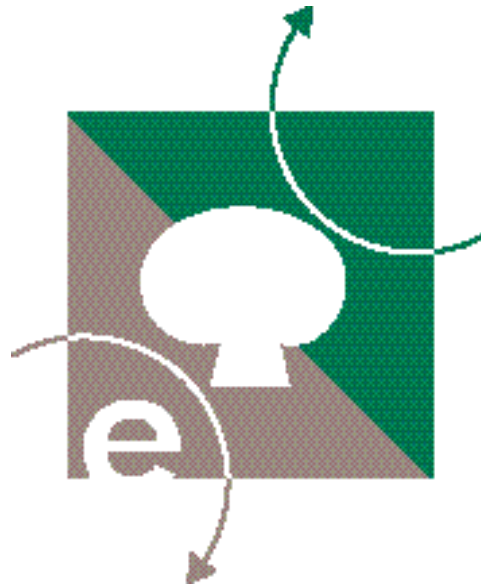




**Meet- & informatiesysteem
Warmte-, Vocht-, CO2-afgifte**



J.H. Gielen, Januari 2002

© 2002 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 01.71.03

VPN projectnummer MJA99-004

Dit onderzoek is i.s.m. Gicom BV op de kwekerij van dhr. W. Goossens te Bakel uitgevoerd en wordt 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	2
3. Invloed groeiproces op klimaat	3
4. Werking WVC meetsysteem	4
4.1. Meetopstelling	4
4.2. Luchthoeveelheden	4
4.3. Warmte- vocht- en CO2-inhoud	5
4.4. Berekening warmte-, vocht- en CO2-afgifte ...	6
4.5. Berekening referentie waarden	7
4.6. Berekening cumulatieve waarden	8
4.7. Procedure berekening WVC-afgifte	9
5. Praktijktest	10
5.1. Meetoverzicht	10
5.2. Bevindingen teler	11
6. Resultaten	12
6.1. Actuele WVC-afgiftes + referentiewaarc	12
6.2. Cumulatieve WVC-afgiftes + referentiewaarden	15
6.3. Cl	17
7. Conclusies	19
8. Aanbevelingen	20
9. Literatuurlijst	21
10. Bijlagen	22
10.1. Formules Mollierdiagram	22
10.2. Formules WVC-afgifte	25
10.3. Handleiding WVC meetsysteem	26

1. Samenvatting

Het hanteren van een bepaalde temperatuur, RV en CO₂ niveau in de cel blijkt niet altijd tot de gewenste teeltresultaten te leiden en kost vaak onnodig veel energie. De activiteit en de verdamping spelen ook een zeer grote rol bij het groeiproces en de klimaatregeling. Deze begrippen konden echter tot nu toe nog niet zichtbaar worden gemaakt.

De doelstellingen van het project waren de ontwikkeling van een eenvoudig en praktisch toepasbaar meet- en informatiesysteem voor warmte-, vocht- en CO₂-afgifte en nagaan of hiermee inzicht in het groeiproces kon worden verkregen welke bruikbaar is voor het bijsturen van de teelt c.q. perspectieven biedt voor de klimaatregeling.

M.b.v. de luchthoeveelheden en de warmte-, vocht- en CO₂-inhoud van de aan- en afvoerlucht kan de warmte-, vocht- en CO₂-afgifte (WVC-afgifte) vanuit het groeiproces worden vastgesteld. Naast deze actuele waarden worden er ook nog cumulatieve waarden en referentie waarden berekend. De referentie waarden worden afgeleid van de reeds geregistreerde teelten, welke in de tijd zijn gesynchroniseerd op basis van ijkmomenten. Alle waarden zijn op het scherm en als grafiek zichtbaar. Behalve de softwarematige aanpassingen dient de standaard meetinstallatie alleen maar uitgebreid te worden met een elektronische RV meting in de inblaas.

De informatie uit deze rapportage is vooral bedoeld om innovatieve ontwikkelingen te initiëren c.q. te ondersteunen. Hierbij dient in eerste instantie te worden gedacht aan gebruik door leveranciers van klimaatcomputersystemen.

Hieronder worden enkele van de belangrijkste conclusies en aanbevelingen genoemd:

Conclusies

- *Teler*: Goed systeem met veel informatie, waar je wel vertrouwd mee moet raken. Afwijkingen met name in warmte-afgifte t.o.v. de referentiegrafieken liggen in lijn met de teeltresultaten, waarbij een lagere warmte-afgifte leidt tot een lagere productie en omgekeerd. De informatie uit het systeem is bruikbaar bij het sproeien en de klimaatregeling. Toepassing in tunnels kan waardevolle informatie opleveren.
- *Actuele waarden WVC*: Een stabielere WVC-afgifte ligt in lijn met een betere kwaliteit. Een hogere warmte-afgifte c.q. een sterkere stijging van de warmte-, vocht- en CO₂-afgifte aan het einde van de uitgroei liggen in lijn met een hogere productie en omgekeerd. Er is geen duidelijke lijn te herkennen tussen de hoeveelheid vocht en CO₂-afgifte en de productie.
- *Cumulatieve waarden WVC*: Een hogere cumulatieve warmte- en vochtafgifte in de myceliumfase liggen in lijn met een hogere productie van de 1e vlucht c.q. de totale productie en omgekeerd. Een hogere cumulatieve warmte-afgifte tussen de vluchten ligt in lijn met een hogere productie van de betreffende vlucht en omgekeerd. Er is geen duidelijke lijn te herkennen tussen de cumulatieve vochtafgifte vanaf het afventileren c.q. de cumulatieve CO₂-afgifte en de productie. Een hogere cumulatieve warmte-afgifte en een sterkere stijging van de cumulatieve warmte-, vocht- en CO₂-afgifte aan het einde van de uitgroei liggen in lijn met een hogere productie en omgekeerd.

Aanbevelingen

- Op basis van de positieve testresultaten kan worden aanbevolen om het WVC meetsysteem verder te optimaliseren door: de RV sensor automatisch uit de doodstoomlucht te verwijderen, de ijkmomenten zoveel mogelijk geautomatiseerd te detecteren en het inblaasklimaat stabielere te regelen.
- Indien rekening wordt gehouden met de bovenstaande aandachtspunten, kan tot implementatie van het WVC meetsysteem in de andere klimaatcomputersystemen worden overgegaan.
- Ten behoeve van de toepassing op grotere schaal dienen bij zowel pluk als snijbedrijven de WVC-afgiftes te worden gekwantificeerd incl. de bandbreedte waarbinnen deze moeten liggen om tot een optimale productie en kwaliteit te leiden.
- Klimaatregeling gebaseerd op warmte-, vocht- en CO₂-afgifte behoort dan ook tot de mogelijkheden, waarbij de gewenste hoeveelheid warmte, vocht en CO₂ op een energiezuinige en stabiele wijze aan het groeiproces dient te worden onttrokken.
- Het WVC meetsysteem is uitermate geschikt om als vast onderdeel in het onderzoek (met name naar kwaliteitsproblemen) te worden toegepast.
- Het principe van het WVC meetsysteem kan ook worden toegepast in tunnels, wat zal leiden tot meer inzicht in het composteringsproces c.q. meer inzicht in de mogelijkheden om problemen te ondervangen.

2. Inleiding

Deze projectrapportage behandelt de ontwikkeling van een meet- & informatiesysteem voor warmte-, vocht- en CO₂-afgifte. Het project werd in opdracht van Novem en het Productschap Tuinbouw door C point uitgevoerd in samenwerking met Gicom Composting Systems op de kwekerij van dhr. W. Goossens te Bakel. Het initiatief voor het project lag bij C point.

De aanleiding tot de ontwikkeling van het in dit rapport beschreven warmte, vocht en CO₂ meet- & informatiesysteem, werd gegeven door de bevindingen uit het rapport "Energiebalans tussen groeiproces en klimaatregeling in de champignonteelt" (Gielen, J.H. 1998). Naast gegevens over het groeiproces leverde het bovengenoemde project met name veel gegevens op over de klimaatregeling en de mogelijkheden tot energiebesparing door verbeteringen hierin aan te brengen.

Op basis van de bevindingen uit dit project werd geconstateerd, dat het meten van de warmte-, vocht- en CO₂-afgifte via een vereenvoudigde (en daardoor in de praktijk toepasbare) meetinstallatie perspectieven zou kunnen bieden ten aanzien van het aflezen van het groeiproces en een verdere optimalisering van de klimaatregeling.

Doelstellingen

De doelstellingen van het project "Meet- & informatiesysteem voor warmte-, vocht- en CO₂-afgifte" zijn dan ook:

- Ontwikkeling van een eenvoudig en praktisch toepasbaar systeem voor het meten van warmte-, vocht- en CO₂-afgifte.
- Via praktijktest nagaan of het meten van warmte-, vocht- en CO₂-afgifte inzicht oplevert over het groeiproces c.q. perspectief biedt voor een verdere optimalisering van de klimaatregeling.
- Aanbevelingen naar andere klimaatcomputerleveranciers

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 klimaatregelingen van een hoger plan, waarbij het productie- en kwaliteitsaspect van de teelt en energie zuinig regelen in elkaars verlengde zullen liggen.

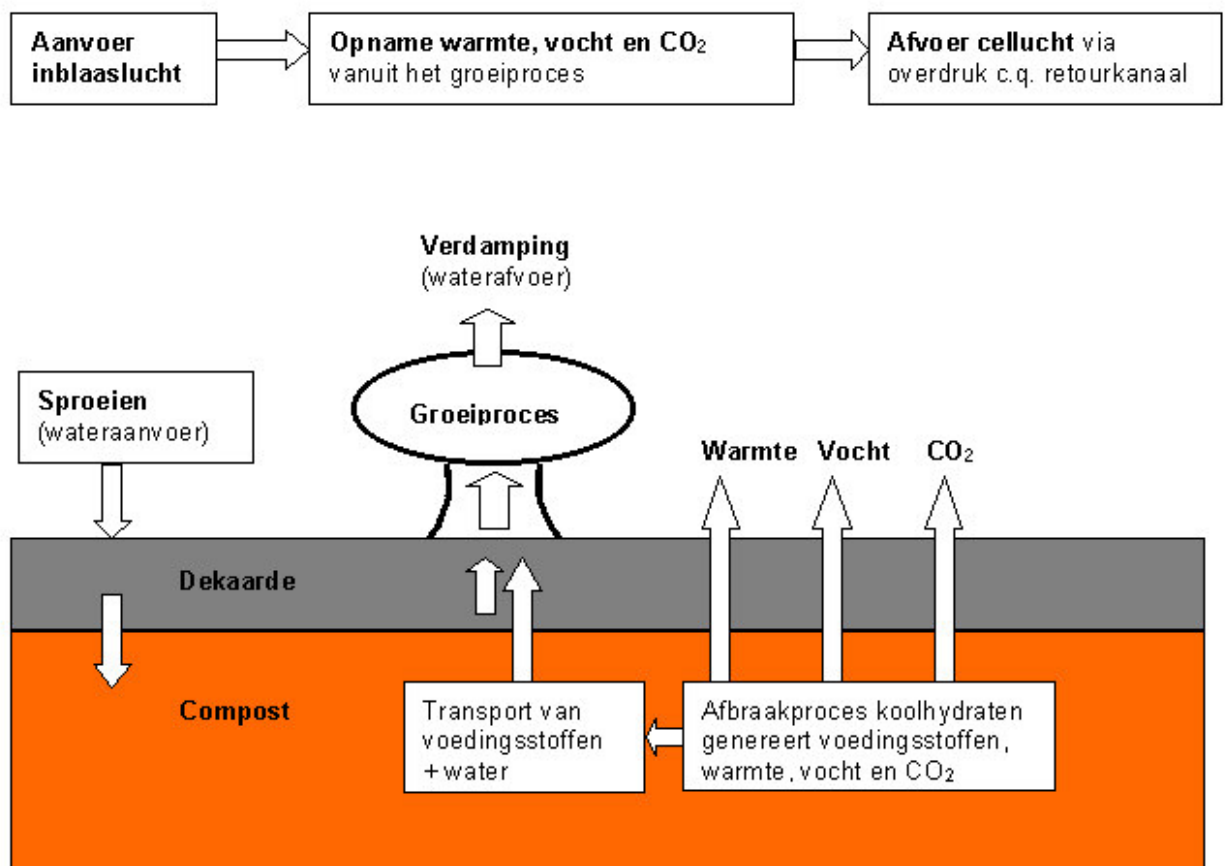
Dit project werd in het kader van de MeerJarenAfspraak Energie paddestoelen gefinancierd door Novem en het Productschap Tuinbouw. CNC en nadien de VPN hebben als belangenbehartiger zorg gedragen voor de inhoudelijke begeleiding.

Horst, januari 2002
J.H. Gielen

3. Invloed groeiproces op klimaat

Buiten de invloed van met name compost en broedras is vooral het samenspel tussen het goed aflezen van de groei, het bepalen van het juiste sproeimoment en -hoeveelheid en het hanteren van een bijbehorend verdampingsklimaat van het hoogste belang. De huidige klimaatregelingen zijn gebaseerd op het nastreven van een klimaatniveau in de teeltruimte. De hoeveelheid warmte, vocht en CO₂ welke vanuit het groeiproces worden afgevoerd, zijn echter niet alleen van dit klimaatniveau afhankelijk, maar ook van het ingeblazen klimaat en de luchthoeveelheid. Het aflezen van groei, (en op basis hiervan bepalen van het juiste sproeimoment en -hoeveelheid en het bijbehorende verdampingsklimaat) kan inzichtelijk gemaakt worden met een warmte-, vocht- en CO₂ meet- en informatiesysteem.

