

Bedrijfseconomisch beslismodel voor belichting en kasverwarming bij de leliebroei

Energie-efficiënter broeien door een hogere kastemperatuur

J. Wildschut en H. Kok

© 2007 Wageningen, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden veeelvoudigd, 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 Praktijkonderzoek Plant & Omgeving.

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V. is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.



Projectnummer: 32 360 296 00

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

Bloembollen, Bomen & Fruit

Adres : Prof. Van Slogterenweg 2, Lisse

: Postbus 85, 2160 DW Lisse

Tel. : 0252 - 462121

Fax : 0252 - 462100

E-mail : info.ppo@wur.nl

Internet : www.ppo.wur.nl

Inhoudsopgave

pagina

SAMENVATTING.....	5
1 INLEIDING	7
2 MATERIAAL EN METHODEN	9
2.1 Proefopzet	9
2.2 Variabelen	9
2.3 Analyse en modelconstructie	10
3 RESULTATEN	11
3.1 Takkwaliteit	11
3.2 Energieverbruik: gas en licht.....	12
3.3 Beslismodel	14
1.1.1 Scenarioberekeningen.....	14
4 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	19
BIJLAGE 1	21

Samenvatting

De afgelopen jaren is er veel aandacht besteed aan het zoeken van de beste belichting van lelies om goede takkwaliteit te kunnen leveren en om problemen als papierblad te voorkomen. Vanuit onderzoek is bekend dat ieder lichtniveau een andere bijbehorende optimale kasttemperatuur heeft. De kasttemperatuur is van belang voor de groeiduur. De hoge energieprijzen maken het noodzakelijk om lelies, van goede kwaliteit, zo energie-efficiënt mogelijk te produceren. Als de relaties bekend zijn tussen lichtniveau, belichtingsduur, kasttemperatuur en takkwaliteit, kan een bedrijfseconomisch beslismodel gemaakt worden waarmee kwekers in verschillende jaargetijden kunnen bepalen welk licht- en temperatuurregime de beste takkwaliteit geeft tegen zo laag mogelijke energiekosten.

Eerder onderzoek in de wintermaanden naar de effecten van verschillende kasttemperaturen en van verschillende lichtniveaus en belichtingsduur op de takkwaliteit van lelies gaf onvoldoende basis voor een bedrijfseconomisch beslismodel. Doel van dit onderzoek was dan ook om voor de leliegroepen Oriëntals, Aziaten en Longiflorums het verband in kaart te brengen tussen lichtniveau, belichtingsduur, kasttemperatuur en takkwaliteit. En om op basis daarvan een bedrijfseconomisch beslismodel te construeren waarmee kwekers de juiste keuzes kunnen maken om kwalitatief goede lelies tegen zo laag mogelijke (energie)kosten te produceren.

Hiertoe zijn 2 proeven opgezet (ingeaald op 15 oktober en 3 januari). In de eerste proef zijn in 4 kasruimtes, elk met een andere temperatuur, 4 cultivars onder 9 verschillende lichtniveaus gedurende 16 uur belicht. In de tweede proef zijn de 4 cultivars onder de 9 verschillende lichtniveaus in elke kasruimte belicht met een andere belichtingsduur. De temperatuur werd hierbij constant gehouden.

Ter beoordeling van de takkwaliteit zijn o.a. takgewicht, taklengte, stevigheid, knoplengte, aantal goede knoppen, takken met zijknoppen en de houdbaarheid bepaald. De data zijn statistisch geanalyseerd en van de relevante verbanden tussen de variabelen zijn formules opgesteld. Met rekenmodellen van PPO/WUR zijn per belichtings- en temperatuursscenario het gas- en elektraverbruik en de vaste kosten per tak berekend. Het geheel is samengevat in een rekenmodel. Dit beslismodel is opgezet met als principe dat eerst de voor de markt minimale takkwaliteit wordt bepaald en vervolgens wordt berekend bij welke belichtings- en temperatuursinstellingen deze kwaliteit bij de laagste kosten kan worden gerealiseerd.

De uitkomsten van het model geven aan dat bij toenemende kasttemperatuur de groeiduur zo sterk wordt verkort, dat er daardoor meer wordt bespaard op de kosten voor belichting dan er aan extra kosten voor hogere kasttemperatuur worden gemaakt. Ook in Joules (primaire energie) uitgedrukt wordt er dan energiezuiniger geproduceerd. Andere uitkomsten zijn dat er bij extreem lang belichten, 20 uur/dag, een extra groeiduurverkortung optreedt. Om een hogere lichtsom per dag te realiseren is in het algemeen langer belichten goedkoper dan sterker belichten.

Met het model kunnen verschillende scenario's worden doorberekend waarna de resulterende takkwaliteit kan worden vergeleken met de kosten per tak. Op deze wijze kan de kweker het meest gunstige scenario kiezen. In het eindrapport worden hiervan een aantal voorbeelden gegeven. De uitkomsten worden weergegeven in tabellen en een aantal figuren.

