



# Energiebesparing door lokale verwarming

Test op teelttafels bij Elstgeest Potplanten

Marcel Raaphorst en Filip van Noort

Rapport GTB-1439

## **Referaat**

Op een potplantenkwekerij zijn drie teelttafels voorzien van matverwarming en een tafel met buisverwarming. Bij deze vier tafels is het effect gemeten op de kasluchttemperatuur onder de tafel, de potttemperatuur, het energiegebruik en de gewasgroei van *Dieffenbachia*.

Geconcludeerd is, dat met matverwarming een lagere luchttemperatuur onder de teelttafel kan worden aangehouden om een bepaalde potttemperatuur te bereiken. Geschat wordt dat met deze lagere luchttemperatuur 10-30% aan warmte wordt bespaard omdat minder warmte naar de bodem verdwijnt.

Bij *Dieffenbachia* is de kasluchttemperatuur boven de pot meer bepalend voor de gewasontwikkeling dan de potttemperatuur. Verwacht wordt, dat het energiebesparende effect van matverwarming groter is bij planten met een laag groeipunt, waarbij de potttemperatuur meer effect heeft op de groei.

## **Abstract**

On a pot plant nursery three cultivation tables are heated directly with mat heating and one cultivation table is heated indirectly with tube heating. At these four tables the effect is measured on the air temperature below the table, the pot temperature, the energy use and the crop growth of *Dieffenbachia*. The conclusion is, that with mat heating a lower air temperature can be held under cultivation table to achieve a certain pot temperature. It is estimated that with this lower air temperature 10-30% of heat is saved because less heat disappears to the soil.

For *Dieffenbachia*, the greenhouse air temperature above the pot is more determining for crop development than the pot temperature is. It is expected, that the energy-saving effect of mat heating is larger for plants with a low growth point, for which the pot temperature has more effect on growth.

## **Rapportgegevens**

Rapport GTB-1439

Projectnummer: 3742231700

DOI nummer: 10.18174/415513

Stichting Wageningen Research aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

## **Disclaimer**

© 2017 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](mailto:glastuinbouw@wur.nl), [www.wur.nl/plant-research](http://www.wur.nl/plant-research). Wageningen Plant Research.

Wageningen UR 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

	<b>Samenvatting</b>	<b>5</b>
<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>7</b>
	1.1 Materialen	7
	1.2 Methode	7
	1.3 Resultaten	8
	1.3.1 Temperatuur en energiegebruik	8
	1.3.2 Gewasontwikkeling	10
	1.3.3 Vergelijking temperatuur en gewasontwikkeling	10
<b>2</b>	<b>Discussie, conclusies en aanbevelingen</b>	<b>13</b>
	2.1 Discussie	13
	2.2 Conclusies	14
	2.3 Aanbevelingen	14
	<b>Bijlage 1 Commentaar van de teler</b>	<b>15</b>



# Samenvatting

Elektrische matverwarming op teelttafels brengt warmte dichter bij de plant dan buisverwarming. Daarom zou hiermee energie kunnen worden bespaard. In een door Kas als Energiebron gefinancierd onderzoek bij Elstgeest potplanten, heeft Wageningen UR het effect van matverwarming op het kasklimaat en de gewasgroei gemeten. Op vier tafels, waarvan een tafel met buisverwarming en drie tafels met maximaal 7 W/m<sup>2</sup> matverwarming is het energiegebruik, de potttemperatuur, de luchttemperatuur onder de tafel gemeten. Aan het einde van de teelt van 30 september tot 5 december zijn plantmetingen uitgevoerd.

