

# Naar een betere benutting van het Substraat in de Champignonenteelt

Compost als modelsysteem.

Anton S.M. Sonnenberg (PRI), Jos Amsing (DLV Plant), Ed Hendriks (Unifarm)

© 2009 Wageningen, Plant Research International

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 Plant Research International.

Plant Research International is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

PRI Publicatienr. 2009-1.

Projectnummer: 3360631600

### Plant Research International

Adres : Droevendaalsesteeg 1, Wageningen  
: Postbus 16, 6700 AA Wageningen  
Tel. : 0317 - 47 83 00  
Fax : 0317 - 47 83 01  
E-mail : [anton.sonnenberg@wur.nl](mailto:anton.sonnenberg@wur.nl)  
Internet : [www.pri.wur.nl](http://www.pri.wur.nl)

# Inhoudsopgave

pagina

1	SAMENVATTING.....	5
2	INLEIDING .....	5
3	DOELSTELLING PROJECT.....	6
3.1	Vooronderzoek.....	7
3.2	Opzet .....	7
4	RESULTATEN .....	8
4.1	Productie Champignons (opbrengsten, aantal stuks, productieprofielen en sortering).....	9
4.1.1	Opbrengst.....	9
4.2	Compost.....	10
4.2.1	Temperatuur van substraat.....	11
4.2.2	Vocht en pH van het substraat .....	11
4.2.3	Totale stikstof en ammonia.....	12
4.2.4	Droge stof en organische stof .....	12
4.2.5	Kwaliteit Champignons .....	12
4.3	Bruikbaarheid van Puimsteen als Waterhoudende Onderlaag. ....	13
5	VERVOLG .....	13
	BIJLAGE 1 (FIGUREN).....	14
	BIJLAGE 2 (TABELLEN).....	140



# 1 Samenvatting

Dit project heeft als doel gehad een eerste stap te zetten in het maken van een model voor voeding gebaseerd op huidige compost als voeding/drager. Er is geteeld op vulgewichten van 80 tot 10 kg compost/m<sup>2</sup> (met telkens een stap van 10 kg). Dit zijn vulhoogten van 16 tot 2 cm. Voor elke vulhoogte zijn 4 kisten gevuld en de onder de helft van de kisten is een 4 cm dikke laag waterhoudende puimsteen gelegd. Bij de twee laagste vuldikten is ook een lagere dekaarde dikte gebruikt (2.5 cm i.p.v. 5 cm).

De conclusies van deze proef zijn:

- Zelfs bij een vuldikte van 10 kg compost/m<sup>2</sup> (2 cm dikke laag) is er voldoende productie om in latere proeven de invloed van manipulatie met water, voeding en klimaat te kunnen waarnemen.
- Bij een afnemende vuldikte neemt de opbrengst aan champignons/m<sup>2</sup> af. Deze wordt vrijwel volledig veroorzaakt door een afnemend aantal champignons/m<sup>2</sup>.
- Bij een afnemende vuldikte zien we dat de temperatuur van de compost daalt naar de waarde van de temperatuur van de cellucht.
- We zien een vertraging van de teelt bij afnemende vuldikten (tot 3 dagen in vergelijking met de normale vuldikten). Dit wordt waarschijnlijk voornamelijk veroorzaakt door de afnemende composttemperatuur.
- Bij een afnemend vulgewicht stijgt het vochtgehalte van de compost (gemeten na de teelt).
- De biologische efficiëntie (kg champignons/ton compost) verandert niet veel bij afnemende vuldikte.
- Een halvering van de dikte van de dekaarde verhoogt het drogestofgehalte van de champignons (gemiddeld van 6.6 naar 8.0%). De verlaging in opbrengst verse champignons bij de laagste vuldikten door dunnere dekaarde wordt grotendeels gecompenseerd door een stijging in de hoeveelheid droge stof. De biologische efficiëntie in droge stof (kg droge stof champignons/kg compost) stijgt dus bij een dunnen dekaarde laag.
- In overleg met de begeleidingscommissie zal een vervolgproef worden opgezet om het model met een beperkt aantal compost dikten verder te ontwikkelen.

# 2 Inleiding

Het huidige substraat vormt ca 40% van de productiekosten in de champignonteelt. Een verbetering in dit substraat met als doel een betere benutting (hogere productie per ton compost) met behoud (of zelfs verbetering) van de kwaliteit kan de rentabiliteit van de teelt enorm verbeteren. Naast de directe kostenreductie in de teelt zal een betere benutting ook leiden tot minder champost en minder transport van grondstoffen. Ook dit heeft een positieve invloed op de kosten.

Eerder uitgevoerd onderzoek (en de recentelijk afgesloten eerste fase van het PT project Voeding) hebben een aantal zaken duidelijk gemaakt:

- De voedingsstoffen in de compost worden voor slechts 35% benut
- De beschikbaarheid van water in de compost is een knelpunt. De beschikbaarheid neemt gedurende de teelt af en dit is slechts voor een deel te herstellen door watergift via de dekaarde
- Vooral tijdens de uitgroei van champignons lijkt de beschikbaarheid van een aantal voedingsstoffen niet afgestemd te zijn op wat de champignon vraagt
- De verandering in structuur en de daling van de pH gedurende de teelt zijn geen veranderingen ten goede en bijsturing is in het huidige systeem bijna onmogelijk
- De verschillende lagen in de compost worden verschillend benut. In het onderste (derde) gedeelte is de afbraak van organische stoffen beduidend minder dan in de bovenste laag. Wat hiervoor de oorzaak is, is niet duidelijk.

Inzicht krijgen in de voedingsbehoeften van de champignon in het huidige systeem is erg moeilijk gebleken. Het probleem met de huidige compost is zijn complexiteit. Veel factoren vertonen een interactie: Water en beschikbaarheid voedingsstoffen; pH en oplosbaarheid; waterpotentiaal en structuur. Daarnaast veranderen deze factoren in het substraat ook nog tijdens de teelt. Het "sleutelen" aan deze factoren om te achterhalen wat hun optimum is, is daarom moeilijk in het huidige systeem.

Door te werken op kleinere schaal met modellen waarin wel veel variatie aangebracht kan worden kan kennis gegenereerd worden die we nu ontberen.

Een model kan bestaan uit een inerte drager die oplosbare voedingsstoffen bevatten die nodig zijn voor myceliumgroei en champignonproductie. De *proof of principles* is hiervoor al geleverd. Champignons kunnen worden geproduceerd zonder compost, met alleen maar opgeloste, gedefinieerde voedingsstoffen. In dit systeem is het beduidend makkelijker om voedingsonderzoek te doen. Dat systeem moet echter nog geoptimaliseerd worden. Het systeem kan de nodige kennis genereren die in het huidige teeltsysteem gebruikt kan worden en wellicht in de toekomst worden uitontwikkeld tot een alternatief teeltsysteem. Dit heeft echter tijd nodig.

Om sneller tot een model te komen dat dichter bij de praktijk staat maar waaraan wel beter geregeld kan worden dan het huidige teeltsysteem is een model waarin nog steeds compost wordt gebruikt. Echter dan in een erg dunne laag. Aan deze dunne laag kan makkelijker water en voedingsstoffen worden toegevoegd, beter de temperatuur geregeld worden en beter belucht worden.

Uit diverse onderzoeken is gebleken dat water een cruciale rol speelt in de champignonteelt. Terwijl het transport van voedingsstoffen en water bij planten goed bestudeerd is, is hierover erg weinig bekend bij schimmels. De kennis die beschikbaar is komt vooral uit metingen aan het substraat en champignons tijdens de teelt en niet uit de bepaling van de stromen van water en voeding in het systeem (mycelium-champignons). Uit de waarnemingen is gebleken dat champignons in de teelt ca 2/3 van het water opnemen uit de compost en 1/3 uit de dekaarde. Deze verhouding kan nogal verschillen, afhankelijk van het teelttype. Het water wordt voornamelijk uit de bovenste laag opgenomen en minder uit de onderste laag compost. Beïnvloeding van het watergehalte van de compost lijkt een effect te hebben op de opbrengst (lopend project DLV). De dikte van de dekaarde heeft invloed op de opbrengst en drogestofgehalte van champignons (onderzoek Kalberer). Ook hier lijkt het effect te komen van de beschikbaarheid van water. Een belangrijke constatering is dat opbrengst en drogestofgehalte van champignons een negatieve correlatie hebben. Met andere woorden, hoe hoger de opbrengst des te lager het droge stof gehalte. Omdat een hoog drogestof gehalte samenhangt met een goede kwaliteit heeft de teler hier een dilemma. Een systeem waarin water (en voedingsstoffen) gereguleerd kunnen worden kan gebruikt worden om uit te zoeken waar het optimum in deze balans ligt of om te onderzoeken of het mogelijk is om dit knelpunt op te lossen zonder op opbrengst en kwaliteit in te leveren.

In eerder uitgevoerde experimenten is ook naar voren gekomen dat een reductie in dikte kan leiden tot een efficiënter gebruik van het substraat. Het is nog onduidelijk waar dat aan ligt, maar inzicht hierin kan richting geven aan het oplossen van de huidige knelpunten.

