21.2	0.1	0.2	81.5	-0.6	0.3
Einde slurf kop	21.3	0.3		81.8	-0.4	

Algeheel kan geconcludeerd worden dat voor de periode 27 september tot 27 oktober de volgende verschillen optreden in de kas als het ontvochtigingssysteem over het algemeen niet gebruikt wordt:

- Op het einde van slurf is de temperatuur gemiddeld 0.5°C warmer dan op het begin van de slurf.
- De RV op het einde van de slurf is lager dan op het begin van de slurf (1.3% bij de tros en 2.8% op kophoogte).
- Bij de kop van de plant is de temperatuur gemiddeld 0.2°C warmer dan bij de tros.
- De RV bij de kop is gemiddeld hoger dan bij de tros (variërend van 0.3% op het einde slurf tot 2.6% op het begin van de slurf).

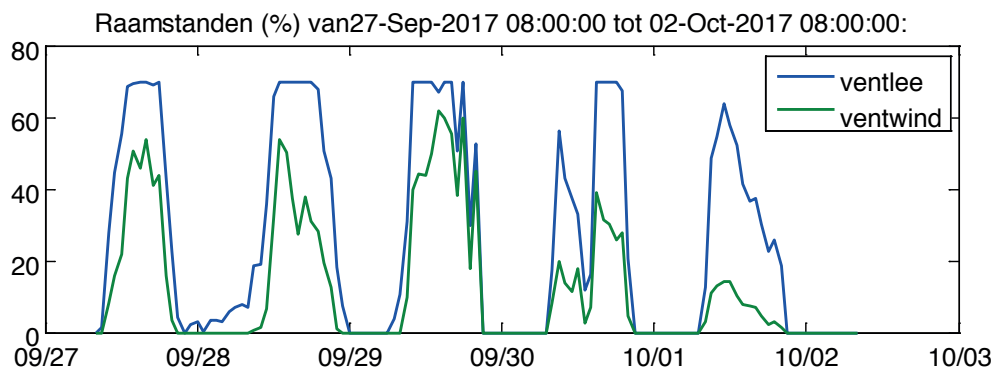
4.2 Experiment 1: periode 27/9/2017 – tot 2/10/2017

4.2.1 Klimaat en sturingen

Voor de periode van 27/9/2017 – 8:00 tot 2/10/2017 – 8:00 zijn voor de volgende dagen de verticale en horizontale verschillen bepaald:

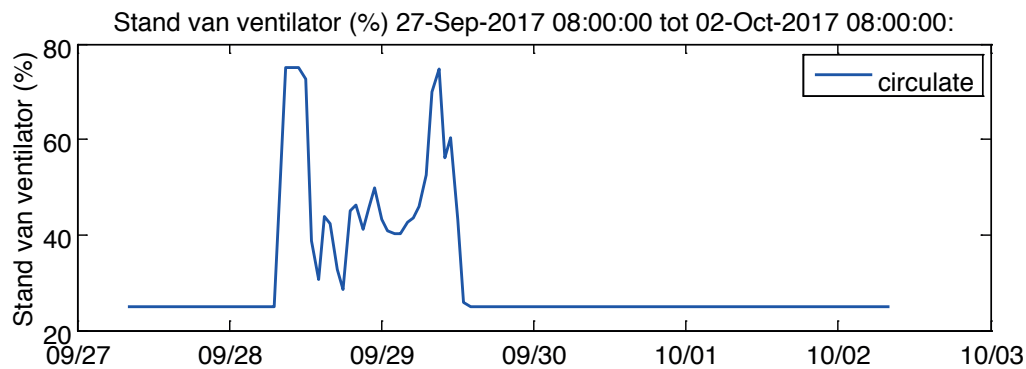
- Systeem aan:
 - 28/9/2017 – 8:00 tot 29/9/2017 – 8:00.
- Systeem uit:
 - 27/9/2017 – 8:00 tot 28/9/2017 – 8:00.
 - 30/9/2017 – 8:00 tot 1/10/2017 – 8:00.
 - 1/10/2017 – 8:00 tot 2/10/2017 – 8:00.

In Figuur 6 is te zien dat er in deze periode vrij veel geventileerd is met de ramen omdat de buitentemperaturen en instraling relatief hoog waren. Buitenomstandigheden en overige sturingen staan weergegeven in bijlage 1.



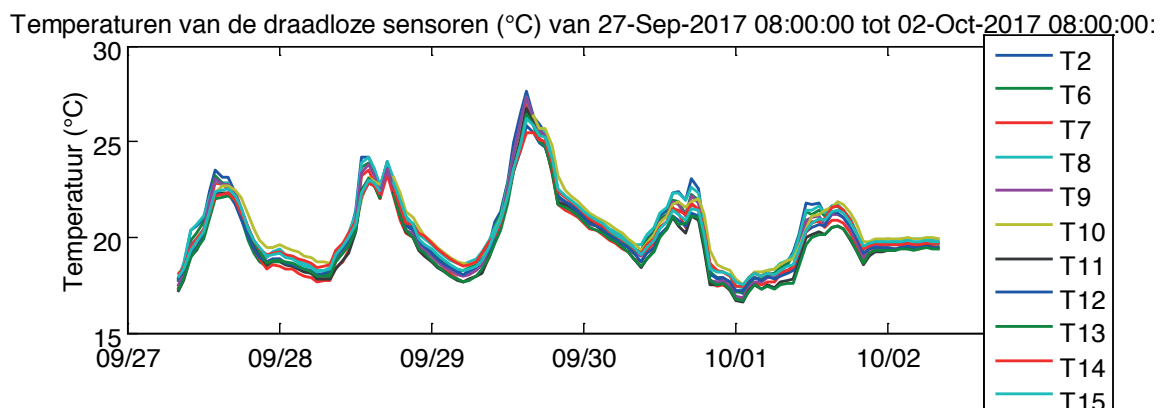
Figuur 6 Raamstanden van de luwzijde en windzijde tussen 27 september en 2 oktober.