1 Inleiding

De afgelopen jaren is er in onderzoek en praktijk veel aandacht besteed aan het zoeken van de beste belichting van lelies om goede takkwaliteit te kunnen leveren en om problemen als papierblad te voorkomen. Vanuit onderzoek is bekend dat ieder lichtniveau een andere optimale bijbehorende kasttemperatuur heeft. De hoge energieprijzen maken het noodzakelijk om lelies, van goede kwaliteit, zo energie-efficiënt mogelijk te produceren. Daarvoor is het belangrijk het verband te kennen tussen lichtniveau, belichtingsduur, kasttemperatuur en takkwaliteit. Als de relatie tussen deze parameters bekend is kan een bedrijfseconomisch beslismodel gemaakt worden waarmee kwekers in verschillende jaargetijden kunnen bepalen welk licht- en temperatuurregime de beste takkwaliteit geeft tegen zo laag mogelijke energiekosten.

In het verleden zijn diverse belichtingsproeven uitgevoerd. Het meeste onderzoek werd uitgevoerd met een lichtniveau van 3000 lux. Bij dit lichtniveau was een belichtingsduur van 16 uur per etmaal optimaal voor Oriëntals en Longiflorums, 24 uur belichten gaf schade in Oriëntals wat tot uiting kwam in bladvlekken. In Aziaten was er geen verschil in takkwaliteit tussen 20 en 24 uur per etmaal belichten. Uit oogpunt van energiebesparing wordt in Aziaten daarom een belichtingsduur van 20 uur per etmaal geadviseerd. In dit onderzoek was er weinig effect van kasttemperatuur op de takkwaliteit van Oriëntals. Bij Longiflorums gaf een kasttemperatuur van 13°C een betere takkwaliteit dan een kasttemperatuur van 17°C. De kasttemperatuur is ook van grote invloed op de trekduur; een hogere kasttemperatuur verkort de groeiduur en vergroot daarmee het aantal trekken dat kan plaatsvinden in de kas, waardoor de vaste kosten per steel dalen.

In later onderzoek is gevarieerd met hogere lichtniveaus. In onderzoek naar het effect van belichting op papierblad is de takkwaliteit vergeleken bij lichtniveaus van 3000, 6000 en 12000 lux bij een belichtingsduur van 16 uur per etmaal. Daarbij werd de beste takkwaliteit behaald bij een lichtniveau van 6000 lux. Het optimale lichtniveau kan echter lager of hoger liggen dan 6.000 lux. Bij 12000 lux waren de takken zwaarder van gewicht dan bij 6000 lux en was de trekduur enkele dagen korter.

Met de resultaten tot nu toe is het niet mogelijk de bedrijfseconomisch meest interessante keuze te maken van lichtniveau, belichtingsduur en kasttemperatuur. En ook ontbreekt voor lelies een model dat hierin inzicht geeft. Doel van dit onderzoek is dan ook om voor de leliegroepen Oriëntals, Aziaten en Longiflorums het verband in kaart te brengen tussen lichtniveau, belichtingsduur, kasttemperatuur en takkwaliteit. En om op basis daarvan een bedrijfseconomisch beslismodel te construeren waarmee kwekers het beste belichtings- en temperatuurregime kunnen kiezen om kwalitatief goede lelies tegen zo laag mogelijke (energie)kosten te produceren.

2 Materiaal en Methoden

2.1 Proefopzet

Tussen 15 oktober 2006 en april 2007 zijn twee proeven opgezet. Proef 1 werd uitgevoerd in 4 kasruimtes met elk een verschillende temperatuur. De gemiddelde gerealiseerde temperaturen waren 17.6 , 18.4, 19.6 en 20.8 °C. Per kasruimte zijn 4 rijen lelierassen geplaatst (2 Oriëntals: Siberië en Stargazer, een Aziaat: Brunello en een Longiflorum: White Heaven). Over de lengterichting van de rijen is een lichtniveau-gradiënt aangebracht waardoor de lelies onder 9 verschillende niveaus werden afgebroeid: van gemiddeld 90, 108, 126, 144, 162, 179, 197, 215 tot 233 $\mu\text{mol/s/m}^2$. Dit komt overeen met een lichtsterkte van ongeveer 6000 tot ruim 16000 lux. Alle kasruimtes werden vanaf 24.00 uur 16 uur belicht.

De 2^{de} proef werd op 3 januari ingehaald. Per kasruimte zijn de lelierassen en de lichtniveaus op dezelfde manier opgesteld als in proef 1. De belichtingsduur in de 4 verschillende kasruimtes was ingesteld op 8, 12, 16 en 20 uur, de temperatuur was voor alle kasruimtes dezelfde: 17,9 °C. Samengevat:

Proef 1: · 4 kasruimtes, elk met andere kastemperatuur
· per kas 4 cultivars
· per kas 9 lichtniveaus
· inhaaldatum: 15 oktober

Proef 2: · 4 kasruimtes, elk met andere belichtingsduur
· per kas 4 cultivars
· per kas 9 lichtniveaus
· inhaaldatum: 3 januari

De lelies werden gebroeid op potgrond in leliekragen. 40 takken/m².

2.2 Variabelen

Verschillende typen variabelen zijn belangrijk om in het beslismodel te betrekken, de experimentele variabelen:

- 1 Cultivars: Siberia, Stargazer, Brunello en White Heaven
- 2 Kastemperatuur: ± 17 tot 21 °C
- 3 Lichtintensiteit: ± 6000 tot 17000 lux = 90 tot 235 $\mu\text{mol/s/m}^2$
- 4 Belichtingsduur (vanaf 24.00 h): 8, 12, 16 en 20 uur.
- 5 Inhaaldatum: 15 oktober en 3 januari,

En de economische variabelen:

- 1 Gasprijs en gasverbruik voor kasverwarming
- 2 kWh prijs en elektraverbruik voor belichting
- 3 Jaar (of dag)kosten (afschrijving, rente en onderhoud) van de kas
- 4 Jaar (of dag)kosten van de lampen (incl. armaturen en bekabeling)
- 5 Groeiduur

Variabele kosten (kosten die evenredig zijn met het aantal geoogste takken (plukkosten, bemesting, etc.)) worden niet meegenomen.

