

Gecontroleerde watergift in potplanten

De Sensor Centraal

Worldwide Expertise for Food & Flowers



In samenwerking met:

Stichting
Programmafonds
Glastuinbouw



Certified for
Horticulture

AgriSensys®

esperit® 

fikona
perfection in green plants


HORTICOOP
SAMEN GROEIEN


K W E K E R I J
LOEK
JANSEN


ZWETHLANDE

Inhoudsopgave

1. Samenvatting

2. Inleiding en doel

2.1. Aanleiding	4
2.2. Doel	4
2.3. Onderzoeksvragen	5

3. Plan van aanpak

3.1. Proefopzet	5
3.1.1. Inrichting afdeling	5
3.1.2. Sensoren	5
3.1.3. Bepaling en verloop watergiftstrategie	7
3.1.4. Waarnemingen	7

4. Resultaten

4.1. Fysisch bodemonderzoek	9
4.2. Validatie watergehalte m.b.v. gewichtsmeting	9
4.3. Verloop watergehalte gedurende de proef	9
4.4. Effect positie van sensor op gemeten watergehalten	12
4.5. Variatie watergehalte tussen gelijk gepositioneerde sensoren	13
4.6. Relatie klimaatcondities op waterbehoefte	15
4.7. Effect watergift op wortelontwikkeling	18
4.8. Visuele beoordeling op gewasontwikkeling	19
4.9. Metingen gewasontwikkeling	20

5. Discussie/conclusie

1. Samenvatting

In deze case studie is er gekeken naar of een sensornetwerk kan bijdragen aan het optimaliseren van de watergift in de teelt van potplanten. *Ficus Benjamina* was geplant op 12 april 2017 en gebruikt als testgewas in een afdeling van 115 m² met twee eb-en-vloed vloeren om water te kunnen geven. 40 Watergehalte sensoren zijn verdeeld over de twee vloeren en op drie manieren in de potgrond gestoken om de waterverdeling in de pot en over de vloer te monitoren gedurende de hele proef. In de proef zijn twee watergiftstrategieën opgesteld, één strategie per vloer, waarbij één vloer wordt gestuurd door de teeltchef geadviseerd door de consultant, en de andere vloer wordt gestuurd met behulp van de watersensordata en een strategie opgesteld door de begeleidingscommissie. De strategie op de sensor-gestuurde vloer bestond uit twee periodes, waarin eerst bij een watergehalte van 36% en later bij 41% water werd gegeven. In de eerste periode is er op de sensor-gestuurde vloer 7 beurten minder water gegeven dan op de teeltchef-gestuurde vloer, waardoor het gewas op de teeltchef-gestuurde vloer zich anders ontwikkelde dan het gewas op de sensor-gestuurde vloer. Na verhoging van de grenswaarde in watergehalte in de tweede periode, is er op beide vloeren evenveel water gegeven. Het gewas op de sensor-gestuurde vloer heeft zich deels kunnen herstellen op de achterstand die het heeft opgelopen in de eerste periode. De sensor-gestuurde vloer werd gestuurd aan de hand van metingen van verticaal in de potgrond gestoken sensoren die representatief de watergehalte in de potgrond weergaven. Er is variatie aanwezig in watergehalte tussen gelijk gepositioneerde sensoren. Dit heeft te maken met de condities rondom de sensor in de pot. Men kan hier rekening mee houden door meerdere sensoren te gebruiken, om vervolgens aan de hand van een gemiddelde van metingen te kunnen sturen. Bij doorontwikkeling van de sensor-gestuurde strategie, zou het mogelijk moeten zijn om op basis van de verwachte stralingssom en actuele waterhuishouding in de pot een verwachte watergiftmoment te bepalen. Het slagen van het telen met behulp van sensormetingen hangt niet alleen af van de sensor zelf, maar ook van de strategie van de kweker. De kracht van het sturen op basis van sensordata, ligt in het feit dat de metingen objectief zijn, en dat men kan leren van fouten.

2. Inleiding en doel

2.1. Aanleiding

Om een optimale sturing aan de gewasontwikkeling te kunnen geven en de gewenste groei te kunnen realiseren is een optimale watergift van essentieel belang. Een optimale watergift betekent de juiste hoeveelheid water op het juist moment. Het gewas en de samenstelling van het substraat waarin wordt geteeld zijn hierin mede bepalend. De hoeveelheid water dat een gewas nodig heeft wordt bepaald door de verdamping in combinatie met de teeltstrategie die de teler wil hanteren om het gewas te sturen (nat telen, droog telen, etc.). Om de watergift te optimaliseren moet er bekend zijn hoeveel water het gewas opneemt en hoeveel water er beschikbaar is in het substraat. Het moment van watergeven in potplanten wordt in grote mate bepaald op basis van gevoel en ervaring. Dit kan geoptimaliseerd worden door een inschatting van de waterbehoefte (verdamping) van het gewas op basis van het ontwikkelingsstadium van het gewas in combinatie met omgevingsfactoren, waarbij instraling de meest dominante factor is voor verdamping. Deze gegevens moeten gecombineerd worden met informatie over de daadwerkelijke vochthuishouding van het substraat.

De huidige ontwikkelingen op het gebied van sensoren en draadloze netwerken, maken het mogelijk het watergehalte van het substraat continue te monitoren. Een sensornetwerk moet zorgen dat kritische condities met betrekking tot de beschikbaarheid van water worden voorkomen.

Het feit dat er in potplanten geen drain wordt gerealiseerd en de vochthuishouding niet uniform is, zijn belangrijke aandachtspunten. De juiste positionering van de sensoren in de pot is daarbij ook een belangrijke variabele.

2.2. Doel

Dit project heeft als doel om de toepasbaarheid van draadloze sensornetwerken in de teelt van pot en perkplanten aan te tonen, en de mogelijkheden te demonstreren.

Een monitoringssysteem is opgezet met draadloze watergehaltesensoren om de waterhuishouding in potplanten te volgen. Met behulp van het monitoringssysteem kunnen adviezen over de watergift worden gegeven op basis van objectieve metingen, en kunnen kritische momenten in de watergift worden gesignaleerd. Het sensornetwerk heeft daarbij een centrale rol in het project, en maakt dat de teler beter inzicht heeft in het verloop van het watergehalte in de pot. Dit kan helpen bij het inzicht krijgen in de waterbehoefte van zijn gewas.

In grote lijnen kunnen we zeggen dat we de volgende stappen moeten zetten om dit te realiseren:

- Meten: wat en hoe meten?
- Interpreteren: wat betekenen de gegevens
- Adviseren: kunnen we de gegevens zo interpreteren dat er adviezen kunnen worden gegeven.

Dit project richt zich op het meten en interpreteren van de gegevens. De sensor is daarbij geen factor maar er wordt gebruik gemaakt van de bestaande technieken. Uiteindelijk moet dit leiden tot een optimale watergift in de pot en perkplanten die is afgestemd op de behoefte van het gewas.

2.3. Onderzoeksvragen

- Kan een draadloos sensornetwerk bijdragen aan het verbeteren van de watergift in de teelt van pot en perkplanten?
- Wat zijn de voor en nadelen van het sturen van de watergift op basis van deze gegevens?
- Kan de sensor representatief meten binnen de pot?
- Hoe zit het met de variatie tussen de potten?
- Resulteert een watergift die wordt gestuurd op basis van het gemeten watergehalte in de pot tot een betere groei (meer vers, drooggewicht en kwaliteit) van het gewas?
- Kan de watergift gestuurd worden op basis van actuele waterhuishouding in de pot en de verwachte klimaatcondities?

3. Plan van aanpak

3.1. Proefopzet

De proef is uitgevoerd in afdeling 10.3 van Delphy Improvement Centre. Deze afdeling is voorzien van twee gelijke eb-vloed vloeren, waarvan de watergift apart kan worden gestuurd. Na het vollopen van de vloer blijft het water ± 25 minuten staan en loopt daarna weer leeg. De proef is uitgevoerd in één gewas: *Ficus Benjamina*. Gedurende de proef zijn twee watergift strategieën met elkaar vergeleken:

1. Referentie: de watergift wordt gestuurd op basis van het advies van de adviseur.
2. De watergift wordt gestuurd op basis van de waarden van de sensoren en de kritische ondergrenswaarden die zijn afgestemd in de begeleidingscommissie.

3.1.1. Inrichting afdeling

Locatie:	Delphy Improvement Centre, Bleiswijk	
Afdeling:	10.3	
Netto teeltopp:	115 m ²	
Watergift:	Eb-vloed systeem	
Gewas:	Ficus Benjamina	
Potmaat:	17 cm	
Pottype:	Teku MCL 17 terra cotta.	
Plantafstand	start week 15:	30 planten/m ²
	Week 20:	18 planten/m ²
	Week 25:	12 planten/m ²

3.1.2. Sensoren

Voor het meten van het vochtgehalte is een raamwerk van sensoren in de afdeling aangelegd. De sensoren zijn op 3 manieren in de potten gepositioneerd, om de variatie binnen de pot inzichtelijk te maken, en aan te tonen in hoeverre de positionering van de sensor van invloed is op de monitoring en sturing van de watergift. De sensoren zijn op de volgende wijze gepositioneerd:

1. Verticaal in de pot (Figuur 1A).
2. Horizontaal in het bovenste gedeelte van de pot (Figuur 1B).
3. Horizontaal in het onderste gedeelte van de pot (Figuur 1C).

3.1.3. Bepaling en verloop watergiftstrategie

De watergiftstrategie is bepaald in afstemming met de begeleidingscommissie. Na een aantal dagen bewust gewacht te hebben met watergeven konden de telers de droogte van de pot beoordelen. Het moment van watergeven is bepaald door de droogte van de pot te vergelijken met de gemiddelde watergehalte op dat moment. Het watergehalte van dat moment (BCO van 4-5-2017) lag op gemiddeld 30.7% en 31.8% voor de sensor-, en teeltchef-gestuurde vloer, respectievelijk. De telers waren het eens dat er 5% eerder water gegeven mocht worden waardoor we uitkwamen op een grenswaarde van 36% voor het geven van water op de sensor-gestuurde vloer. E-mail alerts waren ingesteld per individuele sensor. Wanneer 3 van de 6 sensoren een alert gaven werd er na het controleren van de watergehalten in het systeem besloten om de vloer vol te laten lopen met water. Bij elke BCO werd er aan de hand van de gewasstand besproken of de watergiftstrategie op dat moment nog optimaal was. Optimaal betekende in dit geval voor de sensor-gestuurde vloer dat er bij een lagere grenswaarde water gegeven moest worden om verschil te houden met het moment van water geven gebruikt door de teelt-chef. Dit was bewust besloten om de grens op te zoeken voor het moment van water geven. Door het gebruik van sensoren zou dit namelijk mogelijk zijn omdat de watergehalten in de pot nauwkeurig bijgehouden worden.

Tot 24 mei liet de projectleider, die de email alerts ontving, aan de teelt-chef weten wanneer de sensor-gestuurde vloer water moest krijgen. Dit zou de teelt-chef bewust of onbewust kunnen beïnvloeden in zijn moment van water geven. Nadien is besproken om de projectleider in staat te stellen om water te kunnen geven zonder interventie van de teelt-chef (BCO 24-5-2017). Daarnaast is afgesproken dat de projectleider na 15.00 uur in de middag moet wachten met water geven tot de volgende ochtend. Dit met de gedachte dat een teler na werktijd ook geen water meer zou geven aan zijn planten. Dit werd in een later gehouden bijeenkomst opgerekt naar 17.00 uur omdat het vaak voorkwam dat het watergehalte over de grenswaarde ging.