### 3 Doelstelling project

Het project heeft als doel gehad in verschillende stappen te komen tot een modelsysteem waarin compost als een soort drager wordt gebruikt voor mycelium waaraan water en voedingsstoffen kunnen worden toegevoegd en waarmee makkelijker beluchtingen en temperatuurregelingen van het substraat kunnen worden gerealiseerd. In een dergelijk systeem kan kennis gegenereerd worden die nodig is om het huidige substraatgebruik te optimaliseren maar kan ook aansluiten bij het parallelle onderzoek waarbij alleen opgeloste voedingsstoffen gebruikt worden toegevoegd aan een inerte drager voor myceliumgroei. Dit project heeft ook als doel gehad om de effecten van dunne lagen compost te meten op verschillende teeltparameters. Deze kennis kan nuttig zijn voor de huidige teeltsystemen en voor het project "Compost in Control".

## 3.1 Vooronderzoek

In de praktijkteelten wordt op dit moment proeven uitgevoerd met watergift in de compost door slangen met drukregelaars in de compost te leggen. Het verspreiden van water in dikke lagen compost blijkt moeilijk te zijn. Omdat we hier uit gaan testen tot hoever je terug kunt gaan in compostdikte is de verwachting dat we op een dikte kunnen uitkomen waarin water kan worden toegevoegd via een waterhoudende onderlaag. Om te testen welk materiaal hiervoor het meest geschikt is zijn hiervoor op kleine schaal een aantal proeven gedaan met verschillende materialen (in bekeerglazen van 1 en 2 liter). Van elk type is bepaald wat het waterhoudend vermogen is. Hierop is doorgroeide compost gelegd waarna is gekeken hoe goed het materiaal doorgroeide, of er geen rotting optrad en of een sterke pH daling plaatsvond. Daarna zijn de bekeerglazen afgedekt met dekaarde en gekeken of er een effect was te zien op de productie van champignons.

De materialen die gebruikt zijn: Steenwol, Glaswol, Oasis en puimsteen. Vóór de proef is gemeten hoeveel water elk materiaal kan opnemen. Oase kan het meeste water opnemen per gram materiaal en puimsteen het minst (tabel 1). In de proef zelf is elk materiaal tot 75% verzadigd met water. Alleen aan de puimsteen is extra water toegevoegd waardoor er ook wat vrij water onder in het bekeerglas staat. Dit is gedaan omdat de puimsteen veel minder water kan vasthouden.

Op steenwol en oasis groeit het mycelium erg oppervlakkig. Bij puimsteen en glaswol zie je ook myceliumgroei in het materiaal. Vooral bij puimsteen groeit het mycelium mooi tussen de korrels. Oase is erg zuur en de pH verandert nauwelijks na de groei van het mycelium. Bij de andere materialen zijn de pH waarden licht basis (glaswol) of bijna neutraal. Bij alle potten was na de groei geen verzuring opgetreden door rotting. Na de myceliumgroei in de glazen potten is de waterafname in het materiaal gemeten. Bij puimsteen was de afname het grootst gevolgd door glaswol.

Als naar de groei en opname water tijdens de myceliumgroei wordt gekeken dan lijken glaswol en puimsteen het meest geschikt te zijn. Opvallend is dat puimsteen veel minder water kan bevatten dan glaswol en toch goede myceliumgroei en wateropname laat zien. De verklaring zou kunnen zijn dat het mycelium veel beter contact maakt met de puimsteen. Elektronenmicroscopisch is ook vastgesteld dat het mycelium om en in de puimsteenkorrels groeit. De productiever verschillen in champignons tussen de verschillende dragers onder de compost zijn klein. Op grond van deze voorproef is besloten om in de hoofdproef puimsteen onder de compost aan te brengen.

Opnamecapaciteit inerte drager	ml vloeistof/gr drager	ml vloeistof/cm3 drager	pH		Myceliumgroei
			begin	eind	
Steenwol (vezel verticaal)	17.42	0.77	7.48	7.25	Oppervlakkig
Oasis	49.04	0.92	2.97	3.2	Oppervlakkig
Glaswol	21.50	0.70	8.19	7.60	Doorheen
Puimsteen	0.51	0.29	7.43	7.55	Doorheen
Puimsteen gewassen	-	-	7.31	7.4	-

Tabel 1. Type dragers die zijn uitgetest op kleine schaal (glazen bekeerglazen) op geschiktheid myceliumgroei, opnamecapaciteit vloeistof en pH.

## 3.2 Opzet

De proef is uitgevoerd in de proefkwekerij van Unifarm op kisten van 0.2 m<sup>2</sup> teeltoppervlak. De vuldikten zijn gevarieerd van 80 tot 10 kg doorgroeide compost per m<sup>2</sup> (met tekens een stap van 10 kg/m<sup>2</sup>). De dikte van de compost varieert van 16 cm (80 kg vulgewicht) tot 2 cm (10 kg vulgewicht). Aan elke vuldikte is wel of geen laag puimsteen toegevoegd op de bodem van de kist (4 cm puimsteen, eerst water verzadigd en aangevuld tot ca 2 cm vrij water op de bodem staat). Aangezien bij de lage vuldikten er in verhouding veel dekaarde gebruikt wordt is bij de twee laagste vuldikten (20 en 10 kg compost per m<sup>2</sup>) dekaarde van 2.5 cm gebruikt in plaats van 5 cm. Elke behandeling is in viervoud uitgevoerd (voor overzicht behandelingen zie Tabel 2). De grondstoffen zijn afkomstig van CNC. In de proef is doorgroeide compost gebruikt met het ras Sylvan A15. De dekaarde is met CI (cacing inoculum) gemengd. Op 15 oktober 2008 zijn de kisten gevuld.

Er zijn twee vluchten geplukt. Het klimaat is ingesteld met standaard waarden voor temperatuur, relatieve luchtvochtigheid en CO<sub>2</sub>-gehalte. Ook de teeltfasen hebben een standaard lengte. Om te voorkomen dat er water via de compost naar de puimsteen percoleert, is minder water gegeven dan normaal. De watergiften zijn bovendien aangepast aan de hoeveelheid compost en dekaarde.

Om voor elke vuldikte de teelt zo veel mogelijk onder identieke omstandigheden te laten verlopen, zijn kisten genomen met verschillende hoogten. Hierdoor zijn er slechts geringe verschillen tussen de bovenkant van de dekaarde en de rand van de kist. De geringe hoogteverschillen zijn veroorzaakt door het al of niet aanwezig zijn van de waterhoudende puimsteenlaag. Tussen de dekaarde en de compost, en tussen de compost en de puimsteen zijn netten (uienzakken) aangebracht zodat de lagen makkelijk van elkaar zijn te scheiden na de teelt voor de analyse (figuur 1).

Behandeling	Vulgewicht compost kg/m <sup>2</sup>	Vuldikte compost cm	Waterhoudende onderlaag	Dikte dekaarde
1	80	16	-	5
2	70	14	-	5
3	60	12	-	5
4	50	10	-	5
5	40	8	-	5
6	30	6	-	5
7	20	4	-	5
8	10	2	-	5
9	80	16	puimsteen	5
10	70	14	puimsteen	5
11	60	12	puimsteen	5
12	50	10	puimsteen	5
13	40	8	puimsteen	5
14	30	6	puimsteen	5
15	20	4	puimsteen	5
16	10	2	puimsteen	5
17	20	4	-	2.5
18	10	2	-	2.5
19	20	4	puimsteen	2.5
20	10	2	puimsteen	2.5

Tabel 2. Behandelingen

## 4 Resultaten

Een aantal dagen na afdekken bleken enkele kisten groene schimmel te vertonen. In de loop van de proef is dat aantal gegroeid en zijn uiteindelijk 10 kisten verwijderd (van een totaal aan 80 kisten). De kisten zijn verwijderd nadat groene schimmel was geconstateerd aan het oppervlak van de dekaarde. Aan het eind van de proef is elke kist onderzocht op groene schimmel en hieruit is gebleken dat het probleem beperkt is gebleven tot 10 kisten. Doordat er voldoende herhalingen zijn geweest en niet alle kisten in één behandeling zijn uitgevallen is de invloed op de proef beperkt gebleven. Alleen van behandeling 4 (50 kg compost/m<sup>2</sup>, geen puimsteen onder de compost) zijn uiteindelijk alle kisten in de loop van de proef verwijderd. De oorsprong van de groene schimmel is niet duidelijk. Het kan uit de compost zijn gekomen maar ook geïntroduceerd zijn in deze complexe proef. Dit kan bijvoorbeeld ontstaan zijn door het ontsmetten van de netten tussen puimsteen/compost en compost/dekaarde met formaline waardoor er misschien resten formaline aanwezig zijn gebleven. Hierdoor wordt het goed doorgroeien met champignonmycelium geremd en kunnen onkruidschimmels een kans krijgen.



