

Proefstation voor Bloemisterij en Glasgroente
Vestiging Naaldwijk
Postbus 8, 2670 AA Naaldwijk
Tel. 0174-636700, fax 0174-636835

ISSN 1385 - 3015

ENERGIEKENGETALLEN FICUS EN KALANCHOË 1998

Project 1311-2

L.Nijs
M.Raaphorst
Naaldwijk, februari 2000

Rapport 244
Prijs f 20,00

Rapport 244 wordt u toegestuurd na storting van f 20,00 op banknummer 300 177 976 ten name van Proefstation Naaldwijk onder vermelding van 'Rapport 244, Energiekengetallen Ficus en Kalanchoë 1998'.

INHOUD

INHOUD	3
1 INLEIDING	5
2 METHODE	6
2.1 Gasverbruik	6
2.2 Energieverbruik	7
2.3 Energie-indicator	7
2.4 Aanpassingen van de geregistreerde waarden	8
3 RESULTATEN EN DISCUSSIE	9
3.1 Ficus	9
3.1.1 Kengetallen energieverbruik en elektriciteitsinkoop	10
3.1.2 Energieverbruik per periode	11
3.1.3 Energie-indicator per periode	11
3.1.4 Gasverbruik per periode	12
3.1.5 Elektriciteitsverbruik per periode	12
3.2 Kalanchoë	13
3.2.1 Kengetallen energieverbruik en elektriciteitsinkoop	13
3.2.2 Energieverbruik per periode	14
3.2.3 Energie-indicator per periode	15
3.2.4 Gasverbruik per periode	15
3.2.5 Elektriciteitsverbruik per periode	16
3.3 Omrekenen gasverbruik 1998 naar standaard	16
3.4 Discussie	17
4 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	19
4.1 Conclusies	19
4.2 Aanbevelingen	20
LITERATUUR	21
BIJLAGE 1.PRINCIPALE COMPONENTEN ANALYSE	23

1 INLEIDING

De MeerJaren Afspraak Energie (MJA-E) (periode tot 2000) en convenant GLAMI (2000-2010) verplicht de tuinbouw energie te besparen. Dit kan onder andere door het toepassen van energiebesparende maatregelen, maar tevens door bewuster om te gaan met energie. Door op grote schaal energieverbruik en daarmee verband houdende gegevens te registreren, kan inzicht worden verkregen in de grootte van het energieverbruik van een gewasgroep en de omvang van de verschillen binnen een gewas. Analyse van deze gegevens kan helpen bij het zoeken naar de oorzaken van verschillen in energieverbruik tussen gewassen en binnen een gewas door verschillen in bedrijfsuitrusting of teeltwijze.

In 1998 is een rapport verschenen met energiekenngetallen voor een vijftal economisch belangrijke glastuinbouwgewassen, namelijk roos, chrysant, tomaat, komkommer en paprika (Vermeulen en Ruijs, 1998). De energiekenngetallen hadden betrekking op het jaar 1996. Destijds was een vervolg gepland, gericht op het samenstellen van energiekenngetallen voor andere glastuinbouwgewassen; met andere woorden een verbredingslag.

In dit onderzoek is gekozen voor de twee economisch belangrijkste potplanten, namelijk Ficus en Kalanchoë. Beide gewassen gebruiken substantieel veel energie en er zijn verschillen in teelt- en bedrijfskenmerken, zoals het gebruik van scherm, assimilatiebelichting, warmtebuffer of WKK.

Het is bekend (Goossens et al, 1997) dat diverse factoren de hoogte van het energieverbruik bepalen. Naast de bedrijfsuitrusting spelen bijvoorbeeld ook locatie, teeltmethode, seizoen en de wijze waarop een teler omgaat met zijn uitrusting een belangrijke rol. Het is dan ook niet eenvoudig om verschillen in energieverbruik tussen bedrijven specifiek toe te wijzen aan de verschillende factoren. Desalniettemin bieden de bedrijfsregistratiegegevens mogelijkheden om inzicht te krijgen in het niveau van en de variatie in energiegebruik en in welke mate dit samenhangt met verschillen in teelt- en bedrijfskenmerken.

Doel van dit project is: het opstellen van energiekenngetallen voor gewassen en productiewijzen door het bewerken en verwerken van energieregistratiegegevens van glastuinbouwbedrijven.

In dit verslag wordt de verwerking en analyse van de energiegegevens van Ficus en Kalanchoë beschreven. In hoofdstuk 2 wordt de methode beschreven, hoofdstuk 3 behandelt de resultaten van beide gewassen. In hoofdstuk 4 zijn conclusies en aanbevelingen gegeven.

2 METHODE

De gebruikte gegevens zijn afkomstig van MPS, waar telers per vierweekse periode de hoeveelheid verbruikte gewasbeschermingsmiddelen, water (optioneel), energie, afval en meststoffen en het gebruikte kasoppervlak per gewas opgeven. De energieverbruiken zijn weergegeven in hoeveelheden per bedrijf, deze zijn vervolgens herleid tot verbruiken per m².

Verder zijn van de bedrijven onder andere ook de volgende gegevens bekend:

- regio,
- grootte van de warmtebuffer,
- capaciteit van de WKK,
- percentage oppervlak belicht,
- percentage oppervlak geschermd,
- type condensor,
- wijze van CO₂-dosering.

De volgende periodieke gegevens zijn per bedrijf gesorteerd (in een Excel-bestand):

- Oppervlakte glas,
- Gasverbruik,
- Gasverbruik per m²,
- Omrekeningsfactor,
- Calorische waarde,
- Elektriciteitsinkoop,
- Elektriciteitsverkoop,
- Warmte-inkoop,
- Energieverbruik per m²,
- Energie-indicator.

Verder zijn per bedrijf opmerkingen geplaatst over bijzonderheden van het bedrijf (zoals regio, gevels dubbel glas, gebruik regiowarmte e.d.).

2.1 GASVERBRUIK

Het gasverbruik per m² en het energieverbruik per m² zijn berekende waarden. Bij het gasverbruik per m² is de volgende formule gebruikt:

$$\text{Gasverbruik / m}^2 = \frac{\text{Gasverbruik} * \text{Calorische waarde} * \text{Omrekeningsfactor}}{\text{Oppervlakte glas}}$$

2.2 ENERGIEVERBRUIK

Het energieverbruik¹ is het verschil tussen de toegevoerde energiedragers en de afgeleverde elektriciteit. Vergelijking van verschillende bedrijven zal naar verwachting een relatief hoger energieverbruik geven voor bedrijven met WKK ($\pm 6\%$ hoger schoorsteenverlies) en assimilatiebelichting (meer uitstraling, relatief hogere kastemperatuur) en een lager energieverbruik voor bedrijven met restwarmtelevering (geen schoorsteenverliezen). Er wordt geen rekening gehouden met het primair brandstofverbruik.



Het energieverbruik per m^2 is een indicatie voor de efficiency waarmee de kas met warmte omgaat. Het is de thermische energie die verloren gaat in het ketelhuis en de kas. Het energieverbruik wordt berekend volgens een energiebalans, waarbij kilowatturen elektriciteit en kubieke meters gas worden omgerekend naar Megajoules (MJ).

$$\text{Energieverbruik} / m^2 = \text{Gasverbruik} / m^2 * 35.1 + \frac{\text{Elektriciteitssaldo} * 3.6 + \text{Warmtelevering} * 1000}{\text{Oppervlakte glas}}$$

2.3 ENERGIE-INDICATOR

De energie-indicator heeft een andere verdeelsleutel tussen gas, elektriciteit en warmte, er wordt hierbij rekening gehouden met het primair brandstofverbruik.

Deze verdeelsleutel is overeengekomen voor de meerjarenafspraken energie (MJA-E). Elektriciteit wordt 2.5 maal zwaarder geteld wegens het veronderstelde 40% elektrische rendement van elektriciteitscentrales en de warmtelevering wordt slechts voor 80% meegeteld².

$$\text{Energie-indicator} / m^2 = \text{Gasverbruik} / m^2 * 35.1 + \frac{\text{Elektriciteitssaldo} * 9 + \text{Warmtelevering} * 800}{\text{Oppervlakte glas}}$$

¹ Zuiver gezien heet dit kengetal 'warmte-verlies', maar deze term wordt niet gehanteerd in het tuinbouwbedrijfsleven. Om in de terminologie van telers te blijven is hier gekozen voor 'energieverbruik'.

² Later is deze factor bijgesteld naar 87%. Hiermee is echter bij deze analyse geen rekening gehouden.