Op 10 juni heeft de teelt-chef in overeenstemming met de adviseur besloten om eerder water te gaan geven. Dit was gedaan omdat het gewas en de grond het toe lieten om vaker water te geven. Door de aanpassing in watergiftstrategie van de teelt-chef werd er verschil gemaakt in moment en hoe vaak er water werd gegeven. De telers begonnen verschillen op te merken in hoe de planten er visueel uitzagen. De wortels van de planten op de sensor-gestuurde vloer leken meer haarwortels te maken dan de planten op de teelt-chef-gestuurde vloer. De planten op de teelt-chef gestuurde vloer werden voller in blad beoordeeld dan de planten op de sensor-gestuurde vloer. Op basis van deze visuele beoordelingen werd er besloten om de grenswaarde in watergehalte waarop de planten water moeten krijgen te verhogen met 5% naar 41% (BCO 12-7-2017).

3.1.4. Waarnemingen

Bij aanvang van de teelt

- Bij aanvang van de teelt was het uitgangsmateriaal gelijk.
- De planten waren geselecteerd op lengte en aantal scheuten.
- Bij aanvang zijn er van 20 potten per vloer het gewicht bepaald
- Van 2 x 10 planten is bij aanvang van de teelt het vers – en drooggewicht bepaald.
- Oppotreferentie (oppotvastheid), uitgevoerd door RHP.
- Fysische eigenschappen van de opgepotte situatie, uitgevoerd door RHP.
- WOK-analyse (wateropname karakteristiek), uitgevoerd door RHP.

Gedurende de proef

- Gedurende de teelt zijn er de volgende waarnemingen uitgevoerd:
- De klimaat en meteogegevens zijn gemonitord door middel van een iSii klimaatcomputer op basis van 5 minuten data.
- De ontwikkeling van het gewas was beoordeeld door het meten van de plantlengte, het bladoppervlak, het vers gewicht en het drooggewicht van 10 planten per vloer.
 - Plantlengte is de lengte vanaf de rand van de pot tot aan het hoogste groeipunt.
 - Bladoppervlak per plant is bepaald met behulp van een LI-3100 area meter (Li-cor Inc.).
 - Drooggewicht is bepaald door de verse monsters voor 3 dagen in de oven te drogen bij 80 °C.
- Visuele beoordeling van de wortels.
- Continue monitoring van het watergehalte in de pot op basis van uur data met behulp van SDI-12 modules en EC-5 modules met daaraan sensoren van Decagon.
- Gewichtsmetingen voor validatie van de sturing op de sensoren. Potten met een sensor zijn gewogen vóór en na het watergeven. De VWC-waarde (Volume Water Content) dat op het moment van wegen werd gemeten is gebruikt om met de gewichtsmetingen te vergelijken.

4. Resultaten

4.1. Fysisch bodemonderzoek

De fysische potgrond analyse is aan het begin van de proef uitgevoerd om inzicht te krijgen in de watercapaciteit, wateropname en de beschikbaarheid van water voor de plant (appendix I – Fysische bodemanalyse). Aan de volume fractie aan poriën van 95% is te zien dat de grond luchtig is. Dat is gunstig bij het watergeven omdat bij het geven van veel water er nog genoeg zuurstof in de grond blijft voor de wortels. Uit de WOK-analyse blijkt dat na 22 minuten de potgrond zich voor 50% heeft volgezogen met water.

4.2. Validatie watergehalte m.b.v. gewichtsmeting

Het valideren van het watergehalte is gedaan door de gewichtsmeting voor en na een waterbeurt te vergelijken met wat de sensor in VWC (%) meet (Tabel 1). De validatie laat zien dat sensormodule 11 per procent 7,4 gram water meet en sensormodule 14 meet 18,3 gram water per procent. Het lijkt er op dat niet elke sensor evenveel grammen water meet per gemeten VWC percentage. Dat zou betekenen dat een toename in VWC gemeten voor elke sensor anders kan zijn. Dit zien we niet terug in de dagelijkse individuele metingen van de sensoren.

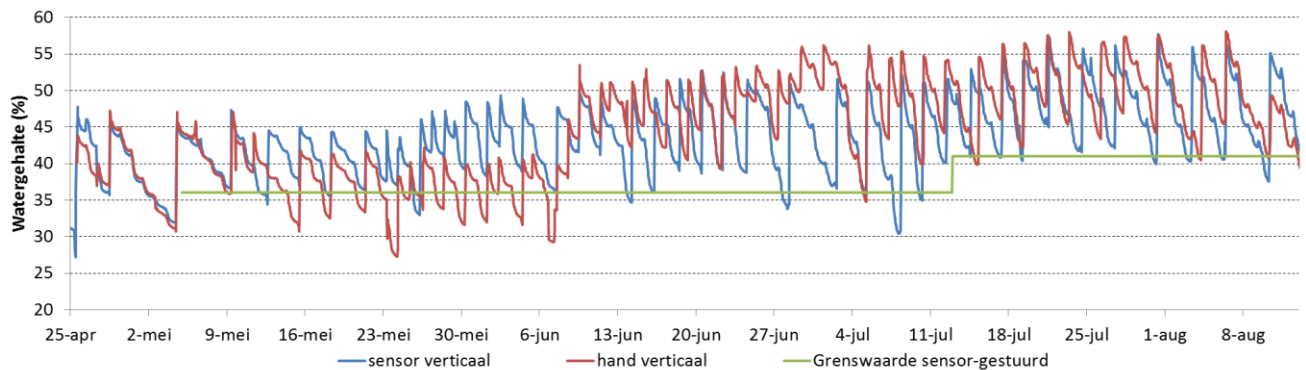
Tabel 1. Validatie van het VWC gemeten door de sensoren aan de hand van een gewichtsmeting. De eerste kolom geeft het module nummer van de sensor weer die gebruikt zijn om de toename in VWC (%) in een pot vóór en na een waterbeurt (4^e en 5^e kolom) te valideren met een gewichtsmeting (gram) van de pot inclusief plant voor en na een waterbeurt (2^e en 3^e kolom). De 5^e kolom geeft het aantal gram water dat in de pot gemeten word per procent VWC.

sensor	voor (gram)	na (gram)	voor (%)	na (%)	gram/%
11	826,4	1014,4	31,0	56,5	7,4
14	857,8	1072,3	39,3	51,1	18,3
18	773,8	987,2	38,3	52,1	15,5
21	878,8	1054,7	31,0	44,9	12,6

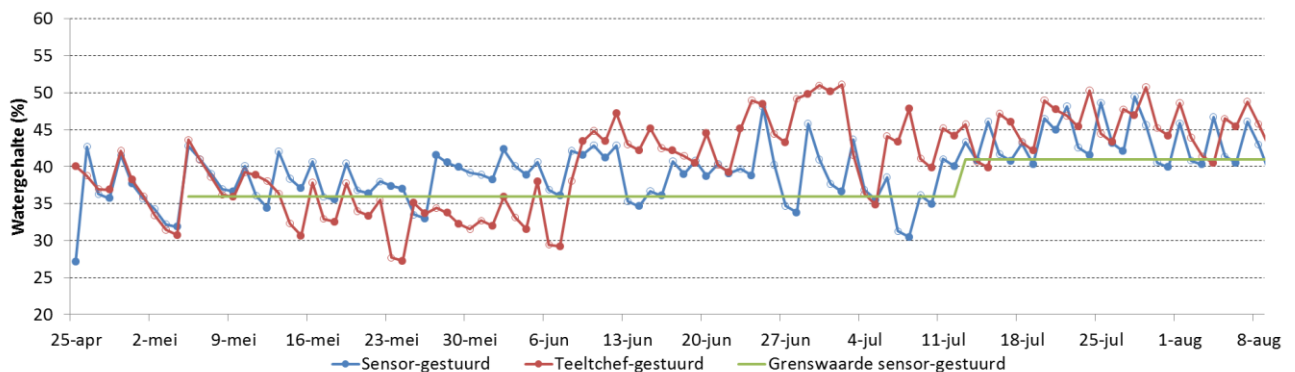
4.3. Verloop watergehalte gedurende de proef

Figuur 3 en Figuur 4 tonen het verloop van het watergehalte en het moment van watergeven van de twee behandelingen. Gedurende de hele proef zijn twee trendbreuken in de watergift strategie waarneembaar. De eerste is op 9 juni wanneer de teelt-chef besluit om vaker water te gaan geven. De tweede trendbreuk is op 12 juli wanneer de grenswaarde van watergift op de sensor-gestuurde vloer wordt verhoogd van 36% naar 41%. Vanaf start van de proef op 25 april t/m 5 mei zijn de planten op beide vloeren gelijk behandeld en hebben op hetzelfde moment water gekregen. Tussen 5 mei en 9 juni wordt er net zo vaak water gegeven op beide vloeren. De teelt-chef heeft 6 beurten meer gegeven tussen 9 juni en 12 juli dan de sensor-gestuurde vloer. Na de grenswaarde verhoging van het moment van water geven aan de sensor-gestuurde vloer op 12 juli, hebben

beide vloeren 11 waterbeurten gehad. In de periode waarin er een verschillend aantal beurten is gegeven, is het cumulatieve absolute waterverbruik in liters berekend op basis van het verschil in VWC-waardes na en voor een gietbeurt (Figuur 5).



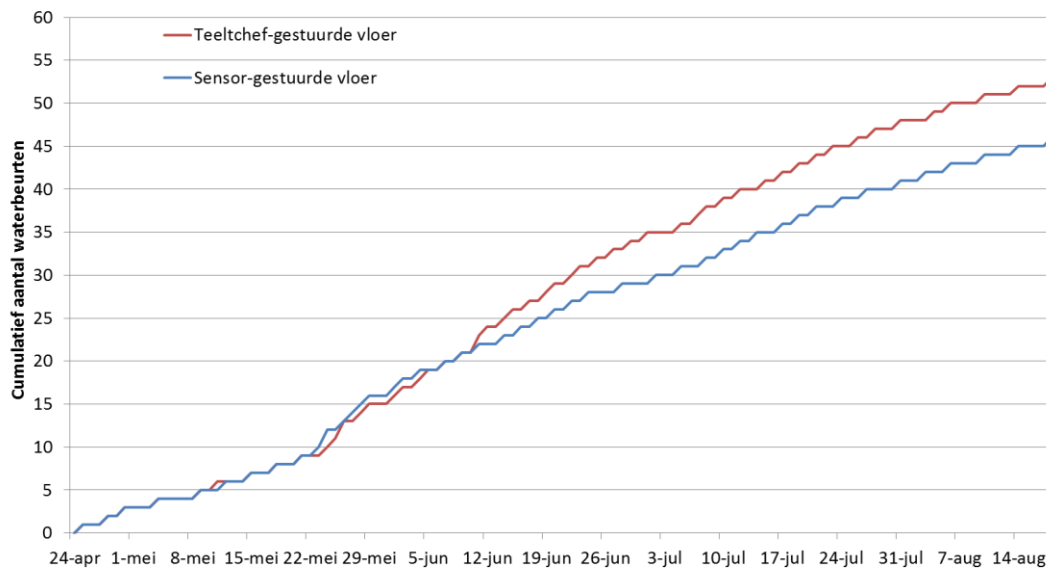
Figuur 3. Gemiddelde watergehalte (%) per uur van 6 verticaal ingestoken sensoren van de sensor-gestuurde vloer (blauwe lijn) en de teeltchef-gestuurde vloer (rode lijn). De proef is gestart op 25 april en geëindigd op 13 augustus 2017. De groene lijn geeft de grenswaarde weer voor het water geven op de sensor-gestuurde vloer, die is tussen 4 mei en 12 juli 36% en vanaf 12 juli 41%.



