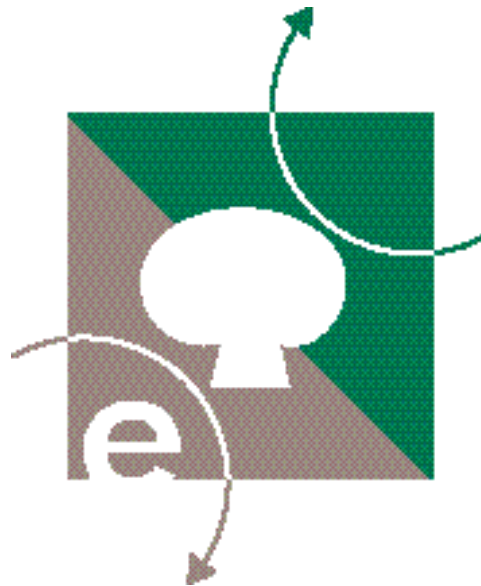




Heveco Studiegroep:

Toepassen WVC meetsysteem



J.H. Gielen, December 2004

© 2004 Horst, C point B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van C point B.V.

C point B.V. is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van de gegevens uit deze uitgave.

C point projectnummer 02.71.19
SenterNovem opdrachtnummer 4700004005

Dit project is i.s.m. de Heveco studiegroep uitgevoerd en wordt door SenterNovem gefinancierd vanuit de MJA-e.

C point B.V.
Postbus 6035
5960 AA Horst
Tel. 077-3984555
Fax. 077-3984160
E-mail info@cpoint.nl
Internet www.cpoint.nl

Inhoud

1. Samenvatting	1
2. Inleiding	3
3. Projectopzet	4
4. RV inblaas	5
5. Praktijkbevindingen	6
5.1. Bevindingen Heveco Studiegroep	6
5.2. Bevindingen Carpe Diem	7
6. Result	8
6.1. Resultaten	8
6.2. Conclusies	8
6.3. Aanbevelingen	9
7. Kennisopbouw	10
7.1. Discussie WVC meetsysteem	10
7.2. Visie op verdamping	10
8. Literatuurlijst	13
9. Bijlagen	14
9.1. WVC meetsysteem	14
9.2. Grafieken	16

1. Samenvatting

Het Warmte-, Vocht- en CO₂ (WVC) meetsysteem is middels dit project beoordeeld op praktische bruikbaarheid. Met behulp van het WVC meetsysteem kunnen de effecten van teelthandelingen op de Warmte-, Vocht- en CO₂ afgifte zichtbaar worden gemaakt. Wat de CO₂ afgifte betreft kunnen de kwekers op dit moment nog geen duidelijke toepassing aangeven. De Warmte afgifte is wel bruikbaar, omdat men hiermee de activiteit kan volgen c.q. beoordelen en indien nodig actie ondernemen. Dit geldt ook voor de Vocht afgifte ofwel gemeten verdamping, welke volgens de kwekers de hoogste prioriteit heeft. Uit de praktijkervaringen bleek dat het WVC meetsysteem een belangrijke rol kan spelen bij het verminderen van kwaliteitsproblemen c.q. onnodig energiegebruik welke het gevolg zijn van een onbalans tussen sproeien en verdampen. Er kan dan ook worden aanbevolen om op basis van de gemeten verdamping het klimaat en het sproeien aan te passen, waardoor onnodig energiegebruik en kwaliteitsproblemen zoals (bruin)verkleuring, beperkte houdbaarheid en intern vocht kunnen worden ondervangen.

Doel en praktijkbevindingen Heveco studiegroep

Middels een aantal studiegroepbijeenkomsten is de praktische bruikbaarheid van het (bij een 3-tal plukbedrijven uit de Heveco studiegroep geïnstalleerde) WVC meetsysteem getest. Aandachtspunt hierbij was na te gaan met welke van de beschikbare WVC meetgegevens groeiverstoringen tijdig kunnen worden waargenomen, zodat er nog kan worden ingegrepen. In eerste instantie is hierbij naar de cumulatieve eindwaarden van de WVC afgifte gekeken. Gaandeweg de studiegroepbijeenkomsten werd echter duidelijk, dat men (ondanks de waarneembare tendensen) hiermee een teelt niet voldoende nauwkeurig kon beoordelen. Conclusie was, dat het verloop van de actuele WVC afgifte of een cumulatieve waarde per dag belangrijker zijn dan de cumulatieve eindwaarde aan het einde van de teelt.

Vervolgens is er naar de actuele WVC afgifte gekeken. Hierbij konden duidelijk zaken worden herkend en gerelateerd aan de eigen waarnemingen. Herkenbaar waren o.a. activiteitsverschillen en de invloed van teelthandelingen (zoals remmen, stimuleren, sproeien, drogen, klimaataanpassingen enz.) op de verdamping. Als eerste prioriteit is er gekozen om naar de vocht afgifte ofwel de verdamping te kijken. Het uitgangspunt hierbij is dat de verdamping een bandbreedte kent, waarbij verstoringen ontstaan door een te lage of te hoge verdamping, maar vooral door een verdamping met een onstabiel verloop. Op basis van geconstateerde verstoringen in de verdamping zijn de eerste aanpassingen doorgevoerd in o.a. het drogen, de ventilatorstanden, de manier waarop de verdamping wordt gestimuleerd c.q. geremd en in het sproeien. De resultaten hiervan hadden een positieve uitwerking op de kwaliteit en houdbaarheid. Mede op basis hiervan is besloten om vooralsnog te blijven concentreren op de verdamping en in een later stadium te kijken of er op basis van de warmte- en CO₂ afgifte nog aanvullende verbeteringen zijn te realiseren. Tevens is er als eerste indicatie voor verdampingsproblemen behoefte aan een "hanteerbaardere" meetwaarde voor de verdamping.

Om niet telkens de actuele verdampingsgrafiek te moeten bekijken op verstoringen, is er behoefte aan een cumulatieve verdamping per tijdseenheid. Hierbij wordt o.a. de voorkeur gegeven aan: een cumulatieve verdamping per dag, een voortschrijdende cumulatieve verdamping van de afgelopen x aantal uren (b.v. 6, 12 enz. uur) en aan een cumulatieve verdamping vanaf de laatste sproeibeurt. Om te kunnen sproeien op basis van de verdamping tussen de sproeibeurt is er tevens behoefte aan een signaalfunctie: als de gewenste verdamping al is gerealiseerd voordat de tussentijd van het sproeien is verstreken, betekent dit een snelle verdamping (en omgekeerd). Inmiddels is er overleg met de betrokken klimaatcomputerleveranciers geweest om de gewenste aanpassingen gerealiseerd te krijgen.

Bruikbare informatie

Het WVC meetsysteem blijkt praktisch bruikbare informatie op te leveren waarmee kwekers hun teelten kunnen volgen, beoordelen en bijsturen. Doordat het systeem de door het groeiproces afgegeven hoeveelheden "afvalstoffen" meet, krijgt men zonder vertraging een weergave van de groeisituatie. Het is natuurlijk van groot belang dat de gemeten waarden betrouwbaar zijn. Betrouwbare hard- en software met een minimum aan onderhoud zijn dan ook belangrijke voorwaarden bij de verdere praktijkintroductie van het WVC meetsysteem. De grote hoeveelheid informatie die het WVC meetsysteem kan opleveren (zoals de actuele en cumulatieve WVC afgifte en al hun referentiewaarden) kan waarschijnlijk verder worden vereenvoudigd of op andere punten juist worden aangepast.

Uit de praktijktest blijkt, dat de cumulatieve WVC afgifte van de volledige teeltperiode geen duidelijke mogelijkheden tot bijsturen biedt. Hiervoor moet men gebruik maken van de actuele waarden of de cumulatieve waarden over een korte periode (enkele uren tot 1 dag). Momenteel wordt door de kwekers

die al van dit systeem gebruik maken een duidelijke prioriteit bij de gemeten vocht afgifte ofwel verdamping gelegd. Vanuit de eerste positieve resultaten kan dan ook de voorkeur worden uitgesproken om het bijsturen van teelten op basis van de gemeten verdamping als eerste onder de knie te krijgen, alvorens aan de slag te gaan met de overige informatie die dit meetsysteem kan opleveren. Bij het bijsturen van teelten op basis van de gemeten verdamping vormt met name de balans tussen sproeien en verdamping de rode draad waarmee onnodig energiegebruik en kwaliteitsproblemen (zoals (bruin)verkleuring, beperkte houdbaarheid en intern vocht) kunnen worden ondervangen. Door zich hierin verder te verdiepen zal men de benodigde kennis en referentiewaarden opbouwen, waardoor de trefzekerheid van het bijsturen sterk zal worden vergroot.