Hieruit is gebleken dat bij de tafels met matverwarming 87% minder warmte is ingezet. Omdat de tafels niet in gescheiden compartimenten hebben gestaan, is de lucht rondom de tafels met matverwarming opgewarmd door de lucht boven de omliggende tafels met buisverwarming. Daarom kan alleen worden geconcludeerd dat met matverwarming een lagere luchttemperatuur onder de teelttafel kan worden aangehouden om een bepaalde potttemperatuur te bereiken. Geschat wordt dat met deze lagere luchttemperatuur 10-30% aan warmte wordt bespaard op de onderverwarming omdat minder warmte naar de kasbodem verdwijnt. Hierbij dient te worden aangetekend dat het direct omzetten van hoogwaardige elektriciteit in laagwaardige warmte een inefficiënte wijze van warmteproductie is.

Bij Dieffenbachia is de kasluchttemperatuur boven de pot meer bepalend voor de gewasontwikkeling dan de potttemperatuur. Verwacht wordt, dat het energiebesparende effect van matverwarming groter is bij planten met een laag groeipunt, waarbij de potttemperatuur meer effect heeft op de groei.



# 1 Inleiding

Door op potplantenbedrijven de bodem te verwarmen in plaats van de kaslucht, kan energie worden bespaard. Met het verwarmen van de bodem hoeft de kaslucht immers minder warm te worden zodat er minder verliezen via het kasdek plaatsvinden. Door de bodem pleksgewijs te verwarmen kan voor verschillende partijen een verschillende temperatuur aan te houden. Hierdoor kan nog meer worden bespaard op warmte, omdat de temperatuur niet meer hoeft te worden opgehoogd voor de meest warmteminnende partij.

Elstgeest potplanten heeft Wageningen UR in het najaar van 2016 laten onderzoeken of het elektrisch verwarmen van de teelttafels potentie heeft om energie te besparen en wat de invloed is op de groei van het gewas. Dit onderzoek is gefinancierd door het programma Kas als Energiebron.

## 1.1 Materialen

De elektrische verwarming (<http://www.ahtinternationalgroup.com/products/>) bestaat uit strips die in matten zijn verwerkt en die 10 W/m<sup>2</sup> aan elektriciteit gebruiken. De strips bevatten een zeer dunne amorfe metaallegering, die een groot deel van de elektrische energie omzet in infrarode straling. Dit effect wordt echter tenietgedaan door de plastic beschermingscoating die infrarood absorbeert. Inclusief deze coating geven deze strips warmte af zoals andere (convectieve) warmtebronnen. Door ze in contact te brengen met de potten die er bovenop worden gezet, kan wel meer warmte via geleiding worden overgebracht. Voor het doel waarvoor we de matten inzetten van deze proef, namelijk het lokaal verwarmen van de pot in plaats van zijn omgeving, is geleiding ook effectiever dan straling. Een uitstralend lint straalt immers ook warmte naar de kasbodem en dat is niet efficiënt.

Doordat de strips een groot oppervlak hebben, kunnen ze met een lage temperatuur toe, waardoor plastic (bijvoorbeeld het antiworteldoek) niet gaat smelten. De matten bestrijken niet de gehele breedte van de tafel (zie Figuur 1), waardoor de warmte-afgifte in de kas niet hoger kan worden dan 7 W/m<sup>2</sup>.

## 1.2 Methode

In een afdeling van Elstgeest potplanten wordt op een teelttafel van 41 x 1,8 m zodanig ingericht dat deze op vier verschillende manieren wordt verwarmd.