Belangrijke variabelen ter beoordeling van de takkwaliteit zijn: takgewicht, taklengte, gewicht/cm (als benadering van de stevigheid), stevigheid (visueel beoordeeld op een schaal van 1 tot 10), knoplengte,

aantal goede knoppen, takken met zijknoppen, het percentage takken met brandblad, het aantal brandbladeren per tak en de houdbaarheid.

2.3 Analyse en modelconstructie

De statistische analyse van de data van beide proeven is integraal uitgevoerd met SPSS 12.0 (General Linear Model). Hiermee is bepaald welke van de (combinaties van) experimentele variabelen significant effect hebben op takkwaliteit en groeiduur. Deze verbanden zijn vervolgens met Multiple Regressie Analyse numeriek beschreven (in formules opgesteld).

Het verband tussen de vereiste kastemperatuur en de dagelijkse warmtevraag (in m^3 gas per m^2 kas) in een bepaalde periode, is bekend op basis van rekenmodellen van PPO/WUR. Deze modellen zijn gebaseerd op 30-jaars meteorologische gemiddelden van dagelijkse instraling, buitentemperatuur, uitstraling, met of zonder energiescherm, etc.. Hier is gekozen voor een kas met energiescherm.

Ook de gemiddelde dagelijkse lichtsom is bekend, maar de exacte lichtbehoefte van lelies per groeifase is onbekend.

Op basis van de genoemde variabelen en de onderlinge verbanden zijn per scenario de energie- en vaste kosten per tak te berekenen.

Het beslismodel is opgezet met als principe dat eerst de voor de markt minimale takkwaliteit wordt bepaald en vervolgens bij welke belichtings- en temperatuursinstellingen deze kwaliteit bij de laagste kosten kan worden gerealiseerd.

De waarden die aldus door het model voor relevante parameters gegenereerd worden zijn niet absoluut: in praktijkomstandigheden spelen meer dan alleen de experimentele variabelen een rol. De verschillen tussen scenario's, de trends bij verhoging of verlaging van temperatuur of lichthoeveelheden zijn wel redelijk algemeen geldend.

3 Resultaten

3.1 Takkwaliteit

De takkwaliteit is af te lezen aan criteria als taklengte, takgewicht, stevigheid, etc. Hiervan is in tabel 1, voor de cultivar Stargazer, het effect van een hogere kasttemperatuur, een intensievere belichting, een langere belichtingsduur en van het inhalen op 3 januari in plaats van op 15 oktober samengevat. De effecten zijn aangegeven met een "+" (toename), een "-" (afname), een "0" (geen effect) of met nvt (niet getest). Soms staat een effect tussen haakjes: het effect is wel significant, maar zo klein dat 't de moeite niet waard is. De waarden zijn de waarden bij de gekozen standaard situatie van belichten met 84 $\mu\text{mol/s/m}^2$ (6000 lux) gedurende 12 uur, een kasttemperatuur van 16 °C en inhalen op 15 oktober. In het geval van Stargazer zijn een paar extra criteria toegevoegd: takken met zijknoppen, het percentage takken met verbrande blaadjes en het aantal verbrande blaadjes per tak. In de tabel is onder andere te zien dat als het percentage zijwaarts bloeiende knoppen 0% moet zijn, de belichtingsduur en/of het lichtniveau onder de standaardwaarden moeten worden ingesteld.

Tabel 1: Takkwaliteit Stargazer bij standaard licht- en temperatuursinstellingen.

Stargazer			Kas Temp	L-niveau	L-duur	inhaaldatum
takgewicht	g	113	-	+	0	-
taklengte	cm	82	0	-	-	+
gew/cm	g/cm	1,37	0	+	+	-
stevigheid	i	7,6	0	+	+	-
stevigheid minimum	i	7,0	0	+	+	-
knoplengte	cm	9,5	0	0	0	+
goede knoppen	n	5,1	-	0	0	-
takken met zijknoppen	%	13%	nvt	+	+	nvt
takken met brandblad	%	0%	nvt	+	0	±
brandbladeren per tak	n	0%	nvt	+	0	+
houdbaarheid	dagen	11,3	+	+	nvt	nvt
groeiduur	dagen	95	-	0	-	0

Voor de andere cultivars spelen deze extra criteria geen rol. De waarden bij de gekozen standaard situatie zijn voor de cultivar Siberia aangegeven in tabel 2, voor Brunello in tabel 3, en voor White Heaven in tabel 4.

Tabel 2: Takkwaliteit Siberia bij standaard licht- en temperatuursinstellingen.