Hieronder worden enkele van de belangrijkste conclusies en aanbevelingen genoemd:

Conclusie toepassing WVC meetsysteem

- Het WVC meetsysteem kan worden gebruikt bij het volgen, beoordelen en reageren op de activiteit (= warmte afgifte) en met name de verdamping (= vocht afgifte).
- De CO₂ afgifte lijkt (ondanks een verband met de kwaliteit van de 2^e vlucht) vooralsnog geen duidelijke toepassing te hebben.
- In tegenstelling tot de verwachting zijn niet de cumulatieve meetwaarden over de gehele teeltperiode, maar vooral de actuele meetwaarden en de cumulatieve meetwaarden per tijdseenheid van belang.
- Kwaliteitsproblemen zoals (bruin)verkleuring, beperkte houdbaarheid en intern vocht zijn vooral het gevolg van een onbalans tussen sproeien en verdampen. De mogelijkheid om de verdamping (via het WVC systeem) te meten en op basis hiervan het sproeien aan te passen, geeft de kweker dan ook een instrument in handen om kwaliteitsproblemen (en de kosten die hiervan het gevolg zijn) te ondervangen.

Aanbevelingen praktijktoepassing WVC meetsysteem

- Een correcte RV inblaasmeting vormt de basis van het systeem. Er kan worden aanbevolen na installatie via controle metingen de betrouwbaarheid van het systeem vast te stellen. De verantwoordelijkheid hiervoor dient bij de leverancier c.q. installateur te liggen.
- De gemeten vocht afgifte (= verdamping) in relatie met het sproeien heeft volgens de kwekers de hoogste prioriteit. Kwekers hebben behoefte aan de cumulatieve verdamping van de laatste dag (tussen 0:00 en 0:00 uur), van de afgelopen x aantal uren (b.v. de afgelopen 6, 12 enz. uur) en vanaf de laatste sproeibeurt (met een signaalfunctie voor snelle of trage verdamping).
- Op basis van de signaalfunctie en de hoeveelheid verdamping sinds de laatste sproeibeurt kan de kweker beoordelen, wanneer en hoeveel er gesproeid kan worden. Op deze wijze zullen verdamping en sproeien beter in balans zijn, waardoor met name onnodig energiegebruik en kwaliteitsproblemen zoals (bruin)verkleuring, beperkte houdbaarheid en intern vocht beter zijn te ondervangen.

Aanbevelingen onderzoek m.b.v. WVC meetsysteem (naar groei, productie en kwaliteit)

- D.m.v. onderzoek naar sproeien op basis van de gemeten verdamping kunnen de effecten op de kwaliteit zichtbaar worden gemaakt en als beoordelingscriterium dienen.
- Het is van belang om (behalve de verdamping) ook de toepassingsmogelijkheden van de warmte afgifte (= activiteit) en de CO₂ afgifte nader te onderzoeken, omdat ook hier nog kansen voor een verdere teeltoptimalisering liggen.

Op basis van de bovengenoemde conclusies en aanbevelingen blijkt duidelijk dat het WVC meetsysteem een belangrijke rol kan spelen bij het verminderen van onnodig energiegebruik en kwaliteitsproblemen welke gerelateerd zijn aan sproeien en verdamping. Ook zal naar alle verwachting de gemeten activiteit een waardevolle informatiebron blijken te zijn. Bij onderzoek zal het WVC meetsysteem in de brede zin een belangrijke rol kunnen spelen, waarbij deze en andere nieuwe meetmethodes tot meer inzicht in het groeiproces zullen leiden.

Implementatie

De informatie uit deze rapportage is vooral bedoeld om innovatieve ontwikkelingen op het vlak van energiebesparing en kwaliteitsbeheersing te ondersteunen. Dit project levert dan ook een belangrijke bijdrage, om te komen tot praktijktoepassing van het WVC meetsysteem, waarbij met name het sproeien op basis van de gemeten verdamping, onnodig energiegebruik en kwaliteitsproblemen op het vlak van (bruin)verkleuring, houdbaarheid en intern vocht zal ondervangen.

2. Inleiding

Dit rapport behandelt de resultaten en bevindingen van het project: "Heveco studiegroep: Toepassen WVC meetsysteem". Het project werd in opdracht van SenterNovem door C point uitgevoerd bij 3 plukbedrijven van de Heveco studiegroep (bij dhr. P. Franzmann te Heijen, dhr. G. van Leeuwen te Swolgen en Heveco te Grubbenvorst). Het initiatief voor het project lag bij C point. Aanleiding voor dit project zijn de resultaten en bevindingen die in een eerder project zijn opgedaan tijdens het ontwikkelen en testen van een Warmte-, Vocht- en CO₂ (WVC) meetsysteem.

Doelstelling

Het WVC meetsysteem registreert een aantal belangrijke groeiparameters. Doelstelling van dit project was de praktische bruikbaarheid van het WVC meetsysteem te testen. In dit verslag wordt vooral ingegaan op de praktijkervaringen en de mogelijkheden die het WVC meetsysteem biedt om onnodig energiegebruik en kwaliteitsproblemen zoals intern vocht, (bruin)verkleuring en beperkte houdbaarheid te helpen ondervangen. Daarnaast worden er op basis van de praktijkervaringen aanbevelingen richting klimaatcomputerleveranciers gedaan.

Klimaatregeling vormt één van de belangrijke aandachtspunten in de ondersteunende activiteiten rond de Meerjarenafpraak Energie. Dit project levert een belangrijke bijdrage, om te komen tot praktijktoepassing van het WVC meetsysteem, waarbij met name het inspelen op de gemeten verdamping zal leiden tot energiebesparing en kwaliteitsverbetering.

Het project werd in het kader van de MeerJarenAfspraak Energie (MJA-E) paddestoelen gefinancierd door SenterNovem. De VPN heeft als belangenbehartiger zorg gedragen voor de inhoudelijke begeleiding.

Horst, december 2004
J.H. Gielen

3. Projectopzet

In dit project is door een 3-tal plukbedrijven uit de Heveco studiegroep gebruik gemaakt van het WVC meetsysteem. Doel hiervan was na te gaan of het WVC meetsysteem in de praktijk toepasbaar en bruikbaar zou zijn. Hierbij waren ook 3 verschillende klimaatcomputerleveranciers (Fancor, Gicom en Limbraco) betrokken. Via meerdere studiegroep bijeenkomsten werden (gedurende 1 jaar) stap voor stap de bruikbare mogelijkheden van de WVC meetsysteem onder de loep genomen. Hierbij heeft geen diepgaande data analyse plaatsgevonden, maar is juist gekeken naar de praktische bruikbaarheid van het WVC meetsysteem. Aandachtspunt was de centrale vraag: welke van de beschikbare WVC meetgegevens zijn bruikbaar om eventuele groeiverstoringen tijdig waar te kunnen nemen, zodat er via aangepaste teelthandelingen (zoals timing, klimaatinstellingen en sproeien) nog kan worden ingegrepen.

4. RV inblaas

Voor een juiste bepaling van de warmte- en vochtafgifte is behalve de luchttemp. en de RV van de cellucht, ook de luchttemp. en RV van de inblaaslucht van belang. Omdat er al een inblaasvoeler aanwezig is, kan er worden volstaan met een extra RV meting in de inblaas. Bij twee van de bedrijven werd hiervoor gebruik gemaakt van een elektronische RV meting en bij een bedrijf werd hiervoor een droge / natte voeler gebruikt. T.o.v. de droge / natte voeler heeft de elektronische RV meting als voordeel een snellere reactietijd en beperkter onderhoud, maar als nadeel een grotere kwetsbaarheid tijdens het doodstomen. Bij Carpe Diem is geëxperimenteerd met een bypassconstructie via een buis met kleppen, waarmee de luchtstroom langs de elektronische RV meting tijdens het doodstomen kon worden afgesloten. De gebruikte constructie leidde echter tot meetafwijkingen, waarna de meting weer rechtstreeks in het kanaal werd geplaatst. Omdat er toch de voorkeur wordt gegeven om de elektronische RV meting tijdens het doodstomen uit de luchtstroom te verwijderen, wordt er momenteel aan een andere oplossing gewerkt.