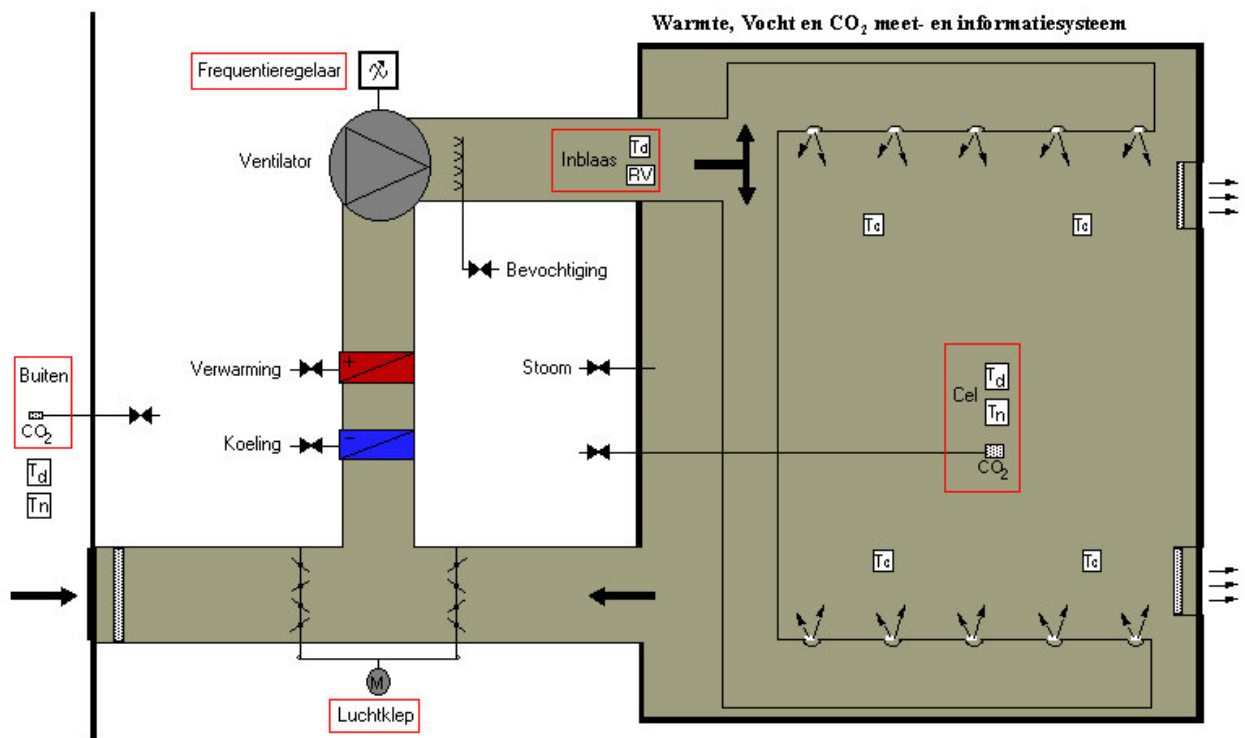
Door het vergelijken van de luchtcondities en luchthoeveelheden van aan- en afvoer, kan op een eenvoudige manier de door de lucht opgenomen hoeveelheid warmte, vocht en CO₂ (vanuit het groeiproces) worden vastgesteld. (Zie het onderstaande schema). Op deze wijze kan men als het ware de "afvalstoffen" van het groeiproces meten, waarbij kan worden gesteld dat er een relatie zal zijn tussen het groeiproces en de hoeveelheid warmte, vocht en CO₂ welke hierdoor worden afgegeven.



4. Werking WVC meetsysteem

4.1. Meetopstelling

Van de in een eerder project toegepaste meetinstallatie is een vereenvoudigde en praktisch toepasbare uitvoering door C point i.s.m. Gicom Composting systems ontwikkeld. 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. Bij de meeste moderne klimaatinstallaties zal een uitbreiding met alleen een elektronische RV meting in de inblaaslucht voldoende zijn om (in combinatie met aangepaste software) de warmte-, vocht- en CO₂-afgifte vanuit het groeiproces te kunnen meten. Het meetsysteem is alleen toe te passen bij het z.g. overdruksysteem, waar het koelen, verwarmen en bevochtigen in de klimaatunit (en niet in de cel) plaatsvindt. Dit omdat alleen de warmte-, vocht- en CO₂-afgifte vanuit het groeiproces dient te worden gemeten.



4.2. Luchthoeveelheden

Bij de vereenvoudigde meetinstallatie worden de benodigde luchthoeveelheden (inblaas en verversing) niet m.b.v. dure en onderhoudsgevoelige meetflenzen gemeten, maar berekend aan de hand van de luchtklepstand en de stand van de frequentieregelaar. De berekende luchthoeveelheden in m³/h dienen via de formules van het Mollierdiagram (zie bijlage) omgerekend te worden naar luchthoeveelheden in kg/h.

Luchthoeveelheden op basis van berekeningen

De inblaasluchthoeveelheid zou in eerste instantie bepaald worden m.b.v. de stand van de frequentieregelaar, het door de frequentieregelaar afgegeven vermogen en de ventilatorkarakteristiek (CNM 400D). De karakteristiek van de ventilator wordt opgebouwd uit een aantal formules met daarbij behorende dimensieloze grootheden (3 stuks). Deze dimensieloze grootheden horen ieder bij een bepaald gedeelte van de karakteristiek. Er zijn ook punten binnen de grafiek die niet direct door deze dimensieloze grootheden vastgelegd zijn. Daarvoor moeten de waarden van de dimensieloze grootheden door interpolatie worden vastgesteld. Hiermee wordt weer een extra stuk onbetrouwbaarheid ingebouwd. De betrouwbaarheid neemt nog verder af omdat met de gebruikte formules maar voor een beperkt gebied van de ventilatorkarakteristiek betrouwbare metingen afgeleid kunnen worden. Daarnaast is het afgeven

vermogen niet in het hele frequentiebereik betrouwbaar. De afwijking kan volgens opgave van de frequentieregelaar-fabrikant variëren van 10-15%. Het meest betrouwbaar is de waarde bij de maximum frequentie (50 Hz). Juist tijdens de teelt draait de ventilator nooit op de maximum frequentie. Vandaar dat de afwijking in afgegeven vermogen ca. 15% zal zijn. Daarnaast is het afgegeven vermogen nog niet gelijk aan het vermogen dat naar de ventilator gaat. Hiervoor moet nog rekening gehouden worden met het rendement van de motor. Bij lagere toerentallen wordt het rendement lager. Door al deze afwijkingen kwamen er in eerste instantie afwijkende meetwaarden voor de inblaasluchthoeveelheid naar voren. De met deze methode bepaalde inblaasluchthoeveelheid gaf dus een dermate grote afwijking dat hiermee niet verder gerekend kon worden.

Enkele voorbeelden:

Vermogen (W)	Toerental (rpm)	Gemeten luchtstroom (m ³ /h)	Berekende luchtstroom (m ³ /h)
760	1136	3100	3490
210	710	1780	1459
190	639	1560	1729
120	568	1340	1235

Luchthoeveelheden op basis van grafiek meetrapport

Om toch tot de juiste luchthoeveelheden voor verversing en inblaas te komen, werd er besloten om de luchthoeveelheidsberekening te doen op basis van een meetrapport van handmatig uitgevoerde luchthoeveelheidsmetingen. Mede omdat de luchtklepkarakteristiek niet lineair verloopt, zijn bij verschillende ventilator- en luchtklepstanden de luchthoeveelheden gemeten. Deze meetgegevens zijn uitgezet in grafieken. Met behulp van een rekenprogramma (Mathcad) zijn uit deze grafieken de uiteindelijke formules afgeleid die specifiek bij deze kwekerij horen. De op deze wijze berekende luchthoeveelheden zijn weliswaar nog beperkt afhankelijk van de variatie in filterweerstand (verversing), maar met tijdig onderhoud is dit te verwaarlozen. Op deze wijze kan men met de bestaande apparatuur en een aanpassing in de software de luchthoeveelheden met voldoende nauwkeurigheid berekenen. Mits er geen grotere aanpassingen in de kwekerij plaatsvinden (overdruk openingen, verschillende soorten filters, luchtkleppe etc.) geeft dit betrouwbare resultaten, waarbij de cellen onderling goed vergeleken kunnen worden.

4.3. Warmte- vocht- en CO2-inhoud

Warmte- en vochtinhoud

Voor het berekenen van de warmte- en vochtafgifte vanuit het groeiproces wordt naast de luchthoeveelheid welke via het inblaaskanaal de cel in wordt geblazen, ook de warmte- en vochtinhoud van de inblaaslucht (aanvoer) en de cellucht (afvoer) gemeten. De warmte- en vochtinhoud kan m.b.v. de formules van het Mollierdiagram (zie bijlage) worden berekend vanuit de droge- en natte voeler c.q. elektronische RV meting. In de cel is al een droge- en natte voeler aanwezig. Daarnaast maakt een moderne klimaatinstallatie ook al gebruik van een inblaasvoeler t.b.v. de inblaasregeling. Door naast de inblaasvoeler ook een elektronische (= onderhoudsvriendelijke) RV meting te plaatsen, beschikt men over alle benodigde meetgegevens. Het plaatsen van een elektronische RV meting in de inblaas is de enige hardwarematige aanpassing welke op een moderne klimaatinstallatie nog nodig is. Bij voorkeur dienen de inblaasvoeler en de elektronische RV meting voldoende ver achter de bevochtiging geplaatst te worden, om zo het juiste inblaasklimaat te kunnen meten zonder een al te directe beïnvloeding door de bevochtiging. Daarnaast dient de elektronische RV sensor zo gemonteerd te worden, dat men deze bij het doodstomen gemakkelijk kan verwijderen uit het inblaaskanaal.

Verwijderen elektronische RV meting tijdens doodstomen

Het testbedrijf was voorzien van een cumulus bevochtigingssysteem. Plaatsing van de elektronische RV achter de cumulus bevochtiging gaf problemen met het verwijderen van de elektronische RV meting tijdens het doodstomen. De RV sensoren moeten n.l. op een eenvoudige manier uit de cel genomen kunnen worden op het moment dat de cel doodgestoomd wordt. De sensor is niet bestand tegen de combinatie van een hoge temperatuur met een hoge luchtvochtigheid. De mogelijkheden om de RV

sensor tijdens het doodstomen automatisch van de inblaaslucht af te schermen dienen bij toepassing op grotere schaal te worden meegenomen.

Correctieberekening bij plaatsing elektronische RV meting vóór bevochtiging

Doordat bij het testbedrijf de elektronische RV meting voor de bevochtiging geplaatst moest worden, zou met een gedeelte van het ingebrachte vocht geen rekening gehouden worden. Om dit te ondervangen is de software op 2 manieren aangepast. Ten eerste is de regeling van het klimaat zodanig gemaakt dat de RV zoveel mogelijk geregeld kan worden met de buitenlucht. Dit betekent dat de CO₂ grenzen vrij ruim ingesteld moeten worden omdat anders de CO₂ meetwaarde buiten zijn grenzen zou komen. Pas als de cel te droog blijft en de CO₂ staat op maximum (bij droge buitenlucht) of op minimum (bij natte buitenlucht), zal de bevochtiging ingeschakeld worden. De invloed van de bevochtiging wordt wel meegenomen in de verdere berekening. Wanneer de bevochtiging op 20% staat, wordt ervan uit gegaan dat 20% van de stuurtijd de lucht 100% verzadigd is. Hiermee wordt rekening gehouden binnen de software bij de berekening van de vochtinhoud van de inblaas.

CO₂-inhoud

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. Het gemeten CO₂ gehalte (in ppm) dient via de formules van het Mollierdigram (zie bijlage) omgerekend te worden naar de CO₂-inhoud (in kg/kg). De benodigde CO₂ metingen 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 echter wel mogelijk, waarbij opgemerkt dient te worden dat de CO₂-afgifte alleen gemeten kan worden als er sprake is van luchtverversing. In een groot deel van de myceliumgroeiperiode wordt er echter zonder luchtverversing gewerkt.

4.4. Berekening warmte-, vocht- en CO₂-afgifte

Nadat de luchthoeveelheden en de warmte-, vocht- en CO₂-inhoud bekend zijn, kan de actuele warmte-, vocht- en CO₂-afgifte vanuit het groeiproces worden berekend. De berekende actuele warmte-, vocht- en CO₂-afgifte worden op het meetoverzicht en als grafiek zichtbaar gemaakt. Het berekenen van de warmte-, vocht- en CO₂-afgifte geschiedt op basis van het onderstaande principe:

$$\begin{aligned}\text{Warmte-afgifte} &= (\text{Warmte-inhoud cel} - \text{Warmte-inhoud inblaas}) * \text{Luchthoeveelheid inblaas} \\ \text{Vochtafgifte} &= (\text{Vochtinhoud cel} - \text{Vochtinhoud inblaas}) * \text{Luchthoeveelheid inblaas} \\ \text{CO}_2\text{-afgifte} &= (\text{CO}_2\text{-inhoud cel} - \text{CO}_2\text{-inhoud vers}) * \text{Luchthoeveelheid vers}\end{aligned}$$

Als voorbeeld volgt de berekening van de warmte-afgifte (de berekening van vocht- en CO₂-afgifte geschiedt op eenzelfde wijze):

$$\text{Warmte-afgifte} = (\text{Warmte-inhoud cel} - \text{Warmte-inhoud inblaas}) * \text{Luchthoeveelheid inblaas}$$

$$\text{Warmte-afgifte(kJ/h)} = (\text{Warmte-inhoud cel (kJ/kg)} - \text{Warmte-inhoud inblaas (kJ/kg)}) * \text{Luchthoeveelheid inblaas (kg/h)}$$

Omdat het praktischer is de warmte-afgifte weer te geven in kW, dient hiervoor nog een omrekening plaats te vinden waarbij geldt:

$$1 \text{ kW} = 1 \text{ kJ/s}$$

$$\text{Warmte-afgifte (kW)} = \text{Warmte-afgifte(kJ/h)} / 3600$$

Zie ook hoofdstuk: Procedure berekening WVC-afgifte.

4.5. Berekening referentie waarden

Naast de actuele waarden van de warmte-, vocht- en CO₂-afgifte worden er ook referentiewaarden berekend, welke op het meetoverzicht en als grafiek zichtbaar worden gemaakt. De onderstaande beschrijving geldt voor zowel de referentiewaarden alsook de referentiegrafieken. Gemakshalve worden echter alleen de grafieken genoemd.

Om de geregistreerde grafieken van de warmte-, vocht- en CO₂-afgifte beter te kunnen beoordelen op eventuele afwijkingen, welke gevolgen voor de teeltresultaten kunnen hebben, is het mogelijk om deze met een bedrijfseigen referentiegrafiek te vergelijken. Deze referentiegrafiek wordt opgebouwd uit een selectie van al eerder geregistreerde teelten. De teler kan een selectie maken welke b.v. gebaseerd is op alle voorgaande teelten met goede resultaten, of op basis van teelten uit de lenteperiode enz. Door dit zelflerend principe ontstaat er in de klimaatcomputer een "ideale" referentiegrafiek, welke telkens op basis van de betere teelten kan worden herberekend. Het is mogelijk om meerdere referentiegrafieken (eventueel per seizoen) in het systeem op te slaan.

Het doel van de referentiegrafiek is om de kweker in staat te stellen vroegtijdig groeistoringen te detecteren en hierop in te grijpen middels teeltmaatregelen of klimaataanpassingen. Het nastreven van een stabiele warmte-, vocht- en CO₂-afgifte zal een positieve invloed hebben op het energieverbruik de productie en de kwaliteit. In een vervolgfase kunnen er mogelijk klimaatregelingen worden ontwikkeld welke automatisch het klimaat corrigeren, zodra de warmte-, vocht- en CO₂-afgifte afwijken t.o.v. de "ideale" referentiegrafiek.

T.b.v. het samenstellen van de referentiegrafieken is het van belang, dat eventuele tijdsverschuivingen tussen de diverse teelten welke voor het samenstellen van de referentiegrafieken worden gebruikt, in tijd kunnen worden gesynchroniseerd. Hiertoe is de teelt in ijkmomenten ingedeeld, waarbij de berekening van de gemiddelde referentiegrafiek wordt gesynchroniseerd. Het onderstaande schermoverzicht laat zien dat er in totaal 14 van deze ijkmomenten zijn gedefinieerd.