## 4.1 Productie Champignons (opbrengsten, aantal stuks, productieprofielen en sortering)

### 4.1.1 Opbrengst

Zoals verwacht daalt de opbrengst bij een afnemende vuldikte. Deze varieerde van 26.6 kg/m<sup>2</sup> bij 80 kg compost/m<sup>2</sup> tot 3.7 kg/m<sup>2</sup> bij 10 kg compost/m<sup>2</sup> in twee vluchten bij kisten waaraan geen puimsteen is toegevoegd (Tabel 3 en figuren 2). Een vergelijkbaar verloop lieten de kisten zien waaraan puimsteen was toegevoegd als waterdragende onderlaag. De extra toevoeging van water vanaf de bodem heeft dus geen effect, ook niet bij de lage vuldikten waarbij je verwacht dat het extra vocht een substantiële invloed zal hebben op het vochtgehalte van de compost. De daling in opbrengst wordt vrijwel geheel veroorzaakt door de daling in het aantal stuks champignons per/m<sup>2</sup> (van 1863 tot 210 stuks/m<sup>2</sup>; figuur 3 en Tabel 4). De tijd tussen afventileren en pluk loopt op van hoge vuldikte naar lage vuldikte. De paddenstoelen bij een vuldikte van 10 kg compost/m<sup>2</sup> zijn 3-4 dagen later geplukt in de eerste vlucht dan die geproduceerd op een vuldikte van 80 kg/m<sup>2</sup> (figuur 4). Door deze erg uiteenlopende productie zou eigenlijk om de 6 uur geplukt moeten worden om telkens dezelfde kwaliteit te oogsten. Om organisatorische redenen is dit niet gelukt.

De biologische efficiëntie BE (kg champignons/kg compost) neemt toe bij een aflopende vuldikte. Bij de laagste twee vuldikten (20 en 10 kg compost/m<sup>2</sup>) neemt de BE weer iets af (Tabel 5 en figuur 5). Deze trend is sterker te zien in de eerste vlucht dan in de tweede vlucht. Van de geoogste champignons is ook de sortering (kwaliteit) bekeken (Figuur 6). Bij vlucht 1 verloopt het percentage kwaliteit omgekeerd evenredig met de biologische efficiëntie. Dat wil zeggen dat het percentage kwaliteit afloopt bij aflopende vuldikte tot 30 kg compost/m<sup>2</sup> en weer iets toeneemt bij de laagste twee vuldikten. De lagere kwaliteit bij lagere vuldikten is veroorzaakt door niet op het juiste tijdstip te plukken. Door de variatie in kwaliteit bij de verschillende vuldikten zijn de BE's niet goed te vergelijken (immers een mindere kwaliteit champignon is zwaarder). Bij vlucht 2 is dezelfde trend te zien maar iets minder sterk: een oplopende BE tot een vulgewicht van 30 kg/m<sup>2</sup> en daarna weer iets afnemend. In deze vlucht zijn de kwaliteiten van de geplukte champignons wel goed te vergelijken zodat we hier wel kunnen concluderen dat de biologische efficiëntie het hoogst lijkt te zijn bij een vuldikte van 30 kg compost/m<sup>2</sup>.

Omdat bij vuldikten van 10 en 20 kg compost/m<sup>2</sup> de verhouding dekaarde compost wel erg anders komen te liggen dan normaal zijn bij deze vuldikten extra kisten toegevoegd waarbij slecht 2.5 cm dekaarde is gebruikt in plaats van 5 cm. In tabel 6 staan de opbrengsten en biologische efficiënties weergegeven van de kisten met de laagste vuldikten (10 en 20 kg compost/m<sup>2</sup>) waarbij ook een vergelijk kan worden gemaakt tussen 2.5 en 5 cm dekaarde. Duidelijk is dat een halvering van de dekaarde dikte een verlagend effect heeft op de opbrengst van verse champignons in de eerste vlucht. Dat geldt voor beide vuldikten en wel of geen natte puimsteen onder de compost. In de tweede vlucht is deze daling niet te zien (zelfs een lichte stijging, maar niet significant). Als naar het droge stofgehalte van de champignons wordt gekeken zien we dat deze sterk is gestegen bij dekaarde van 2.5 cm t.o.v. de normale dikte van dekaarde: een stijging van gemiddeld 6.6% bij dekaarde van 5 cm tot gemiddeld 8% bij dekaarde van 2.5 cm (over 2 vluchten gemiddeld; figuur 7). In figuur 7 is alleen de eerste vlucht weergegeven. Beide vluchten vertonen ongeveer hetzelfde effect van de dunnere dekaarde op het ds-gehalte van de champignons. Bij een lagere opbrengst aan champignons met een hogere droge stofgehalte is het interessant te kijken wat de producties zijn geweest uitgedrukt in droge stof/m<sup>2</sup>. Bij een vuldikte van 20 kg compost/m<sup>2</sup> is de daling in versproduct in de eerste vlucht duidelijk te zien terwijl deze in de tweede vlucht nauwelijks is te zien wanneer dekaarde dikten van 5 en 2.5 cm vergeleken worden (tabel 6). Voor droge stof is er een daling in de eerste vlucht te zien gaande van 5 cm naar 2.5 cm dekaarde. In de tweede vlucht stijgt de hoeveelheid droge stof echter. Bij optelling van de twee vluchten is er een daling te zien in opbrengst vers product maar percentsgewijs is deze daling groter dan de daling in droge stof wanneer de dekaarde dikte gehalveerd wordt. Bij een vulgewicht van 10 kg compost/m<sup>2</sup> is de zelfde trend te zien. Daar is zelfs een toename van droge stof te zien bij een dunnere laag dekaarde (zonder natte puimsteen onder de compost) of een afname van slechts 2% met puimsteen eronder. Een lagere opbrengst in verse champignons met een hoger droge stofgehalte zijn ook eerder waargenomen door Kalberer. Dat is op zich een interessante waarneming. Champignons nemen een aanzienlijk deel van hun water op via de dekaarde (30-40%). Een

afname van de hoeveelheid dekaarde heeft duidelijk effect op de beschikbaarheid van water met als gevolg dat de hoeveelheid water in de champignon ook afneemt. Dat heeft dus een beperkt effect op de afbraak van droge stof in de compost (voornamelijk organische stof) en dus de hoeveelheid drogestof champignons die gevormd wordt. Dekaaarde is een prima middel om vocht in champignons te krijgen (maar dat is geen nieuws). Eerder onderzoek heeft uitgewezen dat een verhoging van het zoutgehalte in de dekaarde ook een dergelijk effect geeft.

Vuldikte compost: 10 kg/m <sup>2</sup>								
dekaarde	Vlucht 1		Vlucht 2		VI 1+2		%daling	
	5 cm	2.5 cm	5 cm	2.5 cm	5 cm	2.5 cm		
puumsteen	Opbrengst vers kg/m <sup>2</sup>							
-	2.61	1.80	1.10	1.53	3.71	3.33	10.22	
+	2.44	1.58	1.25	1.37	3.68	2.95	19.89	
	Opbrengst droge stof gram/m <sup>2</sup>							
-	171.54	143.01	69.40	117.19	240.94	260.20	-7.99	
+	164.90	135.00	80.99	106.39	245.89	241.38	1.83	
Vuldikte compost: 20 kg/m <sup>2</sup>								
dekaarde	Vlucht 1		Vlucht 2		VI 1+2		%daling	
	5 cm	2.5 cm	5 cm	2.5 cm	5 cm	2.5 cm		
puumsteen	Opbrengst vers kg/m <sup>2</sup>							
-	5.38	4.16	2.73	2.54	8.11	6.70	17.40	
+	5.74	3.67	2.53	2.87	8.27	6.54	20.97	
	Opbrengst droge stof gram/m <sup>2</sup>							
-	355.02	325.95	187.55	204.72	542.58	530.68	2.19	
+	380.50	296.64	175.45	228.76	555.95	525.40	5.50	

Tabel 6. Producties in vers gewicht champignons en droge stof champignons bij de twee laagste vuldikten compost. In de eerste vlucht daalt de opbrengst champignons bij een halvering van de dikte van de dekaarde. In de tweede vlucht is dit effect gering of zelfs omgekeerd. Uitgedrukt in droge stof is het effect van de halvering van de dekaarde dikte gering.

## 4.2 Compost

Tijdens de teelt is het temperatuursverloop van de compost gemeten. Na de teelt is bij alle behandelingen de compost gescheiden van de dekaarde en de puimsteen (mogelijk door de aanwezigheid van netten). Er zijn diverse bepalingen gedaan:

- Analyse compost na de teelt:
  - Vocht
  - pH
  - Totale stikstof
  - Ammonia

- Droge stof
- Organische stof

#### 4.2.1 Temperatuur van substraat

Gedurende de teelt is bij elke behandeling het temperatuursverloop gemeten in de compost (figuur 8; Tabel 7).

Zonder de aanwezigheid van puimsteen is de gemiddelde temperatuur tussen vullen en opruwen bij de vuldikten 80 en 70 kg compost ca 24.2 °C en deze temperatuur zakt bij steeds lagere vuldikten tot ca 21.5 °C bij vuldikte 10 kg compost/m<sup>2</sup>. Dezelfde trend is te zien bij de gemiddelde temperatuur in de periode tussen opruwen en afventileren, afventileren en vlucht 1 en tijdens de twee vluchten. De temperatuur in vlucht 1 bij de hoogste vuldikte is 21 °C terwijl de bij de twee laagste vuldikten slechts 18 °C is. Op teeltbedrijven is de luchttemperatuur altijd lager dan de composttemperatuur. Dat is ook zo in deze proef bij de hogere vuldikten. In figuur 8 is te zien dat hoe lager de vuldikte wordt, des te dichter de composttemperatuur die van de lucht nadert. Bij de laagste vuldikte is de temperatuur van de compost na vullen nog net boven de luchttemperatuur maar in alle volgende fasen van de teelt is de composttemperatuur gelijk aan de luchttemperatuur. Dit koeler worden van het substraat zal zeker een gedeelte (of wellicht helemaal) de vertraging in de productie kunnen verklaren (bij 10 kg compost/m<sup>2</sup> 3 dagen later geplukt dan bij 80 kg compost/m<sup>2</sup>). In hoeverre dit ook een invloed heeft op de hoogte van de productie is hieruit niet af te leiden.