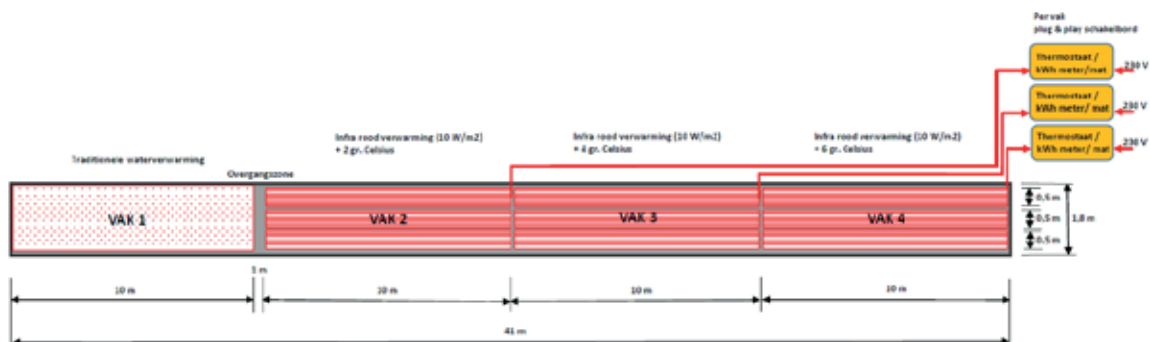
- Deel 1 wordt verwarmd met buisverwarming onder de tafel, zoals dat ook bij de andere teelttafels van de afdeling gebeurt.
- Deel 2 wordt verwarmd met elektrische matten, waarbij een gelijke potttemperatuur wordt nagestreefd als in Deel 1.
- Deel 3 wordt verwarmd met elektrische matten, waarbij een 1°C hogere potttemperatuur wordt nagestreefd dan in Deel 1.
- Deel 4 wordt verwarmd met elektrische matten, waarbij een 2°C hogere potttemperatuur wordt nagestreefd dan in Deel 1.

Gedurende een opkweekperiode met *Dieffenbachia* van bijna 10 weken worden bij alle tafeldelen de potttemperatuur en de temperatuur van de kaslucht onder de tafel gemeten. Verder wordt aan de hand van de buistemperatuur en de kastemperatuur hoeveel warmte door de buizen onder de tafel wordt afgegeven. Met behulp van pulsmeters en loggers zal de ingezette elektrische energie voor de verwarming worden vastgelegd. De gebruikte cultivars zijn *Dieffenbachia Camillia* en *Dieffenbachia Compacta*.



**Figuur 1** Tafel met matverwarming, met daaronder de schakelkast met pulsmeters en de datalogger.

Van de vier tafeldelen wordt aan het begin, midden einde van de opkweekperiode een steekproef genomen van 10 planten, waarvan de hoogte, aantal bladeren en vers- en drooggewicht wordt bepaald.



**Figuur 2** Schema van de proefopstelling.

## 1.3 Resultaten

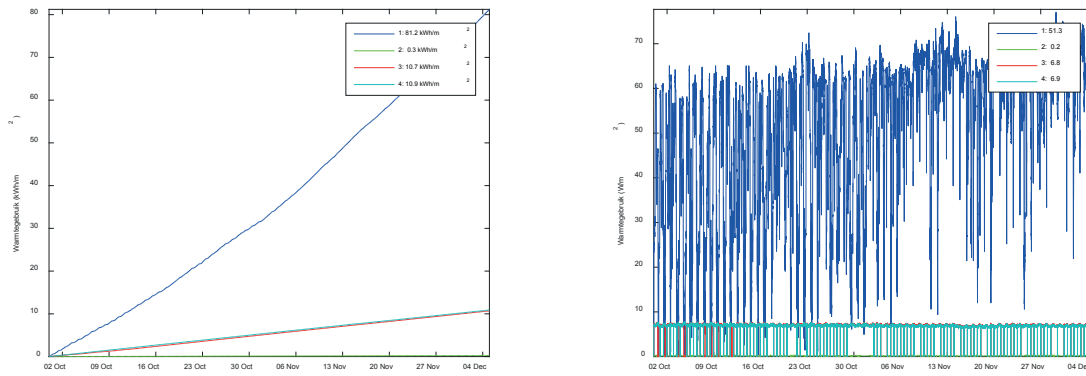
### 1.3.1 Temperatuur en energiegebruik

Bij tafeldeel 1, dat met de buizen wordt verwarmd, is verreweg het meeste warmte gebruikt (zie Figuur 3). Van 30 september tot 5 december (66 dagen) is hier 81 kWh/m<sup>2</sup>, ofwel ±9 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>. Dit hoge verbruik wordt grotendeels verklaard doordat de buizen zijn gebruikt om de WKK te kunnen afkoelen. Hierdoor is meer warmte ingezet dan noodzakelijk voor de teelt.