5. Praktijkbevindingen

Omdat het WVC meetsysteem behalve bij 3 plukbedrijven van de Heveco studiegroep (als onderdeel van dit project) ook bij het snijbedrijf van Carpe Diem (als onderdeel van een ander project) was geïnstalleerd, konden de praktijkervaringen van beide projecten in deze rapportage worden meegenomen. Voor de CO₂ afgifte heeft men vooralsnog geen duidelijke toepassingsmogelijkheden kunnen ontdekken. Op basis van de warmte afgifte krijgt men een algemene indruk van de activiteit en het verloop hiervan. Opvallend zijn de positieve reacties van de telers over de bruikbaarheid van met name de gemeten actuele vochtafgifte (= verdamping). Vooral de verdamping per uur, tussen de sproeibeurten en per dag bleek voor de telers bruikbare informatie op te leveren voor het bijsturen van de teelt. Men claimt hierdoor kwaliteitsproblemen zoals intern vocht en (bruin)verkleuring te hebben kunnen voorkomen.

5.1. Bevindingen Heveco Studiegroep

In dit project zijn een 3-tal plukbedrijven uit de Heveco studiegroep voorzien van een WVC meetsysteem. Hierbij zijn ook 3 verschillende klimaatcomputerleveranciers (Fancom, Gicom en Limbraco) betrokken. Doel was, om na te gaan of het WVC meetsysteem toepasbaar en bruikbaar is in de praktijk. Na de opstartfase is er in studiegroep verband met de beschikbare WVC meetgegevens aan de slag gegaan. Via meerdere studiegroep bijeenkomsten werden stap voor stap de bruikbare mogelijkheden van de WVC meetsysteem onder de loep genomen. Hierbij heeft geen diepgaande data analyse plaatsgevonden, maar is juist gekeken naar de praktische bruikbaarheid van het WVC meetsysteem. Aandachtspunt was de centrale vraag: welke van de beschikbare WVC meetgegevens zijn bruikbaar om eventuele groeiverstoringen tijdig waar te kunnen nemen, zodat er via aangepaste teelthandelingen (zoals timing, klimaatinstellingen en sproeien) nog kan worden ingegrepen.

Eindwaarde cumulatieve WVC afgifte (Zie bijlagen: grafiek 1)

In eerste instantie is hierbij gekeken naar de eindwaarde van de cumulatieve WVC afgifte. Gaandeweg de studiegroepbijeenkomsten werd echter steeds duidelijker, dat de eindwaarde van de cumulatieve WVC afgifte weliswaar tendensen weergeeft, maar dat dit onvoldoende is om een teelt goed te kunnen beoordelen. Hiervoor bleek de bandbreedte in de eindwaarde van de cumulatieve WVC afgifte te groot te zijn. Er werd dan ook geconcludeerd, dat het verloop van de WVC afgifte belangrijker is dan de cumulatieve eindwaarde. Dit wordt ook vanuit het project bij Carpe Diem bevestigd.

Actuele WVC afgifte (Zie bijlagen: grafiek 2)

Vervolgens is er naar de actuele WVC afgifte gekeken. Hierbij konden door de telers duidelijk zaken worden herkend en gerelateerd aan de eigen (veelal visuele) waarnemingen. Herkenbaar waren o.a. activiteitsverschillen en de invloed van teelthandelingen (zoals remmen, stimuleren, sproeien, drogen, klimaatadaptaties enz.) op de verdamping. Als eerste prioriteit heeft men gekozen om naar de vochtafgifte ofwel de verdamping te kijken. Het uitgangspunt hierbij was dat de verdamping een bandbreedte kent, waarbij verstoringen ontstaan door een te lage of te hoge verdamping, maar vooral door een verdamping met een onstabiel verloop. Op basis van geconstateerde verstoringen in de verdamping zijn de eerste aanpassingen doorgevoerd in o.a. het drogen, de ventilatorstanden, de manier waarop de verdamping wordt gestimuleerd c.q. geremd en in het sproeien. De resultaten hiervan hadden een positieve uitwerking op de kwaliteit en houdbaarheid. Mede op basis hiervan is besloten om vooralsnog te blijven concentreren op de verdamping en in een later stadium te kijken of er op basis van de warmte- en CO₂ afgifte nog aanvullende verbeteringen zijn te realiseren. Tevens was er als eerste indicatie voor verdampingsproblemen behoefte aan een "hanteerbaardere" meetwaarde voor de verdamping.

Cumulatieve verdamping per tijdseenheid (Zie bijlagen: grafiek 3 en 4)

Om niet telkens de actuele verdampingsgrafiek te moeten bekijken op verstoringen, is er door de telers gevraagd om de cumulatieve verdamping per tijdseenheid aan te geven. Hierbij heeft men de voorkeur voor:

- de cumulatieve verdamping van de laatste dag (tussen 0:00 en 0:00 uur)
- de voortschrijdende cumulatieve verdamping van de afgelopen x aantal uren (b.v. 6, 12 enz. uur)
- de cumulatieve verdamping vanaf de laatste sproeibeurt met een signaalfunctie voor:
 - Gewenste verdamping gerealiseerd, maar tussentijd sproeien nog niet verstreken (= snel verdampen)
 - Tussentijd sproeien verstreken, maar gewenste verdamping nog niet gerealiseerd (= traag verdampen)

Het ligt in de bedoeling, om in overleg met de klimaatcomputerleveranciers de gewenste aanpassingen op korte termijn gerealiseerd te krijgen.

Bevindingen

De cumulatieve eindwaarde van WVC afgifte lijkt alleen tendensen weer te geven. Voor een juiste beoordeling van een teelt blijkt het verloop van de actuele WVC afgifte c.q. de cumulatieve verdamping per tijdseenheid belangrijker te zijn. Aan de verdamping is door de deelnemende telers de hoogste prioriteit toegekend, waarbij er vanuit wordt gegaan dat de verdamping zich binnen een bepaalde bandbreedte dient te bevinden en een stabiel verloop dient te hebben. Door de verdamping op basis van de meetgegevens te stimuleren c.q. te reduceren is men beter in staat het aantal stuks, de timing en de kwaliteit van de teelt te sturen. Ook kan men op basis van de hoeveelheid verdamping tussen de sproeibeurt met meer zekerheid het juiste sproeimoment en de sproeihoeveelheid kiezen. Uit de eerste praktijkervaringen blijkt, dat hiermee met name kwaliteitsproblemen zoals (bruin)verkleuring, beperkte houdbaarheid en intern vocht beter zijn te ondervangen.

5.2. Bevindingen Carpe Diem

Bevindingen Carpe Diem met het warmte, vocht en CO₂ meet- & informatiesysteem.