De waarden voor de behandelingen waarbij onder de compost een laag waterhoudende puimsteen aanwezig is, zijn vergelijkbaar met die zonder puimsteen. Bij hogere vuldikten is de temperatuur iets hoger in aanwezigheid van puimsteen dan zonder puimsteen. Het is niet duidelijk wat daarvan de oorzaak is en of het effect heeft gehad.

#### 4.2.2 Vocht en pH van het substraat

In deze proef zijn bij elke vuldikte 4 kisten gebruikt zonder puimsteen en 4 kisten met een natte puimsteenlaag onder de compost (4 cm dik). Van te voren is bepaald hoeveel water de puimsteen kan opnemen. In de proef is daarna wat extra water toegevoegd zodat er tussen de puimsteenkorrels ook nog vrij water beschikbaar was (1.5-2 cm). Tussen de dekaarde en de compost en tussen de compost en de puimsteen is een net aangebracht waardoor na de teelt de verschillende lagen van elkaar gescheiden kunnen worden om afzonderlijk geanalyseerd te kunnen worden.

Sproeien tot de eerste vlucht is vooral gedaan om de dekaarde op vocht te houden. Dus alle kisten met 5 cm dekaarde hebben evenveel gekregen. Na de eerste vlucht is enig sinds rekening gehouden met de productie en zijn water in drie verschillende hoeveelheden gegeven, ook rekening houdend met wat de dekaarde op het oog nodig heeft. De kisten met slecht 2.5 cm dekaarde hebben minder water gekregen. Het vochtgehalte van de doorgroeide compost was bij vullen 62.6%. Na de teelt zijn de verschillende lagen in de kisten gescheiden (dekaarde, compost en puimsteen) en op de compost is een analyse gedaan. Het vochtgehalte van de compost na de teelt is weergegeven in (zie tabel 8; figuur 9). Twee trends zijn duidelijk te zien:

- Bij een afnemende vuldikte loopt het vochtgehalte van de compost op (gemeten einde teelt).
- Het vochtgehalte van de behandelingen met een natte puimsteen laag onder de compost is hoger (met uitzondering vuldikte 80 kg/m<sup>2</sup>).

Er kunnen verschillende oorzaken zijn geweest voor het oplopende vochtgehalte van de compost na de teelt:

- Met het geven van water is onvoldoende rekening gehouden met de productie van champignons.
- De temperatuur van de compost neemt af bij aflopende vuldikte. Dat heeft tot gevolg dat er minder verdampt en het mycelium minder actief is.

Uit figuur 10 blijkt dat met watergeven niet voldoende rekening is gehouden met de productie. Dat is ook niet makkelijk met de kleine productie-eenheden. Een vochtsensor in de compost die direct afleesbaar is kan in een vervolgonderzoek gebruikt worden om een betere afstemming te krijgen.

Het feit dat de compost met een natte puimsteenlaag eronder natter is betekent dat het water wel de compost is ingegaan.

Na de teelt varieert de pH van de compost van pH 6.00 tot 6.05). Alleen de laagste vuldikte heeft een hogere pH (6.3 bij 10 kg compost/m<sup>2</sup> en geen puimsteen; 6.5 bij 10 kg compost/m<sup>2</sup> met puimsteen). Ook bij de laagste vuldikte met een dunnere dekaarde laag is de pH wat hoger. De reden hiervoor is niet bekend.

#### 4.2.3 Totale stikstof en ammonia

De totale hoeveelheid stikstof in de compost varieert erg weinig wanneer de verschillende vuldikten met elkaar worden vergeleken. Dat is ook in eerdere metingen waargenomen (zie rapport Voeding in uitgroeiende champignons 2008-5). Er is geen invloed te zien tussen wel of geen natte puimsteenlaag onder de compost (figuur 11). De uitwasbare hoeveelheid ammonium varieerde wel met de verschillende vuldikten. Bij de composten zonder puimsteen neemt deze hoeveelheid eerst toe om bij vuldikten van 40 kg compost/m<sup>2</sup> en lager weer af te nemen. Bij de laagste vuldikte is het ammoniumgehalte beduidend lager dan bij de hoogste vuldikte. Bij de composten met puimsteen is er een duidelijke afname te zien bij afnemende vuldikten. Dit is ook te zien bij de composten met een dunnere laag dekaarde. De reden hiervoor is moeilijk te geven. De champignon kan hier zelf voor verantwoordelijk zijn maar ook micro-organismen kunnen een rol spelen. Als het champignonmycelium hiervoor verantwoordelijk is, is moeilijk te verklaren waarom de afname te zien is bij een lagere vuldikte. Een mogelijke verklaring is de lagere metabolische activiteit in de dunne lagen die vertaald wordt in lagere concentraties metabolieten.

#### 4.2.4 Droge stof en organische stof

Het percentage droge stof in de compost neemt af bij afnemende vuldikte. Dat is uiteraard een spiegelbeeld van de toename van het vochtgehalte in de compost. Het percentage organische stof (uitgedrukt als percentage van de droge stof) verandert nauwelijks bij de verschillende vuldikten (figuur 12). Bij het vullen was het organische stof percentage 59 en na de teelt gemiddeld 52.6 (een daling van bijna 11%). Aangezien de biologische efficiëntie (kg champignons geproduceerd per kg substraat) gecorrigeerd naar kwaliteit ook geen grote verschillen laat zien is deze meting wat je zou verwachten. Kloppende balansen maken in deze proef is lastig gebleken. Daarvoor is de proef ook niet opgezet. Deze is eerder bedoeld om trends aan te tonen en te kijken hoever je kunt gaan om een model op te bouwen. Bij het vaststellen van het uiteindelijke model worden het maken van sluitende balansen wel belangrijk.

#### 4.2.5 Kwaliteit Champignons

Van alle behandelingen zijn in de eerste en tweede vlucht champignons genomen die in een bewaarproef zijn opgenomen. De witheidsindex en de verkleuring (% van hoedoppervlak dat verkleurd is) van de champignons is gemeten vlak na de oogst en na 5 dagen bewaren bij 9 °C. Duidelijk is te zien dat de witheid van de champignons bij inname bij alle compostdikten vrijwel hetzelfde is. Na bewaren zijn er echter grote verschillen te zien (figuur 13). In de eerste vlucht daalt de witheid bij een dalende vuldikte van de compost. Tegelijk is ook te zien dat tijdens de bewaring het % hoedoppervlak dat verkleurt is toegenomen. Deze trend is niet te zien in de tweede vlucht. Het is lastig om hier harde conclusies uit te trekken. Voor een deel zal de achteruitgang in kwaliteit te maken hebben met de mindere kwaliteit die in de eerste vlucht geplukt is bij dunnere compostlagen. Door de geringe productie op de dunnere lagen was het niet makkelijk om voldoende representatieve monsters te nemen voor alle analyses (opbrengst, kwaliteit, droge stof). Toch is geprobeerd om voor CBA zo'n goed mogelijk kwaliteit te plukken. Het is dus mogelijk dat er kwaliteitseffecten zijn op champignons bij lagere vuldikten (nattere compost, lagere temperatuur, minder verdamping). Het is nuttig om in een vervolgprouf te kijken wat het effect is op de kwaliteit wanneer de genoemde effecten voorkomen of gecompenseerd worden (vochtsensor in de compost, verwarmen kisten etc.).

## 4.3 Bruikbaarheid van Puimsteen als Waterhoudende Onderlaag.

In paragraaf 3.1 is gesproken over het testen van een aantal dragers in het vooronderzoek. Puimsteen is er toen uitgekomen als een mogelijk goede drager omdat het mycelium er goed omheen en in groeit en omdat in de voorproef ook bleek dat er uit deze drager relatief veel water verdwijnt in de teelt. Dat kan niet alleen verklaard worden door het opzuigen door de compost maar moet veroorzaakt zijn door opname door het mycelium. Elektronenmicroscopisch was ook goed te zien dat het mycelium op en in de puimsteen groeit (figuur 14).

In de proef is niet gebleken dat de mat met natte puimsteen effect heeft op de opbrengst, tijd van produceren, droge stof gehalte compost en champignons. Dat hadden we niet verwacht. Één van de mogelijke oorzaken is de waarneming dat bij afnemende vuldikte het mycelium minder of niet in de puimsteen groeit. In de puimsteen zat alleen water en geen voeding. Het mycelium zal dus niet de neiging hebben om naar en in de puimsteen te groeien en er dus ook geen water uit op kunnen nemen. Bij de hoogste vuldikten is de situatie anders. De myceliumgroei is daar beter (dikke strengen; figuur 15) en het mycelium zal zelf meer voeding bevatten waardoor het kan groeien naar gebieden met minder of geen voeding. Tevens kan bij grotere vuldikten er voeding vanuit de compost naar de puimsteen zijn gelekt waardoor het mycelium er naartoe is gaan groeien.