Siberia			Kas Temp	L-niveau	L-duur	inhaaldatum
takgewicht	g	132	-	+	0	+
taklengte	cm	90	-	-	-	+
gew/cm	g/cm	1,46	0	+	+	-
stevigheid	i	7,4	+	+	+	-
stevigheid minimum	i	7,0	+	+	+	-
knoplengte	cm	10,6	-	+	0	0
goede knoppen	n	4,7	-	0	0	+
takken met zijknoppen		nvt				
takken met brandblad		nvt				
brandbladeren per tak		nvt				
houdbaarheid	dagen	15,7	+	0	nvt	nvt
groeiduur	dagen	93	-	0	-	-

Tabel 3: Takkwaliteit Brunello bij standaard licht- en temperatuurstellingen.

Brunello			Kas Temp	L-niveau	L-duur	inhaaldatum
takgewicht	g	183	-	+	+	0
taklengte	cm	111	-	-	-	+
gew/cm	g/cm	1,66	-	+	+	-
stevigheid	i	5,9	0	+	+	+
stevigheid minimum	i	5,4	0	+	+	+
knoplengte	cm	7,8	0	0	0	0
goede knoppen	n	6,9	-	+	+	-
takken met zijknoppen		nvt				
takken met brandblad		nvt				
brandbladeren per tak		nvt				
houdbaarheid	dagen	18,5	-	+	nvt	nvt
groeiduur	dagen	70	-	(-)	-	+

Tabel 4: Takkwaliteit Brunello bij standaard licht- en temperatuurstellingen.

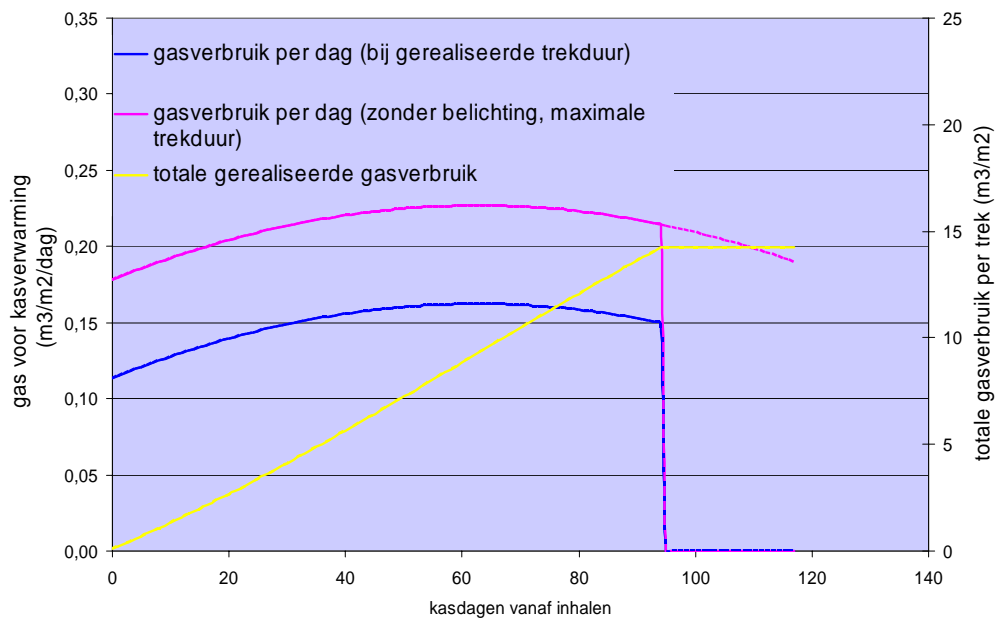
White Heaven			Kas Temp	L-niveau	L-duur	inhaaldatum
takgewicht	g	163	-	+	0	-
taklengte	cm	100	+	0	-	0
gew/cm	g/cm	1,38	0	+	+	-
stevigheid	i	7,7	0	+	+	0
stevigheid minimum	i	7,1	0	+	+	0
knoplengte	cm	10,0	+	+	0	0
goede knoppen	n	2,7	0	0	0	-
takken met zijknoppen		nvt				
takken met brandblad		nvt				
brandbladeren per tak		nvt				
houdbaarheid	dagen	24,3	-	0	nvt	nvt
groeiduur	dagen	83	-	(-)	-	-

Uit de tabellen is af te lezen dat een hogere kastemperatuur de groeiduur van alle cultivars verkortte. Dit ging soms ten koste van de stevigheid of een ander criterium. Met extra belichting was dit meestal weer op te vangen (bij het criterium stevigheid staat bij lichtniveau (L-niveau) en belichtingsduur (L-duur) altijd een +). Uit tabel 3 wordt duidelijk dat de stevigheid van Brunello bij de standaardinstellingen te laag was. Door meer of sterker te belichten werden de takken steviger.

De taklengte en de houdbaarheid verschilden duidelijk per cultivar, maar zijn in alle gevallen boven het minimum.