2.4 AANPASSINGEN VAN DE GEREГИSTREERDE WAARDEN

Soms is er reden om te twijfelen aan de juistheid van de geregistreeerde gegevens. Met name bij de calorische waarde en de omrekeningsfactor zijn door telers inconsistente waarden ingevuld. Ook zijn soms zeer sterk afwijkende waarden ingevuld, waarschijnlijk typfouten. Vandaar dat de waarden zijn aangepast op de volgende wijze:

Aanpassingen gegevens algemeen:

- Indien de hoofddeelt (Ficus of Kalanchoë) een kleiner aandeel heeft dan 90% van het totale areaal, dan wordt het bedrijf niet meegenomen. Hierdoor zijn bij Ficus negen bedrijven en bij Kalanchoë vier bedrijven afgevallen.
- Indien van meerdere perioden geen gegevens zijn ingevuld, dan wordt het bedrijf niet meegenomen.
- Indien een waarde meer dan vijf maal hoger of lager is dan de volgende of de voorgaande periode of niet is ingevuld, dan wordt het gemiddelde genomen van de volgende en de voorgaande periode. Een uitzondering hierop is als in de zomerperioden (6-9) geen gas of zeer weinig elektriciteit verbruikt zou zijn. Dan wordt verondersteld dat de gegevens kloppen.

Calorische waarde:

- Indien de waarden van een bedrijf altijd hetzelfde zijn worden ze beschouwd als niet ingevuld.
- Indien de waarde niet ligt tussen 0.98 en 1.05 dan wordt ze beschouwd als niet ingevuld.
- Indien de waarden als niet ingevuld worden beschouwd, dan wordt de gemiddelde calorische waarde van de betreffende periode van Westland Energie genomen.

Omrekeningsfactor:

- Indien de waarden van een bedrijf altijd hetzelfde zijn worden ze beschouwd als niet ingevuld.
- Indien de waarde niet ligt tussen 0.96 en 1.20 dan wordt ze beschouwd als niet ingevuld.
- Indien de calorische waarde wel goed is ingevuld en de omrekeningsfactor niet, dan wordt aangenomen dat het gaat om een EVHI-meting, zodat de omrekeningsfactor als 1.00 wordt beschouwd. Een Elektronisch Volume Herleidings Instrument (EVHI) is een gasmeter die rekening houdt met de omrekeningsfactor.
- Indien de waarden als niet ingevuld worden beschouwd, dan wordt de gemiddelde omrekeningsfactor van Westland Energie genomen.

Energieverbruik:

- Indien het totale energieverbruik hoger is dan het gemiddelde plus twee maal de standaarddeviatie of kleiner is dan het gemiddelde min twee maal de standaarddeviatie, wordt het bedrijf niet meegenomen.
- Indien van één bedrijf het energieverbruik van méér dan drie perioden hoger is dan het gemiddelde plus twee maal de standaarddeviatie of kleiner is dan het gemiddelde min twee maal de standaarddeviatie, wordt het bedrijf niet meegenomen.

3 RESULTATEN EN DISCUSSIE

Dit hoofdstuk behandelt de resultaten van de analyse van MPS-energiegegevens van Ficus en Kalanchoë over het kalenderjaar 1998.

3.1 FICUS

Van 34 bedrijven met Ficus zijn MPS gegevens ontvangen. Alleen gespecialiseerde Ficusbedrijven zijn meegenomen in de berekeningen; dat wil zeggen bedrijven met minder dan 10% andere teelt dan Ficus. In totaal bleven 25 gespecialiseerde bedrijven over voor analyse. Deze bedrijven hebben allemaal een scherm en, op één bedrijf na, allemaal een condensor. Van deze bedrijven hebben er vijf een warmtebuffer, zeven een warmtekracht, acht assimilatiebelichting en tien bedrijven hebben dubbel glas in de gevels.

De meeste van deze bedrijven (14) komen uit regio 1 (Zuid Hollands Glasdistrict), twee bedrijven uit regio 2 (Zuid Oost Nederland), één bedrijf uit regio 5 (Noord West Nederland), één uit regio 6 (Noord Nederland) en van zeven bedrijven was de regio niet ingevuld. In onderstaande tabel zijn de bijzonderheden per bedrijf ingevuld:

Tabel 1- Kenmerken Ficusbedrijven

	Opmerkingen	buffer (m ³ /ha)	WKK (kW)	regio- warmte	conden- sor	ass. belicht. (%)	gevel dubbel glas	regio
1			280		ja	20	ja	1
2	incl. 6% uitg.materiaal	44	660		ja	ja	ja	1
3	2% hangend				ja			1
4		113	1000		ja			1
5					ja		ja	
6					ja		ja	1
7	Periode 3, 7-13				ja			1
8	2% hangend				ja		ja	1
9	opp. wisselt per periode				ja			1
10					ja			1
11		46			ja	2	ja	1
12	opp. periode 1,2,3,4 incl.1000 m ² (4%) bol/knolbloemen	110	1000		ja			
13					ja			2
14					ja		ja	
15	incl. 9% potplt.2 en 21% uitg.mat.				ja	ja		
16		150			ja		ja	1
17	3% hangend	83	600		ja		ja	2
18	incl. 5% potplt. 7		400		ja	25 ?		1
19	incl. 7% potplt. 5				ja	4		5
20				ja				
21			255		ja	100		1
22	opp. wisselt per periode				ja	14		6
23			300		ja		ja	1
24				ja	ja			
25					ja			

* Alle bedrijven hebben een scherminstallatie

Bedrijf 7 had niet voor alle perioden gegevens ingevuld. Het totaal energieverbruik van bedrijf 7 lag lager dan het gemiddelde min twee maal de standaarddeviatie. Bedrijf 4 had niet voor alle perioden gegevens ingevuld en het energieverbruik van vier perioden was hoger dan het gemiddelde plus twee maal de standaarddeviatie. Deze sterk afwijkende waarden waren niet te verklaren uit analyse van de afzonderlijke waarden voor gasverbruik, elektra of warmte. Beide bedrijven worden buiten beschouwing gelaten. Dit betekent dat de verdere analyse uitgaat van in totaal 23 bedrijven.

3.1.1 Kengetallen energieverbruik en elektriciteitsinkoop

Het energieverbruik en de elektriciteitsinkoop zeggen het meest over de energie-efficiency van een bedrijf. Deze kenmerken worden in onderstaande tabel vergeleken tussen bedrijven met een verschillende bedrijfsuitrusting of regio.

Tabel 2- Energieverbruik en elektriciteitsinkoop Ficus (gemiddelde met standaarddeviatie)

Ficus	Aantal	Energieverbruik (GJ/ha) Gemiddeld	Elektriciteitsinkoop (kWh/m ²) Gemiddeld
Totaal	23	16770 ± 3650	7.91 ± 1.97
Met warmtebuffer	5	15190 ± 2840	7.23 ± 2.00
Met WKK	7	16350 ± 4130	8.10 ± 2.55
Met dubbel glas	10	18440 ± 2860	7.45 ± 2.19
Niet uit regio 1	4	14110 ± 1300	7.76 ± 2.17
Met assim. belicht.	8	15840 ± 3370	7.68 ± 1.90

Het energieverbruik van de bedrijven was gemiddeld 16770 GJ/ha over dertien perioden (standaarddeviatie 3650). Dit komt neer op ongeveer 48 m³ gas per m² per jaar indien alle warmte door gas zou zijn opgewekt.

Het laagste gemiddelde energieverbruik was 10550 GJ/ha van bedrijf 12 en het hoogste gemiddelde energieverbruik was 23810 GJ/ha van bedrijf 9. Er is een groot verschil tussen de bedrijven onderling. In periode 12 en 13 is het gemiddelde energieverbruik het grootst, in periode 7, 8 en 9 het laagst.

Het gemiddelde energieverbruik van de vijf bedrijven met een warmtebuffer (2, 11, 12, 16, 17) lag op 15190 GJ/ha (standaarddeviatie 2840). Hierbij was 10550 GJ/ha het laagste energieverbruik en 17570 GJ/ha het hoogste voor de bedrijven met buffer. De grootte van de buffers liep van 43 m³ /ha tot 150 m³ /ha.

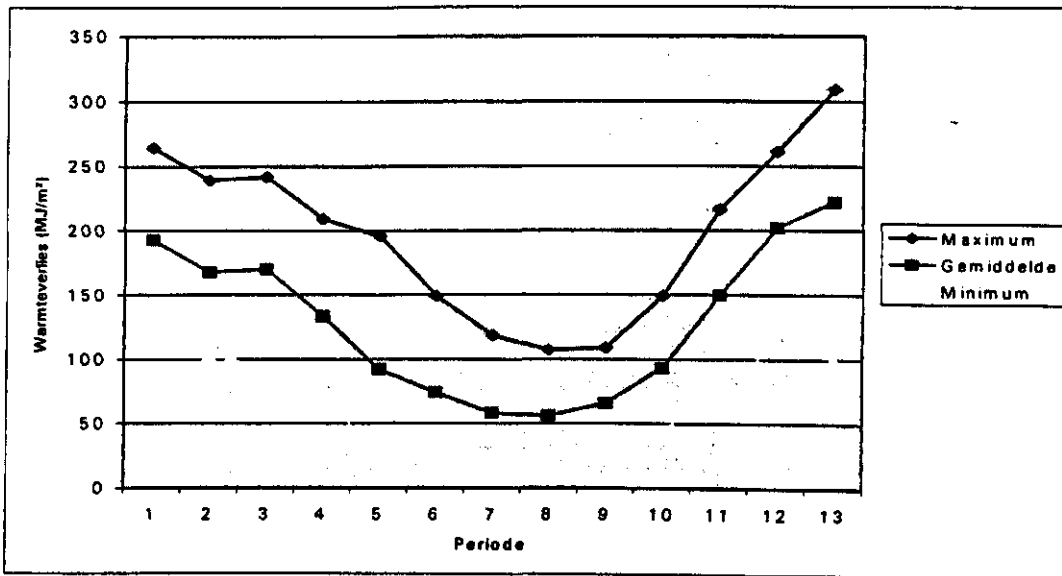
Het gemiddelde energieverbruik van de zeven bedrijven met een WKK lag op 16350 GJ/ha (standaarddeviatie 4130). Hierbij was 10550 GJ/ha het laagste gemiddelde energieverbruik en 22520 GJ/ha het hoogste voor de bedrijven met WKK.