In het parallelle project (Ontwikkeling model op inerte dragers) hebben we meerdere dragers uitgetest. Één van de dragers waar het mycelium ook goed in groeit is perliet. Dit is ook een drager met een redelijk open structuur, het kan iets meer vocht bevatten dan puimsteen (0.85 ml/gr in vergelijking tot 0.51 ml/gr voor puimsteen) en we hebben goede ervaring met groei van mycelium op perliet in onze collectie.

## 5 Vervolg

In dit project is aangetoond dat we ver terugkunnen met de compostdikte om toch nog een productie te krijgen. Hoe verder we terugkunnen met de compostdikte des te beter kunnen we variëren in water, voeding en beluchting.

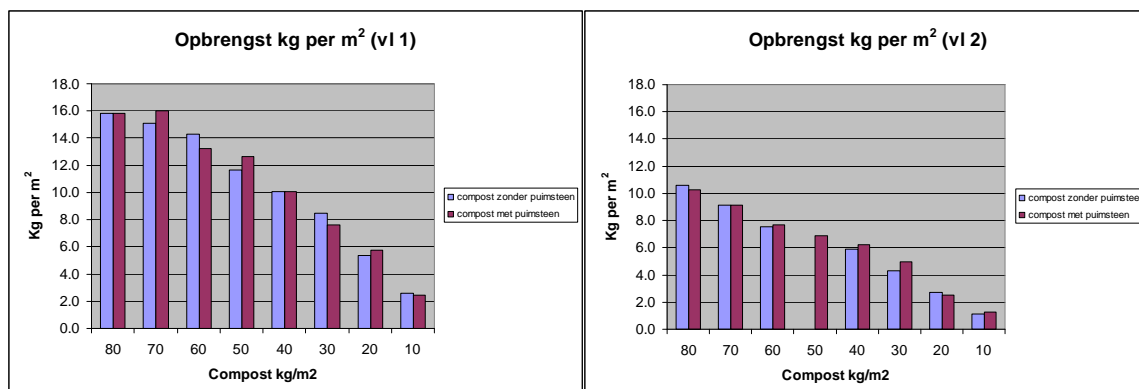
In dit project hebben we ook gezien dat een aantal zaken uit de pas gaan lopen als de vuldikten extreem worden (vocht en temperatuur compost). In een vervolgproject willen we slechts een beperkt aantal vuldikten en de controle gaan gebruiken en dan in ieder geval het vochtgehalte van de compost beter controleren (vochtsensoren). Het opwarmen van de compost behoort ook tot de mogelijkheden. Voordat we een werkend model hebben lijkt het niet verstandig om ook al met voeding te gaan werken.

Een vervolg zal met een begeleidingscommissie worden voorbereid en dan als project bij de PAC worden ingediend.

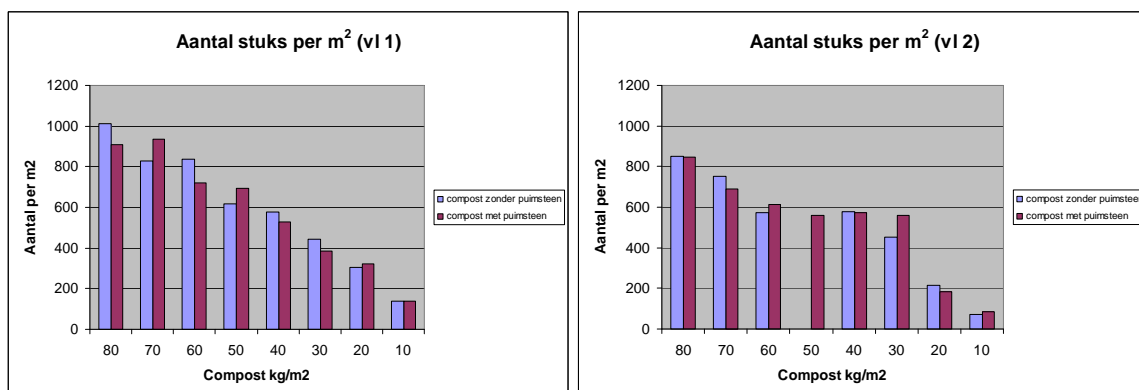
## Bijlage 1 (Figuren)



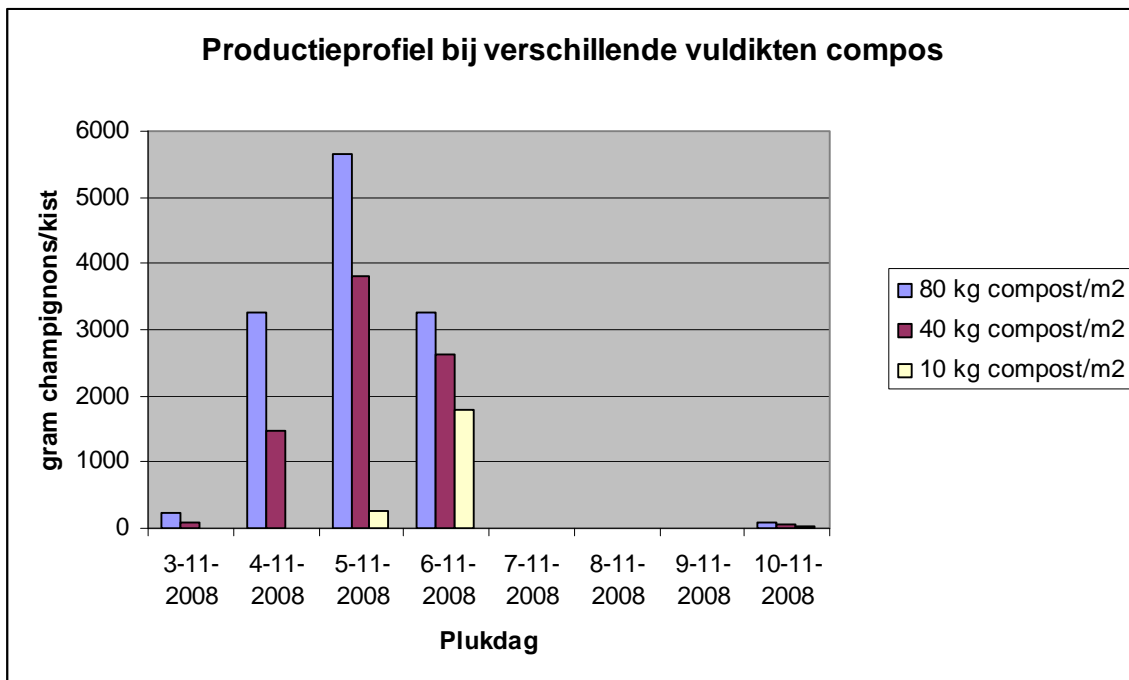
Figuur 1. Voor de proef zijn kisten met verschillende hoogten gebruikt zodat de bovenkant van de dekaarde bij alle vuldikten ongeveer evenver boven de kistrand uitsteekt. Dit voorkomt afwijkingen in luchtbewegingen. Tussen de dekaarde en compost, en tussen de compost en de puimsteen zijn netten aangebracht zodat de lagen na de teelt van elkaar gescheiden kunnen worden voor nadere analyse.



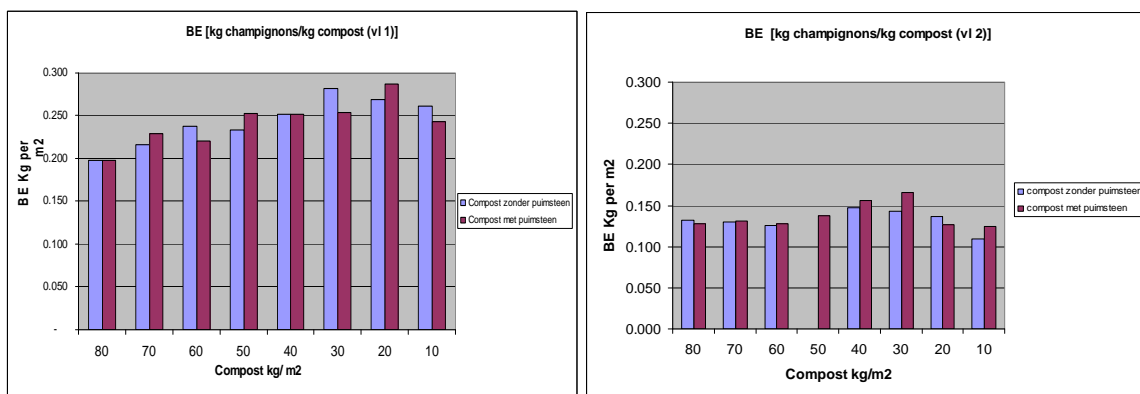
Figuur 2. Opbrengst champignons per m<sup>2</sup> bij een afnemende vuldikte compost. A: Afname in de eerste vlucht; B: Afname in de tweede vlucht. Er zijn geen grote verschillen te zien in opbrengsten tussen de composten die wel en geen natte puimsteenlaag onder zich hebben liggen.