In de tijd dat het warmte, vocht en CO₂ meet- & informatiesysteem op mijn bedrijf geïnstalleerd was, zijn mij de volgende dingen opgevallen:

- Het WVC meetsysteem is zeker een zinvolle toepassing voor de champignonenteelt (als extra informatiebron boven op de eigen visuele beoordeling).
- Hardware matig is het gebruikte type elektronische RV inblaas meting nog niet betrouwbaar genoeg (waarschijnlijk wordt dit veroorzaakt door het doodstoomklimaat, zodat de meting liefst automatisch hieruit verwijderd moet kunnen worden).
- De grote hoeveelheid informatie van het WVC meetsysteem is waarschijnlijk niet allemaal nodig. Via praktijkgebruik moet de essentiële informatie eruit gefilterd worden, waarna het systeem vereenvoudigd kan worden. De warmte- en met name de vochtafgifte lijken vooralsnog de meest belangrijke meetgegevens op te leveren voor het bijsturen van de teelt.
- Opvallend was, dat de teelten waarbij de actuele (en cumulatieve) warmte afgifte gedurende de eerste 14 dagen hoger lag als de referentie warmte afgifte, ook de betere teelten waren.
- Een dergelijk verband is niet bij de actuele (en cumulatieve) vocht en CO₂ afgifte opgevallen.
- Wel is de actuele (en cumulatieve) vocht afgifte zeer goed bruikbaar bij het maken van de juiste keuzes bij het sproeien.
- De cumulatieve WVC waarden zijn meestal niet opvallend afwijkend t.o.v. elkaar.
- In het begin van de teelt wordt er meer naar de warmte afgifte (= activiteit) gekeken en naderhand naar de vocht afgifte (= verdamping).
- De activiteit kan goed in beeld worden gebracht, door vanaf het moment na vullen dat de compost 26 °C heeft bereikt, tot ongeveer 14 dagen hierna de waarden van de actuele (en cumulatieve) warmte afgifte te vergelijken met de referentie waarden.
- In principe wordt na 10 uur de volgende sproeibeurt gegeven. Om een betere kwaliteit te realiseren en het risico van intern vocht te voorkomen werd de volgende sproeibeurt eventueel pas na 12 uur gegeven en de laatste sproeibeurt soms weggelaten als er in de voorgaande 10 uur te weinig actuele (of cumulatieve) vocht afgifte (= verdamping) was geweest.
- Mogelijk kan de cumulatieve vocht afgifte tussen de sproeibeurt worden vergeleken met een referentiewaarde. Indien men dan de volgende sproeibeurt wil geven, terwijl er in de tussenliggende periode nog te weinig vocht afgifte (= verdamping) is geregistreerd, zou er een melding kunnen worden gegeven. Men kan dan besluiten het sproeien uit te stellen c.q. minder te sproeien of bij een laatste sproeibeurt eventueel zelfs helemaal laten te vervallen, om zo intern vocht te voorkomen. Ook zou het mogelijk zijn, om de volgende sproeibeurt pas te starten, nadat er in de tussenliggende periode een ingestelde hoeveelheid cumulatieve vocht afgifte (= verdamping) heeft plaatsgevonden.

Math Hoezen
Carpe Diem
Baarlo

6. Resultaten, conclusies en aanbevelingen

6.1. Resultaten

Resultaten behaald gedurende de looptijd van het project:

- Middels dit project is er inzicht verkregen in de verbanden tussen WVC afgifte met groei en kwaliteit: De Warmte afgifte is bruikbaar voor het volgen, beoordelen en reageren op de activiteit. De Vocht afgifte is bruikbaar voor het volgen, beoordelen en reageren op de verdamping. Vanuit de telers is aangegeven dat hiervan de gemeten verdamping de hoogste prioriteit heeft. De CO₂ afgifte lijkt (ondanks een verband met de kwaliteit van de 2e vlucht) vooralsnog in de praktijk geen duidelijke toepassing te hebben.
- De effecten van teelthandelingen worden vooral zichtbaar gemaakt via de actuele- WVC meetwaarden en de cumulatieve WVC meetwaarden over een beperkt aantal uren (max. 1 dag). Dit project heeft geleid tot een aantal aanbevelingen voor hard- en software matige verbeteringen aan het WVC meetsysteem (Enkele wensen tot een hanteerbaarder verdampingsgetal zijn al bij de klimaatcomputerleveranciers neergelegd).
- De oorzaken van kwaliteitsproblemen zijn duidelijker achterhaald en liggen vooral op het vlak van verdamping in relatie tot sproeien. Op basis van de praktijkervaringen tijdens de uitvoering van dit project, blijkt dat het WVC meetsysteem een belangrijke rol kan spelen bij het verminderen van kwaliteitsproblemen welke het gevolg zijn van een onbalans tussen sproeien en verdampen.
- Door dit project is de fundering gelegd voor een praktische toepassing van het WVC meetsysteem. Er kan dan ook aanbevolen worden om op basis van de gemeten verdamping het klimaat en het sproeien te optimaliseren, waardoor kwaliteitsproblemen zoals (bruin)verkleuring, beperkte houdbaarheid en intern vocht kunnen worden ondervangen.
- Er zijn globale indicaties van het verdampingsniveau tijdens bepaalde teeltstadia, concrete referentiewaarden of richtlijnen kunnen op dit moment echter nog niet worden gegeven. Hiervoor dient het verband tussen verdamping, sproeien en kwaliteit nader te worden onderzocht.

6.2. Conclusies

Op basis van de praktijkervaringen met het WVC meetsysteem kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

Warmte afgifte

- Vanuit de praktijkervaringen wordt aangegeven, dat in het begin van de teelt (periode van ongeveer 2 weken nadat de composttemp. vanaf het vullen 26 °C heeft bereikt) de activiteit goed in beeld kan worden gebracht door de warmte afgifte. Een hogere warmte afgifte in die periode gaf ook betere teeltresultaten te zien. Daarnaast kon het verloop van de actuele warmte afgifte in de uitgroeiperiode worden gebruikt om het juiste sproeimoment (= begin van de activiteitsontwikkeling) van de sproeibeurten voor de 1^e vlucht vast te stellen.

Vocht afgifte

- Vanuit de praktijkervaringen wordt aangegeven, dat vanaf start afventileren de verdamping de hoogste prioriteit heeft en dat deze goed in beeld kan worden gebracht door de actuele vocht afgifte. Door de verdamping op basis hiervan te stimuleren c.q. te reduceren is men beter in staat het aantal stuks, de timing en de kwaliteit van de teelt te sturen. Daarnaast kon men op basis van de hoeveelheid verdamping tussen de sproeibeurten met meer zekerheid het juiste sproeimoment en de sproeihoeveelheid kiezen. Uit de eerste praktijkervaringen blijkt, dat hiermee kwaliteitsproblemen zoals (bruin)verkleuring, beperkte houdbaarheid en intern vocht beter zijn te ondervangen.

CO₂ afgifte

- Vanuit de praktijkervaringen zijn er vooralsnog geen duidelijke verbanden aan te geven tussen de CO₂ afgifte en opbrengst of kwaliteit.

Conclusie toepassing WVC meetsysteem

- Het WVC meetsysteem kan worden gebruikt bij het volgen, beoordelen en reageren op de activiteit (= warmte afgifte) en met name de verdamping (= vocht afgifte).

- De CO₂ afgifte lijkt (ondanks een correlatie met de kwaliteit van de 2^e vlucht) vooralsnog geen duidelijke toepassing te hebben.
- In tegenstelling tot de verwachting zijn niet de cumulatieve meetwaarden over de gehele teeltperiode, maar vooral de actuele meetwaarden en de cumulatieve meetwaarden per tijdseenheid van belang.
- Kwaliteitsproblemen zoals (bruin)verkleuring, beperkte houdbaarheid en intern vocht zijn vooral het gevolg van een onbalans tussen sproeien en verdampen. De mogelijkheid om de verdamping (via het WVC systeem) te meten en op basis hiervan het sproeien aan te passen, geeft de kweker dan ook een instrument in handen om kwaliteitsproblemen (en de kosten die hiervan het gevolg zijn) te ondervangen.