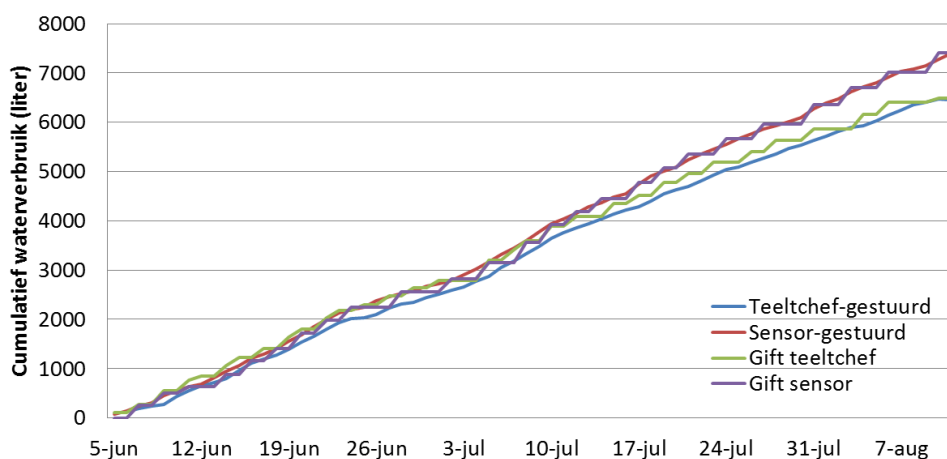
Figuur 4. Gemiddelde watergehalte (%) van 6 verticaal ingestoken sensoren van de sensor-gestuurde vloer (blauwe lijn) en de teeltchef-gestuurde vloer (rode lijn). Van de gemiddelde waardes is het minimum per dag gedurende de gehele proef weergegeven. De proef is gestart op 25 april en geëindigd op 13 augustus 2017. De groene lijn geeft de grenswaarde weer voor het water geven op de sensor-gestuurde vloer, die is tussen 4 mei en 12 juli 36% en vanaf 12 juli 41%. Het moment van water geven wordt aangeduid door middel van een gevulde cirkel op de lijn. Een lege cirkel duidt een dag aan waarin geen water is gegeven.

Tabel 2. Het aantal watergiftbeurten en het gemiddeld aantal dagen tussen een waterbeurt van beide vloeren voor de periode vóór en na de strategieverandering van de sensor-gestuurde vloer op 12 juli. De strategieverandering hield in dat de grenswaarde waarbij water gegeven moest worden verhoogd werd van 36% naar 41%.

	#Watergift			Dag/watergift	
	#Dagen	Teelt-chef	Sensor	Teelt-chef	Sensor
5 mei - 11 juli	67	36	29	1,9	2,3
12 juli - 13 aug	32	11	11	2,9	2,9



Figuur 5. Cumulatief aantal waterbeurten op de teeltchef-, en sensor-gestuurde vloeren gedurende de proef.

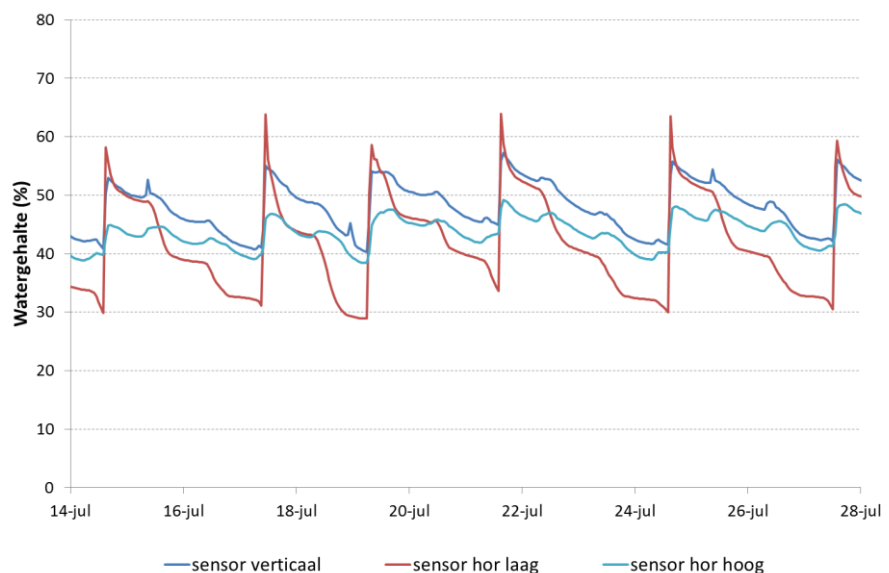


Figuur 6. Cumulatief waterverbruik in liters per vloer. Hier zit verdamping van de pot en verdamping van het gewas bij inbegrepen.

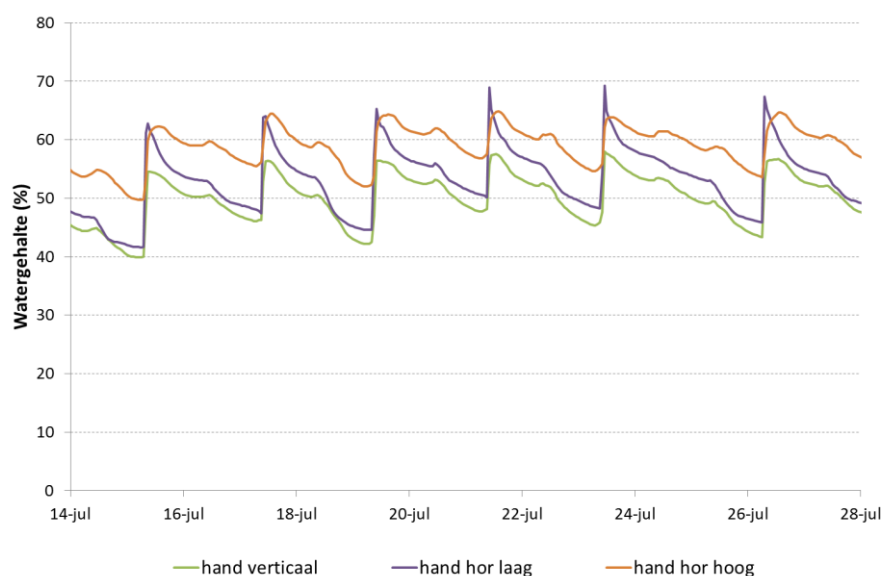
4.4. Effect positie van sensor op gemeten watergehaltenes

De teelt werd gestuurd op de verticaal ingestoken sensor, omdat dit het meest praktisch is met in de pot steken, en de aanname is dat dit ook in de praktijk zo gedaan zou worden. Om te controleren of dit het beste inzicht geeft in de waterhuishouding van de pot, is dit vergeleken met sensoren die horizontaal hoog en laag ingestoken waren.

De horizontaal laag ingestoken sensoren meten de grootste verschillen in VWC-waardes tussen het moment van water geven tot het volgende moment van water geven (figuur 7 en 8). De hoogste waarde van deze sensor wordt hier gemeten omdat de sensor is gepositioneerd daar waar het water de pot binnenkomt. De laagste waarde van deze sensor wordt gemeten omdat de meeste wortels van de plant onderin groeien en daar dus het meeste vocht opnemen. Dit gebeurt in het geval er gebruik wordt gemaakt van een eb-en-vloed vloer. Wanneer een andere methode wordt gebruikt om water te geven, zal dit anders zijn.



Figuur 7. Gemiddelde VWC waardes (%) per uur per type ingestoken sensor van de sensor-gestuurde vloer over een periode van 2 weken.

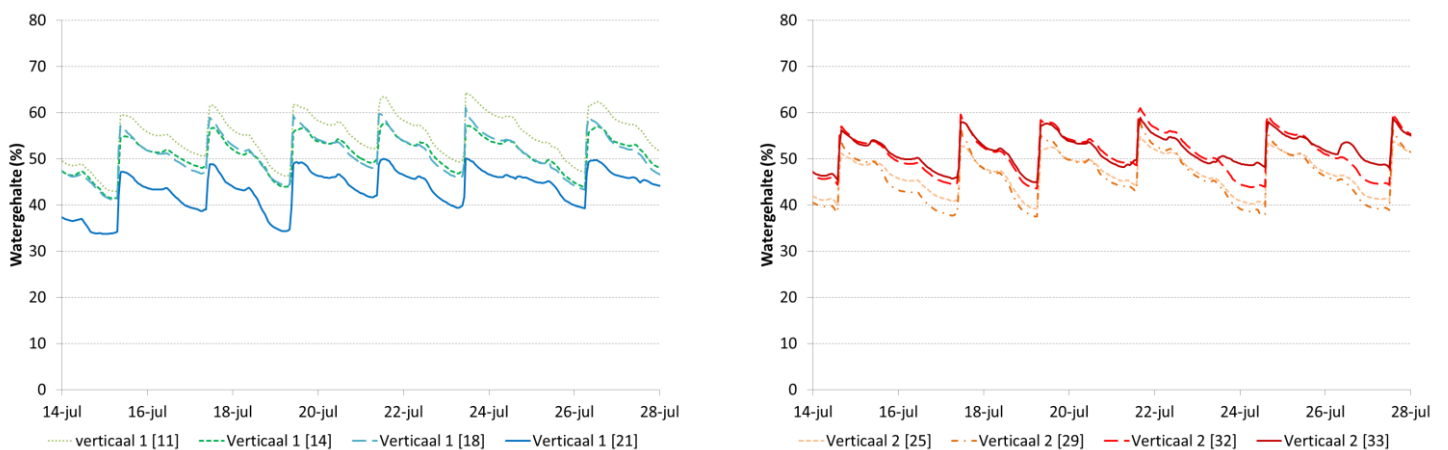


Figuur 8. Gemiddelde VWC waardes (%) per uur per type ingestoken sensor van de teeltchef-gestuurde vloer over een periode van 2 weken.