Gezien de grote verschillen en daardoor de grootte van de standaarddeviatie is het niet mogelijk om aan bedrijfsuitrusting of regio een betrouwbare invloed op het energieverbruik toe te kennen.

Het elektriciteitsverbruik laat grote verschillen zien tussen de bedrijven. Deze verschillen zijn niet te verklaren met de gegevens. Bedrijven met een hoger elektriciteitsverbruik hebben niet opvallend meer assimilatiebelichting of vaker WKK dan bedrijven met een

laag elektriciteitsverbruik. Van de vijf bedrijven met het hoogste elektriciteitsverbruik (10.3 tot 11.8 kWh/m²) hebben twee bedrijven WKK en heeft één bedrijf 14% assimilatiebelichting. Van de vijf bedrijven met het laagste elektriciteitsverbruik (4.9 tot 5.9 kWh/m²) hebben twee bedrijven WKK én assimilatiebelichting.

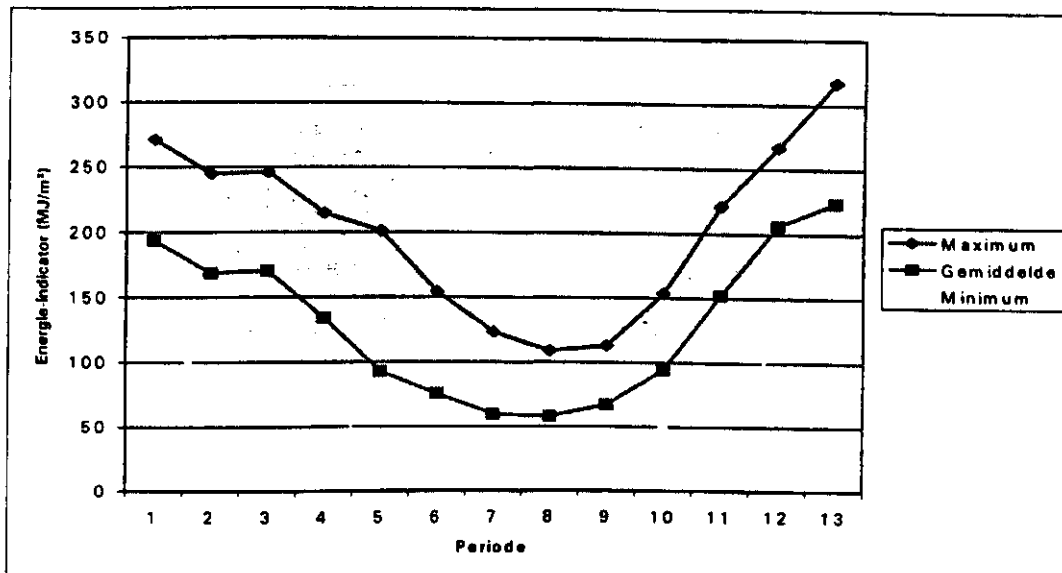
3.1.2 Energieverbruik per periode



Figuur 1- Energieverbruik Ficus per periode

De verdeling van het energieverbruik over de dertien perioden geeft aan dat het gemiddelde energieverbruik in periode 12 en 13 ongeveer vier maal zo hoog is als in periode 7 en 8.

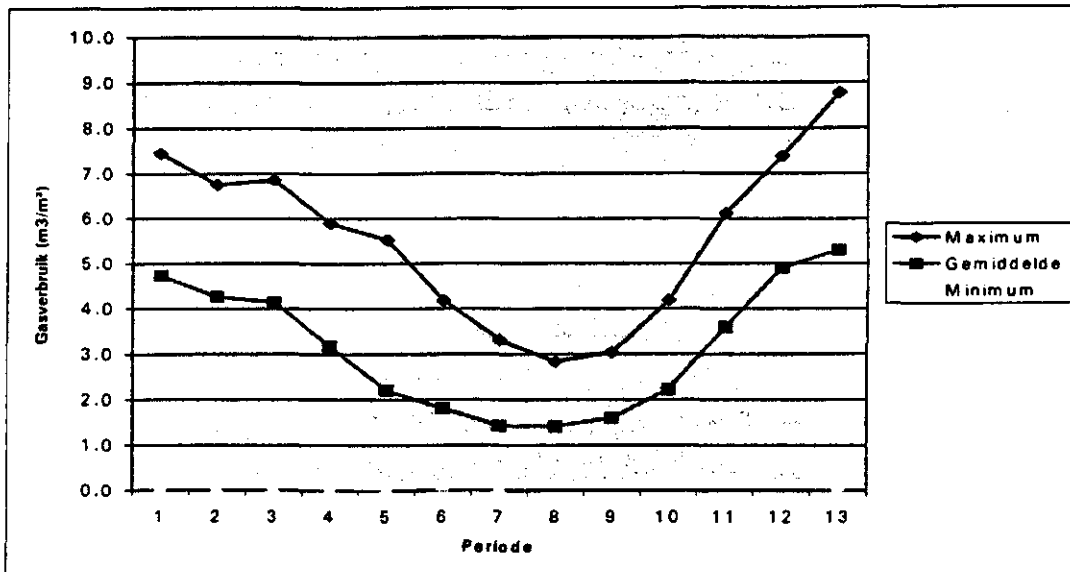
3.1.3 Energie-indicator per periode



Figuur 2- Energie-indicator Ficus per periode

Doordat er niet veel elektriciteit wordt verbruikt en weinig regio-warmte wordt betrokken, is de energie-indicator voor Ficus vrijwel gelijk aan het energieverbruik.

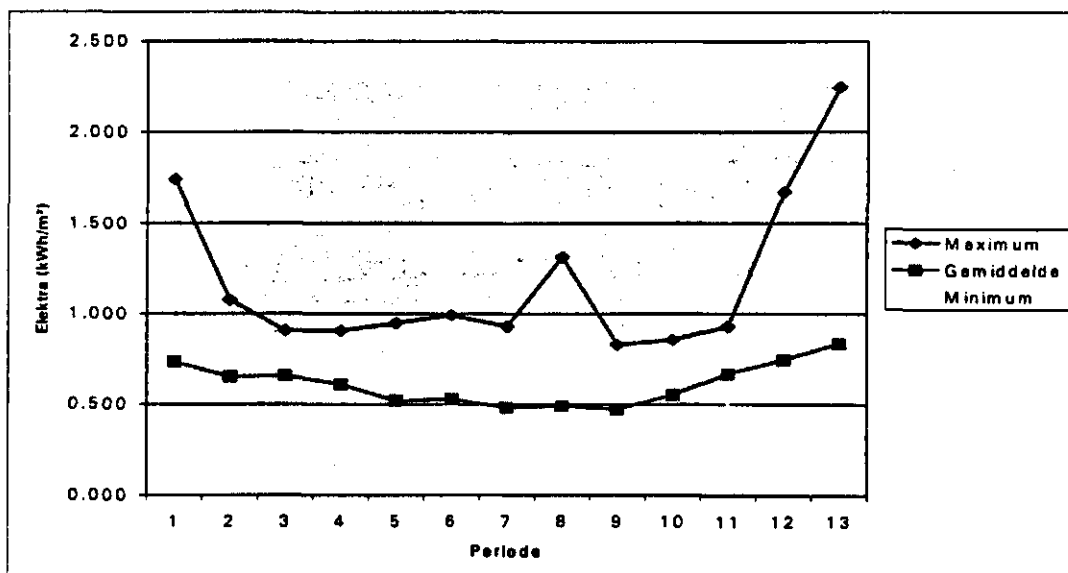
3.1.4 Gasverbruik per periode



Figuur 3- Gasverbruik Ficus per periode

Gasverbruik en energieverbruik tonen ongeveer dezelfde verdeling over de dertien perioden, alleen het minimum gasverbruik en het minimum energieverbruik verschillen. Dit komt doordat acht bedrijven warmte van derden inkopen.