Bij tafeldeel 2 is geen elektrische warmte ingezet. In Figuur 3 is voor tafeldeel weliswaar nog gemiddeld 0,2 W/m<sup>2</sup> en cumulatief 0,3 kWh/m<sup>2</sup> weergegeven, maar dat komt omdat het elektriciteitsverbruik van de loggers bij deze tafel zijn opgenomen.

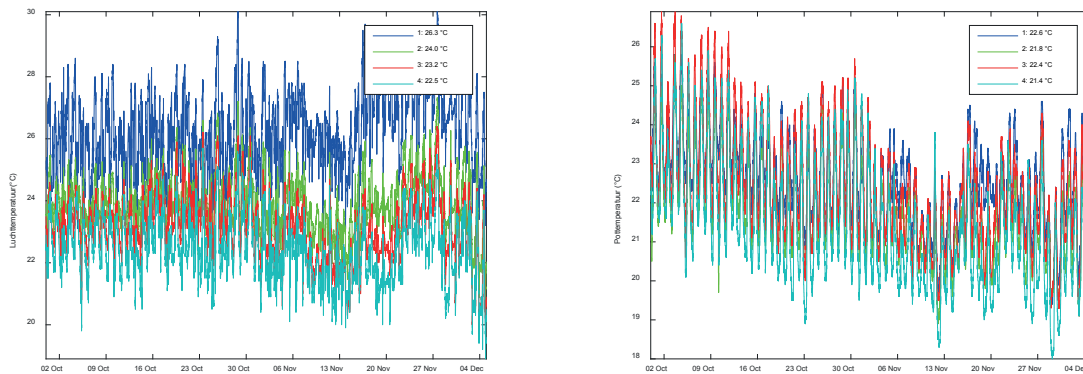
Het elektriciteitsverbruik bij tafeldelen 3 en 4 zijn vrijwel gelijk. Deze hebben vrijwel continu verwarmd.





**Figuur 3** Cumulatieve ( $kWh/m^2$ ; links) en gemiddelde ( $W/m^2$ ; rechts) bij de vier tafels.

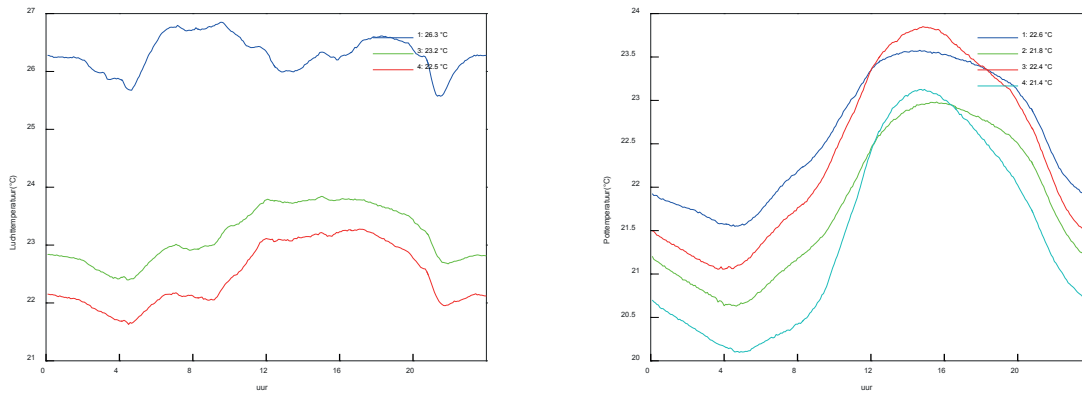
De luchttemperatuur onder tafeldeel 1 is 2-4°C hoger dan onder de andere tafeldelen. Ondanks de gelijke elektrische warmte-inzet bij tafeldelen 3 en 4, blijkt de luchttemperatuur onder tafel 4 0,7°C lager te liggen. Dit is door de teler verklaard door structurele koude vanaf het betonpad.