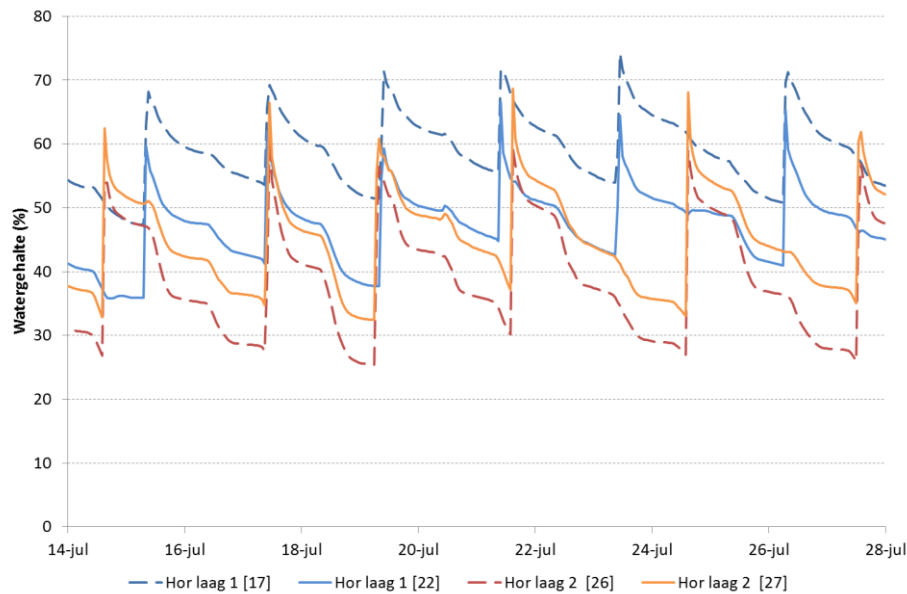
4.5. Variatie watergehalte tussen gelijk gepositioneerde sensoren

Op de sensor-gestuurde vloer waren 6 verticaal ingestoken sensoren geïnstalleerd, waarvan 4 sensoren zijn gebruikt om op te sturen. De andere 2 sensoren maten waardes die te veel verschilden van de andere 4 sensoren. Op de teeltchef-gestuurde vloer waren 5 sensoren verticaal ingestoken, waarvan 1 sensor afwijkende metingen gaf. Verder zijn er 3 sensoren laag en 3 hoog horizontaal in de pot gestoken op beide vloeren. Hiervan gaven 4 sensoren afwijkende metingen. De afwijkende sensoren zijn niet weergegeven in figuren 9A, 9B, 10 en 11.

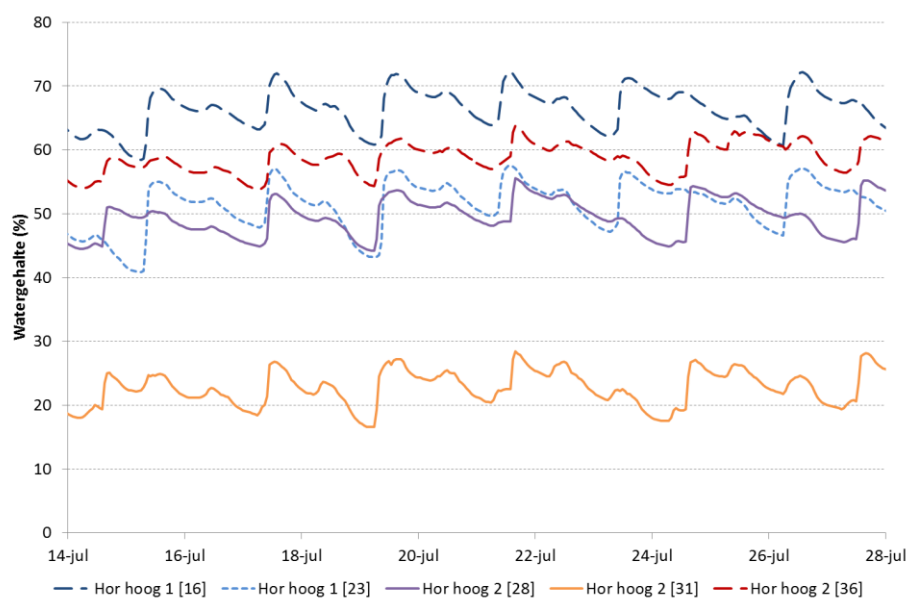
De verschillen in VWC waardes gemeten op hetzelfde moment tussen de sensoren zijn behoorlijk. Het verschil in VWC waardes tussen de verticaal ingestoken sensoren afgebeeld in figuur 9A en B ligt tussen de 5% en 10%. De metingen volgen over het algemeen dezelfde trend. Dat wil zeggen dat de gemeten waardes in dezelfde snelheid afnemen. Om een goed beeld te krijgen van wanneer de plant opnieuw een watergietbeurt nodig heeft, kan er beter gekeken worden naar de afnamesnelheid van de gemeten waardes in combinatie met de absolute VWC waardes.



Figuur 9A (links) & 9B (rechts). Gemiddelde VWC waardes (%) per uur per verticaal ingestoken sensor op vloer 1 (teeltchef-gestuurd) en op vloer 2 (sensor-gestuurd).



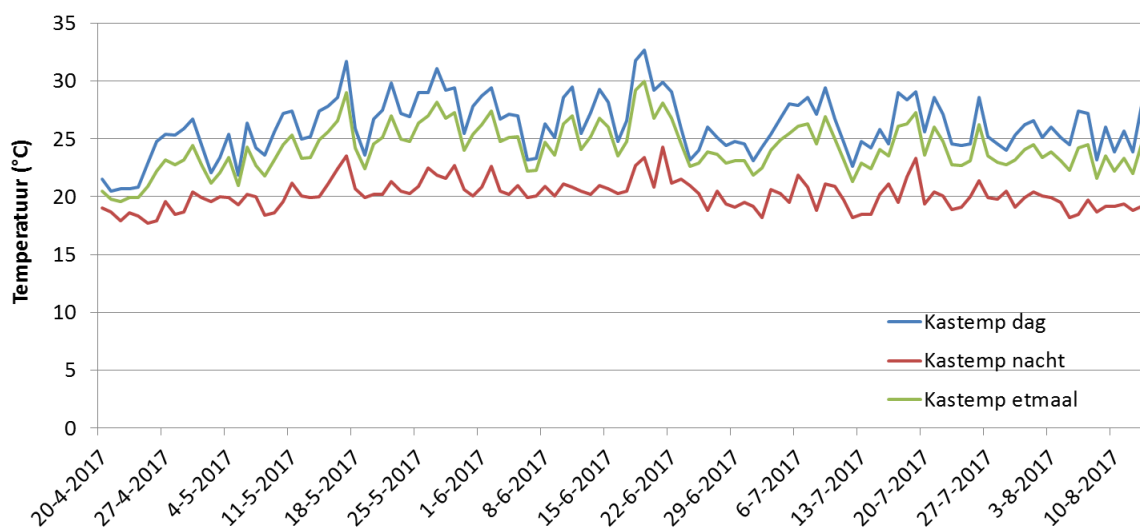
Figuur 10. Gemiddelde VWC waarden (%) per uur per horizontaal laag ingestoken sensor op vloer 1 (teeltchef-gestuurd) en op vloer 2 (sensor-gestuurd).



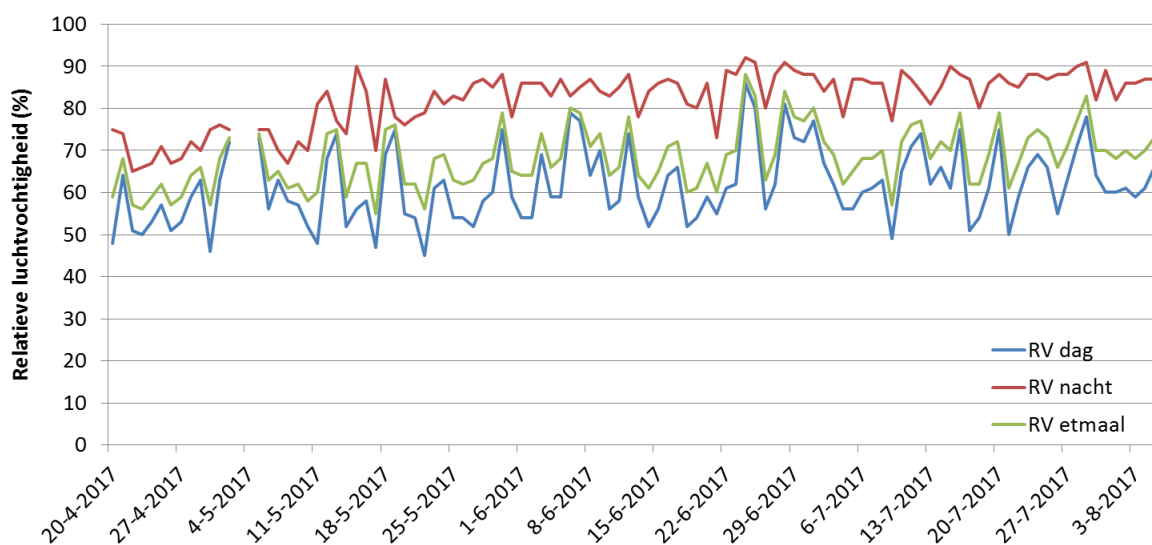
Figuur 11. Gemiddelde VWC waarden (%) per uur per horizontaal hoog ingestoken sensor op vloer 1 (teeltchef-gestuurd) en op vloer 2 (sensor-gestuurd).

4.6. Relatie klimaatcondities op waterbehoefte

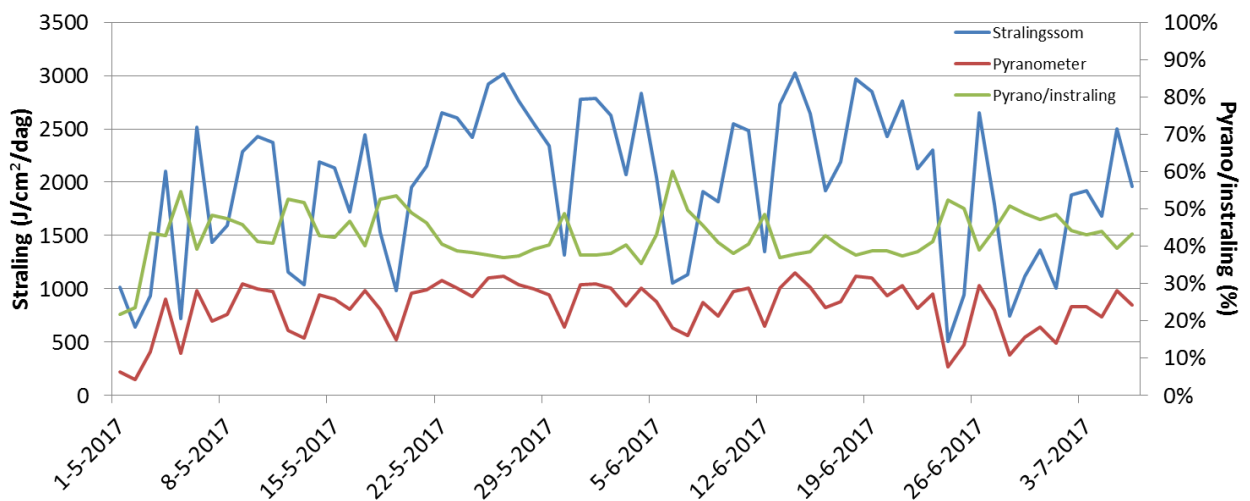
De dag periode wordt beschreven als de periode tussen zonsopgang en zonsondergang. Een etmaal wordt beschreven als de periode van zonsopgang tot de volgende zonsopgang. Direct na het oppotten was de instelling om 19 graden dag en nacht te stoken en te luchten bij 21 graden. De schermen werden gesloten vanaf een instraling van 400 tot 450 Watt/m². Vanaf 12 april is het klimaat ingesteld op tropisch telen. Dit houdt in dat er op 20 graden werd gestookt, dag en nacht, en dat er pas werd begonnen met luchten op 28 graden tot 32 graden. De richtlijn voor de etmaaltemperatuur was 23 graden, en hier werd de nachttemperatuur op aangepast. Schermen werden gesloten bij 600 Watt/m² instraling in het begin, en dit werd later verhoogd naar 700 en 800 Watt/m². In de figuren hieronder zijn de gerealiseerde temperaturen (Figuur 12), relatieve luchtvochtigheden (Figuur 13) en de instraling (Figuur 14) af te lezen.