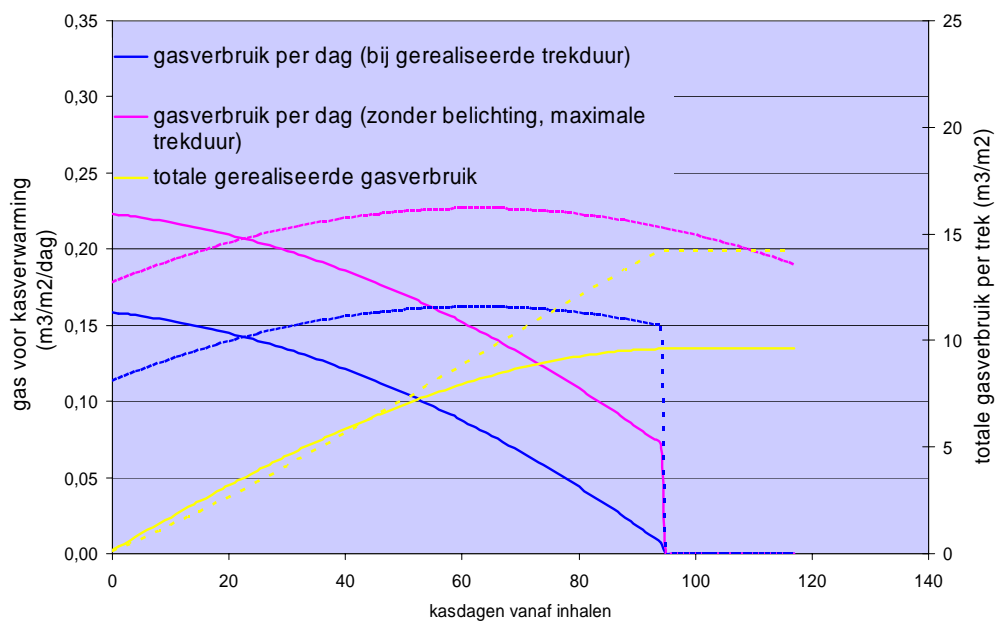
3.2 Energieverbruik: gas en licht

Een voorbeeld van het gasverbruik per m² wordt gegeven in figuur 1. Hierin is het resultaat van modelberekeningen weergegeven met als uitgangswaarden de standaardinstellingen: inhaaldatum 15 oktober (dag 0), vereiste kastemperatuur 16 °C en een belichting van 12 uur met 6000 lux. Bij het ras Stargazer resulteerde deze waarden in een groeiduur (trekdur) van 95 dagen. In de figuur is het dagelijkse gasverbruik met en zonder belichting weergegeven (lampwarmte verlaagt het gasverbruik aanzienlijk), en het totale gasverbruik bij belichting. Ten gevolge van belichting is in dit geval het gasverbruik voor verwarming ± 0.06 m³/m² per dag minder, lag het moment van de hoogste gasverbruik rond dag 60 (tegen de kerst) en was het totale gasverbruik om de kas op 16 °C te houden in de 95 kasdagen ongeveer 15 m³/m².



Figuur 1: Dagelijks en totale gasverbruik per trek bij 12 uur belichten met 6000 lux, bij inhalen op 15 oktober.

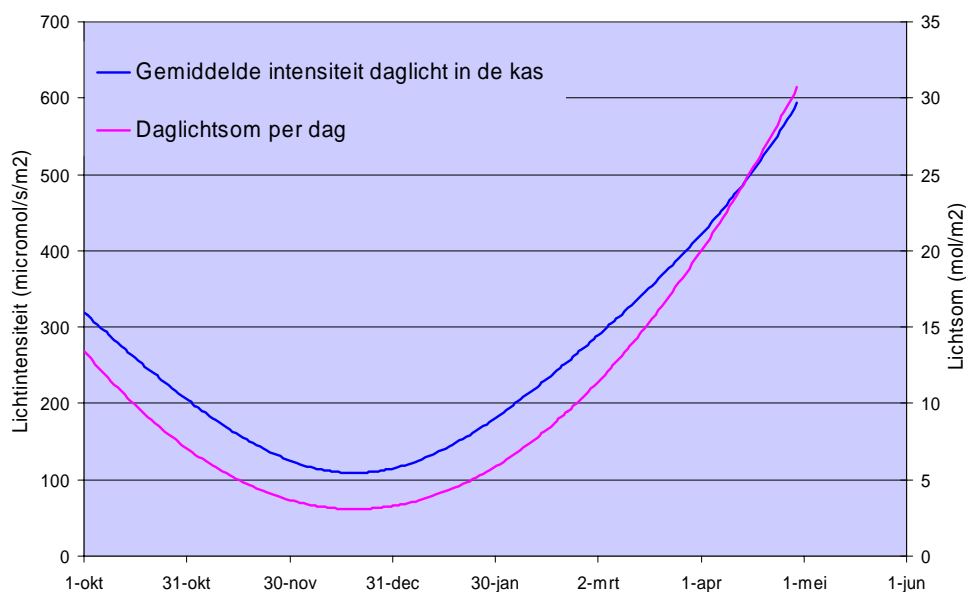
Bij het inhalen op 3 januari (proef 2), lag het gasverbruik anders, zie figuur 2. In deze figuur is het gasverbruik bij inhalen op 15 oktober weergegeven met stippellijnen, bij inhalen op 3 januari met getrokken lijnen. Door toenemende daglengte, instraling en buitentemperatuur nam het benodigde gasverbruik om de temperatuur van 16 °C te realiseren steeds mee af. Het steeg na dag 70 nauwelijks meer en het totale gasverbruik over de trekperiode lag op ongeveer 10 m³/m², ofwel ongeveer 33% lager.



Figuur 2: Dagelijks en totale gasverbruik per trek bij 12 uur belichten met 6000 lux, bij inhalen op 3 januari.