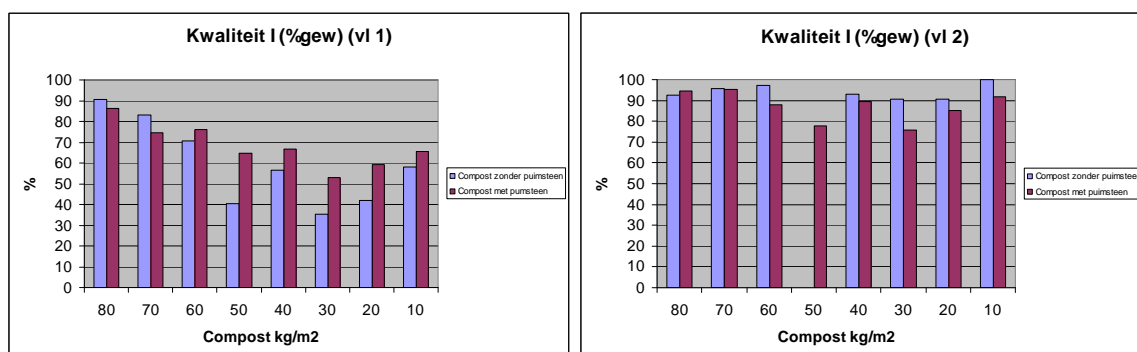
Figuur 3. Aantal stuks champignons per m<sup>2</sup> bij een afnemende vuldikte compost. A: Afname in de eerste vlucht; B: Afname in de tweede vlucht. Er zijn geen grote verschillen te zien in opbrengsten tussen de composten die wel en geen natte puimsteenlaag onder zich hebben liggen. De daling in opbrengst kan voor het grootste gedeelte verklaard worden door de daling in het aantal stuks/m<sup>2</sup>.



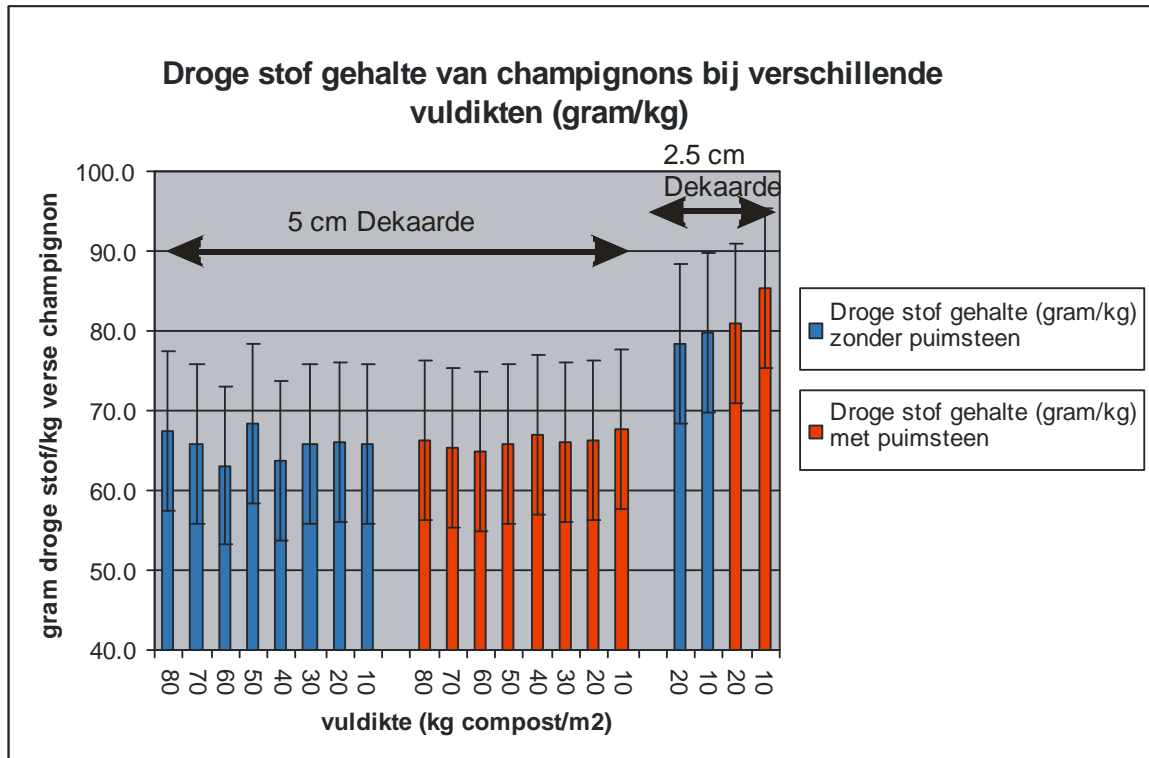
Figuur 4. Productieprofiel in de eerste vlucht bij drie verschillende vuldikten compost. Duidelijk is te zien dat hoe minder compost gevuld wordt des te later er wordt geproduceerd.



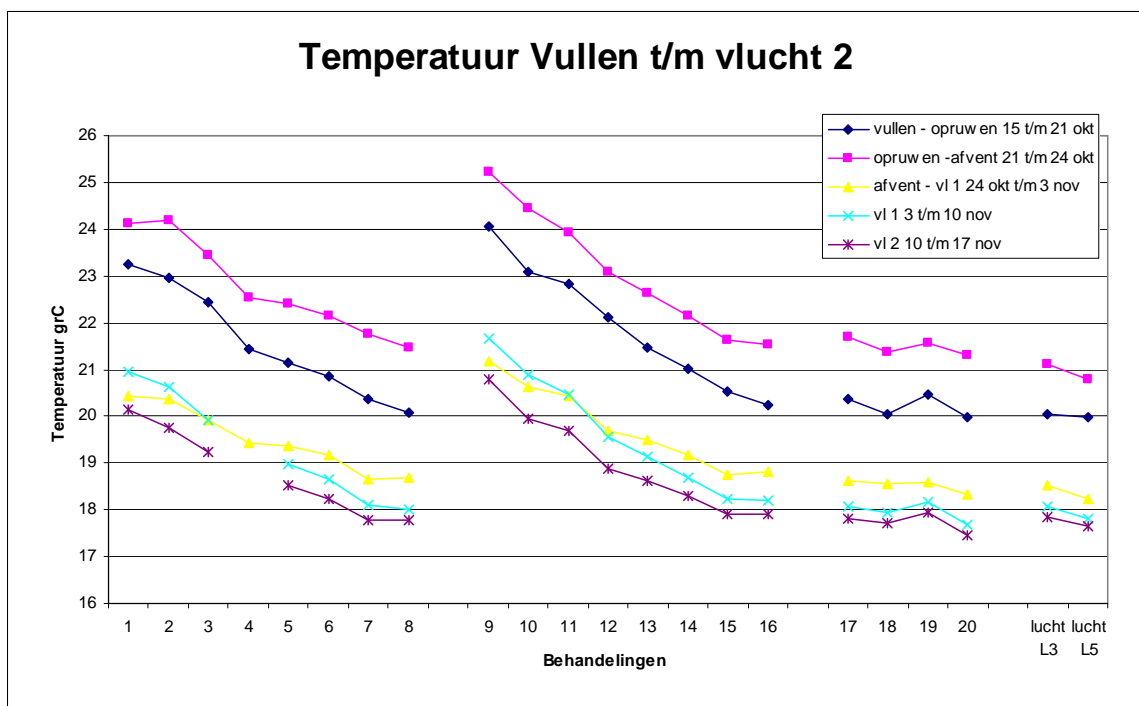
Figuur 5. De Biologische Efficiëntie (BE) uitgedrukt als kg verse champignon per kg vers substraat voor de vluchten 1 en 2. De BE stijgt in de eerste vlucht tot een compost vuldikte van 30 kg en daalt dan weer. In de tweede vlucht is dezelfde trend in veel minder sterke mate te zien.



Figuur 6. Kwaliteit (sortering) van de geplukte champignons uitgedrukt als percentage van de totale productie. Als kwaliteit is aangemerkt fijn (I-40).

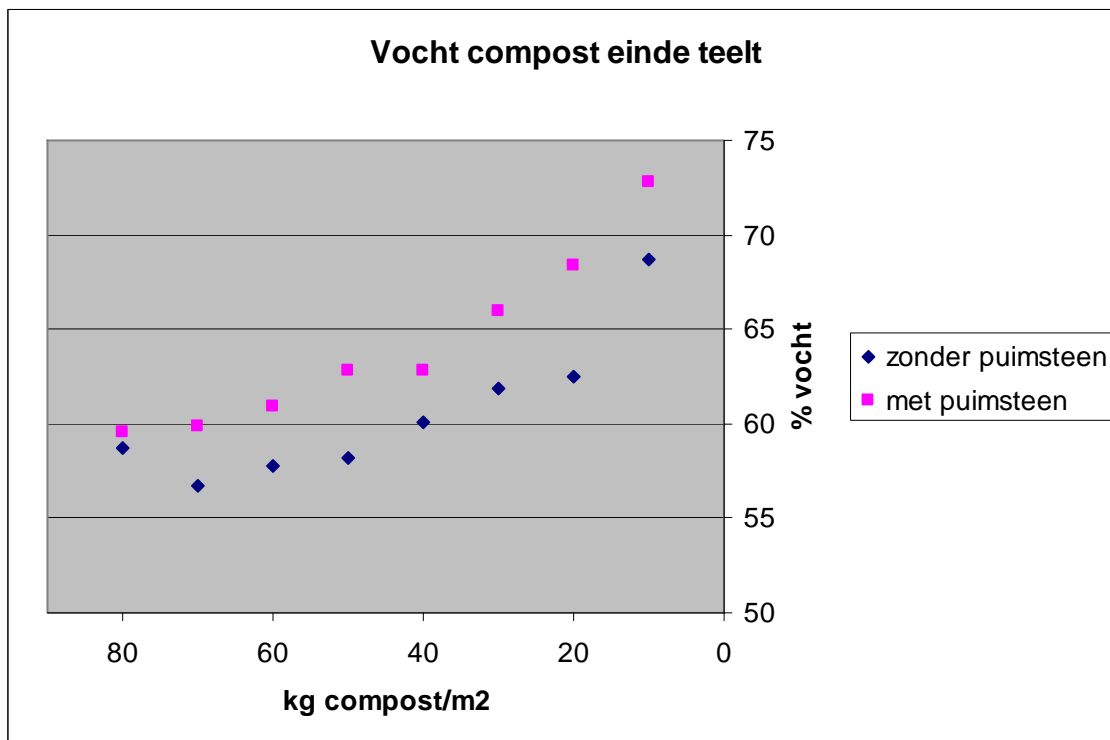


Figuur 7. Droge stofgehalte van champignons bij verschillende vuldikten compost in de **eerste vlucht**. Er zijn weinig verschillen te zien bij verschillende vuldikten. Bij halvering van de dikte van de dekaarde is er een groot effect te zien op het droge stof gehalte van champignons.