In Figuur 7 staat de stand van de ventilator weergegeven. Tijdens het ontvochtigen met zout blaast de ventilator meer lucht door de slurf. Op de overige dagen draait de ventilator standaard op 25%.

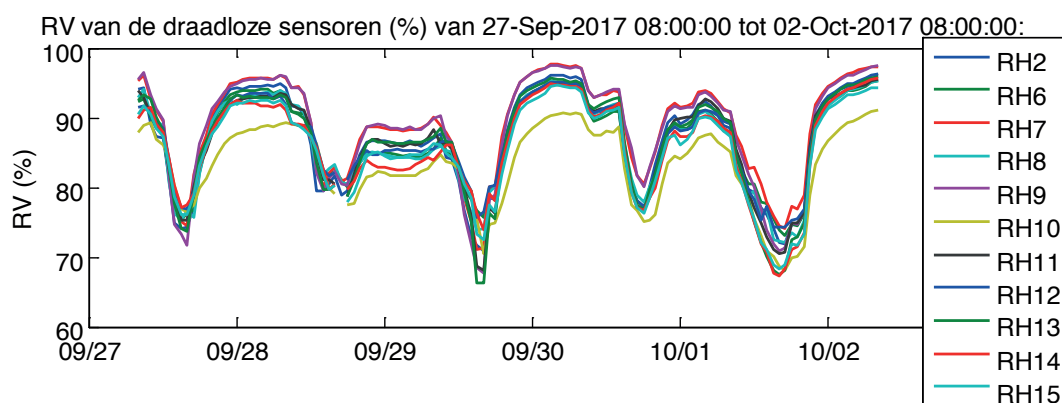


Figuur 7 Ventilatorstand die lucht door de slurf blaast tussen 27 september en 2 oktober.

De temperaturen en RV die de draadloze sensoren gemeten hebben staan weergegeven in Figuur 8 en Figuur 9. De temperatuurwaarden zitten allemaal dichtbij elkaar. Voor de RV waarden is duidelijk te zien dat sensor 10 afwijkt, die meet duidelijk lagere waarden 's nachts en lijkt een vertraging te hebben. De ventilator van de sensor zou eventueel uitgestaan kunnen hebben waardoor er aan de metingen van deze sensor minder waarde gehecht moet worden.



Figuur 8 Temperaturen van de draadloze sensoren tussen 27 september en 2 oktober.



Figuur 9 Relatieve vochtigheden van de draadloze sensoren tussen 27 september en 2 oktober.

Vervolgens zijn de temperatuur- en RV-verschillen bepaald voor de afzonderlijke dagen tussen 8:00 en 8:00 de volgende dag:

- Op het einde van de slurf en op het begin van de slurf (Tabel 4 en Tabel 5).
- Tussen kophoogte en troshoogte (Tabel 6 en Tabel 7).

4.2.2 Verschillen tussen eind en het begin van de slurf

In Tabel 4 is te zien dat op het einde van de slurf de kasluchttemperatuur hoger is dan op het begin van de slurf. Dit geldt voor beide condities van het ontvochtigingssysteem (aan/uit) en voor beide hoogtes in het gewas. Als het ontvochtigingssysteem actief is liggen de temperatuurverschillen (0.4-0.5°C) in de range van de verschillen van de overige dagen (0.2°C – 0.5°C).

Tabel 4

Verschillen in temperatuur (°C) tussen het einde van slurf en het begin van de slurf voor verschillende hoogtes in de kas. De gemiddelde waarden over 24 uur zijn bepaald tussen 8:00 en 8:00 de volgende dag.

	Systeem actief	Systeem niet actief		
Locatie	28/9-29/9	27/9-28/9	30/9-1/10	1/10-2/10
Troshoogte	0.4	0.2	0.5	0.5
Kophoogte	0.5	0.2	0.5	0.4

In Tabel 5 is te zien dat op het einde van de slurf de relatieve luchtvochtigheid in het algemeen lager is dan op het begin van de slurf. Dit geldt voor beide condities van het ontvochtigingssysteem (aan/uit) en voor beide hoogtes in het gewas. Als het ontvochtigingssysteem actief is liggen de RV-verschillen (-1.1 en -2.6%) in de range van de verschillen van de overige dagen (0.1 en -3.0%).

Tabel 5

Verschillen in relatieve vochtigheid (%) tussen het einde van slurf en het begin van de slurf voor verschillende hoogtes in de kas. De gemiddelde waarden over 24 uur zijn bepaald tussen 8:00 en 8:00 de volgende dag.

	Systeem actief	Systeem niet actief		
Locatie	28/9-29/9	27/9-28/9	30/9-1/10	1/10-2/10
Troshoogte	-1.1	0.0	-0.9	0.1
Kophoogte	-2.6	-1.7	-3.0	-1.9

Verschillen tussen kophoogte en troshoogte.