Copyright GICOM b.v. HOLLAND Programma W. Goossens Bakel
Ijkmomenten UL102.005

NR	Omschrijving	Datum	Starttijd	Recordnr	Refrecordnr
1	Start cyclus	16 Aug-2001	15.00	3	1
2	Start ingroeideka.	18 Aug-2001	7.00	83	85
3	Start hetstelgroei	25 Aug-2001	8.00	421	429
4	Start afventileren	27 Aug-2001	18.00	537	552
5	Start knopvorming	27 Aug-2001	21.00	543	558
6	Start CO ₂ Dope	1 Sep-2001	16.00	773	759
7	Einde CO ₂ Dope	1 Sep-2001	19.30	780	770
8	Start knop 1e vl.	4 Sep-2001	20.30	926	895
9	Start 1e vlucht	7 Sep-2001	8.00	1045	1182
10	Start knop 2e vl.	12 Sep-2001	8.00	1285	1386
11	Start 2e vlucht	17 Sep-2001	8.00	1525	1590
12	Start knop 3e vl.	19 Sep-2001	8.00	1621	1738
13	Start 3e vlucht	24 Sep-2001	8.00	1861	1977
14	Start Doodstomen	28 Sep-2001	10.00	2057	2195

<+/->=Veranderen ykpunten, <ESC>=Terug, <Y>=Scan grafiek, <C>=Recalc Cum, <R>=Ref

De 14 ijkmomenten welke bij elke grafiek worden geregistreerd c.q. dienen te worden ingegeven, zullen bij het berekenen van de referentiegrafiek worden gesynchroniseerd met de grafiekgegevens van de andere cellen welke zijn geselecteerd. De 14 ijkmomenten geven de belangrijkste overgangssituaties in de teelt aan op basis van de volgende criteria:

- 1 Start cyclus
Dit is het moment waarop de computer overschakelt van fase 6.0 naar fase 6.1 (start Myceliumgroei). Deze overschakeling gebeurt door de kweker zelf, maar kan ook achteraf gesignaleerd worden uit een grafiek.
- 2 Temperatuurpiek na vullen
Dit moment wordt alleen achteraf bepaald uit de grafiekgegevens door het moment waarop (minimaal 1,5 dag vanaf start Myceliumgroei) de gemiddelde composttemperatuur 0,5 graden is gezakt onder de geregistreerde composttemperatuurpiek.
- 3 Start herstelgroei
Dit moment wordt bepaald door het moment waarop de computer signaleert dat de regelwaarde compost verhoogd wordt tot boven de 26 °C en de ventilatorstand verlaagd wordt tot onder de 80%. Dit gebeurt door de kweker zelf, maar kan ook achteraf gesignaleerd worden uit een grafiek.
- 4 Start afventileren.
Dit is het moment waarop de computer in fase 7.1 (start Afventileren) gezet wordt. Dit gebeurt handmatig door de kweker of eventueel op basis van een vooraf ingegeven tijd. Het kan ook achteraf bepaald worden uit de grafiek.
- 5 Start knopvorming
Dit is het moment waarop fase 7.2 (Knopvorming) ingeschakeld wordt. Dit gebeurt wanneer de wachttijd voor CO₂ meten voorbij is. Dit moment kan ook achteraf bepaald worden uit de grafiek.
- 6 Start CO₂ dope
Dit is het moment waarop de luchtklep maximum van een hoge waarde naar minder dan 5% gezet wordt. Dit gebeurt door de kweker zelf, maar kan ook achteraf gesignaleerd worden uit een grafiek.
- 7 Einde CO₂ dope
Dit is het moment waarop de luchtklep maximum weer hoger dan 5% gezet wordt.
Dit gebeurt door de kweker zelf, maar kan ook achteraf gesignaleerd worden uit een grafiek.
- 8 Start knopuitgroei 1e vlucht
Dit is het moment dat de computer overschakelt van fase 8.0 naar 8.1 (start Oogstfase). Deze overgang wordt geïnitieerd door de kweker door van fase 7.2 over te schakelen naar fase 8.0. Dit moment kan ook achteraf bepaald worden uit de grafiek.
- 9 Start oogst 1e vlucht
Moet achteraf aangegeven worden.
- 10 Start knopuitgroei 2e vlucht
Moet achteraf aangegeven worden.
- 11 Start oogst 2e vlucht
Moet achteraf aangegeven worden.
- 12 Start knopuitgroei 3e vlucht
Moet achteraf aangegeven worden.
- 13 Start oogst 3e vlucht
Moet achteraf aangegeven worden.
- 14 Start doodstomen
Dit is het moment waarop door de kweker overgeschakeld wordt van fase 8.x naar fase 9 (start Doodstomen). Dit moment kan ook achteraf bepaald worden uit de grafiek.

Het vaststellen van de ijkmomenten dient indien mogelijk nog verder geautomatiseerd te worden, zodat het achteraf handmatig invoeren zoveel mogelijk kan worden beperkt.

4.6. Berekening cumulatieve waarden

Naast de actuele waarden en de referentiewaarden van de warmte-, vocht-, CO₂-afgifte worden ook de cumulatieve hoeveelheden hiervan berekend. Deze cumulatieve waarden geven de (tot op dat moment) totaal afgegeven hoeveelheden warmte, vocht en CO₂ weer. Ook bij de cumulatieve waarden is er sprake van actuele waarden en referentiewaarden. Op het meetoverzicht en als grafiek worden dus tevens de cumulatieve actuele warmte-, vocht- en CO₂-afgifte en de cumulatieve referentie warmte-, vocht- en CO₂-afgifte.

4.7. Procedure berekening WVC-afgifte

De uiteindelijke berekening van de actuele en cumulatieve WVC-afgifte geschiedt in 3 stappen. In eerste instantie dienen de onderstaande meetgegevens vanuit de klimaatcomputer te worden aangeleverd:

1 Benodigde meetgegevens klimaatcomputer

Td, Tn (c.q. elektr. RV) en CO ₂ gehalte:	verse lucht
Td en elektr. RV:	inblaaslucht
Td, Tn en CO ₂ gehalte:	cellucht
Luchthoeveelheid (softwarematig in m ³ /h):	verse lucht en inblaaslucht

Op basis van deze meetgegevens en de formules uit het Mollierdiagram (zie bijlage formules Mollierdiagram) kunnen hierna de volgende tussengegevens worden berekend:

2 Berekeningen tussengegevens m.b.v. formules Mollierdiagram

Soortelijke massa (kg/m ³):	verse lucht, inblaaslucht en cellucht
Warmte-inhoud (kJ/kg):	inblaaslucht en cellucht
Vochtinhoud (kg/kg):	inblaaslucht en cellucht
CO ₂ -inhoud (kg/kg):	verse lucht en cellucht

Als laatste kunnen vanuit deze tussengegevens en de formules voor het berekenen van de WVC-afgifte (zie bijlage formules WVC-afgifte) de onderstaande actuele en cumulatieve WVC-afgiftes worden berekend:

3 Berekening actuele en cumulatieve WVC-afgifte

Warmte-afgifte (kW)
Cumulatieve warmte-afgifte (kWh)
Vochtafgifte (kg/h)
Cumulatieve vochtafgifte (kg)
CO ₂ -afgifte (kg/h)
Cumulatieve CO ₂ -afgifte (kg)

5. Praktijktest

5.1. Meetoverzicht

Naast het standaard meetoverzicht is het klimaatcomputersysteem uitgebreid met een extra meetoverzicht, waarop tevens alle extra meetgegevens zichtbaar zijn gemaakt. Het betreft hier met name de rood omkaderde meetgegevens op het onderstaande meetoverzicht. Ter verduidelijking: de warmte-, vocht- en CO₂-afgifte zijn meetgegevens m.b.t. het groeiproces, waarop (vooralsnog) niet wordt geregeld. Dezelfde gegevens zijn ook als grafiek beschikbaar.

GICOM b.v. HOLLAND 0321-332682 Y2K 04-Feb-2002						22:35
Buiten temp.	0.0 °C	R.U. buiten		99.9 %		
Natte bol	0.0 °C	CO ₂ buiten		0 ppm		
CEL	1	2	3	4	5	6
Teeltfase	8.1	8.1	7.2	6.1	6.1	8.1
Luchttemperatuur °C	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
RU cel	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Composttemp.gem. °C	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Composttemp. 1 °C	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Composttemp. 2 °C	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Composttemp. 3 °C	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Composttemp. 4 °C	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
El Id inblaas °C	20.6	20.1	14.9	11.8	0.0	0.0
El R.U. inblaas %	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
CO ₂ gehalte ppm	0	0	0	0	0	0
Vent. Frequentie Hz	19.0	21.0	25.0	50.0	0.0	0.0
Vent vermogen W	100	130	190	1000	0	0
Elber.luchtstr inbl.	1649	1820	2133	4235	0	0
Elber.luchtstr vers.	1115	1241	1054	3117	0	0
Elber.luchtstr rec.	513	557	1089	1154	0	0
Luchtklep aanv.rw.%	58	59	39	63	56	70
Verwarming rw. %	29	23	0	0	0	47
Koeling rw. %	0	0	100	0	0	0
Bevocht.stoom rw. %	0	0	0	0	0	0
Entalpie cel kJ/kg	46.8	46.0	50.6	40.1	39.9	46.8
Vochtgeh. cel kg/kg	11.2	11.1	12.7	10.0	10.1	11.2
Cel:Co2-inh (g/kg)	1.6	1.5	1.8	0.0	0.0	1.5
Entalpie inblaas	40.2	41.5	40.1	24.9	35.3	59.9
Vochtgehalte inblaas	7.7	8.4	9.9	5.1	9.0	15.3
CO ₂ inhoud inblaas	0.9	0.8	1.2	0.4	0.0	0.0
Warmte afgifte kW	3.6	2.7	7.6	22.2	0.0	0.0
Ref:Warmte-af (kW)	14.9	14.9	14.9	14.9	14.9	14.9
Vocht afgift kg/h	7.0	5.9	7.2	25.7	0.0	0.0
Ref:Vocht-af (kg/h)	14.5	14.5	14.5	14.5	14.5	14.5
CO ₂ afgifte kg/h	1.4	1.4	1.6	0.0	0.0	0.0
Ref:Co2-af (kg/h)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
CumC:Warmte-af (kWh)	1582	4276	2848	1544	0	0
CumR:Warmte-af (kWh)	1246	1246	1246	1246	1246	1246
CumC:Vocht-af (kg)	2171	5042	2697	1555	0	0
CumR:Vocht-af (kg)	1214	1214	1214	1214	1214	1214
CumC:Co2-af (kg)	521	235	84	0	0	0
CumR:Co2-af (kg)	0	0	0	0	0	0

5.2. Bevindingen teler

Ervaringen teler

Het systeem geeft veel informatie. Zoveel dat het wel eens verwarrend kan werken. Je bent tenslotte 1 systeem gewend om mee te werken en als er dan veel extra gegevens bij komen is het lastig om direct aan de nieuwe gegevens te zien wat er in een cel gebeurt. Het is een mooi systeem waar je vertrouwd mee moet raken. Als er iets in de cel aan de hand is ben je nog snel geneigd om naar het oude systeem te kijken. Om de introductie van zo'n warmte-, vocht- en CO₂ meet- en informatiesysteem te vergemakkelijken moet het oude systeem weggelaten worden. Tijdens de teelt worden de gegevens vaak vergeleken met de referentiegrafieken. Komen de cijfers overeen dan zal de teelt normaal verlopen. Wijken de waarden van de cumulatieve lijnen van de actuele teelt veel af van de referentie lijnen dan weet je dat je iets kunt verwachten. Is bijvoorbeeld de warmte-afgifte hoger dan de referentiewaarden dan moet je waakzaam zijn dat er niet te veel stuks ontstaan. Dit was in een eerste vlucht met veel stuks duidelijk waarneembaar in de grafiek. Ook als bijvoorbeeld de champignons eerder afrijpen dan is in de grafiek duidelijk terug te vinden dat de warmte-afgifte groter is dan normaal. Verder zijn fouten / tegenstrijdigheden in de klimaatregeling (eerder) op te sporen. Met bijvoorbeeld de gemeten vochtafgifte kan duidelijk worden dat de bevochtiging overbodig aanstaat. Het systeem zie ik zeker zitten. Vooral als het gekoppeld kan worden aan gegevens uit een tunnelbedrijf waar de compost vandaan komt. Aan de hand van de gemeten activiteit weet je eerder hoe je op de compost moet inspringen als deze aankomt op je bedrijf. Ook met bijvoorbeeld de vochtafgifte en groei moet het in de toekomst mogelijk zijn om hier een sproeirobot op aan te sturen.

Kortom: het is een goed informatief systeem waar je vertrouwd mee moet raken met vele mogelijkheden voor de toekomst (tunnelbedrijven, sproeien, voorkomen teeltproblemen, etc.)