3.1.5 Elektriciteitsverbruik per periode



Figuur 4- Elektriciteitsverbruik Ficus per periode

Het elektriciteitsverbruik is gelijkmatig verdeeld over het jaar, met uitzondering van het maximum verbruik van de periode 12, 13 en 1. In deze perioden hebben enkele bedrijven met WKK en assimilatiebelichting een hoger verbruik dan in de eerdere perioden. De piek van een bedrijf in periode 8 kan niet verklaard worden.

3.2 KALANCHOË

Van Kalanchoë zijn van negentien bedrijven gegevens bekend. Vier bedrijven hiervan bleken naast Kalanchoë voor meer dan 10% andere teelten te hebben en zijn daarom in de analyse niet meegenomen. De overige vijftien bedrijven staan beschreven in onderstaande tabel.

Tabel 3- Kenmerken Kalanchoëbedrijven

Be- drijf	Opmerkingen	buffer (m ³ /ha)	WKK (kW)	condensor	ass. belicht.	gevel dubbel glas	CO ₂	Regio
1	Incl 13% hangend			ja	25	?	ketel	1
2				ja	20	?	zuiver	1
3	Inclusief 9% uitgangsmateriaal	69	1200	ja	95	ja	ketel	1
4		63	888	ja	95	ja	ketel	1
5	Inclusief 5% potpl. 8			ja	12	nee	ketel	1
6				ja	30	nee	ketel	1
7				ja	20	?	ketel	1
8				nee	95	?	hetelucht	1
9				ja	30	ja	ketel	?
10	Incl. 10% hangend			ja	100	ja	ketel	1
11				nee	25	ja	ketel	4
12	Incl. 15% uitgangsmat. Excl. onbedekte teelt			ja	30	ja	ketel	1->5
13				ja	25	?	ketel	1
14		72		?	?	?	?	5->6
15	Incl. 17% hangend	183	380	ja	75	?	ketel	1

*Alle bedrijven hebben een scherminstallatie.

Bedrijf 13 had niet voor alle perioden gegevens ingevuld. Het totaal energieverbruik van bedrijf 6 lag hoger dan het gemiddelde plus twee maal de standaarddeviatie. Beide bedrijven worden verder buiten beschouwing gelaten, waardoor de verdere analyse uitgaat van in totaal dertien bedrijven.

3.2.1 Kengetallen energieverbruik en elektriciteitsinkoop

Het energieverbruik en de elektriciteitsinkoop zeggen het meest over de energie-efficiency van een bedrijf. Deze kenmerken worden in onderstaande tabel vergeleken tussen bedrijven met een verschillende bedrijfsuitrusting of regio.

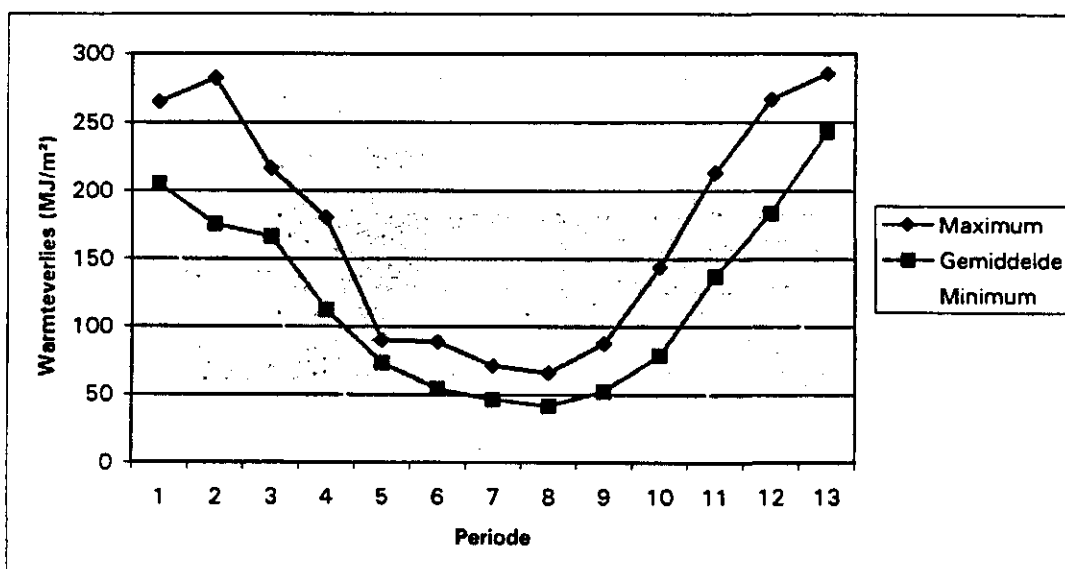
Tabel 4- Energieverbruik en elektriciteitsinkoop Kalanchoë (gemiddelde en standaarddeviatie)

Kalanchoë	Aantal	Energieverbruik (GJ/ha) Gemiddeld	Electriciteitsinkoop (kWh/m ²) Gemiddeld
Totaal	13	15690 ± 2700	27.9 ± 15.1
Met warmtebuffer	4	16930 ± 4190	29.9 ± 21.5
Met WKK	3	16140 ± 4760	35.4 ± 22.8
Met dubbel glas	6	14460 ± 2250	33.4 ± 18.0
Niet uit regio 1	3	17190 ± 2180	16.8 ± 4.3

Het energieverbruik van de bedrijven was gemiddeld 15690 GJ/ha. Dit komt neer op ongeveer 45 m³ gas per m² per jaar indien alle warmte door gas zou zijn opgewekt. Het laagste energieverbruik was 11560 GJ/ha van bedrijf 9 en het hoogste energieverbruik was 22440 GJ/ha van bedrijf 15. Het gemiddelde van de bedrijven met een warmtebuffer (3, 4, 14, 15) lag op 16930 GJ/ha. Het gemiddelde van de bedrijven die niet uit regio 1 (Zuid Hollands Glasdistrict) kwamen (11, 12, 14) lag op 17190 GJ/ha. Gezien de grootte van de standaarddeviaties is het niet mogelijk om aan bedrijfsuitrusting of regio een significante invloed op het energieverbruik toe te kennen.

Bedrijf 15 levert meer elektriciteit terug dan het inkoop. Aangezien niet bekend is hoeveel elektriciteit er voor eigen gebruik is geproduceerd, is bedrijf 15 in de analyse voor elektriciteitsinkoop weggelaten. Voor de overige bedrijven is het elektriciteitsverbruik sterk afhankelijk van de mate van belichting. Vier bedrijven (3, 4, 8 en 10) met vrijwel volledige assimilatiebelichting hadden een elektriciteitsverbruik van rond 47 kWh/m².jaar. Bedrijven 3 en 4, die een WKK bezitten, wijken hier niet van af. De zeven bedrijven (1, 2, 5, 7, 9, 11 en 12) met gedeeltelijke assimilatiebelichting (12-30%) hadden een jaarlijks elektriciteitsverbruik van rond 22 kWh/m², een halvering ten opzichte van de bedrijven met nagenoeg volledige belichting.

3.2.2 Energieverbruik per periode

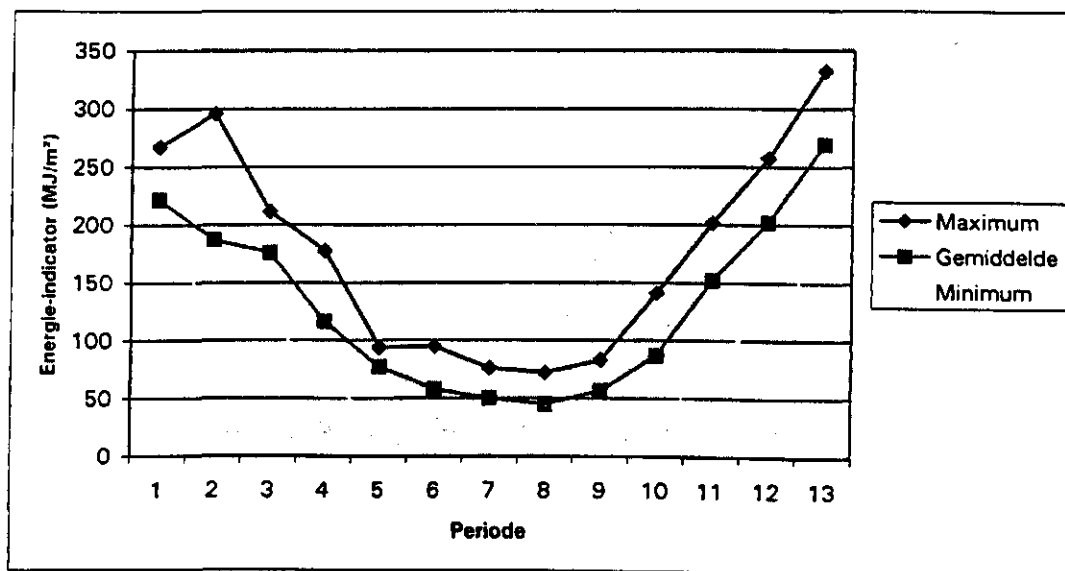


Figuur 5- Energieverbruik Kalanchoë per periode

De verdeling van het energieverbruik over de dertien perioden geeft aan dat het energieverbruik in periode 13 en 1 ongeveer vijf maal zo hoog is als in periode 8.