In onderstaande Tabellen zijn de temperatuur- en vochtverschillen tussen kophoogte en troshoogte weergegeven. In Tabel 6 is te zien dat zowel op het begin als op het eind van de slurf de temperatuur op kophoogte hoger is dan op troshoogte. In het midden van de slurf is dit verschil kleiner, hoogstwaarschijnlijk is dit veroorzaakt door een meetfout van sensor 10. Op de dag dat het systeem actief was lagen de verschillen tussen kophoogte en troshoogte (0.2°C en einde slurf 0.3°C) tussen de waarden op de dagen dat het systeem niet actief was (0.1°C en 0.4°C). De waarden 'midden slurf' zijn niet meegenomen in deze analyse omdat de ventilator van sensor 10 mogelijk niet betrouwbaar waren.

Tabel 6

Verschillen in temperatuur (°C) tussen kop- en troshoogte voor verschillende locaties in de kas. De gemiddelde waarden over 24 uur zijn bepaald tussen 8:00 en 8:00 de volgende dag.

	Systeem actief	Systeem niet actief		
Locatie	28/9-29/9	27/9-28/9	30/9-1/10	1/10-2/10
Begin slurf	0.2	0.1	0.4	0.4
Midden slurf	0.0	-0.1	0.1	0.0
Einde slurf	0.3	0.2	0.4	0.3

In Tabel 7 is te zien dat zowel op het begin als op het eind van de slurf de relatieve vochtigheid op kophoogte hoger is dan op troshoogte. Wel is het verschil op het einde van de slurf beduidend kleiner. De verschillen die optreden op de dag dat het systeem actief was, liggen in dezelfde range (0.3 – 1.8%) als op de dagen dat het systeem niet actief was (0.1 – 2.5%).

Tabel 7

Verschillen in relatieve vochtigheid (%) tussen kophoogte en troshoogte voor verschillende locaties in de kas. De gemiddelde waarden over 24 uur zijn bepaald tussen 8:00 en 8:00 de volgende dag.

	Systeem actief	Systeem niet actief		
Locatie	28/9-29/9	27/9-28/9	30/9-1/10	1/10-2/10
Begin slurf	1.8	1.8	2.3	2.5
Midden slurf	1.8	2.2	2.6	3.6
Einde slurf	0.3	0.1	0.2	0.4

Gebaseerd op Tabel 4 - Tabel 7 kan er dus worden geconcludeerd dat voor de periode 27/9 tot 2/10:

- Ontvochtigen met zout geen invloed heeft op het horizontale temperatuur en RV verschil over de lengte van de slurf.
- Ontvochtigen met zout geen invloed heeft op het verticale temperatuur en RV verschil.

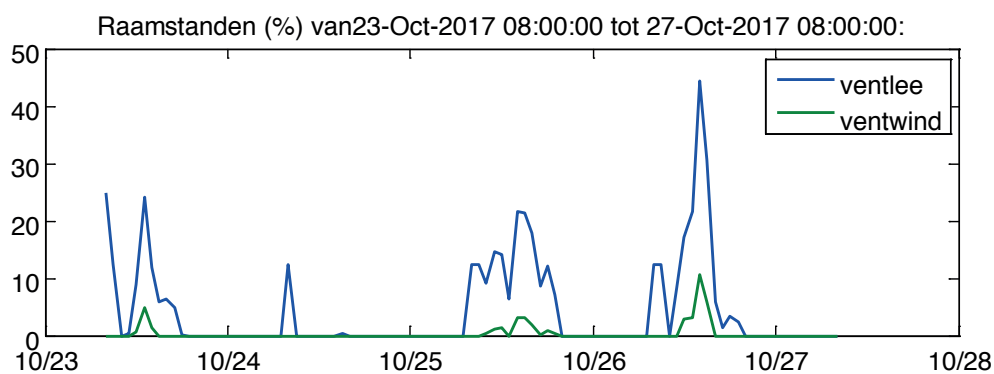
4.3 Experiment 2: periode 23/10/2017 –tot 26/10/2017

4.3.1 Klimaat en sturingen

Voor de periode van 23/10/2017 – 8:00 tot 26/10/2017 – 8:00 uur zijn voor de volgende dagen de verticale en horizontale verschillen bepaald:

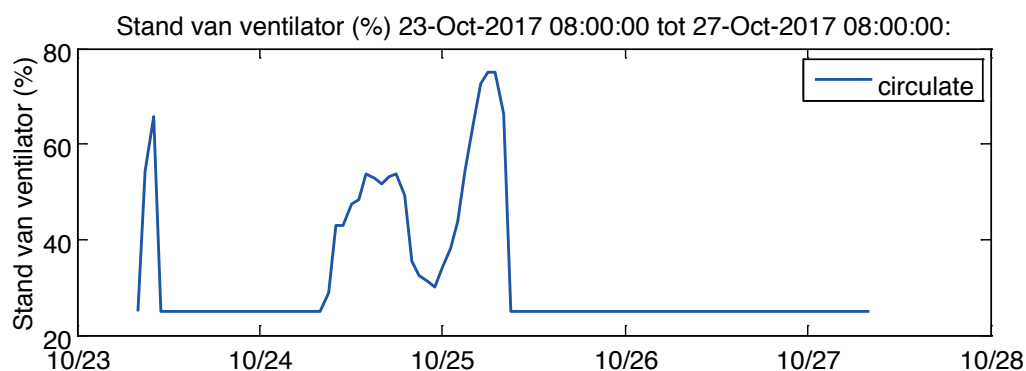
- Systeem aan:
 - 24/10 08:00 tot 25/10 08:00.
- Systeem uit:
 - 23/10 08:00 tot 24/10 08:00.
 - 25/10 08:00 tot 26/10 08:00.
 - 26/10 08:00 tot 27/10 08:00.