6.3. Aanbevelingen

Op basis van de praktijkervaringen met het WVC meetsysteem kunnen de volgende aanbevelingen worden gedaan:

Aanbevelingen praktijktoepassing WVC meetsysteem

- *Betrouwbaarheid meetsysteem:* Een betrouwbaar WVC meetsysteem met een minimum aan onderhoud is van wezenlijk belang. Afhankelijk van de plaats en het type RV inblaas meting, dient er rekening te worden gehouden met invloeden zoals: doodstomen, verwarmen, bevochtigen en luchtsnelheid. Een correcte RV inblaasmeting vormt de basis van het systeem. De verantwoordelijkheid hiervoor ligt bij de leverancier c.q. installateur. De verantwoordelijkheid voor het onderhoud ligt bij de kweker. Zolang het WVC meetsysteem nog geen routinematig onderdeel van de klimaatinstallatie vormt, kan worden aanbevolen na installatie via controle metingen de betrouwbaarheid van het systeem vast te stellen.
- *Prioriteit verdamping:* Gezien de door de kwekers aangegeven prioriteit van de verdamping, dienen de ontwikkelingen zich in eerste instantie te concentreren op de gemeten vochtafgifte (= verdamping) in relatie met het sproeien.
- *Aanpassingen:* Er kan worden aanbevolen de gemeten verdamping op de volgende wijze voor de kwekers beschikbaar te maken:
 - de cumulatieve verdamping van de laatste dag (tussen 0:00 en 0:00 uur)
 - de voortschrijdende cumulatieve verdamping van de afgelopen x aantal uren (b.v. 6, 12 enz. uur)
 - de cumulatieve verdamping vanaf de laatste sproeibeurt met een signaalfunctie voor:
 - Gewenste verdamping gerealiseerd, tussentijd sproeien nog niet verstreken (= snel verdampen)
 - Tussentijd sproeien verstreken, gewenste verdamping nog niet gerealiseerd (= traag verdampen)
- *Ondervangen kwaliteitsproblemen:* Op basis van de signaalfunctie en de hoeveelheid verdamping sinds de laatste sproeibeurt kan de kweker beoordelen, wanneer en hoeveel er gesproeid kan worden. Op deze wijze zullen verdamping en sproeien beter in balans zijn, waardoor met name kwaliteitsproblemen zoals (bruin)verkleuring, beperkte houdbaarheid en intern vocht beter zijn te ondervangen. De grootste effecten hiervan zijn vooral te verwachten onder de meer moeizame teeltomstandigheden.

Aanbevelingen onderzoek m.b.v. WVC meetsysteem (naar groei, productie en kwaliteit)

- *Onderzoek naar de relatie tussen verdamping, sproeien en kwaliteit:* Via praktijkonderzoek kan men voor elke sproeiperiode komen tot richtlijnen voor zowel de verdamping als ook de bijbehorende sproeibeurten. D.m.v. vergelijkingsonderzoek tussen traditioneel sproeien en sproeien op basis van de gemeten verdamping kunnen tevens de effecten op de kwaliteit worden gemeten en als maatstaf dienen.
- *Onderzoek naar uitsplitsen verdamping:* Het WVC meetsysteem meet de totaal aan de cellucht afgegeven verdamping. Omdat deze verdamping zowel via de champignon, de dekaarde, alsook via de compost (onderkant bed) kan plaatsvinden, kan een onderzoek hiernaar mogelijk leiden tot het nog gericht meten van dat deel van de verdamping wat werkelijk van belang is. Via infrarood oppervlakte temperatuurmetingen is het mogelijk de gemeten verdamping nog verder uit te splitsen.
- *Onderzoek naar de toepassingsmogelijkheden van de warmte- en CO₂ afgifte:* Het is van belang om ook de toepassingsmogelijkheden van de warmte afgifte (= activiteit) en de CO₂ afgifte te blijven onderzoeken. Ondanks dat hiervoor op dit moment minder duidelijk de toepassingsmogelijkheden zijn aan te geven dan voor de verdamping, liggen ook hier nog kansen voor een verdere teeltoptimalisering. Net zoals bij de verdamping is gebleken, dient men zich hierbij niet op de cumulatieve meetwaarden over de gehele teeltperiode, maar op de actuele meetwaarden en de cumulatieve meetwaarden over een korte periode (enkele uren tot 1 dag) te richten.

7. Kennisopbouw

Momenteel beschikt men nog over onvoldoende kennis en inzicht om de mogelijkheden van het WVC meetsysteem voluit te kunnen benutten. Het is dan ook van belang dat er vanuit de praktijkervaringen kennis wordt opgebouwd, welke leidt tot een duidelijke zienswijze en richtlijnen voor de toepassing van het WVC meetsysteem. Tijdens dit project zijn er discussies gevoerd over de mogelijkheden en onmogelijkheden van het WVC meetsysteem. Belangrijk voor een juiste toepassing is de visie op het verdampingsproces. In dit hoofdstuk worden de discussie over het WVC meetsysteem en de visie op het verdampingsproces zoals deze tijdens de studiegroepbijeenkomsten zijn besproken samengevat.

7.1. Discussie WVC meetsysteem

- Het WVC meetsysteem blijkt praktisch bruikbare informatie op te leveren waarmee kwekers hun teelten kunnen volgen, beoordelen en bijsturen.
- Doordat het systeem de door het groeiproces afgegeven hoeveelheden "afvalstoffen" meet, krijgt men *zonder vertraging* een weergave van de groeisituatie.
- Het is natuurlijk van groot belang dat de gemeten waarden betrouwbaar zijn. Betrouwbare hard- en software met een minimum aan onderhoud zijn dan ook belangrijke voorwaarden bij de verdere praktijkintroduktie van het WVC meetsysteem.
- De grote hoeveelheid informatie die het WVC meetsysteem kan opleveren (zoals de actuele en cumulatieve WVC afgifte en al hun referentiewaarden) kan waarschijnlijk verder worden vereenvoudigd of op andere punten juist worden aangepast. (De eerste aanpassingen zijn inmiddels al aan de klimaatcomputerleveranciers kenbaar gemaakt).
- Het blijkt dat de cumulatieve WVC afgifte van de volledige teeltperiode geen duidelijke mogelijkheden tot bijsturen biedt. Hiervoor moet men naar het zich laat aanzien gebruik maken van de actuele waarden of de cumulatieve waarden over een korte periode (enkele uren tot 1 dag).
- Momenteel wordt door de kwekers die al van dit systeem gebruik maken een duidelijke prioriteit bij de gemeten vocht afgifte ofwel verdamping gelegd. Vanuit de eerste positieve resultaten kan dan ook de voorkeur worden uitgesproken om het bijsturen van teelten op basis van de gemeten verdamping als eerste onder de knie te krijgen, alvorens aan de slag te gaan met de overige informatie die dit meetsysteem kan opleveren.
- Bij het bijsturen van teelten op basis van de gemeten verdamping vormt met name de balans tussen sproeien en verdamping de rode draad, waarmee kwaliteitsproblemen kunnen worden ondervangen. Door zich hierin verder te verdiepen zal men de benodigde kennis en referentiewaarden opbouwen, waardoor de trefzekerheid van het bijsturen sterk zal worden vergroot.
- Mogelijk kunnen er concrete praktijkproeven worden gedaan, waarbij de resultaten van een traditioneel sproeipatroon worden vergeleken met die van het sproeien op basis van de gemeten verdamping. Als maatstaf voor het succes dient men dan de effecten op de kwaliteit te hanteren.

7.2. Visie op verdamping

Het WVC meetsysteem meet o.a. de vochtafgifte ofwel verdamping. Dit is het hoeveelheid waterdamp die via de lucht uit de teeltcel is afgevoerd.

In feite is dit het eindresultaat van een onderliggend proces van diverse factoren. Voor de begripsvorming zijn hierbij een 3-tal processen betrokken:

1. De aanvoer van waterdamp vanuit compost, dekaarde en champignon naar de cellucht
 2. De opname van de aangevoerde waterdamp in de cellucht
 3. De afvoer van de waterdamp uit de teeltcel
-
1. De aanvoer van waterdamp vanuit compost, dekaarde en champignon naar de cellucht is het deel van het proces, waar wij het minst zicht op hebben en ook het minst gemakkelijk invloed op kunnen uitoefenen. Deels is dit afhankelijk van de beschikbaarheid van water in het proces (vochtgehalte compost en dekaarde en sproeibeurtten uit de voorgaande periode) en voor een ander deel van het gemak waarmee dit water zich door compost en dekaarde kan verplaatsen (structuur compost en dekaarde, water vasthoudend en loslatend vermogen van de dekaarde). Andere zaken zijn het

verdampend oppervlak (afhankelijk van het aantal en de grootte van de knoppen c.q. champignons, eventueel gebruik plastic) en compost/lucht verschil (stimuleert wateraanvoer van onder uit). Welke sturingsmogelijkheden zijn er in een gegeven situatie om de wateraanvoer van onder uit te stimuleren of te reduceren? In een gegeven situatie kan men alleen nog maar met sproeien of met het klimaat de wateraanvoer van onder uit bijsturen. Hierbij zal het aanpassen van het sproeien pas na verloop van tijd een reactie te zien geven. Omdat de wateraanvoer van onderuit als het ware een vliegwielfreactie heeft, kan men een eenmaal op snelheid gebrachte verdamping ook niet in een keer afremmen door b.v. het vochtdeficiet van de cellucht te verkleinen, of de ventilatorstand te verlagen. Hierdoor zou er minder waterdamp afgevoerd worden, maar de aanvoer van water naar de champignon zou toch nog een tijdlang door blijven lopen. Dit zal zeer zeker nadelig voor de kwaliteit zijn. Het meest directe effect op de wateraanvoer van onderuit kan worden verwacht van het compost/lucht verschil. Door het compost/lucht verschil kleiner c.q. groter te maken (door de luchttemp. respectievelijk hoger c.q. lager te maken), zal de warmte overdracht naar de lucht respectievelijk ook kleiner c.q. groter worden. Omdat ongeveer 75 % van de warmteoverdracht via verdamping tot stand komt, zal een kleinere c.q. grotere warmteoverdracht ook tot een kleinere respectievelijk grotere wateraanvoer van onderuit leiden. *Losstaand van de vochtopnamecapaciteit van de cellucht, zal een lagere luchttemp. (groter compost/lucht verschil) tot een grotere wateraanvoer van onderuit leiden en omgekeerd.*