**Figuur 4** Verloop van de luchttemperatuur onder de tafel (links) en de pottemperatuur (rechts) bij de vier tafels.

Als naar het cyclische etmaalgemiddelde van de pottemperatuur wordt gekeken (Figuur 5 rechts), blijkt dat bij tafel 3 en 4 een groter verschil is tussen dag en nacht dan bij tafel 1 en 2. Dit komt doordat de buisverwarming overdag minder is gebruikt dan 's nachts, terwijl de elektrische verwarming bij tafel 3 en 4 vrijwel continu  $7 W/m^2$  heeft geleverd. 's Nachts worden tafel 2, 3 en 4 minder verwarmd dan tafel 1, maar overdag wordt dat tekort bij tafel 3 en 4 enigszins gecompenseerd.

Als, aangezien de temperatuur onder tafel 2 niet is gemeten, wordt verondersteld dat deze niet lager is dan onder tafel 3, dan volgt hieruit dat de matverwarming van  $7 W/m^2$  leidt tot  $\pm 1^\circ C$  hogere pottemperatuur.



**Figuur 5** Cyclische gemiddelden van de temperatuur onder de tafels van tafel 1, 3 en 4 en van de potttemperatuur op alle tafels.

### 1.3.2 Gewasontwikkeling

De invloed van de verschillende omstandigheden op de gewasgroei is weergegeven in Tabel 1. Hieruit blijkt dat behandeling 1 significant het hoogste heeft gescoord op de metingen Lengte, Versgewicht blad en Drooggewicht blad. De verschillen van de metingen Versgewicht wortel en Drooggewicht wortel waren niet significant.

Tabel 1

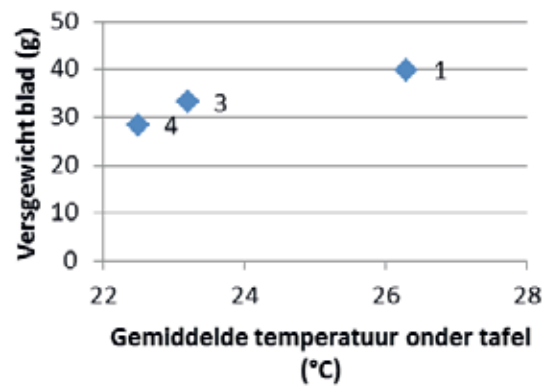
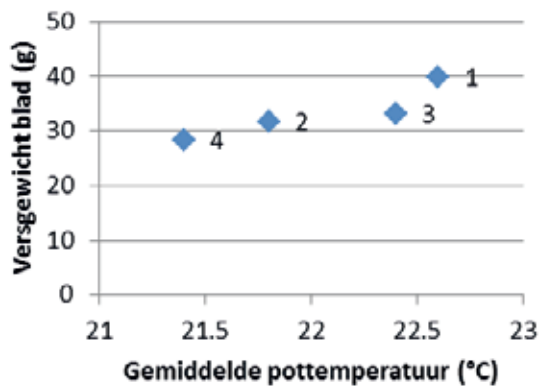
*Gemiddelde potttemperatuur en gewasmetingen van de vier behandelingen.*

Behandeling	Temp. pot (°C)	Lengte (cm)	Versgewicht Wortel (g)	Drooggewicht wortel (g)	Versgewicht blad (g)	Drooggewicht blad (g)
1	22.6	29.9 <sup>b</sup>	6.9	0.68	39.9 <sup>b</sup>	3.25 <sup>b</sup>
2	21.8	26.7 <sup>a</sup>	7.7	0.68	31.8 <sup>ab</sup>	2.92 <sup>ab</sup>
3	22.4	27.5 <sup>a</sup>	7.0	0.62	33.2 <sup>ab</sup>	2.76 <sup>a</sup>
4	21.4	26.8 <sup>a</sup>	6.6	0.58	28.4 <sup>a</sup>	2.45 <sup>a</sup>