In Figuur 10 is te zien dat er veel minder is geventileerd dan in de periode 27 september tot 2 oktober omdat de buitentemperaturen en instraling relatief laag waren (zie bijlage 1 voor buitenomstandigheden en overige sturingen). Dit betekent dat er in deze periode minder luchtuitwisseling heeft plaats gevonden. Op de dag dat het ontvochtigingssysteem aangestaan heeft (24-10, 8:00 tot 25-10, 8:00) zijn de ventilatieramen bijna niet open geweest.



Figuur 10 Raamstanden van de luwzijde en windzijde tussen 23 oktober en 27 oktober.

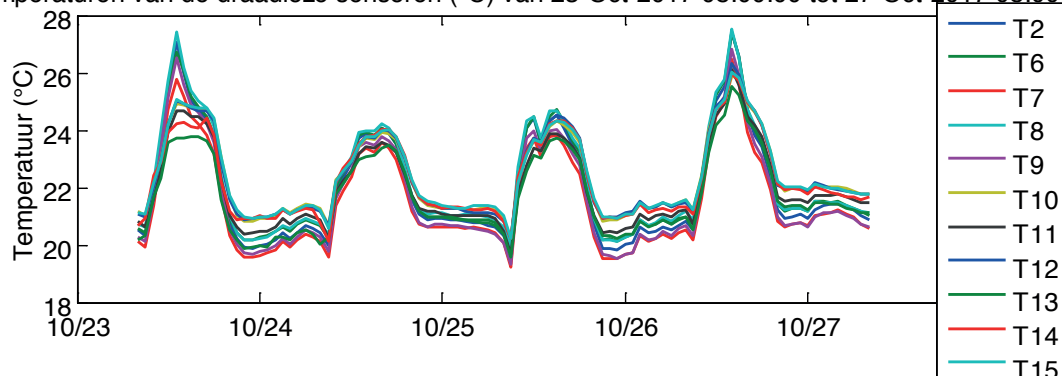
In Figuur 11 staat de stand van de ventilator weergegeven. Tijdens het ontvochtigen met zout blaast de ventilator meer lucht door de slurf. Op de overige dagen staat de ventilator standaard op 25%.



Figuur 11 Ventilatorstand die lucht door de slurf blaast tussen 23 oktober en 27 oktober.

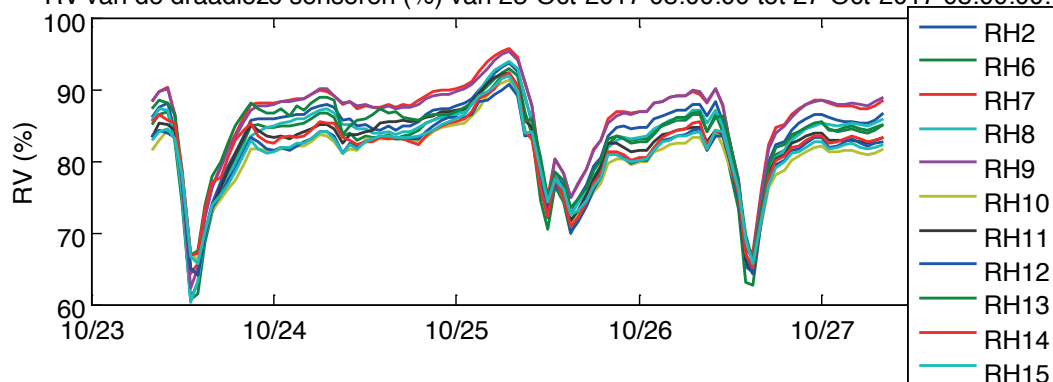
De temperaturen en relatieve vochtigheden van de draadloze sensoren staan weergegeven in Figuur 12 en Figuur 13. De waarden liggen allemaal vlak bij elkaar dus van uitschieters is in dit geval geen sprake.

Temperaturen van de draadloze sensoren (°C) van 23-Oct-2017 08:00:00 tot 27-Oct-2017 08:00:00:



Figuur 12 Temperaturen van de draadloze sensoren tussen 23 oktober en 27 oktober.

RV van de draadloze sensoren (%) van 23-Oct-2017 08:00:00 tot 27-Oct-2017 08:00:00:



Figuur 13 Relatieve vochtigheden van de draadloze sensoren tussen 23 oktober en 27 oktober.

Vervolgens zijn de volgende temperatuur- en RV-verschillen bepaald voor de afzonderlijke dagen:

- Op het einde van de slurf en op het begin van de slurf (Tabel 8 en Tabel 9).
- Tussen kophoogte en troshoogte (Tabel 10 en Tabel 11).

4.3.2 Verschillen tussen eind en het begin van de slurf

In Tabel 8 is te zien dat op het einde van de slurf de kasluchttemperatuur hoger is dan op het begin van de slurf. Dit geldt voor beide condities van het ontvochtigingssysteem (aan/uit) en voor beide hoogtes in het gewas. Als het ontvochtigingssysteem actief is liggen de temperatuurverschillen (0.4-0.5°C) in de range van de verschillen van de overige dagen (0.4°C – 0.6°C).

Tabel 8

Verschillen in temperatuur (°C) tussen het einde van slurf en het begin van de slurf voor verschillende hoogtes in de kas. De gemiddelde waarden over 24 uur zijn bepaald tussen 8:00 en 8:00 de volgende dag.