2. De opname van de aangevoerde waterdamp in de cellucht is bij de nieuwe vochtdeficiet regeling alleen nog maar afhankelijk van het vochtdeficiet en de luchtinhoud van de cel. (Dus niet van de luchttemperatuur). Stel er vindt geen luchtuitwisseling plaats en de luchtinhoud van de cel is 10.000 kg met een vochtdeficiet van 2 g/kg, dan kan er dus maximaal 20.000 gram ofwel 20 liter waterdamp door de cellucht worden opgenomen. Het opnemen van dit vocht zal in eerste instantie snel gaan, maar naarmate het vochtdeficiet kleiner wordt vrij snel afnemen. Bij een vochtdeficiet van 0 g/kg (100 % RV) zal er door de cellucht geen waterdamp meer kunnen worden opgenomen. Door via luchtuitwisseling en ontvochtiging het vochtdeficiet op 2 g/kg te houden, oefent de lucht als het ware een constante zuigkracht uit, waarmee waterdamp vanuit het teeltproces kan worden opgenomen. Vanuit dit principe geredeneerd zou het dan ook logisch zijn, om het vochtdeficiet aan te passen op de wateraanvoer vanuit het bed, mede bepaald door het verdampend oppervlak (aantal en grootte van knoppen c.q. champignons) en het compost/lucht verschil. *Meer en grotere knoppen c.q. champignons, maar ook een groter compost/lucht verschil vragen dus om een hoger vochtdeficiet en omgekeerd.*
3. De afvoer van de waterdamp uit de teeltcel wordt alleen maar bepaald door het verschil tussen de ingeblazen vochtinhoud en de (uitgeblazen) vochtinhoud van de cellucht, vermenigvuldigd met de ingeblazen luchthoeveelheid in kg/h (afhankelijk van de ventilatorstand). Omdat het celklimaat meestal op een bepaald niveau wordt gehandhaafd, zal een lagere vochtinhoud van de inblaas of een hogere ventilatorstand tot een grotere vochtafvoer leiden en omgekeerd. De vochtafvoer is meestal een automatisch proces van de klimaatregeling. Vaak staat de ventilatorstand op een vast waarde en zal de vochtdeficietregeling er voor zorgen, dat het vochtgehalte van de inblaaslucht wordt aangepast om zodoende het vochtdeficiet in de cel op de gewenste waarde te houden. Lukt dit niet meer, dan kunnen hogere ventilatorstanden ook nog voor een grotere vochtafvoer zorgen. Risico hierbij is, dat daardoor ook weer meer uitwisseling met het bed kan plaatsvinden.

Samengevat (in volgorde van watertransport):

1. Een lagere luchttemp. (groter compost/lucht verschil) zal tot een grotere wateraanvoer van onderuit leiden en omgekeerd.
2. Een groter vochtdeficiet zal tot een grotere vochtopnamecapaciteit van de cellucht leiden en omgekeerd
3. Een lagere vochtinhoud inblaas en/of een hogere ventilatorstand zal tot een grotere vochtafvoer leiden en omgekeerd.

Als er bij punt 1 veel wateraanvoer van onderuit is, zal men dit bij punt 2 in de lucht moeten kunnen opnemen en bij punt 3 moeten kunnen afvoeren. Als deze 3 stappen niet op elkaar zijn afgestemd, zal dit onherroepelijk tot kwaliteitsproblemen en eventueel productieverlies leiden. Het zal verder duidelijk zijn, dat een hogere ventilatorstand op alle 3 punten de uitwisseling zal stimuleren en omgekeerd.

Cumulatieve verdamping per tijdseenheid

Om niet telkens de actuele verdampingsgrafiek te moeten bekijken op verstoringen, is er gevraagd om de cumulatieve verdamping per tijdseenheid aan te geven. Hierbij heeft men de voorkeur voor:

- de cumulatieve verdamping van de laatste dag (tussen 0:00 en 0:00 uur)
- de voortschrijdende cumulatieve verdamping van de afgelopen x aantal uren

(instelbaar, b.v. de afgelopen 6, 12 enz. uur)

- de cumulatieve verdamping vanaf de laatste sproeibeurt met een signaalfunctie voor:
- Gewenste verdamping gerealiseerd, maar tussentijd sproeien nog niet verstreken (snelle verdamping)
- Tussentijd sproeien verstreken, maar gewenste verdamping nog niet gerealiseerd (trage verdamping)

Zodra de gewenste cumulatieve verdamping en de tijdsduur waarin deze plaats dient te vinden worden ingesteld gaan de tellers lopen:

B.v. gewenste cumulatieve verdamping is 500 gram (per 100 kg compost) in 8 uur. Na een reset gaan beide tellers (opgebouwde cumulatieve verdamping en verstreken tijd) lopen. Er zijn dan 2 mogelijkheden waarop een signaalfunctie kan worden gegeven:

- Snelle verdamping: er zijn al 500 gram (per 100 kg compost) verdampt, terwijl de tijdsduur nog niet is verstreken; actie: vroegtijdig en eventueel iets meer sproeien. Indien kwaliteitsrisico van b.v. verschraling of schubvorming aanwezig, eventueel verdamping geleidelijk iets remmen, door kleiner maken van het vochtdeficiet of reduceren van de ventilatorstand.
- Trage verdamping: er zijn al 8 uur verstreken, terwijl er nog onvoldoende is verdampt. actie: later en eventueel iets minder sproeien. Indien kwaliteitsrisico van b.v. bacterievlekken, verkleuring of intern vocht aanwezig, eventueel verdamping geleidelijk iets opvoeren, door groter maken van het vochtdeficiet of opvoeren van de ventilatorstand.

8. Literatuurlijst

Gielen, J.H. (2002)

NOVEM rapport "Meet- & informatiesysteem Warmte-, Vocht-, CO₂-afgifte"
C point, HORST