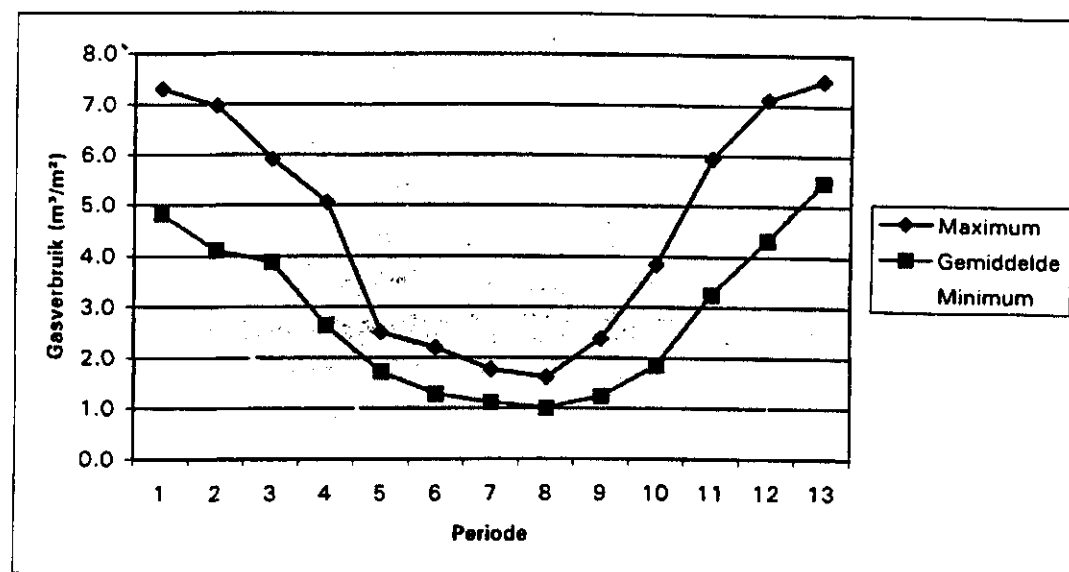
3.2.3 Energie-indicator per periode

Het verschil tussen zomer en winter van de energie-indicator is iets groter dan die van het energieverbruik. Dit komt doordat elektriciteit bij de energie-indicator veel zwaarder meetelt.



Figuur 6- Energie-indicator Kalanchoë per periode

3.2.4 Gasverbruik per periode

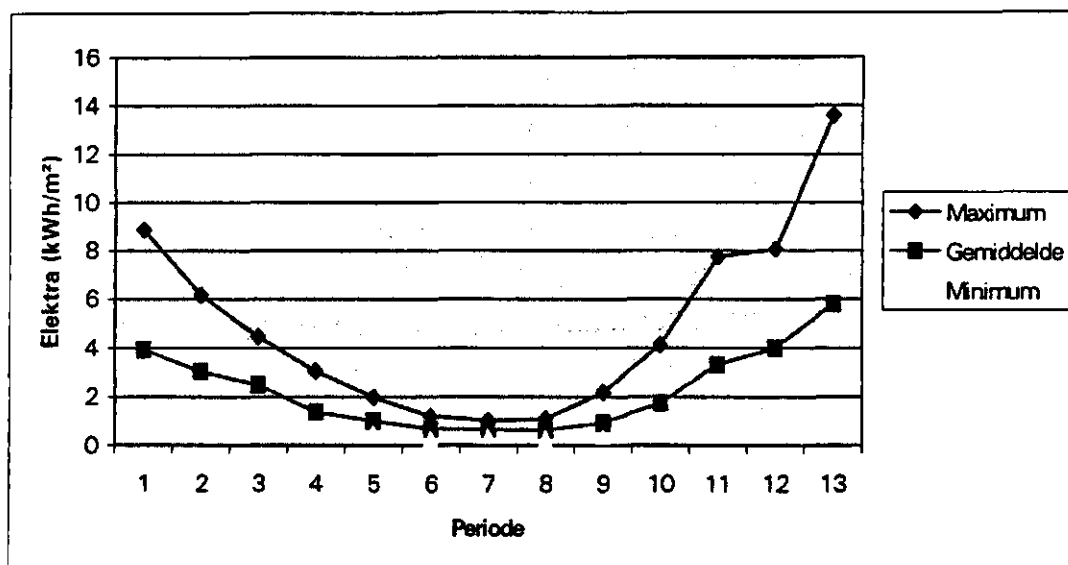


Figuur 7- Gasverbruik Kalanchoë per periode

Doordat bedrijven 3 en 4 warmte geleverd krijgen is bij hen het gasverbruik zeer laag. Vandaar dat het minimum gasverbruik in de winter relatief laag is.

3.2.5 Elektriciteitsverbruik per periode

Opvallend bij analyse van het maximale en minimale elektriciteitsverbruik is, dat bedrijven met een laag jaarlijks elektriciteitsverbruik in sommige perioden als grootste verbruiker staan genoteerd. Onderstaande grafiek geeft aan wat het maximale, gemiddelde en minimale elektriciteitsverbruik per m² was bij de twaalf bedrijven. Bedrijven met veel assimilatiebelichting hebben in de winter een veel hoger elektriciteitsverbruik dan in de zomer. Bij bedrijven met weinig assimilatiebelichting is dit verschil minder groot. Bij bedrijf 14, waarin niet bekend is of deze assimilatiebelichting heeft, is het elektriciteitsverbruik in de winter ongeveer even hoog als in de zomer.



Figuur 8- Elektriciteitsverbruik Kalanchoë per periode

3.3 OMREKENEN GASVERBRUIK 1998 NAAR STANDAARD

Het jaar 1998 was een jaar met een zachte winter en weinig vorst. Er kwamen drie perioden voor met vorst, in februari en november. Een maat voor de energiebehoefte zijn de graaddagen, de jaarsom van het aantal graden dat de gemiddelde buitentemperatuur op een dag onder de 18°C is. De graaddagen van 1998 zijn lager dan de graaddagen van de voorgaande jaren; dat wil zeggen dat de temperatuur gemiddeld hoger was. Hierbij zijn grote verschillen per regio, voor drie regio's zijn de graaddagen opgenomen in tabel 5.

Tabel 5- Graaddagen van drie regio's voor 1998 en voor het gemiddelde klimaat van 1988-'98

Jaar	Naaldwijk	Aalsmeer	Horst
1998	2383	2714	2800
1988-'98	2589	2910	2844

Om zichtbaar te maken wat de invloed is van het specifieke klimaat in 1998 op het gasverbruik, is met behulp van het gasverbruikmodel van het PBG (Raaphorst, 1999) het gasverbruik voor 1998 voor Ficus en Kalanchoë benaderd. In dit model wordt naast de temperatuur ook de straling en de wind meegenomen. Daarbij is voor hetzelfde stookregime uitgerekend wat het gasverbruik is bij het gemiddelde buitenklimaat voor de periode 1986 tot en met 1996. Dit is gedaan met de klimaatsets van Naaldwijk, Aalsmeer en Horst. In Tabel 6 zijn de berekende waarden weergegeven.

Tabel 6- Energieverbruik, omgerekend in m^3/m^2 van 1998 naar gemiddelde 1986-'96 m^3/m^2

Gewas	Jaar	Gevonden in dit onderzoek	Berekend met rekenmodel		
			Naaldwijk	Aalsmeer	Horst
Kalanchoë	1998	45.0	42.0	43.5	45.0
	1986-'96		44.1	44.6	46.6
Ficus	1998	47.8	48.6	51.1	52.8
	1986-'96		50.7	51.6	53.6

Tabel 7- Energieverbruik, omgerekend in m^3/m^2 van 1998 naar gemiddelde 1986-'96 m^3/m^2 in % ten opzichte van een standaard bedrijf met een zelfde stookregime (= 100%).

Gewas	Jaar	Gevonden in dit onderzoek	Berekend met rekenmodel		
			Naaldwijk	Aalsmeer	Horst
Kalanchoë	1998	118	110	114	118
	1986-'96		116	117	122
Ficus	1998	103	104	110	113
	1986-'96		109	111	115

Uit bovenstaande tabellen blijkt duidelijk dat er tussen de regio's verschillen zijn. In Naaldwijk is het minst energie nodig in 1998 en in een gemiddeld jaar, ook de som van de graaddagen is in Naaldwijk in 1998 en in 1986-'96 het laagst. In Horst is meer energie nodig, in 1998 was de som van de graaddagen in Horst ook het hoogst. Verder komt duidelijk naar voren dat er in 1998 minder gas nodig was, dan bij hetzelfde stookregime voor het gemiddelde buitenklimaat van 1986 t/m 1996.