Figuur 3 illustreert het in de kas beschikbare groeilicht (bij een lichttransmissie van 85%) in de periode van 1 oktober t/m 1 mei, waarin de gemiddelde lichtintensiteit ($\mu\text{mol/s/m}^2$) en de gemiddelde dagelijkse lichtsom (mol/m^2) staan weergegeven. Ergens tussen half oktober en half november wordt door de meeste kwekers met belichten begonnen, wat er op zou wijzen dat de minimale lichtbehoefte van lelie ergens boven de 150 mol/dag of 200 $\mu\text{mol/s/m}^2$ (gedurende 10,5 uur) ligt.

De figuur laat ook zien dat tijdens de trekduur van proef 2 gemiddeld meer zonlicht beschikbaar is dan tijdens proef 1.



Figuur 3: Lichtintensiteit en de dagelijkse lichtsom van 1 oktober tot 1 mei

Met het rekenmodel viel het gemiddelde gasverbruik vanaf elke inhaaldatum en voor elke kasperiode goed in te schatten. Uit de belichtingsduur en het lichtniveau valt de toegevoegde straling eenvoudig te berekenen.

3.3 Beslismodel

Het beslismodel bestaat uit een aantal stappen:

- 1 Stel het lichtniveau en de belichtingsduur zo in dat de takkwaliteit minimaal aan de voorwaarden voldoet;
- 2 Verkort de groeiduur door de kastemperatuur te verhogen;
- 3 Stel indien nodig belichting weer wat bij;
- 4 Zorg dat met behoud van de minimale takkwaliteit de kosten per tak zo laag mogelijk zijn.

De kosten werden in dit model berekend op basis van de kosten voor gas, elektra, jaarkosten voor de belichtingsinstallatie en de jaarkosten voor de kas plus uitrustingen (bv. energiescherm).

Ter illustratie wordt een aantal voorbeelden gegeven. Stargazer geeft bij de standaardinstellingen stevige takken, met gemiddeld 5,1 goede knoppen per tak, 13% van de takken heeft zijwaarts bloeiende knoppen,

de groeiduur is 95 dagen en de kostprijs is € 0,359 per tak (zie het scenario in de 3^{de} kolom van tabel 5). Als het percentage zijwaarts bloeiende knoppen moet worden teruggebracht naar 0%, dan moet de belichtingsduur korter worden en/of moet het belichtingsniveau worden verlaagd. Instellen van de belichtingsduur op 8 uur in plaats van 12 uur (zie 4^{de} kolom), leidt tot iets minder stevige takken, maar nog stevig genoeg om geen invloed op de prijs te verwachten. De kostprijs daalt naar € 0,318 per tak. De groeiduur kan nu verkort worden door de kastemperatuur te verhogen naar bijvoorbeeld 20 °C (zie scenario in 5^{de} kolom). Het resultaat is dan een kostprijs van €0,286, maar het aantal goede knoppen daalt van 5,1 tot 4,3 per tak. De vraag is of zich dat vertaalt in een lagere prijs op de markt. Bij inhalen op 1 januari (zie 6^{de} kolom), zijn de takken niet stevig genoeg en is het aantal goede knoppen verder gedaald. Een toename van de belichtingsduur naar 12 uur brengt de stevigheid weer op niveau, maar het aantal goede bloemen per tak wordt hierdoor niet beïnvloed. Nu neemt het percentage takken met zijwaarts bloeiende knoppen weer toe.

Tabel 5: Takkwaliteit en kostprijzen bij verschillende temperatuur en belichtingsinstellingen.

Stargazer						
lichtniveau	µmol/s/m ²	84	84	84	84	84
	lux	6000	6000	6000	6000	6000
belichtingsduur	uren/dag	12	8	8	8	12
temperatuur	°C	16	16	20	20	20
inhaaldatum	datum	15-10-2006	15-10-2006	15-10-2006	1-1-2007	1-1-2007
takgewicht	g	113	113	105	98	98
taklengte	cm	82	86	86	94	91
gew/cm	g/cm	1,37	1,34	1,34	1,12	1,16
stevigheid	i	7,6	6,7	6,7	5,8	6,6
stevigheid minimum	i	7,0	6,2	6,2	5,3	6,1
knoplengte	cm	9,5	9,5	9,5	10,3	10,3
goede knoppen	n	5,1	5,1	4,3	3,8	3,8
takken met zijknoppen	%	13%	0%	0%	0%	13%
takken met brandblad	%	0%	0%	0%	0%	0%
brandbladeren per tak	n	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
houdbaarheid	dagen	11	11	14	14	14
groeiduur	dagen	95	95	72	72	72
gas kosten/tak	€ent	10,0	11,4	11,2	9,9	8,8
kWh kosten/tak	€ent	16,7	11,1	8,5	8,5	12,8
energiekosten/tak	€ent	26,6	22,5	19,7	18,5	21,6
kas + lamp/tak	€ent	9,3	9,3	7,1	7,1	7,1
totaal/tak	€ent	35,9	31,8	26,8	25,6	28,7

Een ander voorbeeld is Brunello (zie tabel 6). Bij de standaardinstellingen zijn de takken vermoedelijk niet stevig genoeg (zie het scenario in de 3^{de} kolom). Verhoging van het lichtniveau met 25% (van 6000 lux naar 7500 lux) leidt tot iets stevigere takken (zie 4^{de} kolom). Verlengen van de belichtingsduur met 25% leidt tot stevigere takken, (zie scenario in 5^{de} kolom), tegen een iets lagere kostprijs. Het verhogen van de kastemperatuur naar 21 °C verandert niet veel aan de (visueel bepaalde) stevigheid en verkort de groeiduur van 70 naar 52 dagen, waardoor de kosten dalen van € 0.282 naar € 0.233 per tak. Op houdbaarheid en op het aantal goede knoppen per tak wordt iets ingeleverd, maar ook hier de vraag of dat zich in een lagere marktprijs vertaalt. Bij inhalen op 1 januari is een verlenging van de belichtingsduur niet nodig om voldoende stevigheid te verkrijgen.