Figuur 12. Gemiddelde dag, nacht en etmaal temperatuur (°C) per dag in de afdeling.

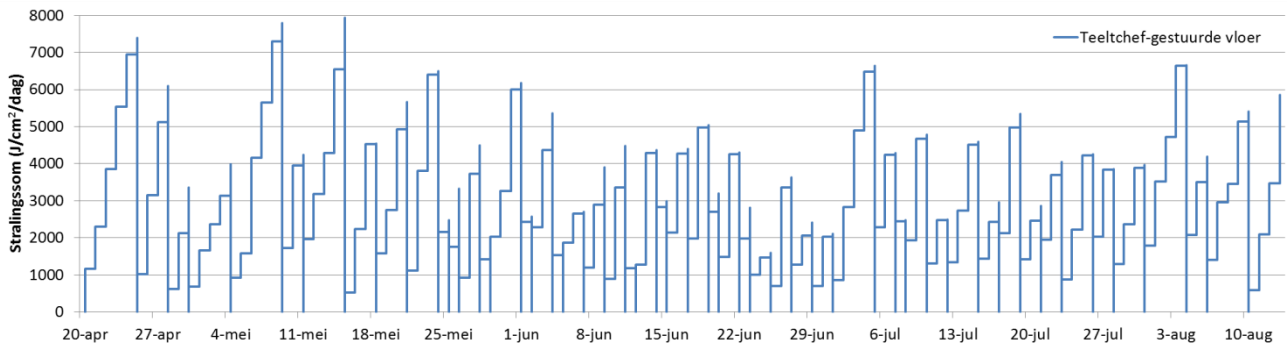


Figuur 13. Gemiddelde dag, nacht en etmaal relatieve luchtvochtigheid (%) per dag in de afdeling.

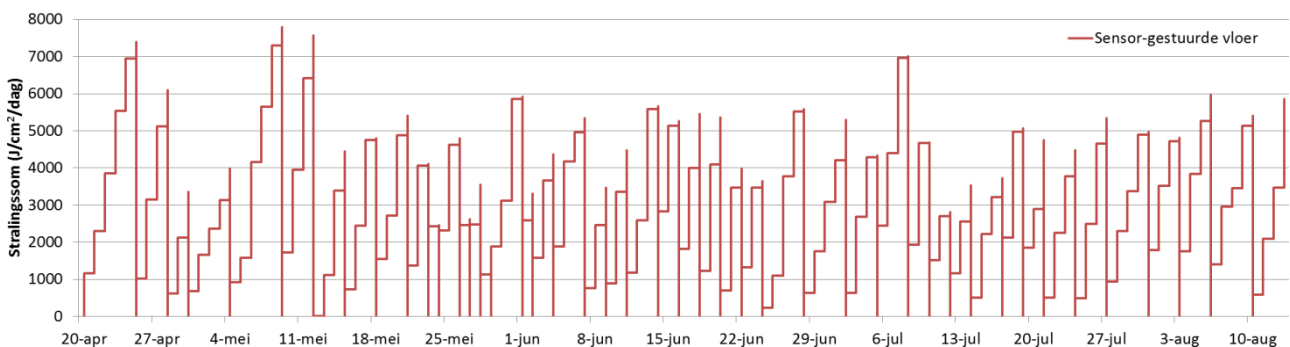


Figuur 14. Stralingsom binnen (J/cm²/dag) gemeten door een Pyranometer en gemeten stralingsom buiten (J/cm²/dag) op de linker as weergegeven, en de berekende percentage instraling in de afdeling is weergegeven op de rechter as.

De instraling is opgesomd per dag tot de eerstvolgende watergietbeurt, om te kunnen zien bij welke stralingsommen er gedurende de proef water is gegeven (Figuur 15 & Figuur 16). Dan is het met name interessant om te controleren of het moment van water geven op de sensor-gestuurde vloer ongeveer bereikt wordt bij stralingsommen tussen een bepaalde bandbreedte. Deze bandbreedte lijkt voor beide vloeren tussen de 2000 en 6000 J/cm²/dag te liggen, met op de teeltchef-gestuurde vloer iets meer uitzonderingen hierop dan op de sensor-gestuurde vloer. Op de sensor-gestuurde vloer is er gedurende de hele proef maar op 1 moment water gegeven bij een stralingsom lager dan 2000 J/cm²/dag, waar er bij de teeltchef-gestuurde vloer 3 momenten zijn geweest. Op de teeltchef-gestuurde vloer zijn er 8 momenten van watergeven geweest waarbij de stralingsom opliep tot boven de 6000 J/cm²/dag, waar dat bij de sensor-gestuurde vloer 5 keer is voor gekomen. In de periode tussen 15 mei en 7 juli is er op basis van de behaalde stralingsommen tot het moment van watergeven met meer regelmaat water gegeven op de sensor-gestuurde vloer dan op de teeltchef-gestuurde vloer. In de periode vanaf 7 juli is er op beide vloeren met regelmaat water gegeven o.b.v. de behaalde stralingsom tot het moment van watergeven. Deze bandbreedte zou verder geoptimaliseerd kunnen worden om aan de hand hiervan de watergiftstrategie uit te zetten. Met behulp van de verwachte stralingsom zou in de ochtend of de dag ervoor al bepaald kunnen worden wanneer de planten weer behoefte zullen hebben aan water zodat de plant nooit een tekort zal hebben.

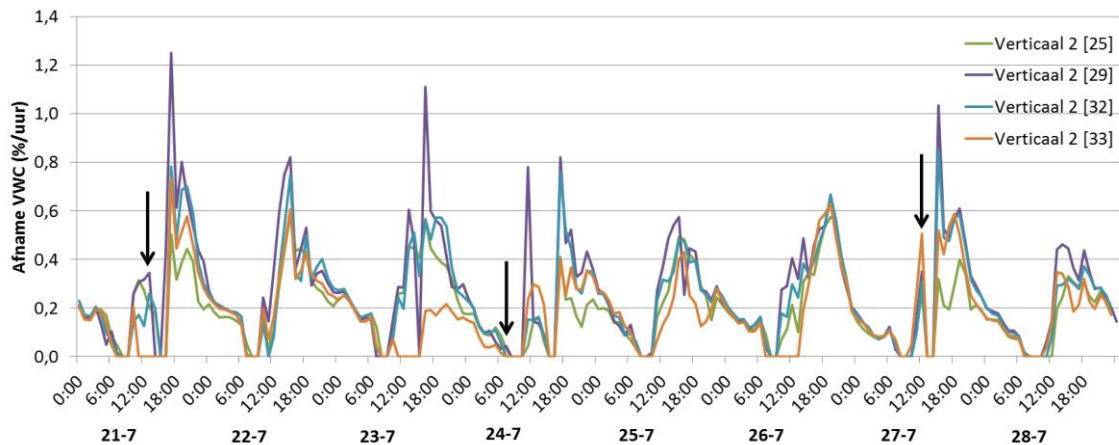


Figuur 15. Stralingsom ($J/cm^2/dag$) buiten gemeten op basis van uur data tot de eerstvolgende watergiftbeurt voor de teeltchef-gestuurde vloer. Wanneer de lijn weer bij 0 begint is er water gegeven.



Figuur 16. Stralingsom ($J/cm^2/dag$) buiten gemeten op basis van uur data tot de eerstvolgende watergiftbeurt voor de sensor-gestuurde vloer. Wanneer de lijn weer bij 0 begint is er water gegeven.

De snelheid in VWC afname in de pot neemt toe vanaf zonsopgang totdat de zon het sterkst schijnt op het midden van de dag, waarna de afnamesnelheid weer afneemt tot zonsopgang (Figuur 17). De snelheid in VWC afname in de pot neemt af wanneer er water wordt gegeven en de potgrond water kan opnemen. De afnamesnelheid van VWC kan op de dag afnemen en weer toenemen bij wisselende zon instraling. Vanaf zonsondergang tot zonsopgang neemt de afnamesnelheid even snel af voor de 4 weergegeven verticaal ingestoken sensoren. Overdag is de afname in snelheid per sensor en per moment anders. Dit kan te maken hebben met dat de lichtinstraling op elk moment en op elk gedeelte van de vloer anders kan zijn.



Figuur 17. De afname in VWC (%/uur) per verticaal ingestoken sensor op de sensor-gestuurde vloer in de week van 21-7-17 t/m 28-7-17. De afnames kleiner dan nul zijn eruit gefilterd. De pijlen geven aan wanneer er water is gegeven.

4.7. Effect watergift op wortelontwikkeling

Het effect van de watergift op de wortels is gedurende de proef visueel beoordeeld. Tijdens het bezoek van 12 juli werd er opgemerkt dat de planten op de sensor-gestuurde vloer meer haarwortels onderin de pot hebben dan de planten op de teeltchef-gestuurde vloer. Daarnaast werd er opgemerkt dat de grond onderin de pot van de planten op de sensor-gestuurde vloer droger waren dan de grond boven in de pot. De planten op de sensor-gestuurde vloer waren wat minder vol van blad op het moment van beoordelen. Op basis van deze gewasstand zijn de planten op de sensor-gestuurde vloer bij hogere VWC-waardes water gaan krijgen. Na twee weken werd het gewas op de sensor-gestuurde vloer weer als "vol" beoordeeld. Het vollere wortelgestel dat twee weken eerder als zodanig werd beoordeeld zou een oorzaak kunnen zijn van de inhaalslag in groei van de plant, na het omschakelen met water geven van een VWC-waarde van 36% naar 41%.



Figuur 18. De twee planten links en twee planten rechts komen respectievelijk van de sensor- en teeltchef-gestuurde vloer. Foto gemaakt op 28 juni 2017.



Figuur 19. De twee planten links en twee planten rechts komen respectievelijk van de sensor- en teeltchef-gestuurde vloer. Foto gemaakt op 1 augustus 2017.

4.8. Visuele beoordeling op gewasontwikkeling

Het volgende is een opsomming van de belangrijkste beoordelingen van de gewasstand geconstateerd gedurende de BCO's.

Opmerkingen kas en gewasstand (24 mei week 21 2017):

- Planten staan er mooi bij. De ficus is mooi van opbouw en kleur. Internodiale lengte van 3,5 cm is keurig en conform praktijk. Complimenten naar de telers bij Delphy.

Watergift (12 juli week 28 2017):

- Watergiftstrategie van de sensor-gestuurde vloer wordt aangepast. Er zal water gegeven worden bij een gemiddelde vochtgehalte van 41%. Dit is 5% hoger dan hiervoor.
- De strategie wordt aangepast met als doel om de planten een inhaalslag te laten maken.