3.4 DISCUSSIE

Het gasverbruik zou afhankelijk kunnen zijn van:

- Aanwezigheid warmtebuffer, met name in voor en najaar.
- Aanwezigheid WKK. Een WKK heeft een lager thermisch rendement dan een ketel, maar een hoger totaal rendement dan de centrale als ook rekening wordt gehouden met elektra.

Deze afhankelijkheid is niet aangetoond.

Uit de principale componentenanalyse (zie Bijlage 1) blijkt dat de verschillen in energieverbruik niet eenvoudig te verklaren zijn door verschillen in de bedrijfsuitrusting. Gelet op het beperkte aantal bedrijven en de grote onderlinge verschillen in energie gerelateerde uitrusting tussen de bedrijven was dit niet mogelijk. Er is wél inzicht verkregen in het niveau en de spreiding van het energieverbruik voor beide onderzochte gewassen.

De analyse is uitgevoerd op bedrijven die deelnemen aan MPS. Een aantal bedrijven hiervan zijn niet meegenomen in de analyse vanwege sterk afwijkende waarden, waarvoor geen verklaring is gevonden.

4 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

4.1 CONCLUSIES

Tussen de bedrijven met Ficus of Kalanchoë zijn onderling grote verschillen gevonden in energieverbruik, elektriciteitsverbruik, gasverbruik en energie-indicator.

Tabel 8- Energiekengetallen 1998

	Ficus		Kalanchoë	
	gemiddelde	stand.dev.	gemiddelde	stand.dev.
Gasverbruik (m ³ /m ²)	40.7	16.9	36.6	10.4
Elektriciteitsverbruik (kWh/m ²)	7.93	1.97	27.2	15.1
Warmtelevering (GJ/ha)	2450	4390	750	1820
Energieverbruik (GJ/ha)	16770	3650	15680	2890
Energie-indicator (GJ/ha)	16960	3750	16900	2470

Tabel 8 geeft de berekende energiekengetallen weer van Ficus en Kalanchoë. Met het gebruik van deze kengetallen moet rekening worden gehouden met de zachte winter van 1998. Het gasverbruik ligt in 1998 enkele m³ lager dan het gasverbruik bij het gemiddelde buitenklimaat (1986 tot en met 1996).

Tabel 9- Kengetallen Ficus en Kalanchoë uitgesplitst per maatregel (gemiddelde en standaarddeviatie)

Maatregel	Gewas	Aantal	Energieverbruik (GJ/ha)	Elektriciteit (kWh/m ²)
Totaal	Ficus	23	16770 ± 3650	7.9 ± 2.0
	Kalanchoë	13	15690 ± 2700	27.9 ± 15.1
Buffer	Ficus	5	15190 ± 2840	7.2 ± 2.0
	Kalanchoë	4	16930 ± 4190	29.9 ± 21.5
WKK	Ficus	7	16350 ± 4130	8.1 ± 2.6
	Kalanchoë	3	16140 ± 4760	35.4 ± 22.8
Dubbel glas	Ficus	10	18440 ± 2860	7.5 ± 2.2
	Kalanchoë	6	14460 ± 2250	33.4 ± 18.0
Niet regio 1*	Ficus	4	14110 ± 1300	7.8 ± 2.2
	Kalanchoë	3	17190 ± 2180	16.8 ± 4.3
Assimilatie bel.	Ficus	8	15840 ± 3370	7.7 ± 1.9
	Kalanchoë	13	15690 ± 2700	27.9 ± 15.1

* Regio 1 = Zuid Hollands Glasdistrict

Tabel 9 geeft de uitkomsten van de analyses van Ficus en Kalanchoë van energieverbruik en elektriciteitsinkoop, uitgesplitst per energiebesparende maatregel.

Bij Ficus hebben de bedrijven met een warmtebuffer een lager energieverbruik dan het gemiddelde, bij Kalanchoë hebben deze bedrijven juist een hoger energieverbruik.

De bedrijven met WKK hebben bij Ficus een iets lager energieverbruik, bij Kalanchoë een hoger. De bedrijven met assimilatiebelichting hebben bij Ficus een lager energieverbruik, bij Kalanchoë hebben alle bedrijven assimilatiebelichting.

De bedrijven die níét uit regio 1 komen hebben bij Ficus een lager energieverbruik, bij Kalanchoë een hoger energieverbruik.

Dubbel glas in de gevels geeft bij Ficus een hoger energieverbruik dan het gemiddelde, dit is bij Kalanchoë omgekeerd. Door de grote standaarddeviatie bij elk onderdeel zijn géén van de genoemde verschillen significant.

De hoogte van het totale energieverbruik is bij beide gewassen ongeveer gelijk.

Het elektriciteitsverbruik bij Ficus is veel lager dan bij Kalanchoë. Bij alle maatregelen, met uitzondering van regio, is het elektriciteitsverbruik bij Ficus ongeveer vier maal lager dan bij Kalanchoë. Dit is waarschijnlijk een gevolg van het gebruik van assimilatiebelichting. Alle Kalanchoëtelers maken gebruik van assimilatiebelichting, bij Ficus komt dit veel minder voor en bovendien voor een kleiner gedeelte van de kas. Door de grote standaarddeviatie bij elk onderdeel zijn geen van de genoemde verschillen significant.

Bij Ficus hebben bedrijven met een hoger elektriciteitsverbruik niet opvallend meer assimilatiebelichting of vaker WKK dan bedrijven met een laag elektriciteitsverbruik. Bij Kalanchoë is het elektriciteitsverbruik sterk afhankelijk van de mate van belichting.

Voor gasverbruik en energieverbruik is een duidelijk seizoenseffect zichtbaar, dit is niet het geval bij het elektriciteitsverbruik; hier daalt het verbruik in de zomerperiode in beperkte mate. Bij bedrijven met assimilatiebelichting treedt dit seizoenseffect wel op bij het elektriciteitsverbruik.

Vanwege de grote verschillen tussen de bedrijven onderling en waarschijnlijk ook door het kleine aantal bedrijven zijn er geen betrouwbare verschillen naar voren gekomen in dit onderzoek. Uit statistische analyse blijkt dat de verschillen in energieverbruik niet eenvoudig te verklaren zijn door alleen te kijken naar de bedrijfsuitrusting. Er zijn blijkbaar meerdere factoren die het energieverbruik bepalen.

4.2 AANBEVELINGEN

Voor een gedegen analyse zijn meer bedrijven of betrouwbaarder informatie nodig. Ook aanvullende gegevens van de bedrijfsuitrusting, die in onderhavige analyse soms niet duidelijk was, is hierbij onmisbaar.

LITERATUUR

- Mulderij, B., 1999. Persoonlijke mededelingen, gewasonderzoeker, PBG Aalsmeer.
- Raaphorst, M.G.M., 1999, Documentatie van het PBG-rekenmodel Gasverbruik, rapport 229, PBG Naaldwijk.
- Goossens, H.C.E.M., M.N.A. Ruijs, P.C.M. Vermeulen, J.J.G. Breuer, H.F. de Zwart, H.C. Jasperse, W. van der Kaaij, 1997, Energiebesparing door optimaal gebruik van de bedrijfsuitrusting, rapport 85, PBG, Naaldwijk.
- Ruijs, M.N.A., J.P. Bakker, R.A.F. van Paassen, S.C. van Woerden, 1998. Kwantitatieve Informatie voor de glastuinbouw 1997-1998, PBG Naaldwijk.
- Verberkt, H., 1999. Persoonlijke mededelingen, gewasonderzoeker, PBG, Aalsmeer.
- Vermeulen, P., M. Ruijs, 1998, Energiekengetallen 1996, rapport 151, PBG Naaldwijk.
- Vermeulen, P., 1999. Persoonlijke mededelingen, onderzoeker bedrijfskunde, PBG, Naaldwijk.

Bijlage 1. Principale componenten analyse

Van: Waldo de Boer, Centrum voor Biometrie

Betreft: Analyse bedrijfsgegevens energieverbruik en gerelateerde variabelen

Van 40 bedrijven zijn gegevens verzameld die betrekking hebben op energieverbruik en energiebesparende maatregelen. Op deze bedrijven wordt of Kalanchoë of Ficus geteeld. Gevraagd wordt een indeling te maken van bedrijven waaruit de samenhang tussen energieverbruik en energie besparende maatregelen blijkt.

De gegevens worden als volgt getypeerd:

Variabelen die energie verbruiken of energieverlies aanduiden zijn:

Assimilatie verlichting (A) Geregistreerd in percentages. Transformatie: $\arcsin(\sqrt{\cdot})$.

Energieverbruik (W).

Elektriciteit-inkoop (E).

Gas- en warmte-verlies (GW).