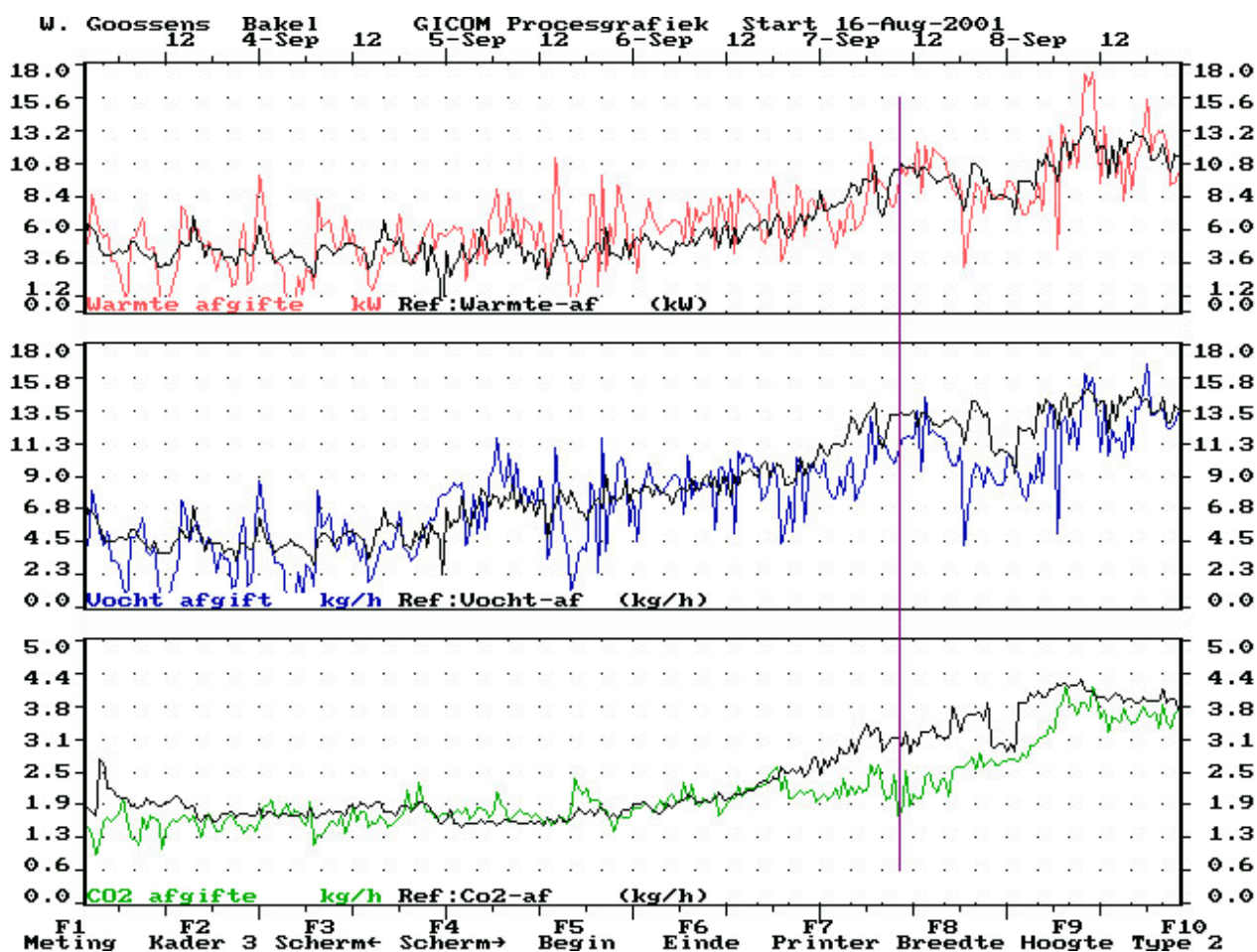
Wim Goossens

6. Resultaten

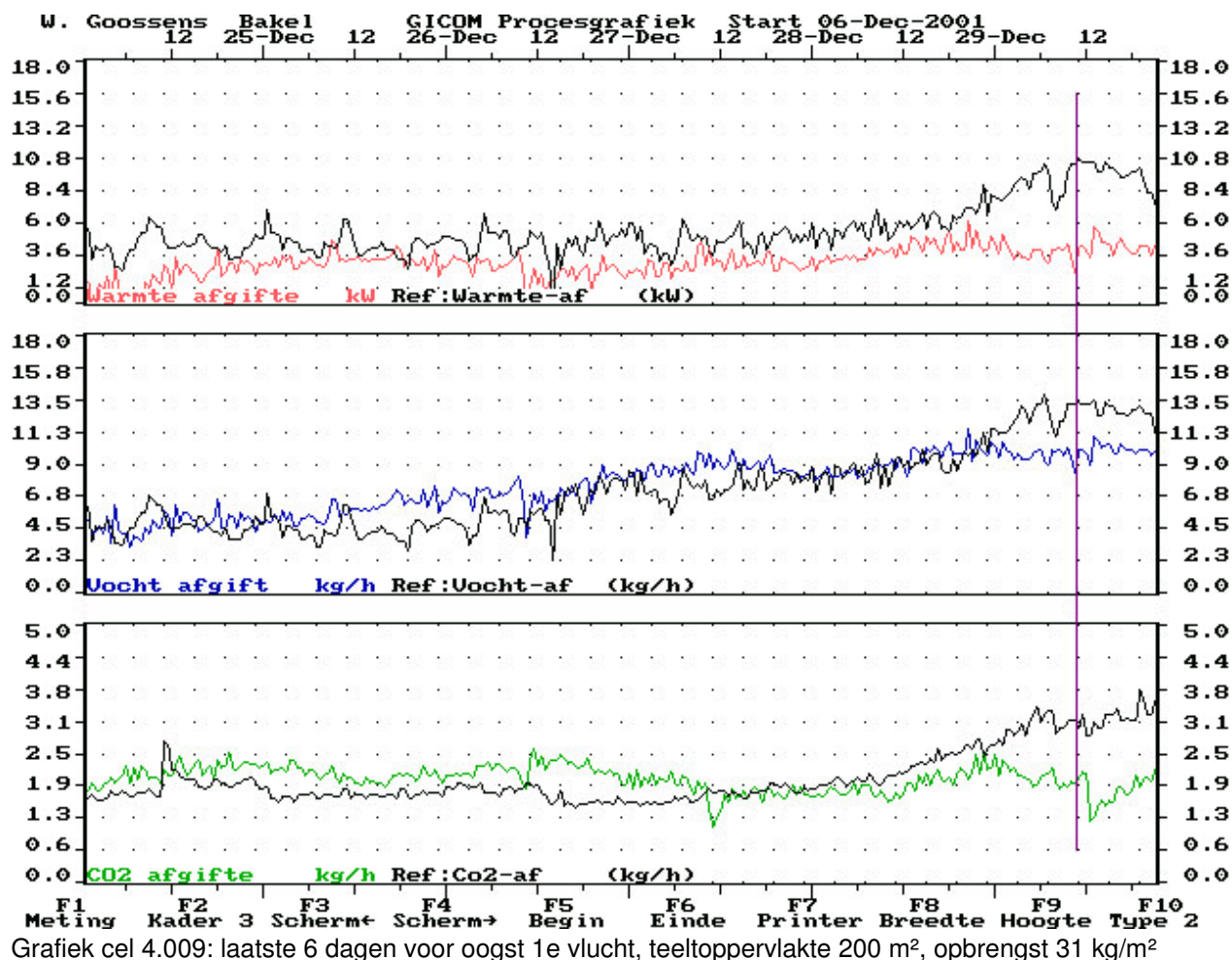
6.1. Actuele WVC-afgiftes + referentiewaarden

In dit project was de ontwikkeling en de test van het meetsysteem het hoofddoel. De inhoudelijke analyse van de warmte-, vocht- en CO₂-afgifte in relatie met de teeltresultaten dient in vervolgprojecten plaats te vinden. Hierbij kan dan worden gedacht aan het kwantificeren van de warmte-, vocht- en CO₂-afgifte voor zowel pluk- als snijbedrijven. Daarnaast kan de bandbreedte van de warmte-, vocht- en CO₂-afgifte worden vastgesteld waarbinnen men moet blijven om geen nadelige effecten op de productie of de kwaliteit te ondervinden. Ook de mogelijkheden voor koppeling aan de klimaatregeling kunnen hierbij nader worden geanalyseerd. Door op grotere schaal dit meetsysteem toe te passen zullen de relevante gegevens en de mogelijkheden hiervan snel duidelijk worden.

Op basis van de geregistreerde gegevens van 12 teelten tijdens de testperiode van het meetsysteem, kunnen de eerste bevindingen al worden aangegeven. Ter verduidelijking wordt hierbij gebruik gemaakt van de grafieken uit cel 2 (hoge opbrengst: 36 kg/m²) en de grafieken uit cel 4 (lage opbrengst: 31 kg/m²). In de onderstaande grafieken zijn de actuele en de referentie warmte-, vocht- en CO₂-afgifte weergegeven over een periode van de laatste 6 dagen voor het oogsten (plukken) van de 1e vlucht. De gegevens hebben betrekking op een teeltoppervlakte van 200 m². Er is een tijdsverschuiving tussen beide grafieken, maar door de naderhand ingetekende leeslijnen op de referentiegrafieken als uitgangspunt te nemen kan men beide teelten vergelijken.



Grafiek cel 2.005: laatste 6 dagen voor oogst 1e vlucht, teeltoppervlakte 200 m², opbrengst 36 kg/m²



Bevindingen

- **Warmte-afgifte:** Over het gehele bereik ligt de warmte-afgifte van cel 2 rond de referentiewaarde of zelfs iets hoger. De warmte-afgifte van cel 4 ligt over het gehele bereik duidelijk lager, waarbij met name opvalt dat deze op het einde van de uitgroei niet wil stijgen en zelfs iets daalt. Op het tijdstip van de leeslijn is de waarde voor de referentie warmte-afgifte afgerond 11 kW. De actuele warmte-afgifte van cel 4 ligt op dat moment maar op afgerond 4 kW. De actuele warmte-afgifte van cel 2 ligt op dat moment op afgerond 11 kW.
- **Vochtafgifte:** Over het gehele bereik ligt de vochtafgifte van cel 2 rond de referentiewaarde of iets lager. De vochtafgifte van cel 4 ligt over het gehele bereik gelijk of iets hoger, behalve op het einde van de uitgroei waar de vochtafgifte niet wil stijgen en zelfs iets daalt. Op het tijdstip van de leeslijn is de waarde voor de referentie vochtafgifte afgerond 13,5 kg/h (= liter/uur). De actuele vochtafgifte van cel 4 ligt op dat moment duidelijk lager op afgerond 9,5 kg/h. De actuele vochtafgifte van cel 2 ligt op dat moment iets lager op afgerond 11 kg/h.
- **CO₂-afgifte:** Over het gehele bereik ligt de CO₂-afgifte van cel 2 rond de referentiewaarde of iets lager, vooral op het einde van de uitgroei waar de CO₂-afgifte in eerste instantie niet wil stijgen. De CO₂-afgifte van cel 4 ligt over het gehele bereik duidelijk iets hoger, behalve op het einde van de uitgroei waar de CO₂-afgifte niet wil stijgen en zelfs daalt. Op het tijdstip van de leeslijn is de waarde voor de referentie CO₂-afgifte afgerond 3 kg/h. De actuele CO₂-afgifte van cel 4 ligt op dat moment duidelijk lager op afgerond 2 kg/h. De actuele CO₂-afgifte van cel 2 ligt op dat moment ook lager op afgerond 2,3 kg/h.

Samenvatting

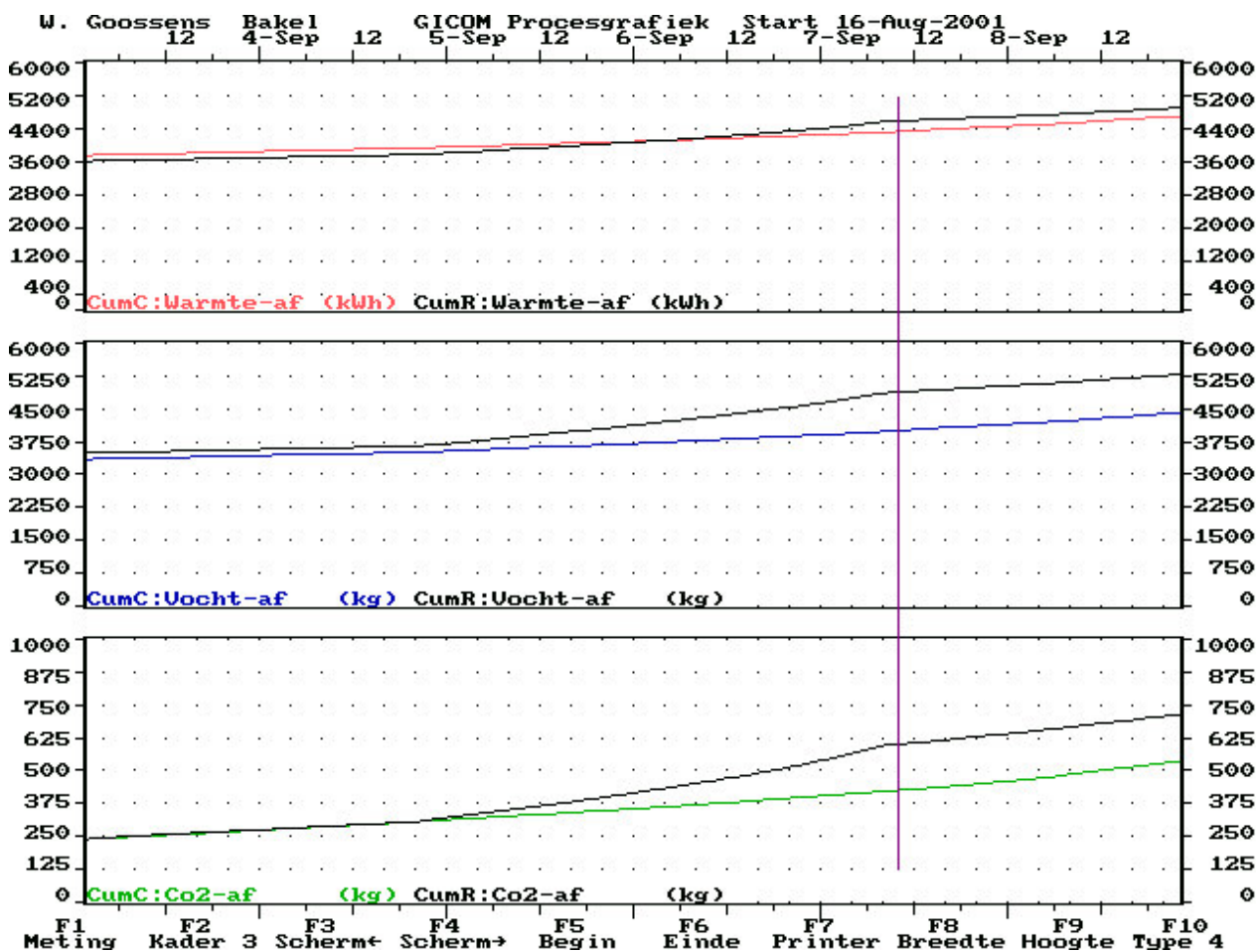
- **Cel 2:** De warmte-, vocht- en CO₂-afgifte komen over het algemeen overeen met de referentielijnen, waardoor er weinig aanleiding was om in te grijpen. Door de referentielijnen via het zelflerende principe verder te optimaliseren, kunnen eventuele afwijkingen steeds beter zichtbaar gemaakt worden en krijgt de teler meer handvaten aangereikt voor het bijsturen van de teelt. Tevens kan worden opgemerkt dat de warmte-, vocht- en CO₂-afgifte (met name de warmte- en vochtafgifte in cel 2) grote pendelingen te zien geeft. Deze kunnen worden veroorzaakt door variaties in de ventilatorstand en de luchtklepstand, maar vooral door variaties in het inblaasklimaat. Op basis van deze meetgegevens kunnen de mogelijkheden voor een verdere verbetering van de inblaasmeting en -regeling bekeken worden. Een stabiel inblaasklimaat leidt tot een stabiele warmte-, vocht- en CO₂-afgifte (+ referentiewaarden), wat een lager energiegebruik tot gevolg heeft en tot betere teeltresultaten zal leiden.
- **Cel 4:** Kijkt men naar de beginperiode van de uitgroei, dan zou men op basis van de vocht- en CO₂-afgifte hogere opbrengsten verwachten dan er zijn gerealiseerd. De warmte-afgifte over de gehele periode en het niet willen stijgen c.q. zelfs dalen van de warmte-, vocht- en CO₂-afgifte aan het einde van de uitgroei liggen echter wel in lijn met de lagere opbrengsten. Hieruit valt te concluderen, dat er in het begin van de uitgroei waarschijnlijk teveel is geventileerd (in winterperiode) t.o.v. de beschikbare activiteit in de compost. Naast extra energiekosten, valt de teelt hierdoor aan het einde van de uitgroei als het ware stil met alle gevolgen van dien voor de opbrengstresultaten. De grafieken gaven aan dat de compost gemakkelijk vocht en CO₂ kon afgeven, maar geen warmte. Deze informatie had kunnen worden gebruikt bij de keuzes voor sproeibeurt en klimaatinstellingen.