### 1.3.3 Vergelijking temperatuur en gewasontwikkeling

Hoewel behandeling 3 gemiddeld nauwelijks een lagere potttemperatuur had dan behandeling 1, zijn de resultaten voor lengte, versgewicht blad en drooggewicht blad wel onderscheidend. Dit geeft aan dat de potttemperatuur niet de enige factor van belang is voor de groei van *Dieffenbachia*. Waarschijnlijk is de gewas temperatuur (en de kasluchttemperatuur boven de tafel) van groter belang. Dit kan verklaard worden doordat het groeipunt van *Dieffenbachia* zich boven de pot bevindt en niet in de pot, zoals bij verschillende andere potplanten.

De temperatuur boven de tafel is niet gemeten, maar gezien de lagere temperatuur onder de tafel 4 ten opzichte van die onder tafel 3, lijkt er ook boven de tafels een horizontale temperatuurverloop geweest te zijn. De luchttemperatuur rond de plant (boven de tafels) is niet gemeten, maar alleen de luchttemperatuur onder tafels 1, 3 en 4 (zie Figuur 6).



**Figuur 6** Vergewicht van het blad uitgezet tegen de gemiddelde pott temperatuur (links) en de gemiddelde temperatuur onder de tafel (rechts) van de vier behandelingen.



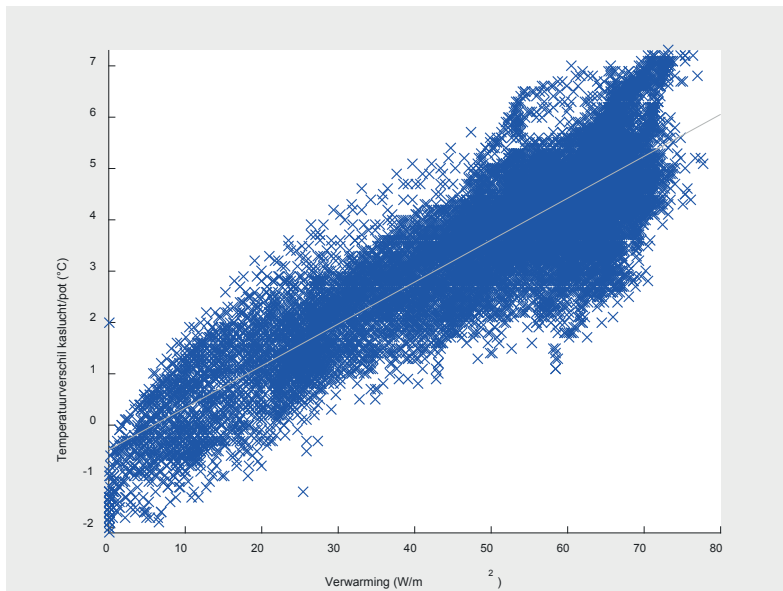
## 2 Discussie, conclusies en aanbevelingen

### 2.1 Discussie

Als alleen wordt gekeken naar het energiegebruik en de hoeveelheid versgewicht van tafel 1 en 3, kan men geneigd zijn om te concluderen dat lokale verwarming gedurende 10 weken het energiegebruik kan beperken met  $(81,2-10,7)/81,2= 87\%$ , terwijl de gewasgroei slechts  $(39,9-33,2)/39,9=17\%$  lager wordt. De werkelijkheid ligt echter genuanceerder. Zo is het merendeel van het energiegebruik bij tafel 1 ingezet om de WKK af te koelen, waardoor de warmte ook is ingezet op momenten dat deze niet nodig was en weer direct kon worden afgelucht. Bovendien is het aannemelijk dat de warme lucht onder tafel 1 ook de lucht onder en boven tafels 2-4 heeft opgewarmd. In een kas met alleen matverwarming zal de kaslucht waarschijnlijk veel kouder zijn.