Gasverbruik (G).

Energie-indicator (I). Is een samengestelde index van W, GW en G.

Variabelen om energie te besparen zijn:

Warmtekrachtwisselaar (WKK). Transformatie: $\max(WKK) - WKK$

Buffer (B). Transformatie: $\max(B) - B$

Dubbelglas (D).

Voorgesteld wordt een principale componenten analyse uit te voeren op bovenstaande gegevens. De gegevens worden daartoe gecentreerd en gestandaardiseerd. De geschaalde scores worden in een biplot weergegeven. Op de componenten die significant bijdragen aan het percentage verklaarde variantie wordt een clusteranalyse toegepast.

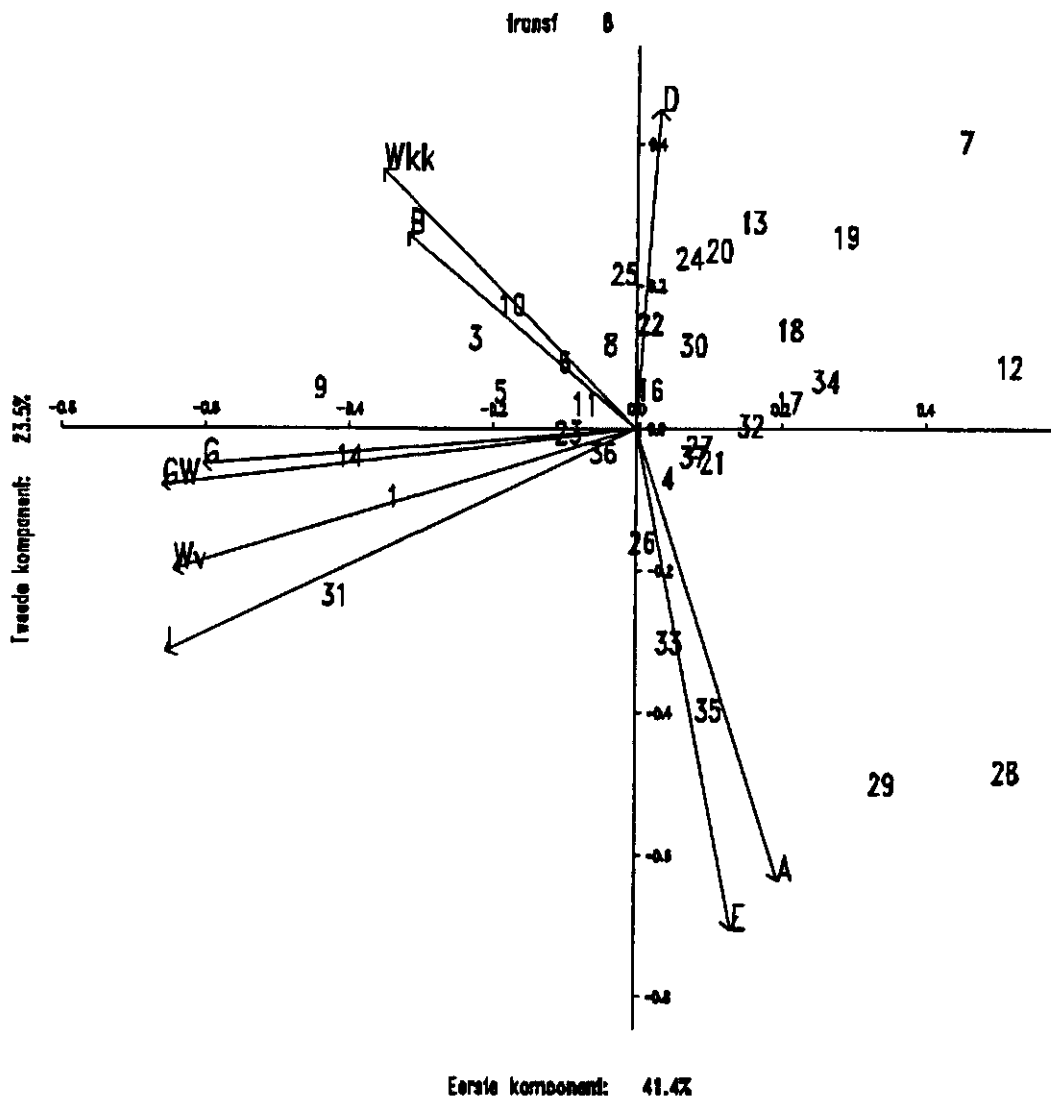
Resultaat

In een biplot worden de scores van twee componenten weergegeven. De figuur geeft een betere weergave van de data, naarmate het percentage verklaarde variantie hoger is. De percentages voor de eerste drie componenten zijn 41.4%, 23.5% en 18.3%, totaal ruim 83%. Een weergave door middel van drie componenten geeft dus een bevredigende samenvatting. De figuur wordt als volgt geïnterpreteerd de pijlpunten geven de richting van de grootste verandering weer. Pijlen die in dezelfde richting wijzen zijn gecorreleerd, waarbij de correlatie groter is naarmate de hoek kleiner. Pijlen die loodrecht op elkaar staan zijn ongecorreleerd. Als ze in elkaars verlengde liggen zijn de effecten tegengesteld. Bedrijven (nummers) die dicht bij een pijlpunt liggen, scoren hoog op deze variabele. Nummers die dicht bij elkaar liggen lijken op elkaar, liggen ze ver uit elkaar, dan zijn ze heel verschillend. Door de bedrijven loodrecht op de pijlen te projecteren, wordt de rangorde verkregen van de bedrijven voor desbetreffende variabelen.

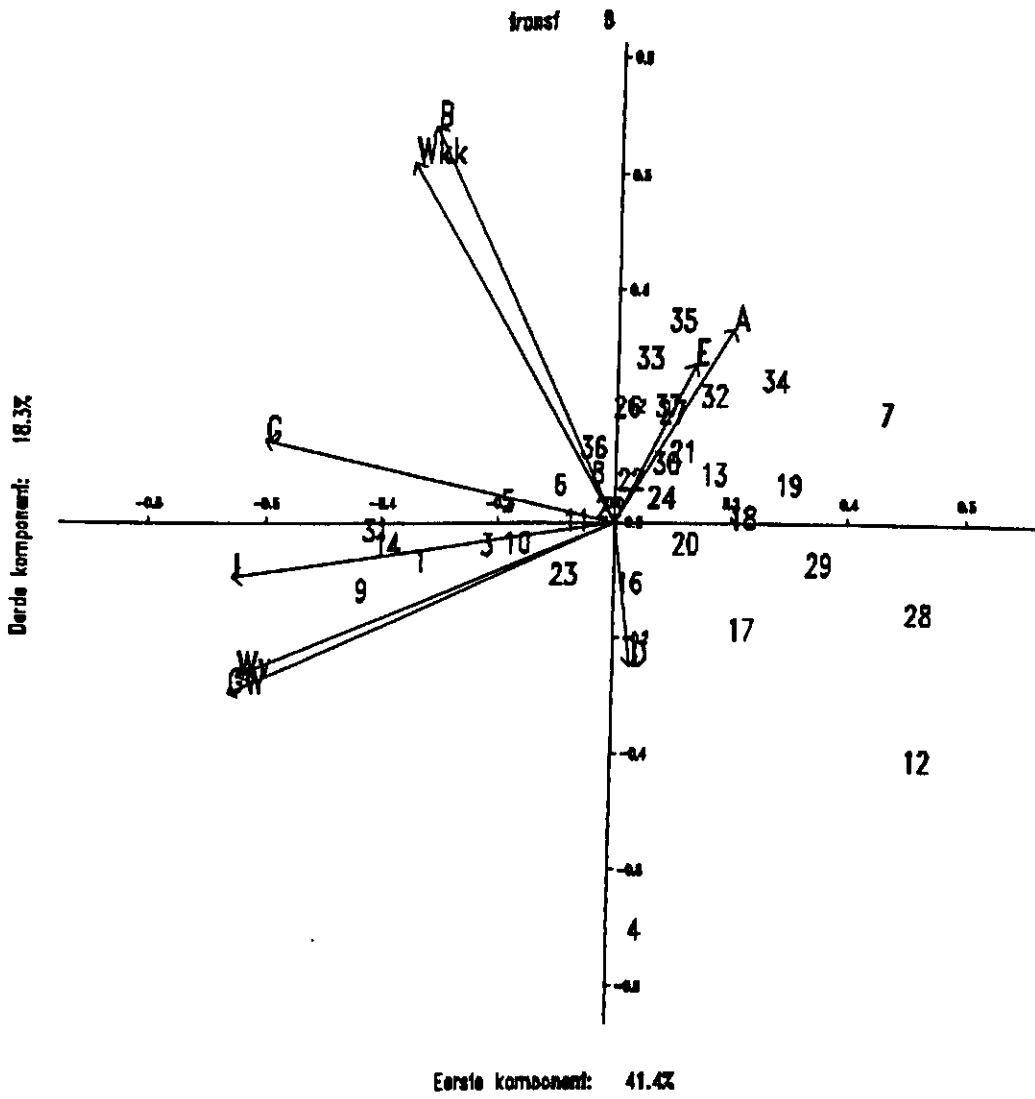
In figuur 1 worden de scores voor variabelen (letters) en bedrijven (nummers) voor de eerste twee componenten weergegeven. De figuur verklaart 65% van de variatie in de data. G, GW, Wv en I wijzen dezelfde richting uit en zijn sterk gecorreleerd. Opvallend is dat E loodrecht op deze variabelen staat en dus ongecorreleerd is met bijvoorbeeld I, de indicator voor energieverbruik. A en E hangen sterk samen. WKK, B en D liggen tegenovergesteld aan E en A en duiden energiebesparende maatregelen aan. Ze laten

nauwelijks enig verband zien met G, GW, Wv en I. Bedrijven 1, 14 en 31 liggen vlak bij elkaar en scoren hoog op G, GW, Wv en I (hoogverbruik). Ze zijn redelijk neutraal t.o.v. E en A. Bedrijven 29, 28 en 35 scoren juist hoog op E en A (elektriciteitsverbruik). Bedrijf 7 daarentegen scoort laag en ook laag op G, GW, Wv en I.