	Systeem actief	Systeem niet actief		
Locatie	24/10 – 25/10	23/10 – 24/10	25/10 – 26/10	26/10 – 27/10
Troshoogte	0.4	0.6	0.5	0.4
Kophoogte	0.5	0.6	0.6	0.5

In Tabel 9 is te zien dat op het einde van de slurf de relatieve luchtvochtigheid in het algemeen lager is dan op het begin van de slurf. Dit geldt voor beide condities van het ontvochtigingssysteem (aan/uit) en voor beide hoogtes in het gewas. Als het ontvochtigingssysteem actief is liggen de RV verschillen (-1.8 en -3.3%) in de range van de verschillen van de overige dagen (-1.2 en -3.3%).

Tabel 9

Verschillen in relatieve vochtigheid (%) tussen het einde van slurf en het begin van de slurf voor verschillende hoogtes in de kas. De gemiddelde waarden over 24 uur zijn bepaald tussen 8:00 en 8:00 de volgende dag.

	Systeem actief	Systeem niet actief		
Locatie	24/10 – 25/10	23/10 – 24/10	25/10 – 26/10	26/10 – 27/10
Troshoogte	-1.8	-1.8	-1.6	-1.2
Kophoogte	-3.3	-3.2	-3.3	-3.2

4.3.3 Verschillen tussen kophoogte en troshoogte

In onderstaande Tabellen zijn de temperatuur- en vochtverschillen tussen kophoogte en troshoogte weergegeven op verschillende lengtes van de slurf. In Tabel 10 is te zien dat zowel op het begin, midden als op het eind van de slurf de temperatuur op kophoogte lager is dan op troshoogte. Dit is tegengesteld aan het verschil dat optrad tijdens de analyse periode tussen 27/9 en 2/10. Dit komt doordat er minder warmte input was van de zon en meer van de warmtebuizen onderin het gewas.

Op de dag dat het systeem actief was lagen de temperatuurverschillen tussen kophoogte en troshoogte (-0.3°C begin slurf en -0.2°C einde slurf) tussen de waarden op de dagen dat het systeem niet actief was (0.0°C en -0.4°C).

Tabel 10

Verschillen in temperatuur (°C) tussen kophoogte en troshoogte voor verschillende locaties in de kas. De gemiddelde waarden over 24 uur zijn bepaald tussen 8:00 en 8:00 de volgende dag.

	Systeem actief	Systeem niet actief		
Locatie	24/10 – 25/10	23/10 – 24/10	25/10 – 26/10	26/10 – 27/10
Begin slurf	-0.3	0.0	-0.3	-0.4
Midden slurf	-0.4	-0.4	-0.5	-0.5
Einde slurf	-0.2	0.0	-0.3	-0.3

In Tabel 11 is te zien dat zowel op het begin als op het eind van de slurf de relatieve vochtigheid op kophoogte hoger is dan op troshoogte. Wel is het verschil op het einde van de slurf beduidend kleiner. Op de dag dat het systeem actief was lagen de RV-verschillen tussen kophoogte en troshoogte (2.7% begin slurf en 1.3% einde slurf) tussen de waarden op de dagen dat het systeem niet actief was (1.8% - 3.4% begin slurf en 0.4% en 1.6% einde slurf).

Tabel 11

Verschillen in relatieve vochtigheid (%) tussen kophoogte en troshoogte voor verschillende locaties in de kas. De gemiddelde waarden over 24 uur bepaald tussen 8:00 en 8:00 de volgende dag.

Locatie	Systeem actief	Systeem niet actief		
	24/10 – 25/10	23/10 – 24/10	25/10 – 26/10	26/10 – 27/10
Begin slurf	2.7	1.8	3.4	3.4
Midden slurf	2.3	2.6	3.0	3.0
Einde slurf	1.3	0.4	1.6	1.3

Gebaseerd op Tabel 8 - Tabel 11 kan er dus worden geconcludeerd dat voor de periode 23/10 tot 26/10:

- Ontvochtigen met zout heeft geen invloed op het horizontale temperatuur- en RV-verschil over de lengte van de slurf.
- Ontvochtigen met zout heeft geen invloed op het verticale temperatuur en RV verschil.

4.4 Samenvatting van de 3 analyse perioden

In Tabel 12 staan de gemiddelden van de temperatuur- en RV-verschillen samengevat voor de 3 verschillende analyseperioden. Voor iedere periode geldt dat het achterin de kas ongeveer een 0.5°C warmer is dan voorin de kas en dat achterin de RV 1.4 – 2.4% lager ligt dan voorin de kas. In het algemeen is de temperatuur op kophoogte hoger dan op troshoogte, namelijk zo'n 0.2°C, echter in de periode met relatief weinig instraling (23/10 – 26/10) is het op kophoogte 0.3°C kouder dan op troshoogte. De hogere temperatuur op troshoogte komt omdat dan meer warmte onderin de kas wordt toegevoerd en minder via boven (door minder instraling). De RV is voor alle perioden wel structureel hoger op kophoogte dan op troshoogte.

Tabel 12

Samenvatting van de gemiddelden temperatuur en RV verschillen die optreden in het horizontale vlak en in het verticale vlak.