Aanknopingspunten relatie warmte-, vocht- en CO₂-afgifte en opbrengsten

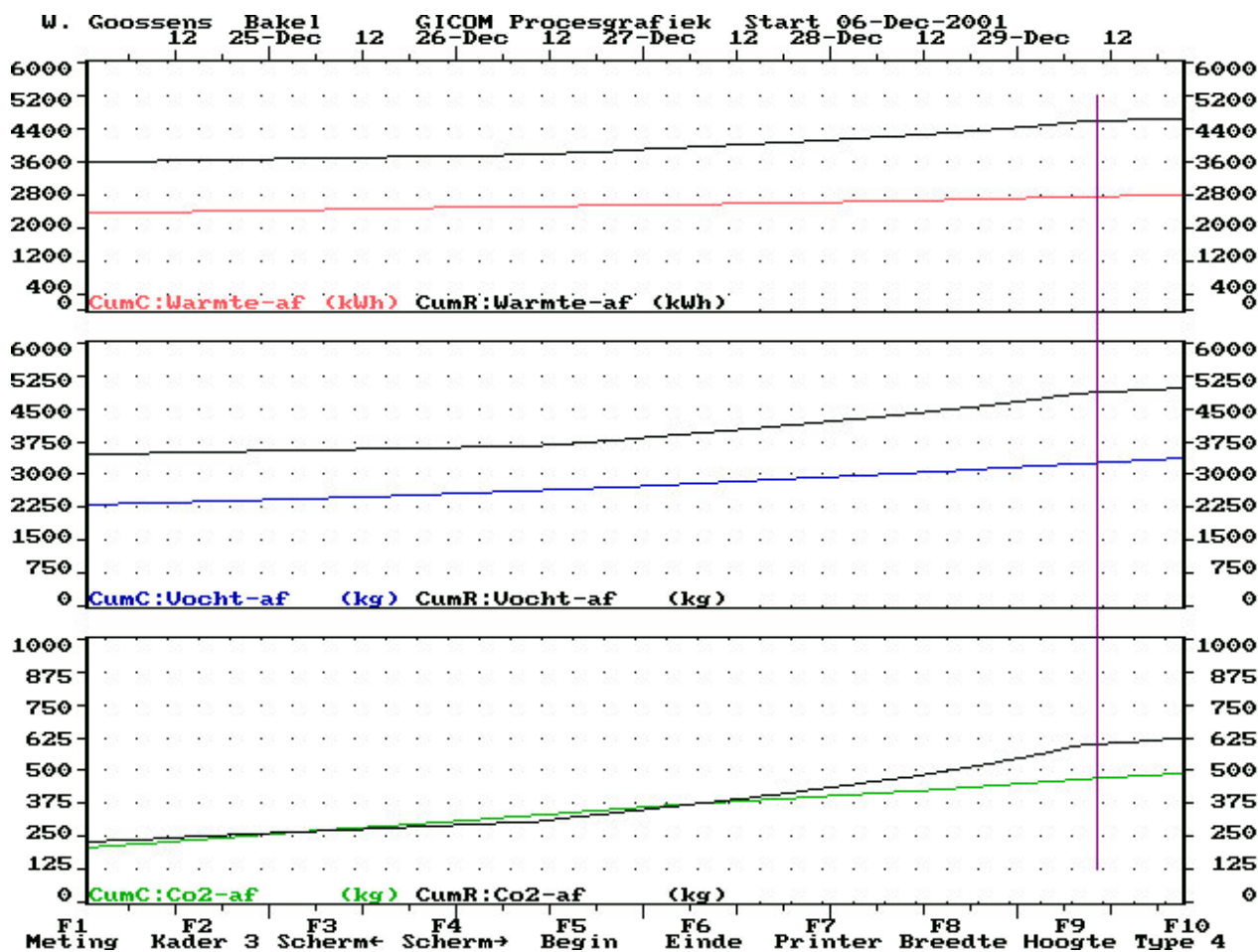
- Warmte-afgifte
- Stijging warmte-, vocht- en CO₂-afgifte aan het einde van de uitgroei

6.2. Cumulatieve WVC-afgiftes + referentiewaarden

Op basis van de geregistreerde gegevens van 12 teelten tijdens de testperiode van het meetsysteem, kunnen de eerste bevindingen al worden aangegeven. Ter verduidelijking wordt hierbij gebruik gemaakt van de grafieken uit cel 2 (hoge opbrengst: 36 kg/m²) en de grafieken uit cel 4 (lage opbrengst: 31 kg/m²). In de onderstaande grafieken zijn de cumulatieve actuele warmte-, vocht- en CO₂-afgifte en de cumulatieve referentie warmte-, vocht- en CO₂-afgifte weergegeven over een periode van de laatste 6 dagen voor het oogsten (plukken) van de 1e vlucht. De gegevens hebben betrekking op een teeltoppervlakte van 200 m². Er is een tijdsverschuiving tussen beide grafieken, maar door de naderhand ingetekende leeslijnen op de referentiegrafieken als uitgangspunt te nemen kan men beide teelten vergelijken.



Cumulatieve grafiek cel 2.005: laatste 6 dagen voor oogst 1e vlucht, teeltoppervlakte 200 m², opbrengst 36 kg/m²



Cumulative grafiek cel 4.009: laatste 6 dagen voor oogst 1e vlucht, teeltoppervlakte 200 m², opbrengst 31 kg/m²

Bevindingen

- **Cumulative warmte-afgifte:** In het begin van de uitgroei ligt de cumulatieve warmte-afgifte van cel 2 iets hoger en op het einde van de uitgroei iets lager dan de cumulatieve referentiewaarde. De cumulatieve warmte-afgifte van cel 4 ligt over het gehele bereik duidelijk lager, waarbij met name opvalt dat deze op het einde van de uitgroei nagenoeg niet wil stijgen. Op het tijdstip van de leeslijn is de waarde voor de cumulatieve referentie warmte-afgifte afgerond 4600 kWh. De cumulatieve actuele warmte-afgifte van cel 4 ligt op dat moment maar op afgerond 2800 kWh. De cumulatieve actuele warmte-afgifte van cel 2 ligt op dat moment op afgerond 4400 kWh.
- **Cumulative vochtafgifte:** In het begin van de uitgroei ligt de cumulatieve vochtafgifte van cel 2 iets lager en op het einde van de uitgroei duidelijk lager (er is wel een stijging) dan de cumulatieve referentiewaarde. De cumulatieve vochtafgifte van cel 4 ligt over het gehele bereik duidelijk lager, waarbij met name opvalt dat deze op het einde van de uitgroei weinig wil stijgen. Op het tijdstip van de leeslijn is de waarde voor de cumulatieve vochtafgifte afgerond 4900 kg (= liter). De cumulatieve actuele vochtafgifte van cel 4 ligt op dat moment maar op afgerond 3200 kg. De cumulatieve actuele vochtafgifte van cel 2 ligt op dat moment op afgerond 4000 kg.
- **Cumulative CO₂-afgifte:** In het begin van de uitgroei ligt de cumulatieve CO₂-afgifte van zowel cel 2 alsook cel 4 ongeveer gelijk en op het einde van de uitgroei duidelijk lager (er is wel een stijging) dan de cumulatieve referentiewaarde. Op het tijdstip van de leeslijn is de waarde voor de cumulatieve CO₂-afgifte vanaf start afventileren afgerond 600 kg. De cumulatieve actuele CO₂-afgifte van cel 4 ligt op dat moment lager op afgerond 475 kg. De cumulatieve actuele CO₂-afgifte van cel 2 ligt op dat moment duidelijk lager op afgerond 425 kg.

Samenvatting

- **Cel 2:** De cumulatieve warmte-afgifte komt over het algemeen overeen met de cumulatieve referentielijn. De cumulatieve vocht- en CO₂-afgifte ligt in het begin van de uitgroei ongeveer gelijk, maar blijft in het laatste deel van de uitgroei duidelijk achter bij de cumulatieve referentielijnen voor vocht- en CO₂-afgifte (er is wel een stijging). Interessant is dat dit geen negatieve effecten op de opbrengst heeft gehad, wat een eerste signaal zou kunnen zijn dat er vooral een relatie is tussen de cumulatieve warmte-afgifte van een teelt en de uiteindelijke opbrengsten. Dit zou een van de aanknopingspunten kunnen zijn van een inhoudelijke analyse in eventuele vervolgprojecten.
- **Cel 4:** De cumulatieve warmte- en vochtafgifte liggen over de gehele uitgroeiperiode duidelijk lager dan de cumulatieve referentielijnen. Daarnaast is er aan het einde van de uitgroei maar een zeer beperkte stijging waar te nemen. De cumulatieve CO₂-afgifte ligt in het begin van de uitgroei ongeveer gelijk, maar blijft in het laatste deel van de uitgroei duidelijk achter bij de cumulatieve referentielijn (er is wel een stijging). Ook hier is weer een relatie waar te nemen tussen de cumulatieve warmte-afgifte van een teelt en de uiteindelijke opbrengsten. Omdat in vergelijking met cel 2 de cumulatieve vochtafgifte met name in het begin van de uitgroei veel lager ligt, zou dit ook op een relatie met de uiteindelijke opbrengsten kunnen duiden. Deze informatie had kunnen worden gebruikt bij de keuzes voor sproeibeurten en klimaatinstellingen.

Aanknopingspunten relatie cumulatieve warmte-, vocht- en CO₂-afgifte en opbrengsten

- Cumulatieve warmte-afgifte
- Cumulatieve vochtafgifte aan het begin van de uitgroei
- Stijging cumulatieve warmte-, vocht- en CO₂-afgifte aan het einde van de uitgroei

6.3. Cumulatieve waarden op ijkmomenten

Voor het samenstellen van de referentiewaarden en grafieken zijn er 14 ijkmomenten gedefinieerd, welke de belangrijkste overgangssituaties in de teelt aangeven. In de onderstaande tabel zijn (behalve de opbrengsten per vlucht en de kwaliteitsverhouding) de cumulatieve warmte-, vocht- en CO₂-afgifte op deze ijkmomenten aangegeven. De cumulatieve CO₂-afgifte wordt pas gemeten vanaf start afventileren!

Cel 02.005: 200 m ²	Datum	Starttijd	Cum W-afgifte (kWh)	Cum V-afgifte (kg)	Cum C-afgifte (kg)	kg/m ²	Productie	1e kwal.	2/3e kwal.
1 Start cyclus	16-aug-01	15:00	0	0	0				
2 Start ingroei deka.	18-aug-01	7:00	775	676	0				
3 Start herstelgroei	25-aug-01	8:00	2450	2122	0				
4 Start afventileren	27-aug-01	18:00	2711	2367	0				
5 Start knopvorming	27-aug-01	21:00	2721	2384	1				
6 Start CO ₂ dope	01-sep-01	16:00	3610	3220	189				
7 Einde CO ₂ dope	01-sep-01	19:30	3629	3237	193				
8 Start knop 1e vl.	04-sep-01	20:30	3931	3514	307				
9 Start 1e vlucht	07-sep-01	8:00	4309	3983	422				
10 Start knop 2e vl.	12-sep-01	8:00	5708	5522	859	18,6	1e vlucht		
11 Start 2e vlucht	17-sep-01	8:00	6595	6674	1115				
12 Start knop 3e vl.	19-sep-01	8:00	6981	7180	1233	12,7	2e vlucht		
13 Start 3e vlucht	24-sep-01	8:00	7542	8060	1417				
14 Start Doodstomen	28-sep-01	10:00	7960	8744	1536	4,6	3e vlucht		
						36	totaal	75%	25%
Cel 04.009: 200 m ²	Datum	Starttijd	Cum W-afgifte (kWh)	Cum V-afgifte (kg)	Cum C-afgifte (kg)	kg/m ²	Productie	1e kwal.	2/3e kwal.
1 Start cyclus	06-dec-01	13:00	0	0	0				
2 Start ingroei deka.	08-dec-01	8:30	525	452	0				
3 Start herstelgroei	15-dec-01	13:30	1714	1495	0				
4 Start afventileren	18-dec-01	21:00	1735	1512	0				
5 Start knopvorming	19-dec-01	0:00	1748	1533	1				
6 Start CO ₂ dope	22-dec-01	11:30	2269	2140	167				
7 Einde CO ₂ dope	22-dec-01	21:30	2276	2145	169				
8 Start knop 1e vl.	26-dec-01	10:30	2518	2638	331				
9 Start 1e vlucht	29-dec-01	8:00	2742	3246	467				
10 Start knop 2e vl.	04-jan-02	12:00	3729	5027	931	13,5	1e vlucht		
11 Start 2e vlucht	07-jan-02	8:00	4062	5689	1106				
12 Start knop 3e vl.	11-jan-02	12:00	4573	6780	1366	9,9	2e vlucht		
13 Start 3e vlucht	18-jan-02	8:00	5283	8433	1683				
14 Start Doodstomen	21-jan-02	12:00	5611	9151	1798	7,6	3e vlucht		
						31	totaal	85%	15%

In de bovenstaande tabel is ook het percentage 1e kwaliteit te zien, dat bij cel 2 lager lag (75%) dan cel 4 (85%). Cel 2 had dus de hoogste warmte-afgifte en de hoogste productie, maar wel de laagste kwaliteit. Dit kan vooral zijn veroorzaakt door de relatief grote pendelingen in vooral de warmte- en vochtafgifte, zoals deze op de grafiek van de actuele warmte-, vocht- en CO₂-afgifte van cel 2 te zien zijn. De grafiek van cel 4 geeft een stabiel beeld, wat in lijn ligt met de betere kwaliteit. (zie actuele grafieken)

Om de relatie met de cumulatieve waarden en de productie per vlucht met elkaar in verband te brengen is de toename van de cumulatieve warmte-, vocht- en CO₂-afgifte afgeleid uit de vorige tabel. De vergelijking van de toename van de cumulatieve waarden tussen ijkmoment 1 - 4, 4 - 8, 8 - 10, 10 - 12 en 12 - 14 is weergegeven in de onderstaande tabel.

Cel 02.005: 200 m²				
Periode	Toename Cum W-afgifte (kWh)	Toename Cum V-afgifte (kg)	Toename Cum C-afgifte (kg)	Productie kg/m ²
1 - 4 Start afventileren	2711	2367		
4 - 8 Start knop 1e vl.	1220	1147	307	
8 - 10 Start knop 2e vl.	1777	2008	552	18,6
10 - 12 Start knop 3e vl.	1273	1658	374	12,7
12 - 14 Start Doodstomen	979	1564	303	4,6
Cel 04.009: 200 m²				
Periode	Toename Cum W-afgifte (kWh)	Toename Cum V-afgifte (kg)	Toename Cum C-afgifte (kg)	Productie kg/m ²
1 - 4 Start afventileren	1735	1512		
4 - 8 Start knop 1e vl.	783	1126	331	
8 - 10 Start knop 2e vl.	1211	2389	600	13,5
10 - 12 Start knop 3e vl.	844	1753	425	9,9
12 - 14 Start Doodstomen	1038	2371	442	7,6

- **Opbrengst 1e vlucht:** De lagere opbrengst van 13,5 kg/m² in de 1e vlucht van cel 4 kan o.a. in relatie worden gebracht met de wezenlijk lagere cumulatieve warmte- en vochtafgifte in periode (1 - 4). Tevens ligt de cumulatieve warmte-afgifte in periode 4 - 8 en in periode 8 - 10 wezenlijk lager.
- **Opbrengst 2e vlucht:** De lagere opbrengst van 9,9 kg/m² in de 2e vlucht van cel 4 kan in relatie worden gebracht met de wezenlijk lagere cumulatieve warmte-afgifte in periode (10 - 12).
- **Opbrengst 3e vlucht:** De lagere opbrengst van 4,6 kg/m² in de 3e vlucht van cel 2 kan in relatie worden gebracht met de wezenlijk lagere cumulatieve warmte-afgifte in periode (12 - 14).