Opmerkingen kas en gewasstand (12 juli week 28 2017):

- Planten op sensor-gestuurde vloer hebben meer haarwortels onderin de pot dan de planten op de teeltchef-gestuurde vloer. Grond onderin de pot van de planten op de sensor-gestuurde vloer is droger dan de grond boven in de pot.
- Het blad van de planten op de sensor-gestuurde vloer hangt wat meer dan het blad aan de teeltchef-gestuurde vloer.
- De planten op de teeltchef-gestuurde vloer staan voller dan de planten op de sensor-gestuurde vloer.
- De planten op de teeltchef-gestuurde vloer zitten dicht in de buurt van hoe een perfecte plant eruit zou moeten zien. Complimenten naar de teeltchef. De planten op de sensor-gestuurde vloer zijn van iets mindere maar toch acceptabele kwaliteit.
- Internodia lengte van de planten aan de:
 - teeltchef-gestuurde vloer: 3 – 3.5 cm
 - Sensor-gestuurde vloer: 2 – 2.5 cm

Opmerkingen kas en gewasstand (24 juli week 30 2017):

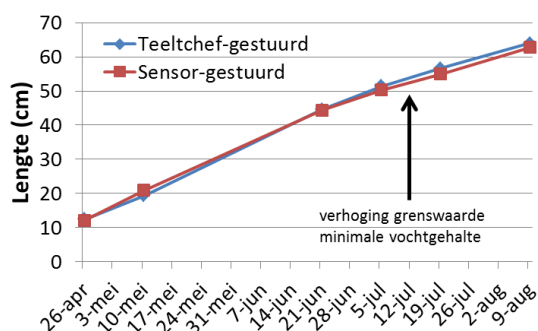
- Planten op de teeltchef-gestuurde vloer staan voller dan op de sensor-gestuurde vloer. Aan de onderkant en halverwege de lengte van de plant op de teeltchef-gestuurde vloer zit meer blad en zijn de zijtakken langer.
- Planten op de teeltchef-gestuurde vloer hebben langere internodia.
- Lengte van de planten op beide vloeren is op het oog gelijk.
- Bladsplitsing op de sensor-gestuurde vloer is weer opgang gekomen.
- Planten op de sensor-gestuurde vloer hebben de ruimte tussen de planten weer opgevuld, en staan er weer wat mooier bij dan 2 weken geleden.
- Het vollere wortelgestel van de planten op de sensor-gestuurde vloer kan de oorzaak zijn van de inhaalslag in groei van de plant na het overschakelen naar vaker watergeven.

Opmerkingen kas en gewasstand (9 augustus week 32 2017):

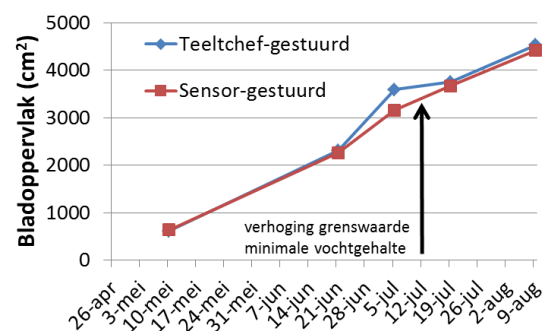
- De planten in beide vloeren groeien wortels onder de pot en staan redelijk vast in het zeil.
- Verschil tussen de planten is goed zichtbaar wanneer planten uit beide vloeren worden gehaald en naast elkaar op het pad worden gelegd.
- Verschil in internodia lengte groei geconstateerd in week 25 op de sensor-gestuurde vloer is nog terug te vinden in het midden van de plant.

4.9. Metingen gewasontwikkeling

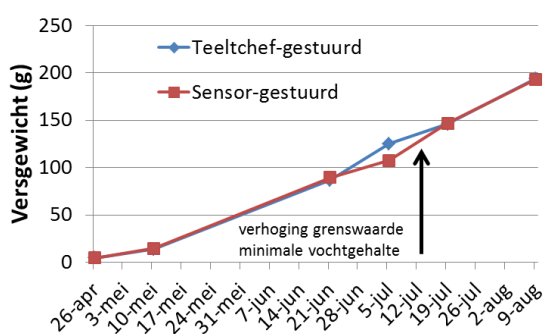
De lengtegroei (Figuur 20) en droge stof percentages (Figuur 23) van de planten is op beide vloeren hetzelfde verlopen. Voor het bladoppervlak (Figuur 21) en het vers gewicht (Figuur 22) geldt hetzelfde behalve op de meting van 5 juli. Op 5 juli is er een gemiddeld verschil van 431 cm² en 18 gram per plant tussen de vloeren gemeten, dit is respectievelijk een verschil van 12% en 14%. Het lijkt erop dat er daadwerkelijk een verschil is geweest in 'volheid' van het gewas. Dit wordt ondersteund door de visuele beoordelingen van de gewasstand die gedaan zijn rond de periode van de verandering in watergift strategie. Dat er geen verschil in lengte te zien is maar wel een verschil in bladoppervlak kan te maken hebben met dat de zijtakken van de planten op de teeltchef-gestuurde vloer langer waren, en meer blad had dan de planten op de sensor-gestuurde vloer. Dat de planten op de teeltchef-gestuurde vloer meer blad hadden dan de planten op de sensor-gestuurde vloer is ook terug te zien in het verschil in vers gewicht. Dit kan niet statistisch ondersteund worden doordat er maar 1 herhaling is gehanteerd in de proef.



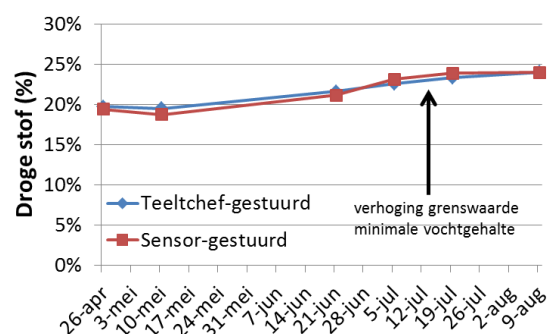
Figuur 20. Gemiddelde lengte (cm) van de bovengrondse plant van de teeltchef- en sensor-gestuurde vloer, gemeten vanaf de rand van de pot tot aan de groeipunt tussen 26 april en 9 augustus 2017.



Figuur 21. Gemiddeld bladoppervlak (cm²) per plant van de teeltchef- en sensor-gestuurde vloer, gemeten in de periode tussen 26 april en 9 augustus 2017.



Figuur 22. Gemiddelde vers gewicht (gram) gewogen van de bovengrondse delen per plant van de teeltchef- en sensor-gestuurde vloer tussen 26 april en 9 augustus 2017.



Figuur 23. Gemiddelde droge stof gehalte (%) per plant van de teeltchef- en sensor-gestuurde vloer, gemeten tussen 26 april en 9 augustus 2017.

Tabel 3. De gewasmetingen versgewicht (g), droge stof (%), bladoppervlak (cm²) en lengte (cm) per meetmoment onder elkaar weer gegeven.

Week	Datum	Versgewicht (g)		Droge stof		Bladoppervlak (cm ²)		Lengte (cm)	
		Teeltchef-gestuurd	Sensor-gestuurd	Teeltchef-gestuurd	Sensor-gestuurd	Teeltchef-gestuurd	Sensor-gestuurd	Teeltchef-gestuurd	Sensor-gestuurd
17	26-apr	4,7	4,6	19,7%	19,4%			12,4	12,1
19	10-mei	14,0	14,5	19,5%	18,7%	616	634	19,4	20,9
25	21-jun	86,8	89,7	21,6%	21,1%	2312	2265	44,6	44,4
27	5-jul	125,2	107,6	22,5%	23,1%	3591	3160	51,4	50,3
29	19-jul	146,1	146,5	23,3%	23,9%	3755	3668	56,6	55,0
32	9-aug	194,1	193,2	24,0%	23,9%	4526	4417	64,0	62,8

5. Discussie/conclusie

Een draadloos sensornetwerk kan bijdragen aan het verbeteren van de watergift in de teelt van de pot-, en perkplanten. De realisatie moet er zijn dat het sensornetwerk een hulpmiddel is voor de teeltchef om zijn strategie te verfijnen. Men kan de strategie perfectioneren door het menselijk inzicht te combineren met objectieve metingen van sensoren. De grenswaardes waarop de strategie is gebaseerd, moet eerst worden bepaald aan de hand van het soort gewas en potgrond. In deze proef is bijvoorbeeld de regel op de sensor-gestuurde vloer gehanteerd, dat er pas water gegeven mag worden wanneer de gemiddelde VWC-waardes onder de grenswaarde komt. In het ideale geval anticipeert het sensornetwerk hierop of ziet de teeltchef dit op voorhand zodat de plant nooit een tekort aan water heeft.

Het voordeel bij het gebruik maken van een sensornetwerk is dat je direct terug kan zien wat de toename van water is in de pot en hoe snel dit weer afneemt naarmate de tijd vordert. Een ander groot voordeel is dat bij een verandering van watergiftstrategie precies terug kan zien wat het voor effect heeft gehad op de waterhuishouding in de pot. Een nadeel is dat de apparatuur kan uitvallen of dat een sensor afwijkende waardes ten opzichte van andere sensoren meet. Daarnaast zijn er een aantal voorwaarden waaraan het sensornetwerk moet voldoen. Zo zal het netwerk altijd uit meerdere sensoren moeten bestaan om tot een betrouwbaar gemiddelde te komen waarop gestuurd kan worden. Men moet de sensoren ijken, wanneer deze worden gebruikt in een andere soort potgrond. Het integreren van het netwerk in de klimaatsturingsoftware van de kweker zal een logische volgende stap zijn om de gemeten VWC-waardes directer te kunnen gebruiken bij het opzetten van de strategie en het sturen van de watergift en te combineren met bijvoorbeeld de te verwachte lichtsommen.

De verticaal in de pot gestoken sensoren die gebruikt zijn om op te sturen meten representatieve waardes voor de gehele potgrond. Het gaat er hierbij om of er genoeg verschil gemeten wordt tussen vóór en na het watergeven. De verticaal ingestoken sensor is een gulden middenweg tussen het goed inzicht krijgen in wat de wortels ervaren en het praktisch gemak van het bovenin de pot kunnen steken. Het verschil in gemeten waardes van de horizontaal hoog ingestoken sensoren is te klein om goed de waterhuishouding te monitoren. De horizontaal laag ingestoken sensoren meten de grootste verschillen vóór en na het watergeven. Bij een volwassen plant die het meeste van zijn wortels onderin de pot heeft kun je dus aan de hand van de horizontaal laag ingestoken sensoren zien wat de wortels aan water ervaren. De verticaal ingestoken sensoren zouden iets verder de pot in kunnen worden gestoken om beter inzichtelijk te krijgen wat de wortels ervaren.

De gemeten variatie tussen de potten kan groot zijn. De factor die hierop van invloed kan zijn is de potgrond en hoe stevig deze is aangedrukt. Men kan rekening houden met de variatie door meer sensoren te gebruiken. Er zijn situaties te bedenken waarin je de variatie juist wilt meten. Bijvoorbeeld wanneer de vloer niet helemaal vlak is waardoor er plekken ontstaan waar potten droger staan. Dit wilt een kweker dan in beeld brengen met een sensor op de droge plek zodat er op die vloer eerder water kan worden gegeven.