Tabel 6: Takkwaliteit en kostprijzen bij verschillende temperatuur en belichtingsinstellingen.

Brunello						
lichtniveau	µmol/s/m ²	84	105	84	84	84
	lux	6000	7500	6000	6000	6000
belichtingsduur	uren/dag	12	12	15	15	12
temperatuur	°C	16	16	16	21	21
inhaaldatum	datum	15-10-2006	15-10-2006	15-10-2006	15-10-2006	1-1-2007
takgewicht	g	183	186	187	155	151
taklengte	cm	111	111	108	103	118
gew/cm	g/cm	1,66	1,69	1,75	1,51	1,27
stevigheid	i	5,9	6,0	6,6	6,6	6,6
stevigheid minimum	i	5,4	5,5	6,1	6,1	6,1
knoplengte	cm	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8
goede knoppen	n	6,9	7,0	7,2	6,6	5,9
houdbaarheid	dagen	18	19	18	15	15
groeiduur	dagen	70	70	69	52	56
gas kosten/tak	€ent	7,2	6,4	6,3	6,8	7,7
kWh kosten/tak	€ent	12,3	15,4	15,1	11,4	9,8
energiekosten/tak	€ent	19,5	21,8	21,5	18,2	17,6
kas + lamp/tak	€ent	6,8	7,1	6,7	5,0	5,4
totaal/tak	€ent	26,3	28,9	28,2	23,3	23,0

Nog een voorbeeld met Stargazer: In tabel 7 staan 4 verschillende scenario's voor belichtingsinstellingen, alle met dezelfde lichtsommen per dag: 8 uur met 9000 lux, 12 uur met 6000 lux, 16 uur met 4500 lux en 20 uur met 3600 lux. Voor de eerste 3 scenario's maakt het voor criteria als takgewicht, taklengte, stevigheid, knoplengte en aantal goede knoppen weinig uit hoe de lichtsom wordt gegeven. De kosten voor elektra blijven gelijk, maar de afschrijvingskosten nemen af doordat de belichtingsinstallatie minder zwaar hoeft te zijn (minder lampen/m²). Bij een lichtniveau hoger dan ongeveer 6000 lux begint bij Stargazer echter bladverbranding op te treden en bij een belichtingsduur van meer dan 8 uur ontstaan er teveel takken met zijwaartse knoppen. Het beste scenario is toch nog steeds het scenario in de 5^{de} kolom van tabel 5. Opvallend is ook de groeidiurverkorting bij belichten met meer dan 16 uur. Dit is een extra reden om, in het algemeen bij de andere cultivars, verhoging van de dagelijkse lichtsom te realiseren met het verlengen van de belichtingsduur ipv. met het verhogen van het lichtniveau.

Tabel 7: Takkwaliteit en kostprijzen bij verschillende belichtingsinstellingen.

Stargazer					
lichtniveau	$\mu\text{mol/s/m}^2$	126	84	63	50,4
	lux	9000	6000	4500	3600
belichtingsduur	uren/dag	8	12	16	20
temperatuur	$^{\circ}\text{C}$	16	16	16	16
inhaaldatum	datum	15-10-2006	15-10-2006	15-10-2006	15-10-2006
takgewicht	g	116	113	112	111
taklengte	cm	82	82	81	79
gew/cm	g/cm	1,38	1,37	1,38	1,40
stevigheid	i	7,7	7,6	7,8	8,2
stevigheid minimum	i	7,2	7,0	7,2	7,6
knoplengte	cm	9,5	9,5	9,5	9,5
goede knoppen	n	5,1	5,1	5,1	5,1
takken met zijknoppen	%	2%	13%	29%	46%
takken met brandblad	%	18%	0%	0%	0%
brandbladeren per tak	n	0,2	0,0	0,0	0,0
houdbaarheid	dagen	12	11	11	11
groeidiur	dagen	95	95	93	89
gas kosten/tak	€ent	10,0	10,0	9,8	9,3
kWh kosten/tak	€ent	16,7	16,7	16,3	15,6
energiekosten/tak	€ent	26,6	26,6	26,1	24,9
kas + lamp/tak	€ent	10,0	9,3	8,7	8,1
totaal/tak	€ent	36,7	35,9	34,8	33,1

3.3.1 Rekenmodel

Het beslismodel is geconstrueerd in Excel. Het bestaat uit een invoerpagina met daarin een blokje om de basisgegevens in te voeren (zoals de gasprijs) en direct daaronder een tabel met resultaten vergelijkbaar met de tabellen 1 t/m 6 uit het rapport (zie bijlage).

Daarnaast zijn er 4 pagina's met elk een figuur: € totaal/tak, MJoules/tak, Gasverbruik en Licht, (zie bijlage). De overige pagina's, waarin de berekeningen plaatsvinden, zijn afgeschermd.