Periode	Horizontaal verschil: einde van de slurf minus begin van de slurf		Verticaal verschil: kophoogte – troshoogte	
	Temperatuur (°C)	RV (%)	Temperatuur (°C)	RV (%)
27/9 tot 27/10	0.5	-2.1	0.2	1.6
27/9 tot 2/10	0.4	-1.4	0.2	1.6
23/10 tot 26/10	0.5	-2.4	-0.3	2.2

5 Discussie

In dit onderzoek is de kasklimaatuniformiteit (temperatuur en RV) die optrad als er ontvochtigd werd met zout vergeleken met de kasklimaat uniformiteit die optrad als er niet ontvochtigd werd. Er zijn geen verschillen in klimaatuniformiteit waargenomen tussen de dagen dat het ontvochtigingssysteem aanstond en uitstond. Er zijn echter maar 2 volle dagen geweest dat er ontvochtigd is met zout. Deze periode van 2 dagen is te kort om de conclusies los te kunnen laten op een heel teeltseizoen. In een teeltseizoen veranderen namelijk de plantontwikkeling, buitenklimaat, binnenklimaat en klimaatsturing.

Tijdens de analyseperiode heeft de ventilator die lucht door de slurf blaast continu op 25% aangestaan, wat ervoor zorgde dat er continu een luchtstroming in de kas was. Dit gebeurde dus op iedere dag, ongeacht of er ontvochtigd werd door middel van zout of niet. Hierdoor is het niet mogelijk geweest om de situatie te vergelijken tussen een dag dat de ventilator uitstond (dus zonder ontvochtiging met geconcentreerd zout) en dagen dat de ventilator aanstond in combinatie met ontvochtiging met geconcentreerd zout. In vervolgonderzoek moeten deze 2 situaties wel vergeleken worden.

De rijlengte van de kas in dit onderzoek was 30 meter terwijl in de praktijk rijlengtes tot ongeveer 120 meter voorkomen. Mocht het systeem opgeschaald worden naar praktijkgrootte, dan is het van belang dat de klimaatuniformiteit bepaald wordt voor deze langere lengtes.

Een gefundeerde conclusie over de klimaatuniformiteit in praktijksituaties bij het gebruik van het ontvochtigingssysteem zoals beschreven in de projectaanvraag van Bronchart, kan pas gedaan worden als er jaarrond gemeten wordt aan de klimaatuniformiteit en waarin een kas met ontvochtigingssysteem door middel van zouten vergeleken wordt met een conventionele ontvochtiging via de ramen. Dit zou kunnen gebeuren door in 1 kas om de dag het systeem aan en uit te schakelen of door 2 verschillende kasafdelingen met elkaar te vergelijken waarin 1 afdeling uitgerust is met het ontvochtigingssysteem en de andere afdeling op een conventionele manier ontvochtigd wordt door gebruik te maken van de ventilatieramen. De eerste meetaanpak heeft de voorkeur omdat dan eventuele kasklimaatuniformiteit verschillen tussen afdelingen uitgesloten worden. De lengte van de kas moet dan overeenkomen met praktijklengtes. De in dit rapport beschreven meetmode van kasklimaatuniformiteit is een geschikt hulpmiddel om verticale en horizontale temperatuur- en RV-verschillen te bepalen.

In de Exe kas was de klimaatuniformiteit op dagen dat het ontvochtigingssysteem draaide gelijk aan de dagen dat het systeem niet draaide. Voor beide situaties was het kasklimaat echter niet uniform. Achterin de kas was het gemiddeld 0.5°C warmer. Dit zou veroorzaakt kunnen zijn doordat (1) achterin de kas de aanvoerleidingen van de buisverwarming liggen, (2) de achterkant van de kas grensde aan een warmere paprikateelt terwijl de voorkant van de kas grensde aan een koudere corridor, (3) het kasdek op afschot ligt, achterin de kas ligt de nok hoger wat voor een warmere stroming naar achterin kan zorgen en/of (4) de ventilator in de slurf voor luchtstromig zorgde waardoor lucht onderin naar achter stroomde en zo de buiswarmte meenam. De RV achterin de kas was 1.4 -2.4% lager dan voorin de kas, wat veroorzaakt zou kunnen zijn door de hogere luchttemperatuur achterin. De RV op kophoogte was 1.6-2.2% hoger dan op troshoogte. Dit zou verklaard kunnen worden doordat vochtigere lucht lichter is dan drogere lucht en daardoor opstijgt. Bij hogere globale instraling was de temperatuur op kophoogte 0.2°C warmer dan op trosniveau en bij lagere globale instraling was de temperatuur op kophoogte 0.3°C lager dan op troshoogte. Dit wordt verklaard omdat de warmtetoevoer bij veel instraling van boven komt door de zon terwijl bij lagere instraling de warmtetoevoer via de buisverwarming de kas inkomt.

6 Conclusies

In een tomatenteelt bij het Exe kas project (24m breedte x 30m lengte) is op het einde van de teelt (27 september – 27 oktober 2017) de kasklimaatuniformiteit (temperatuur en RV op verschillende hoogtes en lengtes in de kas) bepaald voor de situaties dat er wel en niet ontvochtigd werd met geconcentreerd zout. In het Exe kas project wordt kaslucht in een slurf geblazen en in de slurf ontvochtigd met een geconcentreerde zoutoplossing. De drogere en warmere lucht wordt vervolgens de kaslucht weer ingeblazen. Gebaseerd op de 2 volle dagen dat er ontvochtigd werd met een geconcentreerde zoutoplossing (28 september en 24 oktober) kan er geconcludeerd worden dat het ontvochtigen van kaslucht door middel van een geconcentreerde zoutoplossing in combinatie met het inblazen van deze ontvochtigde lucht onder het gewas geen invloed heeft op de klimaatuniformiteit in de kas. Er was namelijk geen verschil in kasklimaatuniformiteit tussen de dagen dat het ontvochtigingssysteem met zoutoplossing wel en niet gewerkt heeft. Tijdens de meetperiode heeft de ventilator die lucht door de slurf onderin het gewas blaast, continu op minimaal 25% gedraaid, ook op de dagen dat er niet ontvochtigd werd met zout. Dit zou een invloed gehad kunnen hebben op de klimaatuniformiteit. De periode van 2 dagen dat het ontvochtigingssysteem aanstond is echter te kort om de conclusies los te kunnen laten op een heel teeltseizoen.