De watergift gestuurd op basis van het gemeten verbruik resulteert niet perse in betere groei van het gewas. Dit hangt namelijk af van de te nemen strategie van de kweker. In het geval van deze proef heeft de watergiftstrategie met een grenswaarde van 36% geleid tot een achterstand in volheid van de plant waar die niet meer helemaal overheen is gekomen nadat de strategie was

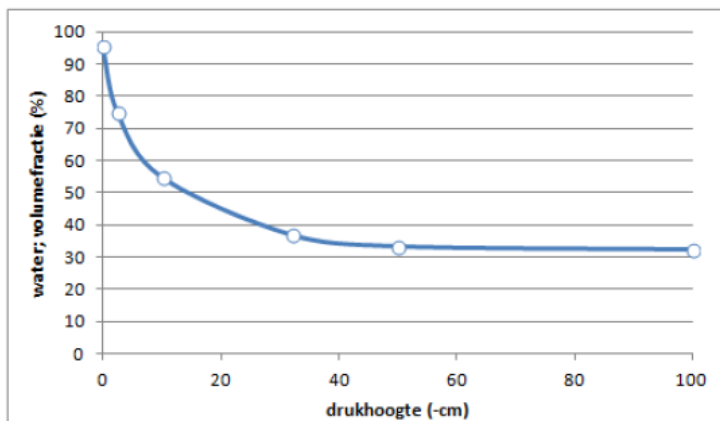
aangepast naar watergeven bij een grenswaarde van 41%. In deze proef was er bewust voor gekozen om een verschil in grenswaarde aan te houden tussen de vloeren om te zien of dit een effect zou hebben op het gewas. De kracht van het gebruik van een sensornetwerk zit juist in het feit dat je bewust kan sturen op bepaalde grenswaarden en de ervaring die wordt opgedaan bij het zien van de effecten op de gewasontwikkeling.

Appendix 1 – Fysische bodemanalyse

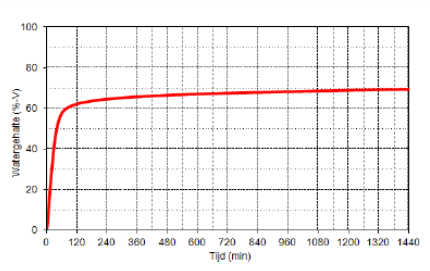
Uitgevoerd door Hans Verhagen (RHP)

Uitgebreid fysische analyse

vochtgehalte; gewichtsfractione	59 %		
organisch stofgehalte; gewichtsfractione van de droge stof	72 %		
bulkdictheid; als droog materiaal	79 g/l		
poriën; volumefractione	95 %		
		watergehalte; volumefractione (%)	luchtgehalte; volumefractione (%)
Bij drukhoogte			
-2,5 cm		75	21
-10 cm		55	41
-32 cm		37	59
-50 cm		33	62
-100 cm		32	63



WOK analyse

Resultaten	P343 - Proef Delphy - HV
wateropname (%) ¹⁾ na aantal minuten start - 1 15 - 24 30 - 43 60 - 58 90 - 61 120 - 62 240 - 64 360 - 66 1440 - 69	
¹⁾ volumefractie	50% punt opname : 22 minuten

Appendix 2 – Gift en bodemanalyses (Agro Control)

			mS/cm		mmol/l										µmol/l						
Datum	Monster	Omschrijving	EC	pH	NH ₄ ⁺	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Si	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	Fe	Mn	Zn	B	Cu	Mo
01-08-2017	ESK170801654	kokos/veen/perliet vloer 1	2.5	4.3	< 0.1	5.6	0.4	6.4	2.1	< 0.1	18.1	0.3	1.7	< 0.1	1.3	28.2	13.4	5.4	19	1.5	< 0.1
			mS/cm		mmol/l										µmol/l						
Datum	Monster	Omschrijving	EC	pH	NH ₄ ⁺	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Si	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	Fe	Mn	Zn	B	Cu	Mo
01-08-2017	ESK170801655	kokos/veen/perliet vloer 2	1.6	4.3	< 0.1	4.3	0.2	3.8	1.0	< 0.1	11.1	0.2	1.0	< 0.1	0.83	22.2	9.2	3.6	10	1.7	< 0.1
			mS/cm		mmol/l										µmol/l						
Datum	Monster	Omschrijving	EC	pH	NH ₄ ⁺	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Si	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	Fe	Mn	Zn	B	Cu	Mo
01-08-2017	EDS170801550	Watergift	2.8	4.7	0.80	6.7	0.2	7.9	1.9	< 0.1	21.4	0.2	1.8	< 0.1	1.4	35.3	6.1	3.6	18	2.9	1.1
Historisch overzicht			mS/cm		mmol/l										µmol/l						
Datum	Monster	Omschrijving	EC	pH	NH ₄ ⁺	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Si	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	Fe	Mn	Zn	B	Cu	Mo
20-07-2017	ESK170720873	Kokos/Veen Bodem 2	1.4	4.1	< 0.1	3.8	0.2	3.6	1.0	< 0.1	9.9	0.2	0.8	< 0.1	0.80	19.5	8.5	3.9	14	1.4	< 0.1
20-07-2017	ESK170720872	Kokos/Veen Bodem 1	1.8	4.0	< 0.1	4.8	0.2	4.6	1.2	< 0.1	13.0	0.2	1.1	< 0.1	0.95	25.9	11.3	5.4	18	1.5	< 0.1
Historisch overzicht			mS/cm		mmol/l										µmol/l						
Datum	Monster	Omschrijving	EC	pH	NH ₄ ⁺	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Si	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	Fe	Mn	Zn	B	Cu	Mo
20-07-2017	EDS170720829	Gift	2.7	4.6	1.6	6.5	0.2	7.1	1.8	< 0.1	20.0	0.2	1.8	< 0.1	1.6	38.1	8.6	3.4	23	2.7	1.4
			mS/cm		mmol/l										µmol/l						
Datum	Monster	Omschrijving	EC	pH	NH ₄ ⁺	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Si	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	Fe	Mn	Zn	B	Cu	Mo
06-07-2017	ESK170706876	Kokos/Veen Perliet Vloer 1 afd 10.3	3.0	4.6	< 0.1	6.8	0.8	7.7	4.0	< 0.1	23.4	0.5	2.2	< 0.1	1.9	16.7	10.2	6.6	44	1.4	< 0.1
			mS/cm		mmol/l										µmol/l						
Datum	Monster	Omschrijving	EC	pH	NH ₄ ⁺	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Si	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	Fe	Mn	Zn	B	Cu	Mo
06-07-2017	ESK170706877	Kokos/Veen Perliet Vloer 2 afd 10.3	2.6	4.6	< 0.1	5.8	0.6	6.7	3.0	< 0.1	18.9	0.4	2.1	< 0.1	1.6	16.3	8.1	5.7	39	1.4	< 0.1
			mS/cm		mmol/l										µmol/l						
Datum	Monster	Omschrijving	EC	pH	NH ₄ ⁺	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Si	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	Fe	Mn	Zn	B	Cu	Mo
06-07-2017	EDS170706854	Gift vloer 1 afd 10.3	2.8	4.8	2.5	6.6	0.2	6.9	1.8	< 0.1	20.2	0.2	1.7	< 0.1	1.8	41.2	12.0	6.0	35	2.5	1.8
			mS/cm		mmol/l										µmol/l						
Datum	Monster	Omschrijving	EC	pH	NH ₄ ⁺	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Si	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	Fe	Mn	Zn	B	Cu	Mo
06-07-2017	EDS170706855	Gift Vloer 2 afd 10.3	2.8	4.8	2.6	7.1	0.3	7.2	2.0	< 0.1	20.4	0.1	1.7	< 0.1	1.9	43.4	12.5	4.8	35	2.6	2.0
Historisch overzicht			mS/cm		mmol/l										µmol/l						
Datum	Monster	Omschrijving	EC	pH	NH ₄ ⁺	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Si	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	Fe	Mn	Zn	B	Cu	Mo
27-06-2017	EDS170627384	Gift	2.5	6.0	3.1	6.2	0.2	6.1	2.1	< 0.1	17.6	0.2	1.9	0.3	2.4	59.9	22.7	2.5	28	2.6	2.4
09-06-2017	EDS170609943	Gift	2.6	6.1	2.5	6.3	0.3	6.0	1.7	< 0.1	17.9	0.2	1.8	0.3	1.6	24.1	6.7	32.0	64	3.2	2.1
			mS/cm		mmol/l										µmol/l						
Datum	Monster	Omschrijving	EC	pH	NH ₄ ⁺	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Si	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	Fe	Mn	Zn	B	Cu	Mo
09-06-2017	ESK170609971	Kokos/Veen	1.5	5.2	0.10	3.5	0.6	3.1	2.0	< 0.1	10.7	0.3	1.0	< 0.1	0.63	6.2	1.4	3.5	34	0.7	< 0.1

Appendix 3 – Persbericht Delphy (25-04-2017)

Op Delphy Improvement Centre start het onderzoek “Gecontroleerde watergift in potplanten: De sensor centraal”

Het moment en hoeveelheid watergift in potplanten is van essentieel belang voor het slagen van de teelt. Vaak wordt het moment van watergeven in grote mate bepaald door gevoel en ervaring.

Innovatieve technische mogelijkheden bieden de mogelijkheid om dit te optimaliseren. Dit kan worden bereikt door een inschatting van de waterbehoefte (verdamping) van het gewas op basis van de omgevingsfactoren en de ontwikkeling van het gewas, waarbij instraling de meest dominante factor is voor verdamping. Deze gegevens moeten gecombineerd worden met informatie over de daadwerkelijke vochthoudding van het substraat.

Binnen deze proef is een draadloos sensornetwerk aangelegd dat gericht is om op basis van objectieve waardes de watergift te kunnen sturen door o.a. het vochtgehalte in de pot te meten. De huidige ontwikkelingen op het gebied van sensoren en draadloze netwerken maken het mogelijk het vochtgehalte van het substraat continue te monitoren op verschillende posities in de kas. Dit sensornetwerk moet zorgen dat kritische condities met betrekking tot de beschikbaarheid van water worden voorkomen.

Dit project heeft als doel om watergift in potplanten te optimaliseren, waarbij draadloze sensoren in de teelt van pot en perkplanten gebruikt worden om dit te demonstreren en te optimaliseren.

Dit project wordt uitgevoerd op het Delphy Improvement Centre in samenwerking met de partners:

- Horticoop
- Wireless value
- Kwekerij Esperit (Jan van Geest)
- Kwekerij Loek Jansen
- Glastuinbouw Waterproof
- RHP
- Delphy Team Potplanten
- Kwekerij Fikona
- Kwekerij Zwethlande

Appendix 4 – Artikel in Onder Glas (20-09-2017)

Tekst en beeld: Pieter van Velden

ONDERZOEK POTPLANTEN

Onderzoek naar gecontroleerde watergift met sensoren bij potplanten **Nieuwe kennis verzamelen over exacte watergift potplanten**

De watergift aansturen met sensoren is de toekomst. Daarom is een eerste begin gemaakt met onderzoek bij potplanten op een eb-vloed systeem. Eerst moet duidelijk worden wat precies de juiste watergift is en of deze past bij het potgrondmengsel. Sensoren leveren gegevens op die telers aan het denken zetten.