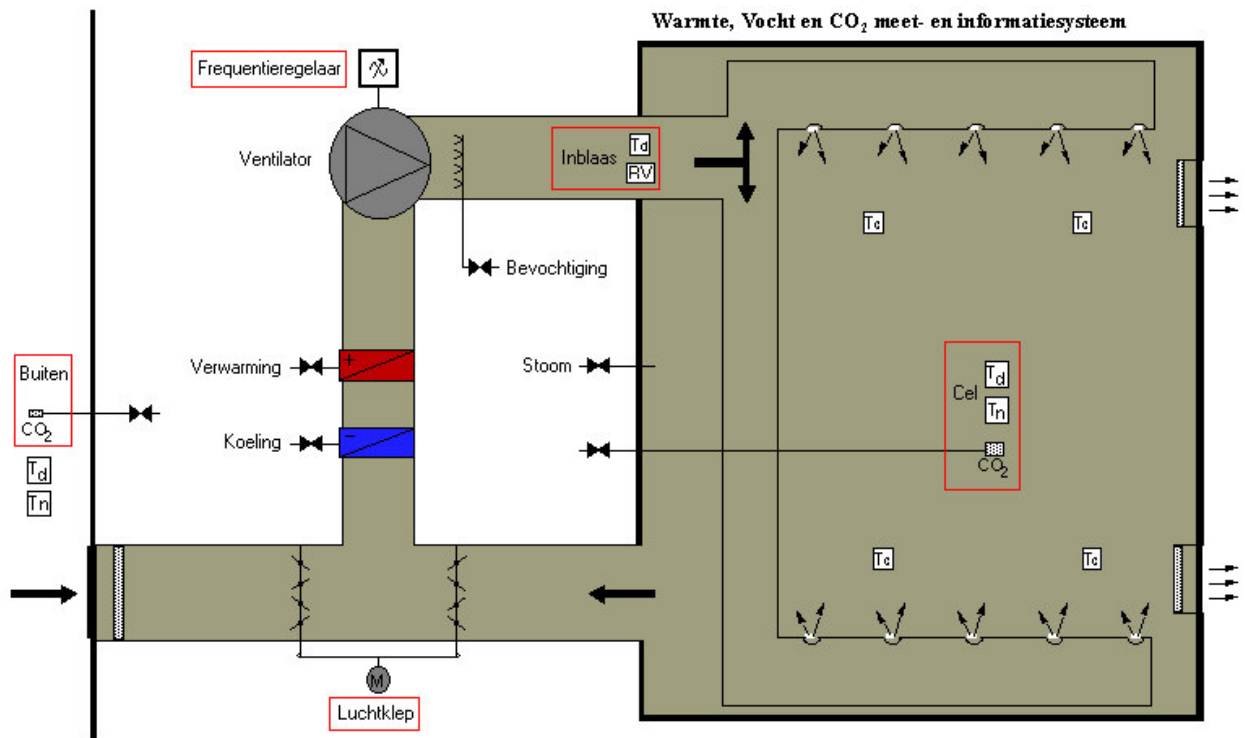
Gielen, J.H. (2004)

Productschap Tuinbouw rapport "Relatie Warmte-, Vocht- en CO₂-afgifte met groei en kwaliteit"
C point, HORST

9. Bijlagen

9.1. WVC meetsysteem

De effecten van teelthandelingen kunnen afgelezen worden met een Warmte-, Vocht- en CO₂ meetsysteem. Het principe van dit systeem is gebaseerd op het vergelijken van de aan- en afgevoerde luchtcondities en luchthoeveelheden. De rood omkaderde metingen in de onderstaande tekening zijn hierbij van belang.



Luchthoeveelheden

Bij de vereenvoudigde meetinstallatie worden de benodigde luchthoeveelheden (inblaas en verversing) niet m.b.v. dure en onderhoudsgevoelige meetflenzen gemeten, maar worden deze berekend aan de hand van de luchtklepstand en de stand van de frequentieregelaar. De inblaas luchthoeveelheid van een frequentiereguleerde ventilator loopt vrij lineair. Aan de hand van de bijbehorende luchtklepstand wordt tevens de hoeveelheid luchtverversing berekend. Omdat de luchtklepkarakteristiek niet lineair verloopt worden er eerst handmatig luchtmetingen uitgevoerd, welke in de rekenformules worden verwerkt. De op deze wijze berekende luchthoeveelheden voor verversing en inblaas zijn weliswaar nog afhankelijk van de variatie in filterweerstand, maar met tijdig onderhoud blijken de verschillen onder normale teeltomstandigheden zeer beperkt te zijn. Hierdoor kan men (mits de klimaatcomputer een frequentieregelaar aanstuurt) met de bestaande apparatuur en een aanpassing in de software de luchthoeveelheden met voldoende nauwkeurigheid berekenen.

Warmte- en vocht afgifte

Voor het berekenen van de warmte- en vocht afgifte vanuit het groeiproces wordt naast de luchthoeveelheid welke via het inblaaskanaal de cel in wordt geblazen, ook de conditie van de inblaasluft (aanvoer) en de cellucht (afvoer) gemeten. Een moderne klimaatinstallatie maakt al gebruik van een inblaasvoeler t.b.v. de inblaasregeling. Door naast de inblaasvoeler ook een natte voeler of een elektronische RV meting te plaatsen, beschikt men over alle benodigde meetgegevens. Het plaatsen van een RV meting in de inblaas is de enige hardwarematige aanpassing welke op een moderne klimaatinstallatie nog nodig is.

CO₂ afgifte

Voor het berekenen van de CO₂ afgifte vanuit het groeiproces wordt naast de hoeveelheid verse lucht, ook

de CO₂ inhoud van de buitenlucht (aanvoer) en de cellucht (afvoer) gemeten. Ook deze zijn standaard op een moderne klimaatregeling aanwezig, waarbij opgemerkt dient te worden, dat bij de meeste systemen de CO₂ meting pas bij het afventileren wordt geactiveerd. Momenteel zijn er echter nog geen aanwijzingen om ook de CO₂ afgifte tijdens de myceliumgroeifase te gaan meten. Door gebruik te maken van een CO₂ meter met een hoger bereik is dit wel mogelijk.

Berekening actuele waarden

De berekeningen voor warmte-, vocht- en CO₂ afgifte vanuit het groeiproces zijn gebaseerd op het volgende principe:

Warmte afgifte = (warmte inhoud cel - warmte inhoud inblaas) * luchthoeveelheid inblaas

Vocht afgifte = (vocht inhoud cel - vocht inhoud inblaas) * luchthoeveelheid inblaas

CO₂ afgifte = (CO₂ inhoud cel - CO₂ inhoud buiten) * luchthoeveelheid vers

Referentie waarden

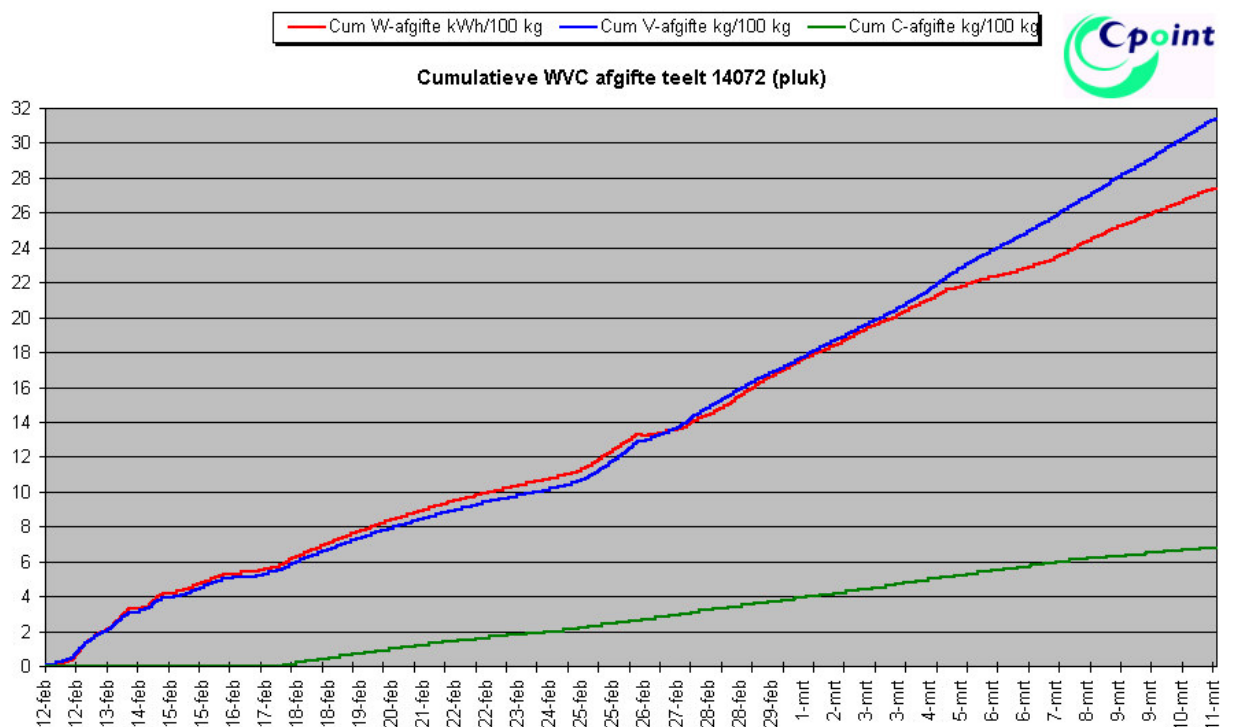
Naast de gemeten warmte-, vocht- en CO₂ afgifte is er ook in een mogelijkheid voorzien om vanuit deze gegevens een bedrijfseigen referentie grafiek (= ideale grafiek) samen te stellen. Hiertoe kan men aan het einde van elke teeltronde opgeven of men de opgeslagen grafiek wil gebruiken bij het berekenen van de referentie grafiek. Via dit zelflerende systeem ontstaat er in het systeem een referentie grafiek, gebaseerd op alle voorgaande teelten met goede resultaten. Omdat niet elke teelt gelijk in de tijd verloopt, zijn er (softwarematige) ijkmomenten gedefinieerd waarop de grafieken worden gesynchroniseerd. De ideale referentie grafieken kunnen (eventueel per seizoen) in het systeem worden opgeslagen, om tezamen met de actuele waarden van warmte-, vocht- en CO₂ afgifte te kunnen worden vergeleken.