Om conclusies te kunnen trekken voor een praktijk situatie is het belangrijk dat er jaarrond gemeten wordt aan de klimaatuniformiteit en dat er over grotere kas lengtes gemeten wordt. In dat experiment moet dan de situatie worden vergeleken tussen (1) de situatie met de ventilator uit zonder ontvochtiging met zout en (2) de situatie met de ventilator aan met ontvochtiging met zout. De geschetste meetmethode in dit rapport is een geschikte aanpak om de klimaat uniformiteit te bepalen in kassen.

In dit onderzoek kwam naar voren dat het achterin de kas gemiddeld 0.5°C warmer was en dat de RV achterin 1.4 -2.4% lager was dan voorin de kas . De RV op kophoogte was 1.6-2.2% hoger dan op troshoogte. Bij hogere globale instraling was de temperatuur op kophoogte 0.2°C warmer dan op tros niveau en bij lagere globale instraling was de temperatuur op kophoogte 0.3°C lager dan op troshoogte.

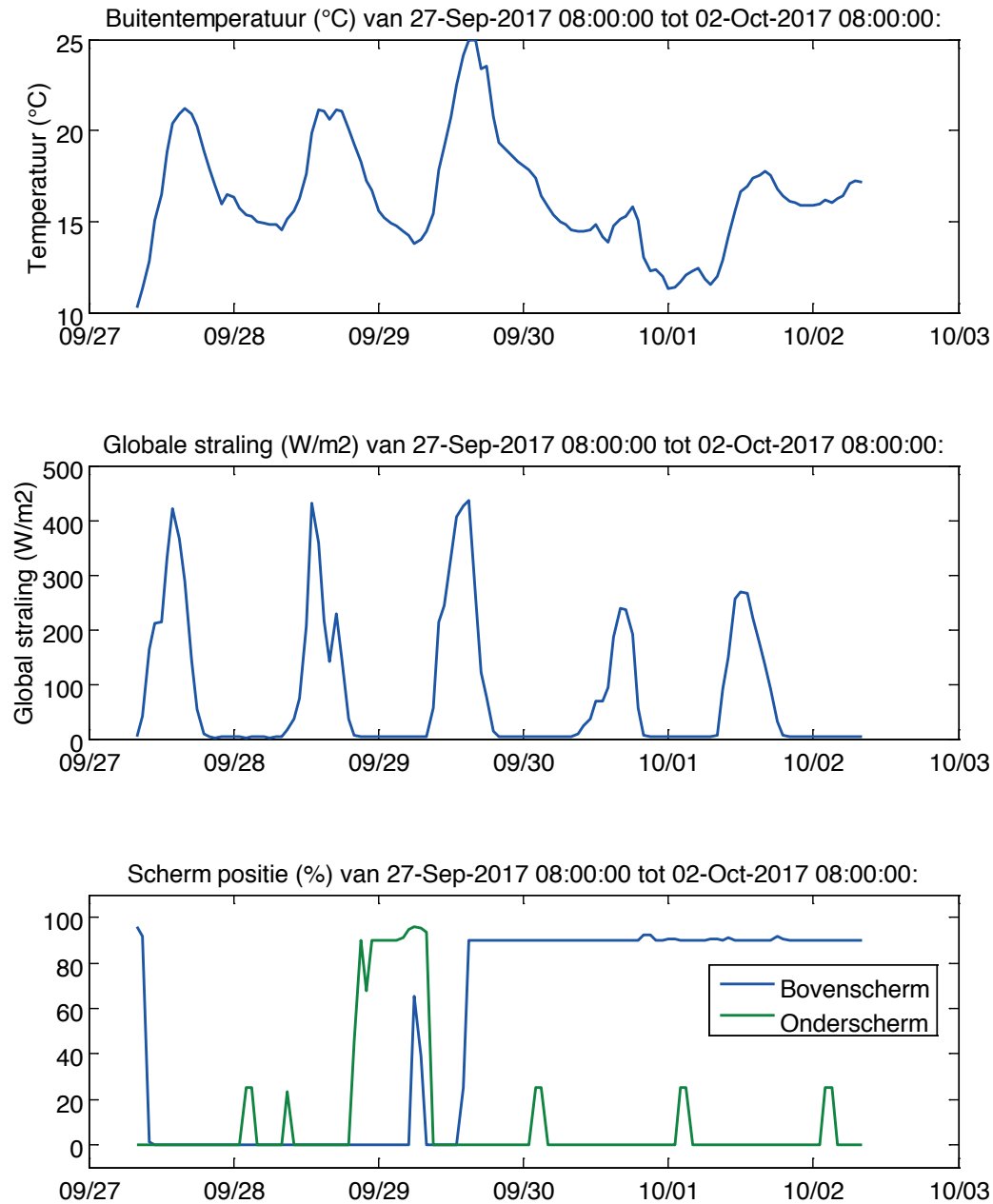
Literatuur

Bronchart, F. 2014.