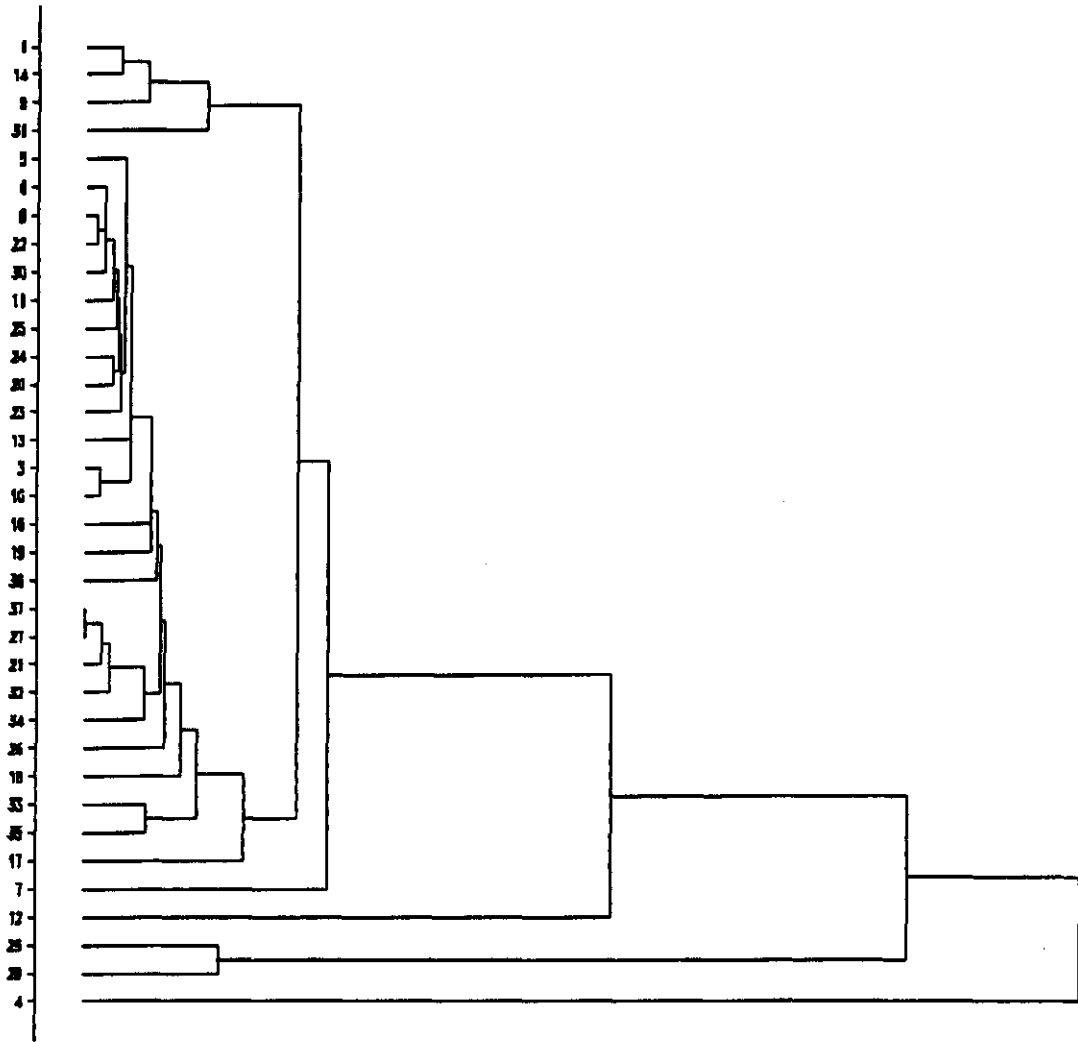
In figuur 2 zijn de scores voor de eerste en derde component uitgezet. Opvallend is bijvoorbeeld bedrijf 4, dat zich nu sterk onderscheidt op de derde component van de overige bedrijven. Tevens liggen D en WKK tegenovergesteld aan D. Met een beetje goede wil is de eerste component te interpreteren als een energieverbruiker van gas. Naar links in de figuur neemt het verbruik toe, naar rechts juist af. De tweede as heeft te maken met elektriciteitsverbruik: naar onder neemt het verbruik toe, omhoog wordt er bezuinigd op elektriciteit. De derde as is op het eerste gezicht niet zo duidelijk, maar zal ongetwijfeld z'n verklaring hebben. Een clusteranalyse op de eerste drie assen geeft figuur 3. Een redelijke arbitraire groepsindeling van dit dendrogram is te vinden in tabel 1.



Figuur 1: Biplot scores van eerste en tweede component. Voor verklaring symbolen zie tekst.



Figuur 2: Biplot scores van eerste en derde component. Voor verklaring symbolen zie tekst.



Figur 3: Dendrogram op basis van drie componenten.

grp	bedrf	gewas	cond	dbblgl	B	Wkk	A	regio	W	E	GW	G	I
1	1	I	j	j	0	280	20	1	2252	5	2259	64	2268
1	14	I	j	j	0	0	0	*	2314	10	2289	65	2381
1	9	I	j	n	0	0	0	1	2381	10	2358	67	2444
2	31	O	j	n	0	0	30	1	2491	39	2361	60	2715
3	16	I	j	j	150	0	0	1	1639	6	1626	46	1678
3	13	I	j	n	0	0	0	2	1281	6	1266	36	1319
3	32	O	j	j	0	0	20	1	1345	22	1272	34	1470
3	30	O	j	n	0	0	12	1	1501	19	1442	37	1609
3	27	O	j	j	0	0	20	1	1488	22	1414	37	1616
3	34	O	j	j	0	0	30	*	1154	15	1105	28	1241
3	26	O	j	j	0	0	25	1	1667	37	1541	40	1874
3	25	I	j	n	0	0	0	*	1614	8	1594	45	1663
3	24	I	j	n	0	0	0	*	1232	9	1647	34	1637
3	23	I	j	j	0	300	0	1	2075	12	2037	25	1914
3	36	O	n	j	0	0	25	4	1733	15	1687	43	1822
3	22	I	j	n	0	0	14	6	1577	11	1547	44	1642
3	21	I	j	n	0	255	100	1	1532	9	1507	43	1589
3	20	I	n	n	0	0	0	*	1712	6	1690	7	1456
3	19	I	j	n	0	0	4	5	1339	8	1309	4	1149
3	18	I	j	n	0	400	25	1	1386	8	1361	27	1356
3	3	I	j	n	0	0	0	1	1985	11	1956	56	2051
3	5	I	j	j	0	0	0	*	1905	8	1884	54	1959
3	6	I	j	j	0	0	0	1	1738	7	1722	49	1784
3	37	O	j	j	0	0	30	5	1494	22	1423	39	1618
3	8	I	j	j	0	0	0	1	1619	6	1603	46	1661
3	10	I	j	n	0	0	0	1	1901	6	1890	54	1941
3	11	I	j	j	60	0	2	1	1757	8	1736	49	1809
4	35	O	j	j	0	0	100	1	1586	52	1406	36	1873
4	33	O	n	j	0	0	95	1	1656	40	1519	39	1880
5	17	I	j	j	120	600	0	2	1445	6	1428	31	1414
6	7	I	j	n	0	0	0	1	716	5	701	20	747
7	12	I	j	n	240	1000	0	*	1055	10	1021	19	1044
8	29	O	j	j	150	888	95	1	1504	51	1325	20	1659
9	28	O	j	j	200	1200	95	1	1202	46	1040	19	1398
10	4	I	j	n	260	1000	0	1	2216	5	2202	16	1920

Tabel 1: groepsindeling en gegevens