Potplantentelers hebben ieder hun eigen manier van watergeven. Die is vooral gebaseerd op jarenlange ervaring en kan dus per kwekerij heel verschillend zijn. Zij werken doorgaans wel met een paar sensoren die een indicatie geven van het vochtgehalte in de pot, maar gebruiken die vooral om hun eigen strategie te ondersteunen. Vaak gieten zij 's ochtends, om zodoende ook een goede RV op te bouwen. Het aantal keren watergeven varieert per teler en per seizoen, van één keer tot twee keer per dag.

Dit jaar is in een afdeling van het Delphy Improvement Centre onderzoek gedaan naar gecontroleerde watergift in potplanten. Daarbij zijn twee behandelingen uitgevoerd, namelijk handmatig watergeven en sturen van de watergift op basis van sensoren. Onderzoeker Tristan Marcal Balk, Hans Verhagen van RHP, het kenniscentrum voor substraten, en Freek Jansen van kwekerij Loek Jansen, gespecialiseerd in de teelt van ficus, perk- en kuipplanten, doen verslag.

Gedrag vastleggen

Gekozen is voor Ficus benjamina 'Danielle', omdat dit gewas een duidelijke respons geeft op watergeven, af te lezen aan de lengte van de internodiën en bladafsplitsing. In de proef is één potgrondmengsel opgenomen. Dit mengsel had een luchtige structuur zodat er geen problemen met zuurstofgebrek rond de wortels zouden ontstaan.

In de potten is een groot aantal sensoren aangebracht. Marcal Balk: "Een verticale sensor om het watergehalte te sturen en twee horizontale sensoren (onderin de pot en 2 cm onder de bovenrand) om het proces rond waterverdeling te volgen."

Vooraf werd samen met kwekers het watergehalte, waarbij water werd gegeven, op 36% gesteld. Dit op basis van de eerste teeltweken. Verhagen: "Dat is natuurlijk een aanname. In feite kennen we de optimale waardes nog niet. In deze proef leggen we wel een bepaald gedrag vast. Je kunt planten op vele manieren telen en ieder potgrondmengsel heeft eigen karakteristieken. Maar we moesten natuurlijk ergens beginnen."

Aanpassingen

Vervolgens kreeg de teeltman van de afdeling als opdracht om zijn deel van de proef op basis van kwekerservaring water te geven. Het andere deel van de proef is aangestuurd met de sensoren. Al snel volgden er twee aanpassingen van de strategie. De teeltman, die niet op de hoogte was van

de watergiften in het deel met sensoren, ging natter telen. De grenswaarde in het deel met sensoren werd bijgesteld van 36% naar 41%. Dit alles gebeurde op basis van waarnemingen en discussie met de begeleidingscommissie.

Jansen vond het interessant wat er gebeurde, want de proef gaf echte verschillen te zien. "Het vastleggen van watergeefgedrag via de sensoren geeft ondersteuning bij onze beslissingen. Aan de ene kant geeft het meer grip op de teelt. Aan de andere kant ontstaan er meer uitdagingen."

Verzamelen data

En dat is precies wat er gebeurde. Het onderzoek vraagt als het ware om vervolgstappen. Hoe werkt dit systeem bijvoorbeeld in gewassen die erg droogtestress gevoelig zijn, zoals cycloam of potchrysanthe? En valt op deze manier ook meer te zeggen over een juiste match tussen potgrondmengsel en teelt? Vooralsnog denken de proefnemers dat sensoren het watergeven nog niet over zullen nemen van de teler, maar de verzamelde data levert al veel informatie op. Wellicht is er in de toekomst ook een koppeling te maken tussen klimaat en watergift.

Jansen: "Misschien levert deze ontwikkeling op dat we straks minder water kunnen gebruiken en niet doelloos water rond pompen. Dat geeft zeker een besparing op meststoffen en de hoeveelheid water die gerecirculeerd en ontsmet moet worden."

Over een vervolg op deze eerste aanzet denkt de BCO nog na. Partners in dit project zijn Horticoop, Wireless Value, RHP, Delphy team Potplanten, Glastuinbouw Waterproof en de kwekerijen Esperit Plants, Fikona, Loek Jansen en Zwethlande.

[Bijschriften]

[Foto 1]De twee behandelingen bestonden uit handmatig watergeven en sturen op sensoren.

[Foto 2]V.l.n.r. Freek Jansen, Hans Verhagen en Tristan Marcal Balk: "Misschien levert deze ontwikkeling op dat we straks betere kwaliteit kunnen telen met minder verbruik van water en meststoffen."

Appendix 5 – Artikel voor Glastuinbouw Waterproof (26-09-2017)

Gecontroleerde watergift in potplanten: de sensor centraal

Watergift bij potplanten vindt vaak plaats op basis van jarenlange ervaring van de teler en is hierdoor per kwekerij erg verschillend. Het gebruik van sensoren in de kas biedt de mogelijkheid tot optimalisatie en gerichte sturing van de plantengroei. De huidige ontwikkelingen op het gebied van sensoren en draadloze netwerken maakt het eenvoudiger om waar dan ook in te kas te meten. Maar voordat telers met sensoren in hun teelt aan de slag kunnen, moet er eerst kennis ontwikkeld worden over hoe te meten en de gegevens te interpreteren, voordat uiteindelijk gestuurd kan worden op basis van objectieve data. Bij Delphy Improvement Centre in Bleiswijk is een proef uitgevoerd om meer inzicht te krijgen in de functie van de sensoren en hoe de teler dit op termijn zou kunnen toepassen in zijn teelt om de watergift verder te optimaliseren.

In deze proef zijn watergehaltesensoren uitgezet in potten met *Ficus benjamina* op twee eb-en-vloedvloeren. De verticaal ingestoken sensoren werden gebruikt om de watergift te sturen en de horizontaal ingestoken sensoren (onderin en bovenin) om in de pot de waterverdeling te volgen. Eén vloer werd aangestuurd door de teeltmanager, en de andere vloer op basis van de sensoren. Deze sensoren verstuurde een melding zodra het watergehalte daalde tot onder de ingestelde waarde, die vooraf was bepaald door gemeten watergehaltes te vergelijken met de waterhuishouding van de pot. Wanneer het watergehalte op de sensor-gestuurde vloer onder de grenswaarde kwam, werd er water gegeven door de beheerder van de sensoren. De Teeltmanager gaf water op basis van ervaring waarbij zijn strategie met de sensoren in kaart werd gebracht.

Uit deze proef blijkt dat er gericht water gegeven kan worden op basis van sensormetingen in vergelijking met ervaring van de teeltmanager. Het gericht water geven aan planten met behulp van dit systeem kan ervoor zorgen dat enerzijds droogtestress of anderzijds overmatig watergeven voorkomen kan worden. Hierdoor kunnen watergehaltesensoren uiteindelijk bijdragen aan verbeterde waterhuishouding van de plant, die resulteert in een optimale groei, een besparing op meststoffen en de hoeveelheid water die gerecirculeerd en ontsmet moet worden.

Uit analyses komt naar voren dat de waterbehoefte van de plant correleert met de hoeveelheid zoninstraling. Om te voorspellen wanneer de plant weer behoefte heeft aan water kan de koppeling gemaakt worden tussen de watergehaltemetingen en klimaatgegevens. In een vervolgonderzoek kan dit systeem getest worden in combinatie met een eb-en-vloed vloer. De andere uitdaging is het testen van het systeem in potplanten die gevoeliger zijn voor variërende watergehaltes zoals cycloam en potchrysanthe.

De partners binnen dit project zijn Horticoop, Wireless Value, RHP, Delphy team Potplanten, Glastuinbouw Waterproof, en de kwekerijen Esperit Plants, Fikona, Loek Jansen en Zwethlande.

Appendix 6 – Artikel in Bloemisterij (20-10-2017)

Tekst: Peter van Leth

Beeld: Delphy Improvement Centre

Prima hulpmiddel bij watergift potplanten Sensor niet minder dan ervaring

Met sensoren is veel consequenter water te geven in potplanten dan op basis van ervaringen van de ondernemer of teeltspecialist. Deze enigszins te verwachten uitkomst blijkt uit een demonstratieproef bij Delphy Improvement Center. Het helpt bij het scheppen van vertrouwen in sensoren, benadrukken de teeltadviseurs.

Uit deze proef blijkt dat er gericht water is te geven op basis van sensormetingen dan op ervaring van de teeltmanager. Dit kan ervoor zorgen dat enerzijds droogtestress of anderzijds overmatig watergeven is te voorkomen. Watergehaltesensoren kunnen uiteindelijk bijdragen aan verbeterde waterhuishouding van de plant, die resulteert in een optimale groei, een besparing op meststoffen en de hoeveelheid te recirculeren en ontsmetten water.

Tevens blijkt dat de waterbehoefte van de plant correleert met de hoeveelheid zoninstraling. Om te voorspellen wanneer de plant weer behoefte heeft aan water is de koppeling te maken tussen de watergehaltemetingen en klimaatgegevens. Wellicht zeer praktisch via een watergeefmodel per app.

Vertrouwen vergroten

In de glasgroenteteelt is watergeven gebaseerd op sensoren al jarenlang gemeengoed. Maar potplanten worden niet geteeld op steenwol, maar op diverse soorten substraten met hun verschillende dichtheden en reacties op watergiften. Dus zijn potplantentelers huiverig om op data van sensoren af te gaan, veronderstelt onderzoeker Tristan Marcal Balk: „Met de proef wordt hopelijk het vertrouwen vergroot.”

Toch is de behoefte groot onder zeker de moderne potplantentelers om de watergift meer te automatiseren, aldus teeltspecialist Martijn Gevers. „Bijna alles is geautomatiseerd op een potplantenbedrijf behalve watergift. Telers willen af van het handmatig aflopen van alle teeltafels handmatig om te kijken hoe het is gesteld met de vochttoestand. Bovendien verschijnen er steeds minder groene vingers op de bedrijven.”

Betere sensoren

Gevers benadrukt tevens dat sensoren beter zijn geworden: preciezer door een groter droogtebereik en minder beïnvloedbaar door temperaturen en zoutgehalten. Collega Taeke Dijkstra beaamt dit, maar interessanter vindt de teeltspecialist dat sensoren betaalbaarder zijn geworden. De sensoren horizontaal onderin de pot plaatsen geeft de betrouwbaarste meetresultaten. Verticaal bovenin wijkt daar niet al te veel van af. Gelukkig maar, op boren van gaten onderin de pot zitten telers immers niet te wachten.

Kwekers enthousiast

Bij de proef waren de kwekerijen Esperit Plants, Fikona, Loek Jansen en Zwethlande betrokken. Zij reageerden enthousiast. „Om een keer te zien dat de teeltchef de ene keer bij een vochtgehalte van 25% water gaf en de andere keer bij 35 tot 40%“, vertelt Marcal Balk.

De proef met sensoren is uitgevoerd in Ficus Benjamina. Interessanter is echter potplanten te testen die gevoeliger zijn voor variërende watergehalten, zoals cyclamen en kerstster. Of planten die droger zijn te kweken, zoals diverse perkplanten. Dit zijn uitdagingen voor eventueel vervolgonderzoek.