Om een beter inzicht te krijgen in potentiële energiebesparing van matverwarming ten opzichte van buisverwarming wordt de warmteoverdracht van buisverwarming naar de pot bepaald. Uit Figuur 7 blijkt dat per  $12 \text{ W/m}^2$  warmteafgifte van de buizen, de luchttemperatuur onder de tafel gemiddeld  $1^\circ\text{C}$  boven de potttemperatuur uitkomt. Dit betekent dat als de potten met gemiddeld  $50 \text{ W/m}^2$  zijn verwarmd, hiervoor een  $\pm 4^\circ\text{C}$  hogere kasluchttemperatuur onder de tafels nodig is geweest. Zo kan er meer warmte stromen naar de kasbodem en naar de kaslucht boven de tafel. De warmtestroom naar de bodem is afhankelijk van de isolatiegraad van en de verdamping uit de bodem. De warmtestroom naar de kaslucht boven de tafel komt grotendeels weer ten goede van de gewastemperatuur.

Aangezien de gewasgroei meer lijkt te worden bepaald door de gewastemperatuur in plaats van de potttemperatuur (zie paragraaf 1.3.3) lijkt het erop dat de potentiële energiebesparing van de matverwarming veel minder groot is dan de hierboven gestelde 87%. De werkelijke energiebesparing van de lokale verwarming is niet gemeten, maar wordt geschat in een ordegrrootte van 10-30% te liggen, en dan met name vanwege een lager warmteverlies naar de bodem.



**Figuur 7** Verschil tussen potttemperatuur en kasluchttemperatuur van tafel 1, uitgezet tegen de warmteafgifte van de buizen.

Lokale matverwarming kan verder nog energie besparen doordat het per tafel apart kan worden ingezet. Hiermee kunnen verschillende partijen van een verschillende temperatuur worden voorzien. Met het geringe geïnstalleerde vermogen van  $7 \text{ W/m}^2$  kon de elektrische installatie de bestaande temperatuurverschillen in de kas echter niet volledig compenseren.

Het direct omzetten van elektriciteit in warmte is in principe niet efficiënt. Elektriciteit heeft immers meer toepassingsmogelijkheden dan laagwaardige warmte. Een warmtepomp bijvoorbeeld kan uit 1 kWh elektriciteit 3-6 kWh aan warmte produceren, terwijl bij elektrische matverwarming dan hooguit 1 kWh aan warmte vrijkomt. Toepassing van lokale elektrische verwarming kan daarom alleen interessant zijn als het verwarmen van specifieke gewasdelen productievoordelen oplevert.

## 2.2 Conclusies

- Van 30 september tot 5 december 66 dagen is voor de referentietafel (nr 1) 81 kWh/m<sup>2</sup>, ofwel  $\pm 9$  m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> aan warmte ingezet. Deze warmte is grotendeels ingezet om de WKK te kunnen koelen. Bij de proeftafels (2-4) was de warmte-inzet respectievelijk 0, 11 en 11 kWh/m<sup>2</sup>. Geschat wordt dat de potentiële energiebesparing ligt tussen 10 en 30%.
- Met een vermogen van 7 W/m<sup>2</sup> kan met matverwarming  $\pm 1^\circ\text{C}$  hogere potttemperatuur worden bereikt. Dit biedt mogelijkheden om per tafel op een stadiumafhankelijke potttemperatuur te sturen. De potttemperatuur heeft bij *Dieffenbachia* echter minder invloed op de gewasgroei dan de luchttemperatuur. Voor gewassen met een laag groeipunt kan matverwarming meer perspectief bieden dan bij *Dieffenbachia*.