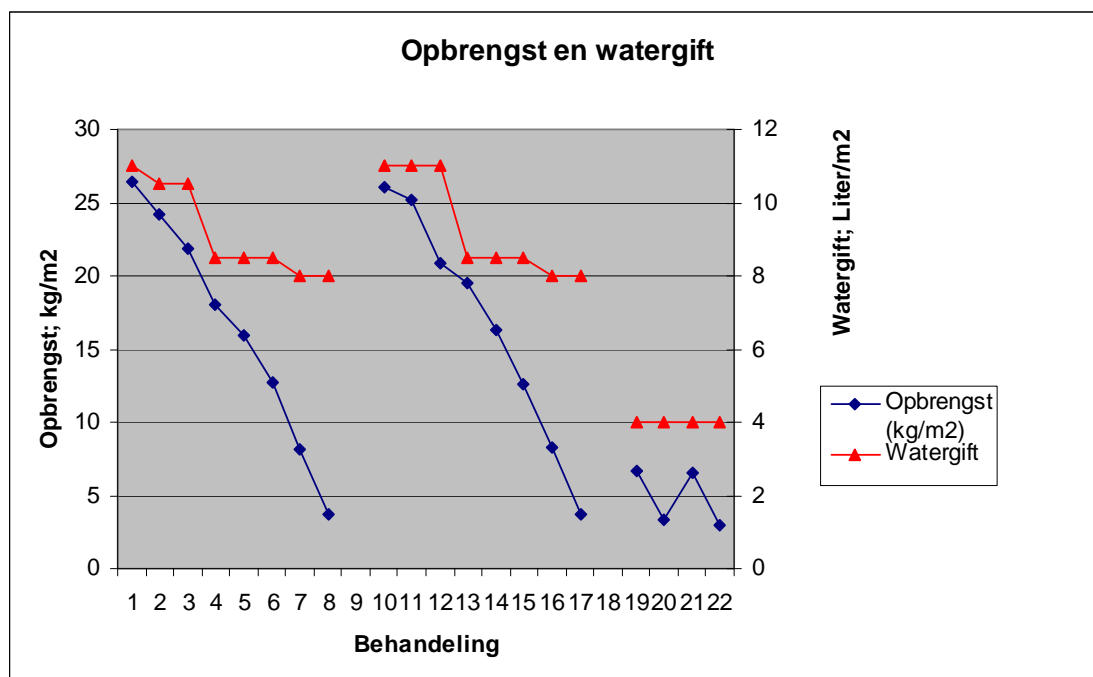


Figuur 8. Temperaturen van compost bij verschillende vuldikten. In elke teeltfase is te zien dat de composttemperatuur lager is bij afnemende vuldikten. De temperatuur komt hierbij steeds dichterbij de luchttemperatuur. Bij de laatste twee dikten is de composttemperatuur vrijwel gelijk aan de luchttemperatuur. Dit is waarschijnlijk de belangrijkste oorzaak voor de productie vertraging bij afnemende vuldikten.

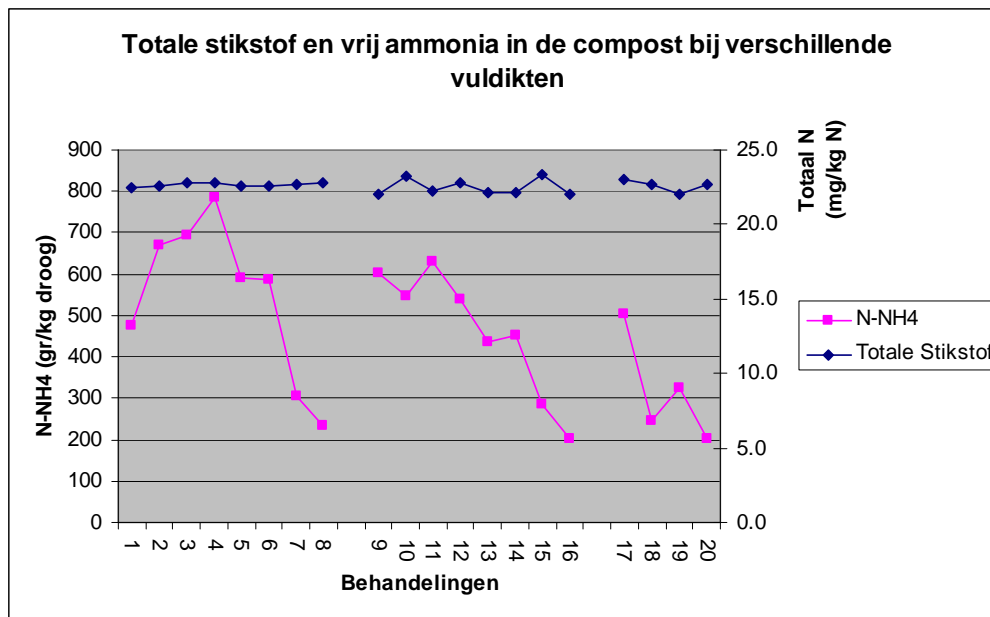




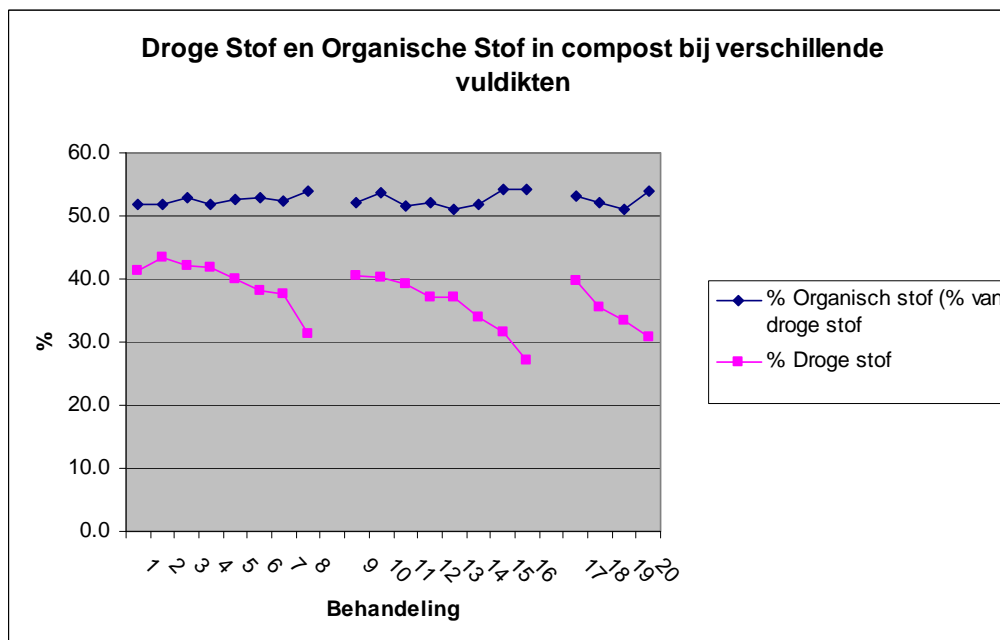
Figuur 9. Vochtgehalte van de compost bij verschillende vuldikten aan het einde van de teelt. Bij een afnemende vuldikte neemt het vochtgehalte duidelijk toe. Ook is het vochtgehalte van de compost met de natte puimsteen laag eronder hoger.