Cumulatieve waarden

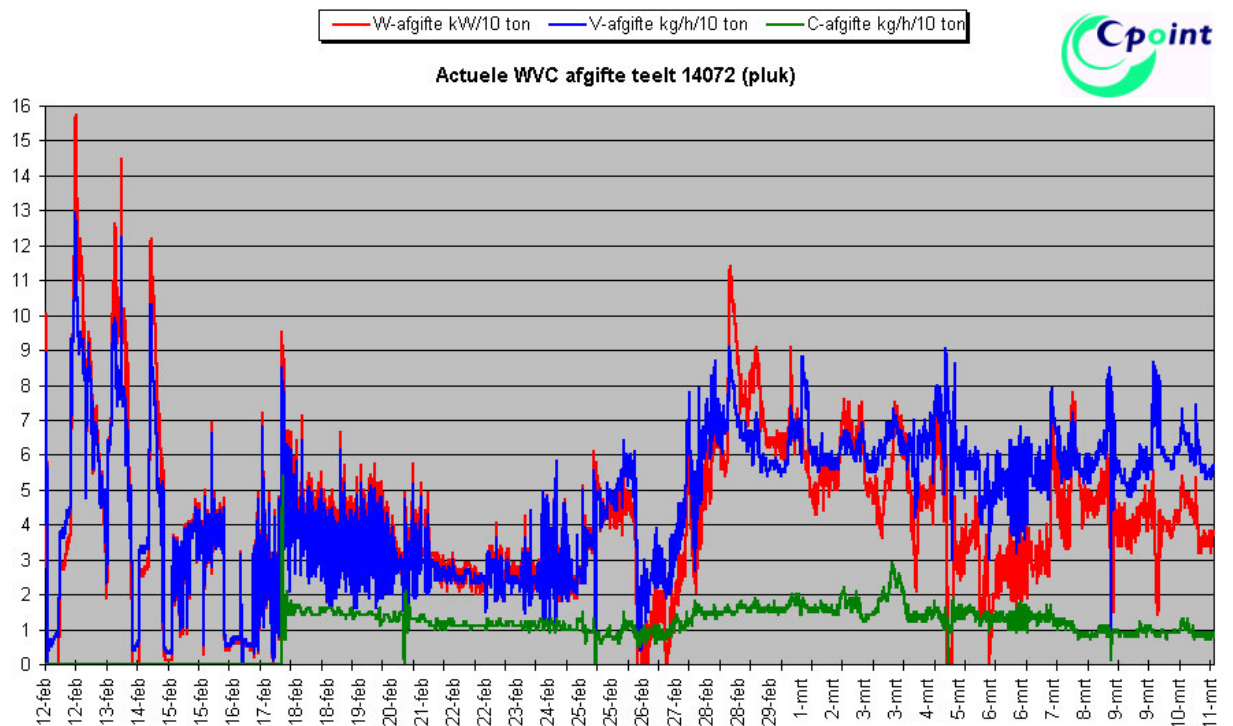
Naast de gemeten warmte-, vocht-, CO₂ afgifte en de referentiewaarden hiervan zullen ook de cumulatieve hoeveelheden warmte-, vocht-, en CO₂ worden weergegeven. Deze cumulatieve waarden geven de (tot op dat moment) totaal afgegeven hoeveelheden warmte-, vocht- en CO₂ aan.

9.2. Grafieken

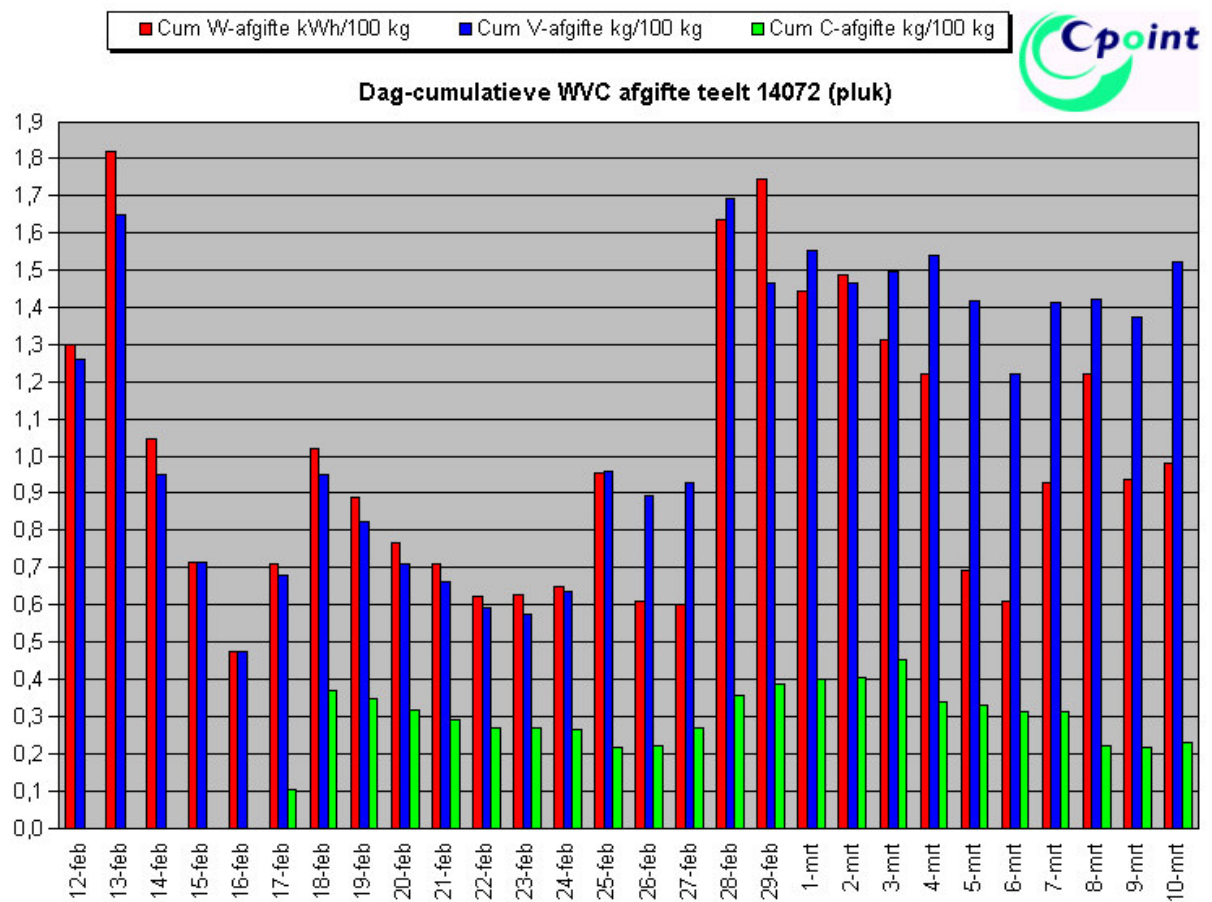
Grafiek 1: Cumulatieve WVC afgifte



Grafiek 2: Actuele WVC afgifte



Grafiek 3: Dag-cumulatieve WVC afgifte



Grafiek 4: Dag-cumulatieve verdamping (V-afgifte)