## 2.3 Aanbevelingen

Op basis van de conclusies en aanvullend commentaar van de teler (zie Bijlage 1), kan pas worden bepaald of het investeren in matverwarming kan worden terugverdiend, als meer duidelijk is over de invloed van potttemperatuur en luchttemperatuur op de groei van wortels en gewas. Om die invloed te bepalen zijn meerdere proefvelden nodig, waarin met een grotere capaciteit aan matverwarming wordt gewerkt dan 7 W/m<sup>2</sup> en waarbij tussentijds (na 3 weken) de wortelgroei wordt gemeten.

# Bijlage 1    Commentaar van de teler

Bij *Dieffenbachia* spreek je van twee fases. De eerste fase van beworteling is de potttemperatuur essentieel voor een goede beworteling. De luchttemperatuur wil je dan juist niet te hoog of beter gezegd je wilt zo min mogelijk verdamping. Wij streven altijd in deze fase naar een potttemperatuur van minimaal 22,5 graden. Dit kun je een beetje uit Tabel 1 halen. Daar waar de potttemperatuur lager lag zie je wel een lager versgewicht van de wortel. Echter we hadden dit beter na 3 weken kunnen beoordelen. Einde van Fase 1 waren de verschillen waarschijnlijk groter geweest, want in het vervolg van de teelt worden de verschillen mogelijk genivelleerd. Waar die optimale temperatuur precies ligt voor beworteling weten we nog niet, met een conventioneel systeem is dat ook niet belangrijk. Je hebt zo'n grote na-ijlingswerking van betonvloeren dat de meeste kwekers aan de veilige kant gaan zitten. Hier wordt naar mijn verwachting dus structureel te veel energie gebruikt. Met een elektrisch systeem met voldoende capaciteit kun je veel preciezer sturen en dus meer richting het optimum en zo met minder energie af. Omdat het elektrisch vermogen niet toereikend was, is het systeem opgevoerd naar een hoger vermogen.

Bij de tweede fase (na beworteling) wil je optimale groei. Daar is de luchttemperatuur belangrijker. Echter er moet een balans blijven tussen ondergrondse en bovengrondse groei. De optimale luchttemperatuur voor een *Dieffenbachia* is rond de 24,5 / 25 graden, is gebleken uit onderzoek uit het verleden. Dit blijkt ook uit Figuur 6 rechts.

In het verleden hadden wij zoals velen in de jaren tachtig een kas met 1 buis 51 mm per 3,20 en veel betonverwarming gebouwd (1981). Echter na 1 winter is er een buis bijgelegd. De vloertemperatuur kan niet veel hoger dan de gewenste ruimtetemperatuur want anders stook je een *Dieffenbachia* van de wortel af. Het zijn niet hele sterke wortels en die kunnen temperaturen boven de  $\pm 28$  graden niet aan. Echter als je alleen van boven warmte geeft krijg je te veel strekking met name in de winter bij afnemend licht. Of je moet je kastemperatuur laten zakken maar dan kom je qua groeisnelheid en dus kostprijs technisch niet uit. In de wortelpunten worden oa. de hormonen gemaakt die de scheutgroei beïnvloeden dus deze wil je niet te beschadigen door te hoge temperaturen maar wel actief houden omdat hormoon voldoende te produceren dus niet te koude temperaturen. Je wilt namelijk voldoende scheuten op de plant hebben en zo min mogelijk remstoffen gebruiken. Dus in dat kader is optimale potttemperatuur essentieel en werkt een betonvloerverwarming met water niet. Mogelijk moeten we de potttemperatuur ook aan klimaat en verwachte instraling gaan koppelen. Nu werken we ook nog met vaste ingestelde potttemperaturen de gehele dag maar wellicht moeten die in bepaalde delen van de dag hoger of lager liggen om bepaalde processen te beïnvloeden.











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.wageningenur.nl/glastuinbouw](http://www.wageningenur.nl/glastuinbouw)

Glastuinbouw Rapport GTB-1439

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.