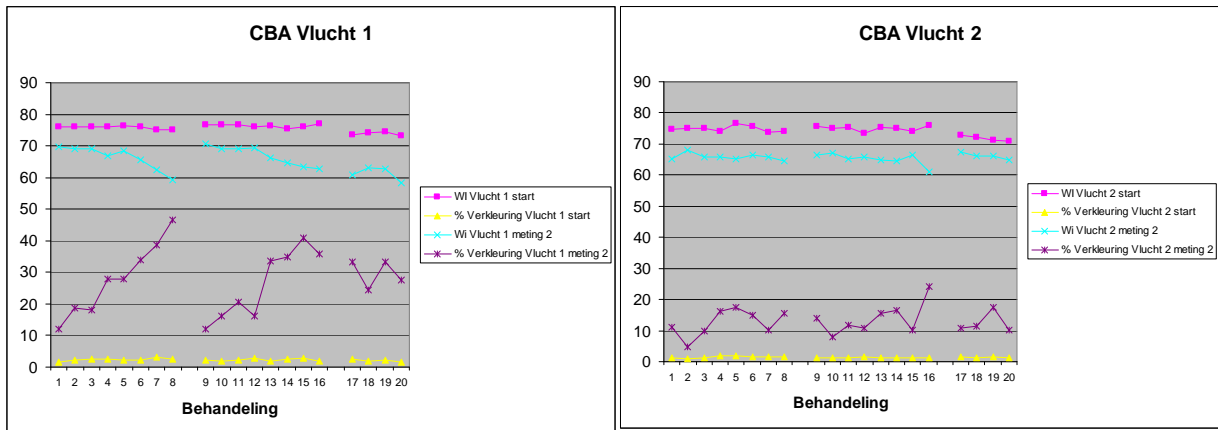
Figuur 10. Hoeveelheid water gegeven in 2 vluchten afgezet tegen de producties champignons bij de verschillende vuldikten. Verhoudingsgewijs is er bij de lagere vuldikten te veel water gegeven. Dit kan voor een deel het oplopende vochtgehalte van de compost bij een lagere vuldikte verklaren.



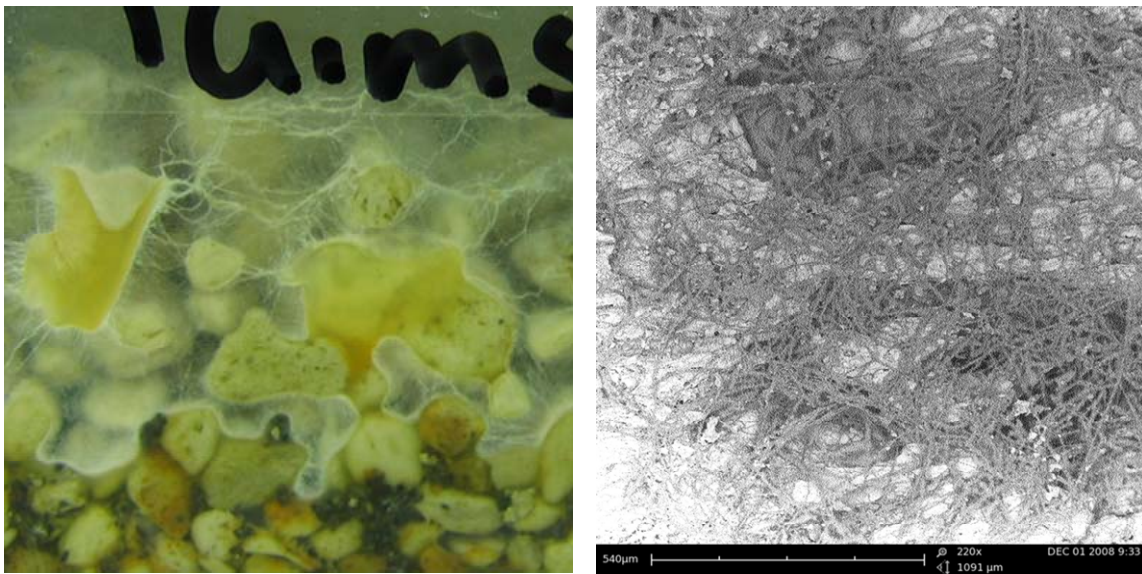
Figuur 11. Totale hoeveelheid stikstof en de fractie ammoniumstikstof bij de verschillende behandelingen.



Figuur 12. Droge stof en organische stof gehalten van de compost bij verschillende vuldikten aan het eind van de teelt. Het droge stof gehalte daalt overeenkomstig de stijging van het vochtgehalte bij afneemde vuldikten. Er zijn geen grote verschillen in procentuele afname droge stof bij verschillende vuldikten. Aangezien er ook geen grote verschillen zijn gezien in de biologische efficiëntie van het substraat gebruik is deze bepaling als verwacht.



Figuur 13. CBA kwaliteitsmetingen van champignons direct na de oogst en na bewaring van 5 dagen bij 9 °C. In de eerste vlucht is duidelijk een afname van de witheid en een toename van % verkleurd oppervlak te zien na bewaring. Deze trend is niet te zien bij paddenstoelen van de tweede vlucht. De verslechtering van de kwaliteit in de eerste vlucht na bewaring is waarschijnlijk veroorzaakt door de mindere kwaliteit die geplukt is bij lagere vluidkten.



Figuur 14. Myceliumgroei om de puimsteenkorrels in een experiment waarin oplosbare voeding is gebruikt. Rechts een electronenmicroscopische opname van myceliumgroei op een puimsteenkorrel die onder een laag compost heeft gezeten. Het mycelium groei op en in de korrel en kan daar dus water en voeding uithalen.

## Bijlage 2 (Tabellen)

compost kg/m <sup>2</sup>	Vlucht 1		Vlucht 2		Totaal	
	puijsteen		puijsteen		puijsteen	
	zonder	met	zonder	met	zonder	met
80	16.3	15.8	10.6	10.3	26.9	26.1
70	15.1	16.0	9.1	9.1	24.2	25.1
60	14.3	13.2	7.6	7.7	21.8	20.9
50	11.7	12.6	0	6.9		19.5
40	10.1	10.1	5.9	6.2	16.0	16.3
30	8.5	7.6	4.3	5.0	12.7	12.6
20	5.4	5.7	2.7	2.5	8.1	8.3
10	2.6	2.4	1.1	1.2	3.7	3.7

Tabel 3 Productie champignons (kg per m<sup>2</sup>)

compost kg/m <sup>2</sup>	Vlucht 1		Vlucht 2		Totaal	
	puijsteen		puijsteen		puijsteen	
	zonder	met	zonder	met	zonder	met
80	0.204	0.198	0.132	0.128	0.336	0.326
70	0.216	0.229	0.130	0.131	0.346	0.359
60	0.238	0.221	0.126	0.128	0.364	0.348
50	0.233	0.252	0	0.138		0.390
40	0.251	0.251	0.148	0.156	0.399	0.407
30	0.282	0.254	0.143	0.166	0.425	0.420
20	0.269	0.287	0.136	0.127	0.405	0.414
10	0.261	0.244	0.110	0.125	0.371	0.368

Tabel 5 Biologische efficiëntie (kg champignons per kg compost)

compost kg/m <sup>2</sup>	Vlucht 1		Vlucht 2		Totaal	
	puijsteen		puijsteen		puijsteen	
	zonder	met	zonder	met	zonder	met
80	1010	909	853	848	1863	1756
70	827	935	752	688	1578	1623
60	838	720	571	613	1409	1333
50	620	694	0	560		1254
40	576	530	576	575	1153	1105
30	443	386	453	558	895	944
20	306	324	215	183	521	506
10	140	138	70	85	210	223

Tabel 4 Productie champignons (aantal per m<sup>2</sup>)

behandeling	compost kg/m <sup>2</sup>	dekaarde cm	puimsteen	Periode				
				vullen tot opruwen	opruwen tot afventileren	afventileren tot vl. 1	vl. 1 tot vl. 2	vl. 2 tot einde vl. 2
1	80	5	-	23.2	24.1	20.4	21.0	19.3
2	70	5	-	22.9	24.2	20.4	20.6	18.9
3	60	5	-	22.4	23.4	19.9	19.9	18.6
4	50	5	-	21.4	22.5	19.4		
5	40	5	-	21.2	22.4	19.4	19.0	18.1
6	30	5	-	20.8	22.2	19.2	18.7	17.8
7	20	5	-	20.4	21.7	18.7	18.1	17.8
8	10	5	-	20.1	21.5	18.7	18.0	17.5
9	80	5	+	24.1	25.2	21.2	21.7	19.9
10	70	5	+	23.1	24.5	20.6	20.9	19.0
11	60	5	+	22.8	23.9	20.4	20.5	18.2
12	50	5	+	22.1	23.1	19.7	19.5	18.1
13	40	5	+	21.5	22.6	19.5	19.1	18.1
14	30	5	+	21.0	22.2	19.2	18.7	17.9
15	20	5	+	20.5	21.6	18.7	18.2	17.6
16	10	5	+	20.3	21.5	18.8	18.2	17.6
17	20	2.5	-	20.4	21.7	18.6	18.1	17.5
18	10	2.5	-	20.0	21.4	18.6	17.9	17.5
19	20	2.5	+	20.5	21.6	18.6	18.2	17.7
20	10	2.5	+	20.0	21.3	18.3	17.7	17.2
Lucht				20.0	21.0	18.4	17.9	17.6

Tabel 7 Temperatuur compost en lucht tijdens de teelt (gemiddeld per periode)

compost kg/m <sup>2</sup>	puimsteen	
	zonder	met
80	58.8	59.6
70	56.7	59.9
60	57.8	60.9
50	58.2	62.8
40	60.1	62.9
30	61.9	66.0
20	62.5	68.4
10	68.7	72.8

Tabel 8. Vochtgehalte compost  
einde teelt (%)