Samenvatting

- De betere kwaliteit van cel 4 ligt in lijn met de stabielere actuele warmte- en vochtafgifte (zie actuele grafieken).
- Een hogere warmte- en vochtafgifte in de myceliumfase ligt in lijn met een hogere productie van de 1e vlucht c.q. totale productie.
- Een hogere warmte-afgifte in de resterende teeltperiode ligt in lijn met een hogere productie van de betreffende vlucht.

7. Conclusies

Op basis van de praktijkervaringen en de resultaten m.b.t. de actuele en de cumulatieve waarden in vergelijking met de referentiewaarden kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

Praktijktest

- Het WVC meet- en informatiesysteem werkt goed en levert veel informatie op, waar je wel vertrouwd mee moet raken. Bij voorkeur alle informatie op 1 overzichtsscherm zichtbaar maken.
- Afwijkingen van met name de warmte-afgifte t.o.v. de referentiegrafieken zijn ook terug te zien in de teeltresultaten, waarbij een lagere warmte-afgifte leidt tot lagere opbrengsten en omgekeerd.
- De informatie uit het WVC meet- en informatiesysteem is ook bruikbaar bij keuzes m.b.t. het sproeien en de klimaatregeling.
- Indien een dergelijk systeem ook bij tunnels zou worden toegepast, zou dit ook waardevolle informatie voor het tunnelbedrijf en de teler op kunnen leveren.

Actuele + referentiewaarden WVC

- Een stabielere WVC-afgifte ligt in lijn met een betere kwaliteit. Variaties in de WVC-afgifte (veroorzaakt door een onstabiel inblaasklimaat) leiden tot een slechtere kwaliteit.
- Een hogere warmte-afgifte ligt in lijn met een hogere productie en omgekeerd.
- Er is geen duidelijke lijn te herkennen tussen de hoeveelheid vocht en CO₂-afgifte en de productie.
- Een sterkere stijging van de warmte-, vocht- en CO₂-afgifte aan het einde van de uitgroei ligt in lijn met een hogere productie en omgekeerd.

Cumulatieve + cumulatieve referentiewaarden WVC

- Een hogere cumulatieve warmte-afgifte ligt in lijn met een hogere productie en omgekeerd.
- Een hogere cumulatieve vochtafgifte in de myceliumgroeifase ligt in lijn met een hogere productie en omgekeerd. Hierna is er geen duidelijke lijn meer te herkennen tussen de cumulatieve vochtafgifte en de productie.
- Er is geen duidelijke lijn te herkennen tussen de cumulatieve CO₂-afgifte en de productie.
- Een sterkere stijging van de cumulatieve warmte-, vocht- en CO₂-afgifte aan het einde van de uitgroei ligt in lijn met een hogere productie en omgekeerd.

Cumulatieve waarden WVC op ijkmomenten

- Een hogere warmte- en vochtafgifte in de myceliumfase ligt in lijn met een hogere productie van de 1e vlucht c.q. de totale productie en omgekeerd.
- Een hogere warmte-afgifte tussen de vluchten ligt in lijn met een hogere productie van de betreffende vlucht en omgekeerd.

8. Aanbevelingen

Het WVC meet- en informatiesysteem heeft tijdens de praktijktest ruim voldoende positieve resultaten opgeleverd, zodat kan worden aanbevolen om dit systeem verder te optimaliseren en ook te implementeren in de andere klimaatcomputersystemen. Hierbij dienen de volgende inhoudelijke aanbevelingen te worden meegenomen:

Optimalisatie

- Om (bij toepassing op grote schaal) beschadiging van de elektronische RV sensor tijdens het doodstomen te voorkomen, kan worden aanbevolen om deze automatisch (i.p.v. handmatig) uit de doodstoomlucht te verwijderen. Mogelijk kan de sensor via een klep van de inblaaslucht worden afgesloten.
- Het handmatig invoeren van een deel van de ijkmomenten dient zoveel mogelijk geautomatiseerd te worden door ijkmomenten te kiezen welke vanuit de klimaatregeling kunnen worden gedetecteerd.
- Een onstabiele WVC-afgifte heeft een nadelige invloed op de kwaliteit. Door het inblaasklimaat stabiel te regelen en de inblaasregeling met een kleinere invloed te laten reageren, bereikt men een stabielere WVC-afgifte.

Implementatie

- Indien rekening wordt gehouden met bovenstaande aandachtspunten, kan tot implementatie van het WVC meet- en informatiesysteem in de andere klimaatcomputersystemen worden overgegaan.
- T.b.v. het WVC meet- en informatiesysteem dient het klimaatcomputersysteem per cel voorzien te worden van een (elektronische) RV meting in de inblaaslucht.
- Klimaatregeling gebaseerd op warmte-, vocht- en CO₂-afgifte behoort in een volgende fase ook tot de mogelijkheden, waarbij de gewenste hoeveelheid warmte, vocht en CO₂ op een energiezuinige en stabiele wijze aan het groeiproces dient te worden onttrokken.

Kennisopbouw c.q. andere toepassingen

- Ten behoeve van de toepassing op grotere schaal dienen bij zowel pluk als snijbedrijven de WVC-afgiftes te worden gekwantificeerd incl. de bandbreedte waarbinnen deze moeten liggen om tot een optimale productie en kwaliteit te leiden.
- Het WVC meet- en informatiesysteem is uitermate geschikt om als vast onderdeel in het onderzoek (met name naar kwaliteitsproblemen) te worden toegepast.
- Het principe van het WVC meet- en informatiesysteem kan ook worden toegepast in tunnels, wat zal leiden tot meer inzicht in het composteringsproces c.q. meer inzicht in de mogelijkheden om problemen te ondervangen.

9. Literatuurlijst

Ham, Ph.J. (1984)

Mollier-h/x- diagrammen voor vochtige lucht, geconstrueerd d.m.v. de computer

Klimaatbeheersing 13, nr.8

Publicatie 915, TNO, DELFT

Gielen, J.H. (1998)

NOVEM rapport "Energiebalans tussen groeiproses en klimaatregeling in de champignonteelt"

IPC Plant, HORST

10. Bijlagen

10.1. Formules Mollierdiagram

Bij de ontwikkeling van het WVC meetsysteem werd zoveel mogelijk gebruik gemaakt van in de literatuur vermelde formules. De volgende T.N.O. formules worden dan ook gebruikt voor het opstellen van mollierdiagrammen voor verschillende bereiken en drukhoogten (Pb).

ABS	= Nulpunt voor enthalpie	= 273,16	K
Mw	= molaire massa van waterdamp	= 18,016	kg/kmol
MI	= molaire massa van lucht	= 28,964	kg/kmol
Pb	= barometerdruk	= 101,325	kPa
R	= Gasconstante	= 8,3144	kJ.kmol ⁻¹ .K ⁻¹
Cp _l	= Soortelijke warmte van lucht		kJ.kg ⁻¹ .K ⁻¹
Cp _w	= Soortelijke warmte van water		kJ.kg ⁻¹ .K ⁻¹
h	= Enthalpie		kJ.kg ⁻¹
x	= Vochtgehalte		kg.kg ⁻¹
RV	= Relatieve luchtvochtigheid		%
Pd	= Verzadigde dampdruk		kPa
Pd _w	= Partiële dampdruk		kPa
T _{dr}	= Temperatuur		K
t _{dr}	= Temperatuur		°C
T _n	= Nattebol temperatuur		K
t _n	= Nattebol temperatuur		°C
sm	= Soortelijke massa		kg.m ⁻³
f	= meetfrequentie		s.h ⁻¹
'	= indices = hulpekengrootheden		

Voor $0^{\circ}\text{C} \leq t \leq 100^{\circ}\text{C}$ voor berekening Pd_w'

$$\begin{aligned}
 1: \log Pd_w' &= 10,79574 \left(1 - \frac{ABS}{T}\right) - 5,028 \log \left(\frac{T}{ABS}\right) \\
 &+ 1,50475 \cdot 10^{-4} (1 - 10^{-8,2969 ((T/ABS)^1)}) \\
 &+ 4,2873 \cdot 10^{-4} (10^{4,76955 (1 - (ABS/T))} - 1) \\
 &- 0,213856
 \end{aligned}$$

(kPa) voor $T = T_n$

Voor $-40^{\circ}\text{C} \leq t \leq 0^{\circ}\text{C}$ voor berekening Pd_w'

$$\begin{aligned}
 2: \log Pd_w' &= -9,0685 \left(\frac{ABS - 1}{T}\right) - 3,56654 \log \left(\frac{ABS}{T}\right) \\
 &+ 0,87682 \left(1 - \frac{T}{ABS}\right) - 0,213856
 \end{aligned}$$

(kPa) voor $T = T_n$

$$3: Cp_1' = 1,006 + \frac{t}{2 \cdot 10^5} + \frac{t^2}{7,5 \cdot 10^6} \quad (\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}) \text{ voor } t = t_n$$

$$4: Cp_w' = 1,8584 + 1,0875 \cdot 10^{-4} \cdot t + 3,083 \cdot 10^{-7} \cdot t^2 \quad (\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}) \text{ voor } t = t_n$$

$$5: x' = \frac{M_w}{M} \cdot \frac{Pd_w'}{P_b - Pd_w'} \quad (\text{kg} \cdot \text{kg}^{-1})$$

$$6: h' = Cp_1' \cdot t + 2500,8 \cdot x' + Cp_w' \cdot x' \cdot t \quad (\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}) \text{ voor } t = t_{dr}$$

$$7: Cp_1'' = 1,006 + \frac{t}{2 \cdot 10^5} + \frac{t^2}{7,5 \cdot 10^6} \quad (\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}) \text{ voor } t = t_{dr}$$

$$8: Cp_w'' = 1,8584 + 1,0875 \cdot 10^{-4} \cdot t + 3,083 \cdot 10^{-7} \cdot t^2 \quad (\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}) \text{ voor } t = t_{dr}$$

$$9: x'' = \frac{h' - Cp_1'' \cdot t}{2500,8 + Cp_w'' \cdot t} \quad (\text{kg} \cdot \text{kg}^{-1}) \text{ voor } t = t_{dr}$$

$$10: d(x) = x' - x'' \quad (\text{kg} \cdot \text{kg}^{-1})$$

Voor $t = t_n$ en $t_n \geq 0^\circ \text{C}$

$$11: d(h) = 4,187 \cdot t \cdot d(x)$$

Voor $t = t_n$ en $t_n < 0^\circ \text{C}$

$$12: d(h) = (2,09 \cdot t - 335) \cdot d(x)$$

$$13: h = h' - d(h) \quad (\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1})$$

$$14: x = \frac{h - C_{p1}'' \cdot t}{2500,8 + C_{p_w}'' \cdot t} \quad (\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}) \text{ voor } t = t_{dr}$$

$$15: sm = \frac{(1 + x) \cdot M_w \cdot P_b}{R \cdot T \cdot (M_w/M_l + x)} \quad (\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}) \text{ voor } T = T_{dr}$$

$$16: Pd = P_b / (1 + M_w / (x \cdot M_l)) \quad (\text{kPa})$$

$$17: \log Pd_w = 10,79574 \left(1 - \frac{ABS}{T}\right) - 5,028 \log \left(\frac{T}{ABS}\right) + 1,50475 \cdot 10^{-4} (1 - 10^{-8,2969 ((T/ABS)-1)}) + 4,2873 \cdot 10^{-4} (10^{4,76955 (1 - (ABS/T))} - 1) - 0,213856 \quad (\text{kPa}) \text{ voor } T = T_{dr}$$

Voor $-40^\circ \text{C} \leq t \leq 0^\circ \text{C}$

$$18: \log Pd_w = -9,0685 \left(\frac{ABS}{T} - 1\right) - 3,56654 \log \left(\frac{ABS}{T}\right) + 0,87682 \left(1 - \frac{T}{ABS}\right) - 0,213856 \quad (\text{kPa}) \text{ voor } T = T_{dr}$$

$$19: RV = \frac{P_d}{P_{dr}} \cdot 100 \quad (\%)$$

$$20: Q'_v = sm \cdot Q_v \quad (\text{kg} \cdot \text{h}^{-1}) \text{ met } Q_v \text{ in } (\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1})$$

$$21: sm\text{-CO}_2 = 1,5299 \cdot 1,293 \cdot ABS / (ABS + t) \quad (\text{kPa}) \text{ voor } t = t_{dr}$$

$$22: \text{CO}_2\text{-inh} = \frac{\text{CO}_2 \text{ c.c (ppm)} \cdot sm\text{-CO}_2}{1000 \cdot sm\text{-lucht}} \quad (\text{g} \cdot \text{kg}^{-1})$$

Al deze stappen leiden uiteindelijk tot de juiste warmte-, vocht- en CO₂-inhoud van de lucht. Deze formules zijn daar waar van toepassing in het klimaatprogramma opgenomen. Het programma geldt dan voor het temperatuurbereik van -40°C tot 100°C

10.2. Formules WVC-afgifte

Formules voor het berekenen van de actuele en cumulatieve WVC afgifte

Symbolen:

- Q_{v*} Het volumedebiet van natte lucht waarbij * staat voor de luchthoeveelheid vers of inblaas.
- Q'_{v*} Het volumedebiet van droge lucht waarbij * staat voor de luchthoeveelheid vers of inblaas.
- x_* De vochtinhoud van de lucht waarbij * staat voor de vochtinhoud van de inblaaslucht of de cellucht.
- h_* De warmte-inhoud van de lucht waarbij * staat voor de warmte-inhoud van de inblaaslucht of de cellucht.
- sm_* De soortelijke massa van de verse lucht, cellucht of de inblaaslucht.
- * Voor dit teken kunnen de volgende toestanden van de lucht worden ingevuld met de volgende tekens:
 - v verse lucht
 - c cellucht
 - i inblaaslucht

Q_{v*} wordt berekend door het debiet te vermenigvuldigen met de soortelijke massa van de luchttoestand. Het aantal kg verse lucht en inblaas lucht is dus inclusief de waterdamp die in die lucht aanwezig is. x en h worden uitgedrukt per kg droge lucht. Q_{vw} en Q_{vi} moeten dus worden gecorrigeerd voor het vocht dat hier in zit.

$$\begin{aligned} sm(\text{natte lucht}) &= (\text{lucht} + \text{waterdamp}) & \text{kg.m}^{-3} \\ sm(\text{droge lucht}) &= (sm - x) & \text{kg.m}^{-3} \end{aligned}$$

Droge lucht en waterdamp neemt hetzelfde volume in dus de voorgaande vergelijking is het uitgangspunt voor de berekening van de aanvoer van het aantal kg droge lucht in cellen.

$$Q'_{v*} = (sm - x) \cdot Q_v$$

De formule voor Q'_{v*} wordt dan ook:

De berekening van de luchtstromen:

1:	$Q'_{vw} = (Q_{vw} * sm) - (Q_{vw} * x_w)$	kg.h ⁻¹
2:	$Q'_{vi} = (Q_{vi} * sm) - (Q_{vi} * x_i)$	kg.h ⁻¹