De gebruiker dient enige kennis van Excel te hebben. Voorafgaand aan het gebruik van het model is het raadzaam eerst na te gaan wat op het bedrijf de huidige temperatuur- en belichtingsinstellingen zijn, en wat de huidige takkwaliteiten zijn. Het is ook nodig een duidelijk beeld te hebben van de eisen van de markt met betrekking tot de criteria voor takkwaliteit: vertaalt een lagere of hogere waarde van een takkwaliteitscriterium zich in een hogere of lagere prijs op de markt?

4 Conclusies en Aanbevelingen

Uit de resultaten van de proeven en de modelberekeningen kan een aantal conclusies getrokken worden:

- Voor alle geteste leliecultivars geldt dat een verhoging van de kasttemperatuur tot een sterke verkorting van de groeiduur leidt.
- Hierdoor neemt het (primaire)energieverbruik per tak af (de energie-efficiëntie neemt toe), en daardoor dalen de energiekosten per tak.
- Ook de kosten per tak voor afschrijving, rente en onderhoud van de kas(+uitrusting) en de belichtingsinstallatie nemen dan af.
- Indien deze temperatuursverhoging niet leidt tot een lagere takkwaliteit met bijbehorende lagere marktprijs, neemt de winstmarge dus toe.

- Over het algemeen zijn, boven een zeker minimum lichtniveau, belichtingsduur en belichtingssterkte inwisselbaar: er is (op de plant) geen verschil tussen 2 x zo lang of 2 x zo sterk belichten.
- In dat geval is langer belichten goedkoper dan sterker belichten (minder installatiekosten), tenzij sterker belichten in een bepaald dagdeel met goedkoper tarief mogelijk is.
- Langer dan 16 uur belichten, ongeacht met welk belichtingsniveau, geeft een extra korte groeiperiode, waardoor de kosten per tak nog lager kunnen worden.
- Bij Stargazer echter leidt een hoger lichtniveau snel tot bladverbranding en een langere belichtingsduur tot meer takken met zijwaarts bloeiende knoppen.

- Het beslismodel in z'n huidige vorm (Excel-format) is niet gebruiksvriendelijk. Om het model een bredere toepassing te geven zou in overleg met de gebruikers een vriendelijker versie ontwikkeld moeten worden.
- Het model zou verbeterd kunnen worden door een bredere range van kasttemperatuur en lichtniveaus te kiezen (e.g. de laagste kasttemperatuur was aan de hoge kant: 17,6 °C)
- Het effect van de inhaaldatum is slechts gebaseerd op 2 data.
- De minimale lichtbehoefte voor een goede takkwaliteit is onbekend. Indien deze wel precies bekend zou zijn, zou het belichten van de lelies gedurende de wintermaanden geregeld kunnen worden met lichtsensoren. Overbodig hoge dagelijkse lichtsommen (daglicht + kunstlicht) worden dan voorkomen waardoor er nog meer energie bespaard kan worden.

Bijlage Opzet van het rekenmodel

Toelichting: Dit is de startpagina, de standaardwaarden zijn ingevoerd voor Stargazer.

invoer:

gasprijs	€/m3	0,28	
kWhprijs	€/kWh	0,10	
cultivar:	Stargazer	2	1 = Siberia 2 = Stargazer 3 = Bonello 4 = White Heaven
lichtintensiteit	µmol/s/m2	84	→ in lux: 6000
belichtingsduur	uur	12	
kastemperatuur	°C	16	
inhalen	datum	15-10-2006	
lichttransmissie kas		85%	

RESET

zie figuur "Licht"

Licht in de kas gedurende de groeiperiode:		
	gemiddelde intensiteit (µmol/s/m2)	lichtsom (mol/m2)
daglicht	153	464
kunstlicht	84	344
totaal	237	808

resultaat:

Stargazer			Effecten:					
	eenheid	waarde	Kas Temp	L-niveau	L-duur	Standaard	verschil	inhaaldatum
takgewicht	g	113	-	+	0	113	0%	-
taklengte	cm	82	0	-	-	82	0%	+
gew/cm	g/cm	1,37	0	+	+	1,37	0%	-
stevigheid	i	7,6	0	+	+	7,6	0%	-
stevigheid minimum	i	7,0				7,0	0%	
knoplengte	cm	9,5	0	0	0	9,5	0%	+
goede knoppen	n	5,1	-	0	0	5,1	0%	-
takken met zijknoppen	%	13%	nvt	+	+	13%	0%	nvt
takken met brandblad	%	0%	nvt	+	0	0%	0%	±
brandbladeren per tak	n	0,0	nvt	+	0	0,0	0,0	+
houdbaarheid	dagen	11	+	+	nvt	11	0%	nvt
groeiduur	dagen	95	-	0	-	95	0%	0
gas kosten/tak	€ent	10,0	+	-	-	10,0	0%	-
kWh kosten/tak	€ent	16,7	-	+	+	16,7	0%	0
energiekosten/tak	€ent	26,6	-	+	+	26,6	0%	-
kas + lamp/tak	€ent	9,3	-	+	-	9,3	0%	0
totaal/tak	€ent	35,9	-	+	+	35,9	0%	-

zie figuur "Gasverbruik"

zie figuur "E-MJ per m2"

zie figuur "€tot/tak"

Toelichting: De stippellijnen geven de resultaten weer bij de standaardinstellingen, de getrokken lijnen bij een verhoging van de kasttemperatuur tot 20°C.