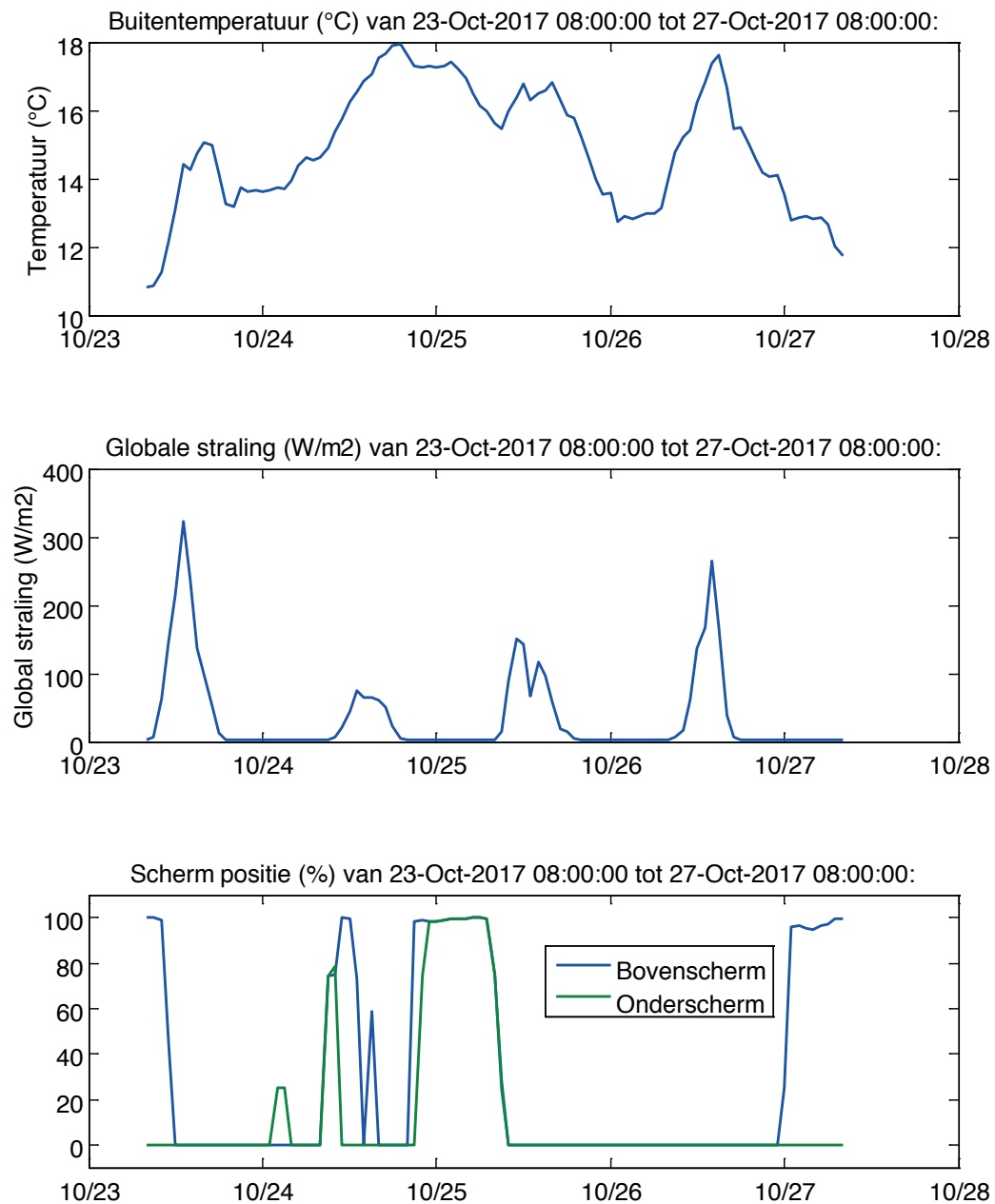
Naar een duurzame kas met 'Energy Balancing'-schermen en dampwarmtepomp (EXE-kas).
Projectaanvraag.

Bijlage 1 Buitenklimaat en sturing tijdens experimenten

In onderstaande grafieken staat het buitenklimaat en sturingen weergegeven tijdens de experimenten.



Figuur 14 Buitentemperatuur, globale instraling en schermstanden tussen 27 september en 2 oktober.



Figuur 15 Buitentemperatuur, globale instraling en schermstanden tussen 23 oktober en 27 oktober.

To explore
the potential
of nature to
improve the
quality of life



Wageningen University & Research,
BU Glastuinbouw
Postbus 20
2665 ZG Bleiswijk
Violierenweg 1
2665 MV Bleiswijk
T +31 (0)317 48 56 06
F +31 (0) 10 522 51 93
www.wur.nl/glastuinbouw

Glastuinbouw Rapport WPR-742

Wageningen University & Research, BU Glastuinbouw initieert en stimuleert de ontwikkeling van innovaties gericht op een duurzame glastuinbouw en de kwaliteit van leven. Dat doen wij door toepassingsgericht onderzoek, samen met partners uit de glastuinbouw, toeleverende industrie, veredeling, wetenschap en de overheid.

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen WUR bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van stichting DLO en WUR hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.000 medewerkers en 9.000 studenten behoort WUR wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.