De berekening van de actuele en cumulatieve WVC afgifte:

1:	Warmte-afgifte = $(h_c - h_i) * Q'_{vi} * 1/3600$	kW
	$n = \text{aantal meetregels}$ $y = 1$ $f = \text{meetfrequentie per uur (elk half uur)} = 2$	
2:	Cumulatieve.warmte.afg. = $\sum_{i=1}^n (h_{c(y)} - h_{i(y)}) * Q'_{vi(y)} * 1/3600 * 1/f$	kWh
3:	Vocht-afgifte = $(x_c - x_i) * Q'_{vi}$	kg.h ⁻¹
	$n = \text{aantal meetregels}$ $y = 1$	
4:	Cumulatieve.vocht-afgifte = $\sum_{i=1}^n (x_{c(y)} - x_{i(y)}) * Q'_{vi(y)}$	kg
5:	CO ₂ -afgifte = $(CO_{2c}\text{-inh.} - CO_{2v}\text{-inh.}) * Q'_{vv}$	kg.h ⁻¹
	$n = \text{aantal meetregels}$ $y = 1$	
6:	Cumulatieve.CO ₂ -afgifte = $\sum_{i=1}^n (CO_{2c(y)}\text{-inh.} - CO_{2v(y)}\text{-inh.}) * Q'_{vv(y)}$	kg

10.3. Handleiding WVC meetsysteem

Warmte- Vocht- en CO₂-afgifte bepaling

bij Goossens te Bakel



Inhoudsopgave

1	<i>Algemeen</i>	3
2	<i>Wijzigingen op het beeldscherm</i>	3
2.1	<i>Extra metingen</i>	5
2.1.1	Luchthoeveelheidsmeting	5
2.1.2	R.V. meting inblaaslucht	6
3	<i>Wijzigingen in de regeling</i>	6
4	<i>Wijzigingen in de gegevens opslag</i>	7
5	<i>Extra mogelijkheden in het grafiek programma</i>	7
5.1	<i>Procesgrafieken VLT</i>	8
5.2	<i>Bekijken cijferlijsten VLT</i>	8
5.3	<i>Overzicht referentiecycli</i>	9
5.4	<i>Toevoegen aan referentiecycclus</i>	9
5.5	<i>Bekijken/wijzigen IJkdata</i>	9
5.5.1	Start cyclus	10
5.5.2	Temperatuurpiek na vullen	10
5.5.3	Start herstelgroei	10
5.5.4	Start afventileren	10
5.5.5	Start knopvorming	11
5.5.6	Start CO ₂ dope	11
5.5.7	Einde CO ₂ dope	11
5.5.8	Start knopuitgroei 1 ^e vlucht	11
5.5.9	Start 1 ^e vlucht	11
5.5.10	Start knopuitgroei 2 ^e vlucht	11
5.5.11	Start 2 ^e vlucht	11
5.5.12	Start knopuitgroei 3 ^e vlucht	11
5.5.13	Start 3 ^e vlucht	11
5.5.14	Start doodstomen	11
5.5.15	Bepaling ijkpunten die niet automatisch gaan	11
5.5.16	Herberekenen cumulatieven	12
5.5.17	Toevoegen referentielijnen	12
5.6	<i>Bepalen nieuwe referentiegrafiek</i>	12
5.7	<i>Bekijken nieuwe referentiegrafiek</i>	13
5.8	<i>Bekijken referentiecijferlijst</i>	13
6	<i>Start nieuwe teeltcyclus</i>	13
7	<i>Online bepaling referentiedata</i>	13

1 Algemeen

Korte beschrijving van de extra mogelijkheden van het programma naar aanleiding van het project:

Warmte- Vocht- en CO₂-afgifte bepaling.

2 Wijzigingen op het beeldscherm

Het overzichtscherm (Figuur 1) waar alle cellen op staan is volledig hetzelfde gebleven.

GICOM b.v. HOLLAND 0321-332682 Y2K 06-Sep-2001						
Buiten temp.	0.0 °C	R.V. buiten		99.9 %		
Natte bol	0.0 °C	CO ₂ buiten		0 ppm		
CEL		1	2	3	4	5
Teeltfase		8.1	6.2	7.2	0.0	0.0
Luchttemperatuur °C		0.0	46.0	56.0	66.0	0.0
Natte bol °C		0.0	45.1	55.1	65.1	0.0
Rel. vochtigheid %		0.0	94.9	95.4	95.8	0.0
Luchttemp.regelw. °C		0.0	17.0	56.0	0.0	0.0
Inblaastemp. °C		0.0	40.6	50.6	60.6	0.0
Inblaas regelw. °C		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Composttemp. 1 °C		0.0	44.2	54.2	64.2	0.0
Composttemp. 2 °C		0.0	43.3	53.3	63.3	0.0
Composttemp. 3 °C		0.0	42.4	52.4	62.4	0.0
Composttemp. 4 °C		0.0	41.5	51.5	61.5	0.0
Composttemp.gem. °C		0.0	42.8	52.8	62.8	0.0
Compost regelw. °C		0.0	28.0	52.8	0.0	0.0
CO ₂ gehalte ppm		0	0	647	0	0
CO ₂ regelwaarde ppm		0	0	300	0	0
Luchtklep regelw. %		0	90	25	0	0
Verwarming regelw. %		0	0	0	0	0
Stoom regelw. %/t		0	0	0	0	0
Koeling regelw. %		0	100	100	0	0
Bevochtiging rw. %/t		0	0	0	0	0
Ventilator rw. %		0	60	50	0	0

Figuur 1: Overzichtscherm met alle cellen

De extra meetgegevens zijn weergegeven in een extra scherm waar alle relevante gegevens m.b.t. het project in vermeld zijn. Zie de volgende figuur. Dit scherm is te bereiken door op de toetscombinatie <SHIFT> <Q> te drukken.

GICOM b.v. HOLLAND 0321-332682 Y2K 06-Sep-2001						
Buiten temp.	0.0 °C	R.V. buiten		99.9 %		
Natte bol	0.0 °C	CO ₂ buiten		0 ppm		
CEL	1	2	3	4	5	6
Teeltfase	8.1	6.2	7.2	0.0	0.1	0.1
Luchttemperatuur °C	36.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
RV cel	94.1	0.0	0.0	0.0	99.9	99.9
Composttemp.gem. °C	32.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Composttemp. 1 °C	34.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Composttemp. 2 °C	33.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Composttemp. 3 °C	32.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Composttemp. 4 °C	31.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
El Id inblaas °C	30.6	40.6	50.6	60.6	0.0	0.0
El R.V. inblaas %	99.9	0.0	0.0	0.0	-1.0	-1.0
CO ₂ gehalte ppm	0	0	0	0	0	0
Vent. Frequentie Hz	25.0	12.0	35.0	45.0	0.0	0.0
Vent vermogen W	0	0	0	0	0	0
Elber.luchtstr inbl.	2000	979	3079	4170	0	0
Elber.luchtstr vers.	2034	932	970	0	0	0
Elber.luchtstr rec.	0	60	2007	3839	0	0
Luchtklep aanv.rw.%	100	90	25	0	0	0
Verwarming rw. %	0	0	0	0	0	0
Koeling rw. %	0	100	100	0	0	0
Bevocht.stoom rw. %	0	0	0	0	0	0
Entalpie cel kJ/kg	129.6	214.2	355.0	603.2	9.4	9.4
Vochtgeh. cel kg/kg	36.4	64.9	114.6	204.6	3.8	3.8
Cel:CO ₂ -inh (g/kg)	0.0	0.0	0.9	0.0	0.0	0.0
Entalpie inblaas	102.8	171.1	282.4	472.7	9.4	9.4
Vochtgehalte inblaas	28.2	50.5	89.2	157.5	3.8	3.8
CO ₂ inhoud inblaas	0.0	2.6	1.5	0.0	0.0	0.0
Warmte afgifte kW	17.4	13.3	68.4	162.2	0.0	0.0
Ref:Warmte-af (kW)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Vocht afgift kg/h	19.1	16.0	86.3	210.5	0.0	0.0
Ref:Vocht-af (kg/h)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
CO ₂ afgifte kg/h	0.0	0.0	-1.9	0.0	0.0	0.0
Ref:CO ₂ -af (kg/h)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
CumC:Warmte-af (kWh)	5082	7	34	0	0	0
CumR:Warmte-af (kWh)	0	0	0	0	0	0
CumC:Vocht-af (kg)	5600	8	43	0	0	0
CumR:Vocht-af (kg)	0	0	0	0	0	0
CumC:CO ₂ -af (kg)	-2	0	-1	0	0	0
CumR:CO ₂ -af (kg)	0	0	0	0	0	0

Figuur 2: Overzichtscherf met extra meetgegevens

2.1 Extra metingen

De extra meetgegevens betreffen dus:

- Ventilator frequentie
- Ventilator vermogen afgegeven door de frequentieregelaar
- Elektronisch gemeten inblaas R.V.

Tezamen met de normale metingen in de cel, kunnen de volgende afgeleide waarden bepaald worden:

- Berekende verse luchtstroom
- Berekende recirculatie luchtstroom
- Berekende totale inblaas luchtstroom
- Vochtinhoud in de cel
- Warmte-inhoud in de cel
- CO₂-inhoud in de cel
- Vochtinhoud inblaas
- Warmte-inhoud inblaas
- CO₂-inhoud inblaas
- Wcel: Warmte-afgifte cel
- Wref: Warmte-afgifte volgens een referentiecurve
- Vcel: Vochtafgifte cel
- Vref: Vochtafgifte volgens een referentiecurve
- Ccel: CO₂-afgifte cel
- Cref: CO₂-afgifte volgens een referentiecurve
- WcelC: Warmte-afgifte cel cumulatief
- WrefC: Warmte-afgifte volgens een referentiecurve cumulatief
- VcelC: Vochtafgifte cel cumulatief
- VrefC: Vochtafgifte volgens een referentiecurve cumulatief
- CcelC: CO₂-afgifte cel cumulatief
- CrefC: CO₂-afgifte volgens een referentiecurve cumulatief

2.1.1 Luchthoeveelheidsmeting

Bij deze meetgegevens staat de luchthoeveelheid vermeld. Deze hoeveelheid zou in eerste instantie bepaald worden m.b.v. de stand van de frequentieregelaar en het door de frequentieregelaar afgegeven vermogen en de ventilatorkarakteristiek (CNM 400D). De karakteristiek van de ventilator wordt opgebouwd uit een aantal formules met daarbij behorende dimensieloze grootheden (3 stuks). Deze dimensieloze grootheden horen ieder bij een bepaald gedeelte van de karakteristiek. Er zijn ook punten binnen de grafiek die niet direct door deze dimensieloze grootheden vastgelegd zijn. Daarvoor moeten de waarden van de dimensieloze grootheden door interpolatie worden vastgesteld. Hiermee wordt weer een extra stuk onbetrouwbaarheid ingebouwd. De betrouwbaarheid neemt nog verder af omdat met de gebruikte formules maar voor een beperkt gebied van de ventilatorkarakteristiek betrouwbare metingen afgeleid kunnen worden. Daarnaast is het afgegeven vermogen niet in het hele frequentiebereik betrouwbaar. De afwijking kan volgens opgave van de frequentieregelaar-fabrikant variëren van 10-15%. Het meest betrouwbaar is de waarde bij de maximum frequentie (50 Hz). Juist tijdens de teelt draait de ventilator nooit op de maximum frequentie. Vandaar dat de afwijking in afgegeven vermogen ca. 15% zal zijn. Daarnaast is het afgegeven vermogen nog niet

gelijk aan het vermogen dat naar de ventilator gaat. Hiervoor moet nog rekening gehouden worden met het rendement van de motor. Bij lagere toerentallen wordt het rendement lager. Door al deze afwijkingen kwamen er in eerste instantie (vooral bij lage toerentallen) hele vreemde meetwaarden voor de luchthoeveelheid naar voren.

Enkele voorbeelden:

Vermogen (W)	Toerental (rpm)	Gemeten luchtstroom (m ³ /h)	Bepaalde luchtstroom (m ³ /h)
760	1136	3100	3490
210	710	1780	1459
190	639	1560	1729
120	568	1340	1235

De met deze methode bepaalde luchthoeveelheden gaven dus een dermate grote afwijking dat hiermee niet verder gerekend kon worden.

Om toch tot de juiste luchthoeveelheden te komen, is er besloten om de luchthoeveelheidsbepaling te doen op basis van metingen die gedaan zijn, m.b.v. een handmeter. Hierbij zijn bij verschillende ventilator- en luchtklepstanden de luchthoeveelheden gemeten. Deze meetgegevens zijn uitgezet in grafieken. Met behulp van een rekenprogramma (Mathcad) zijn uit deze grafieken formules afgeleid die specifiek bij deze kwekerij horen. Mits er niet te veel aanpassingen in de kwekerij plaatsvinden, (overdruk openingen, verschillende soorten filters, luchtkleppen etc.) geeft dit betrouwbare resultaten, waarbij de cellen onderling goed vergeleken kunnen worden.

2.1.2 R.V. meting inblaaslucht

De elektronische R.V. meting in de cel gebeurt voor de bevochtiging omdat de plaatsing van de voeler achter de cumulus bevochtiging anders problemen gaf. De sensoren moeten n.l. op een eenvoudige manier uit de cel genomen kunnen worden op het moment dat de cel doodgestoomd wordt. De sensor is niet bestand tegen de combinatie van een hoge temperatuur met een hoge luchtvochtigheid.

Door deze plaatsing zou met een gedeelte van het ingebrachte vocht geen rekening gehouden worden. Om dit te ondervangen is de software op 2 manieren aangepast. Ten eerste is de regeling van het klimaat zodanig gemaakt dat de R.V. zoveel mogelijk geregeld kan worden met de buitenlucht. Dit betekent dat de CO₂ grenzen vrij ruim ingesteld moeten worden omdat anders de CO₂-meetwaarde buiten zijn grenzen zou komen. Pas als de cel te droog blijft en de CO₂ staat op maximum (bij droge buitenlucht) of op minimum bij natte buitenlucht, zal de bevochtiging ingeschakeld worden. De invloed van de bevochtiging wordt wel meegenomen in de verdere berekening. Wanneer de bevochtiging op 20% staat, wordt ervan uit gegaan dat 20% van de stuurtijd de lucht 100% verzadigd is (aanname: geen temperatuurdaling). Hiermee wordt rekening gehouden binnen de software bij de bepaling van de vochtinhoud van de inblaas.

3 Wijzigingen in de regeling

De regeling van de cellen is op zich niet gewijzigd. Het enige wat op zal vallen, is dat tijdens iedere half uur overgang, er nieuwe referentiewaarden bepaald worden. Ook vindt dan de uitlezing van de frequentieregelaars plaats. Dit kan men zien doordat dan

achtereenvolgens linksboven de nummers 1 t/m 4 tevoorschijn komen.

4 Wijzigingen in de gegevens opslag

Tijdens iedere half uur overgang worden er ook in een extra bestand grafiekgegevens vastgelegd, waarin de gegevens komen te staan die in het kader van dit project nodig zijn. De bestanden hebben de benaming VLTX.X.YYY, waarbij XX staat voor het procesnummer, en YYY voor het volgnummer van het grafiek bestand dat overeenkomt met het bestand GRAFXX.YYY.

5 Extra mogelijkheden in het grafiek programma

In het grafieken programma zijn extra menu opties opgenomen om de “oude normale” grafieken intact te laten.

```
Copyright GICOM b.v. HOLLAND  Programma  W. Goossens  Bakel
      Grafieken cel  1  Cyclusr  0118  graf01.018
0      Terug naar het hoofdprogramma
1      Teeltgrafiek
2      Cijferlijsten
3      Procesgrafiek vlt
4      Cijferlijsten vlt
5      Overzicht geselecteerde ref. cycli
6      Toevoegen aan referentie lijst
7      Overzicht ijkpunten
8      Referentie data
```

Figuur 4: Hoofdmenu grafieken programma

5.1 Procesgrafieken VLT

Met deze optie van het grafieken programma wordt gekozen om de extra gegevens te bekijken die o.a. uit de frequentieregelaar (VLT3508) komen. Er is gekozen voor deze extra optie om de bestaande grafieken voor de huidige regeling intact te laten. De gegevens die hier in bekeken kunnen worden betreffen:

1	Luchttemperatuur	°C
00	Natte bol	°C
00	Composttemp. 1	°C
00	Composttemp. 2	°C
00	Composttemp. 3	°C
00	Composttemp. 4	°C
00	Composttemp.gem.	°C
00	Luchttemp. rw.	°C
00	Compost rw.	°C
00	CO ₂ rw.	ppm
00	Elber in inblaas	°C
00	CO ₂ gehalte	ppm
00	Waterhoeveelheid	l
00	Waterhoeveelheid tot	l
00	Buiten temp.	°C
00	Buiten natte bol	°C
00	CO ₂ buiten	ppm
00	Teeltfase	
00	Warmte afgifte	kW
00	Vocht afgift	kg/h
00	CO ₂ afgifte	kg/h
00	Ref: Warmte-af	(kW)
00	Ref: Vocht-af	(kg/h)
00	Ref: CO ₂ -af	(kg/h)
00	CumC: Warmte-af	(kWh)
00	CumC: Vocht-af	(kg)
00	CumC: CO ₂ -af	(kg)
00	CumR: Warmte-af	(kWh)
00	CumR: Vocht-af	(kg)
00	CumR: CO ₂ -af	(kg)
00	Entalpie cel	kJ/kg
00	Vochtgeh. cel	kg/kg
00	Cel: CO ₂ -inh	(g/kg)
00	Buiten: h	(kJ/kg)
00	Buiten: x	(g/kg)
00	Buiten: CO ₂ -inh	(g/kg)
00	Vochtgehalte inblaas	
00	Entalpie inblaas	
00	CO ₂ inhoud inblaas	
00	Vent. Frequentie	Hz
00	Vent vermogen	W
00	--	
00	Elber.luchtstr inbl.	
00	Elber.luchtstr vers.	
00	Elber.luchtstr rec.	
00	--	
00	Luchtklep aanv.rw.%	
00	Verwarming rw.	%
00	Koeling rw.	%
00	--	
00	El R.U. inblaas	%
00	Vochtgehalte koeling	
00	Kader	<ESC> = terug

5.2 Bekijken cijferlijsten VLT

Deze optie van het grafieken programma, is gemaakt om alle extra opgeslagen grafiekdata ook cijfermatig weer te geven. Ook bevat deze optie de export mogelijkheden naar een printer, of naar een ASCII bestand. De gegevens die bekeken kunnen worden zijn hetzelfde als bij de Procesgrafieken VLT.

5.3 Overzicht referentiecycli

Wanneer deze optie gekozen wordt, dan wordt er een overzicht getoond waarop de cycli staan die geselecteerd zijn voor het bepalen van een referentiegrafiek. Eventueel kan door met de cursor naar een cyclus toe te lopen en vervolgens op de toets te drukken, de betreffende cyclus verwijderd worden.

Copyright GICOM b.v. HOLLAND Programma W. Goossens Bakel						
Geselecteerde referentie fases						
NR	Startdatum	Aantalrecords	Starttijd	Cyclusr	Celnr	Omschr.
1	27-Feb-2001	56	14:30	0109	1	Graf01.016
2	28-Feb-2001	2042	02:00	0109	2	Graf02.005
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						

=Verwijder Ref, <ESC>=Terug

5.4 Toevoegen aan referentiecycclus

Wanneer er een cyclus geschikt geacht wordt om te gebruiken, dan kan deze toegevoegd worden aan een lijst met geselecteerde referentiecycli. Dit kan door wanneer er boven in het hoofdmenu (Zie figuur 4) het betreffende cyclus nummer geselecteerd is op F6 te drukken. Het selecteren van de juiste cyclus kan door gebruik te maken van de <Page up> en <Page down> toetsen en de + en – toetsen. Een cyclus kan echter alleen toegevoegd worden wanneer deze afgesloten is. Anders genereert het programma een foutmelding. Er kunnen maximaal 10 grafiekcycli gebruikt worden voor het bepalen van een referentiecycclus.

5.5 Bekijken/wijzigen IJkdata

Van alle grafiekcycli kunnen zogenaamde ijkpunten vastgelegd worden. Deze ijkpunten zijn bedoeld, om specifieke fase-overgangen in de teelt vast te leggen en op die manier cycli met elkaar te kunnen vergelijken. Omdat het regelprogramma zelf maar een aantal ijkpunten vast kan leggen, is er ook een mogelijkheid om de ijkpunten handmatig bij te stellen. Dit kan door op de betreffende regel de plus of min toets in te drukken.

Het hieronder getoonde voorbeeld toont een overzicht van de 14 ijkpunten. De volgende ijkpunten worden door de computer automatisch aangepast tijdens de teelt: nr. 1,3,4,5,6,7,8,14.

Copyright GICOM b.v. HOLLAND Programma W. Goossens Bakel

Ijkpunten VLT04.009

NR	Omschrijving	Datum	Starttijd	Recordnr	Refrecordnr
1	Start cyclus	6 Dec-2001	13.00	1	1
2	Start ingroeideka.	8 Dec-2001	8.30	88	85
3	Start hetstelgroei	15 Dec-2001	13.30	434	429
4	Start afventileren	18 Dec-2001	21.00	593	552
5	Start knopvorming	19 Dec-2001	0.00	599	558
6	Start Co2 Dope	22 Dec-2001	11.30	766	759
7	Einde CO2 Dope	22 Dec-2001	21.30	786	770
8	Start knop 1e vl.	26 Dec-2001	10.30	956	895
9	Start 1e vlucht	29 Dec-2001	8.00	1095	1182
10	Start knop 2e vl.	4 Jan-2002	12.00	1391	1386
11	Start 2e vlucht	7 Jan-2002	8.00	1527	1590
12	Start knop 3e vl.	11 Jan-2002	12.00	1727	1738
13	Start 3e vlucht	18 Jan-2002	8.00	2055	1977
14	Start Doodstomen	21 Jan-2002	12.00	2207	2195

<+/->=Veranderen ykpunten.<ESC>=Terug.<Y>=Scan grafiek.<C>=Recalc Cum.<R>=Ref

5.5.1 Start cyclus

Dit is het moment waarop de computer overschakelt van fase 6.0 naar fase 6.1. Deze overschakeling gebeurt door de kweker zelf, maar kan ook achteraf gesignaleerd worden uit een grafiek.

5.5.2 Temperatuurpiek na vullen

Dit moment wordt alleen achteraf bepaald uit de grafiekgegevens door het moment waarop minimaal 1,5 dag verstreken is vanaf het begin van de teelt, tot het moment dat de gemiddelde composttemperatuur 0,5 graden gezakt is onder het tot dan toe bekende maximum.

5.5.3 Start herstelgroei

Dit moment wordt bepaald door het moment waarop de computer signaleert dat de regelwaarde compost met 2 graden verhoogd wordt en tot boven de 26 °C komt en de ventilator van boven de 80 % naar onder 80% gezet wordt. Dit gebeurt door de kweker zelf, maar kan ook achteraf gesignaleerd worden uit een grafiek.

5.5.4 Start afventileren.

Dit is het moment waarop de computer in fase 7.1 gezet wordt. Dit gebeurt handmatig door de kweker of eventueel op basis van een vooraf ingegeven tijd. Het kan ook achteraf bepaald worden uit de grafiek.

5.5.5 Start knopvorming

Dit is het moment waarop fase 7.2 ingeschakeld wordt. Dit gebeurt wanneer de wachttijd voor CO₂ meten voorbij is. Dit moment kan ook achteraf bepaald worden uit de grafiek.

5.5.6 Start CO₂ dope

Dit is het moment waarop de luchtklep maximum van een hoge waarde naar onder de 5% gezet wordt.

Dit gebeurt door de kweker zelf, maar kan ook achteraf gesignaleerd worden uit een grafiek.

5.5.7 Einde CO₂ dope

Dit is het moment waarop de maximum luchtklep van een lage waarde naar boven de 5% gezet wordt.

Dit gebeurt door de kweker zelf, maar kan ook achteraf gesignaleerd worden uit een grafiek.

5.5.8 Start knopuitgroei 1^e vlucht

Dit is het moment dat de computer overschakelt van fase 8.0 naar 8.1. Deze overgang wordt geïnitieerd door de kweker door van fase 7.2 over te schakelen naar fase 8.0. Dit moment kan ook achteraf bepaald worden uit de grafiek.

5.5.9 Start 1^e vlucht

Moet achteraf aangegeven worden.

5.5.10 Start knopuitgroei 2^e vlucht

Moet achteraf aangegeven worden.

5.5.11 Start 2^e vlucht

Moet achteraf aangegeven worden.

5.5.12 Start knopuitgroei 3^e vlucht

Moet achteraf aangegeven worden.

5.5.13 Start 3^e vlucht

Moet achteraf aangegeven worden.

5.5.14 Start doodstomen

Dit is het moment waarop door de kweker overgeschakeld wordt van fase 8.x naar fase 9. Dit moment kan ook achteraf bepaald worden uit de grafiek.

5.5.15 Bepaling ijkpunten die niet automatisch gaan

De overige ijkpunten worden vastgesteld met behulp van de door de computer vastgestelde ijkpunten, in combinatie met de door de referentiecycclus bepaalde lengte van iedere fase. Dit betekent dat wanneer bij de referentiefase tussen 2 ijkpunten b.v. 2 dagen en 4 uur ligt, dit ook bij de nieuw te bepalen ijkpunten van de actuele teeltcycclus het geval zal zijn.

Bij een reeds afgesloten cyclus, kan de computer eventueel automatisch het grafiek bestand scannen door op de <Y> toets te drukken. Wanneer dat gedaan wordt, dan worden de overgangen (1,3,4,5,6,7 en 8) vastgesteld. IJkpunt nr. 2 wordt vastgesteld door te kijken wanneer de gemiddelde compost temperatuur 0,5 graden onder de maximum gemeten compost temperatuur is gekomen. Het maximum wordt continu bepaald vanaf start vullen. Wanneer de gemiddelde gemeten composttemperatuur na 1,5 dagen 0,5 °C onder het vastgestelde maximum gekomen is, dan wordt dit als ijkpunt 2 gezien.

IJkpunt 9,10,11,12 en 13 worden gekozen overeenkomstig de referentiecycclus. Dit betekent dat wanneer het betreffende ijkpunt bij de referentiecycclus t.o.v. het vorige ijkpunt 2 dagen later ligt, dit bij de huidige grafiek ook het geval zal zijn.

5.5.16 Herberekenen cumulatieven

Per teelt kan bij de ijkdata ook aangegeven worden of de cumulatieven opnieuw bepaald moeten worden. Er zijn n.l. een aantal situaties gemeten waarbij de cumulatieven niet meer toenamen maar afnamen. Dit werd veroorzaakt doordat er sprake was van negatieve afgifte op dat moment.

Om dit te ondervangen is tijdens de proef de software gewijzigd om te voorkomen dat de afgifte negatief werd, en de cumulatieve meetwaarden afnamen. Om ook de gegevens te kunnen gebruiken die al eerder (voor deze software wijziging) waren geregistreerd, is dit voor deze data met toets <C> alsnog te doen.

5.5.17 Toevoegen referentielijnen

Vanuit het menu waar de ijkmomenten kunnen worden bekeken/gewijzigd, is het ook mogelijk om de dan bekende referentiecurven, toe te voegen aan een bepaalde teeltcyclus. Dit gebeurt door op <R> te drukken. Er is al een referentiecurve opgebouwd tijdens de teelt van elke cyclus, maar om achteraf vergelijking met andere referentielijnen mogelijk te maken is deze optie aan het programma toegevoegd.

Referentiegrafieken:



5.6 Bepalen nieuwe referentiegrafiek

Wanneer deze optie gekozen wordt, dan gaat de computer met de dan geselecteerde cycli een nieuwe referentiegrafiek bepalen. Alle geselecteerde cycli tellen hierbij even zwaar mee. Als eerste worden de gemiddelde ijkmomenten bepaald. (Bij de ene teelt duurt de ingroei langer dan de andere teelt etc.). Hiermee wordt bedoeld de gemiddelde tijdsduur tussen het ene en het andere ijkmoment. Daarna worden de

referentiegegevens ingevuld volgens de “interpolatiemethode“. Op deze manier wordt van alle gegevens een gemiddelde waarde berekend over de hele teelt.

5.7 Bekijken nieuwe referentiegrafiek

Met deze optie wordt gekozen om naar de eventueel nieuw bepaalde referentiegrafiek te kijken. De werking is hetzelfde als het bekijken van de normale grafieken.

5.8 Bekijken referentiecijferlijst

Deze optie is hetzelfde als het bekijken van de cijferlijsten van de VLT alleen betreft het nu de referentiecijferlijst.

6 Start nieuwe teeltcyclus

Bij de start van een nieuwe teeltcyclus, wordt voor de “VLT”-grafieken een referentiecurve in de grafiek getekend volgens de gegevens van de referentiegrafiek zoals deze in het grafiekenprogramma samengesteld is. Hierbij worden ook de ijkmomenten overgenomen zoals deze bij de referentiegrafiek bepaald zijn. Alleen de referentielijnen en hun cumulatieve waarden voor warmte- vocht-en CO₂-afgifte worden getekend.

7 Online bepaling referentiedata

Wanneer een teeltcyclus gestart is, zal er uitgegaan worden van de referentiegrafiek zoals deze ingetekend was. Wanneer er tijdens de teelt een ijkmoment gepasseerd wordt, dan zal op dat moment de referentiegrafiek opnieuw ingetekend worden vanaf het dan gepasseerde ijkpunt. Ook is het mogelijk om van te voren al aan te geven hoe de ijkpunten zullen gaan vallen. Wanneer b.v. van te voren bekend is wanneer de overgang van fase 7 naar fase 8 plaatsvindt, dan kan dit al aangegeven worden zodat de online bepaling van de referentiewaarden actueel blijft. Iedere half uur overgang wordt deze ook op het overzicht scherm van een cel weergegeven in de kleur van een setpoint. Er wordt overigens in de regeling geen rekening gehouden met deze waarden.