

Ir. E. van Rijssel

Publ. No. 4.108

## STOKEN MET VOORBEDACHTEN RADE

OORZAKEN VAN VERSCHILLEN IN GASVERBRUIK  
OP RUIM VEERTIG BEDRIJVEN MET DE TEELT  
VAN VROEGE STOOKTOMATEN

April 1984



SIGN: L26-4.108  
EX. NO: c  
MLV:

Landbouw-Economisch Instituut - Afdeling Tuinbouw  
Proefstation voor de Tuinbouw onder glas  
Proefstation voor de Bloemisterij

204288

## REFERAAT

### STOKEN MET VOORBEDACHTEN RADE

van Rijssel, E.

Den Haag, Landbouw-Economisch Instituut, 1984

39 p., tab., graf.

Het brandstof/gas/verbruik in de glastuinbouw vertoont van bedrijf tot bedrijf grote verschillen, zelfs tussen bedrijven met een zelfde teeltplan en vergelijkbare bedrijfsuitrusting. Inzicht in deze verschillen biedt perspectieven voor vermindering van het energieverbruik zonder dat ingrijpende wijzigingen in de bedrijfsuitrusting noodzakelijk zijn.

Een bedrijfsvergelijkend onderzoek op 44 qua bedrijfsuitrusting overeenkomende bedrijven met de teelt van vroege stooktomaten, gelegen in het Zuidhollands Glasdistrict, bracht aan het licht dat het energieverbruik uiteen liep van 25 tot 35 m<sup>3</sup> aardgas per m<sup>2</sup> kas. Deze verschillen konden voor bijna 85% worden verklaard door verschillen tussen de bedrijven (lengte/breedte-verhouding van de kas, mate van beschutting, aanpassing van de verwarming bij gevelisolatie, e.d.).

Door aanpassingen op korte termijn, kan een brandstofbesparing van + 15% worden gerealiseerd. Verdere besparingen, op basis van resultaten uit dit onderzoek, worden alleen mogelijk op langere termijn, nl. bij vervanging van de glasopstand.

Glasgroenten/Energiebesparing/Nederland

Overname van de inhoud toegestaan, mits met duidelijke bronvermelding.

# Inhoud

	Blz.
WOORD VOORAF	5
SAMENVATTING	7
AANBEVELINGEN	9
SUMMARY	10
1. INLEIDING	12
2. OPZET VAN HET ONDERZOEK	13
2.1 Keuze van te verzamelen gegevens	13
2.2 Bedrijfskeuze	13
2.3 De werwing van de bedrijven	15
2.4 Beschrijving van de bedrijven	15
3. RESULTATEN	17
3.1 Invloed van het weer op het gasverbruik	17
3.2 Besparing door toepassen van rookgascondensors	17
3.3 Kasklimaat en gasverbruik	19
3.3.1 Invloed van de kastemperatuur	21
3.3.2 Invloed van het aanhouden van een minimum buis temperatuur	23
3.3.3 Invloed van het openen der luchtramen	23
3.3.4 Gewasreactie op de verschillen in ingesteld kasklimaat	24
3.4 Kasgebonden invloeden op het gasverbruik	24
3.4.1 Het geveloppervlak	25
3.4.2 De gevelverwarming en gevelisolatie	25
3.4.3 De verdeling in stookgroepen	27
3.5 Nokoriëntatie en beschutting van de glasopstand	27
3.6 Restfactoren; ongewenste ventilatie en ketel- capaciteit	29
3.7 Verschillen in opbrengst, vroegheid en produktie	30
4. CONCLUSIES	33
4.1 Verklaring voor de verschillen in gasverbruik per m <sup>2</sup>	33
4.2 Discussie	34
4.2.1 Stand van het gewas	34
4.2.2 De klimaatscomputer	35
4.2.3 Lengte-breedte verhouding van het bedrijf	36
LITERATUUR	37
BIJLAGEN	38
	3

## Woord vooraf

De sterke stijging van de gasprijs stimuleert de glastuinders tot bedrijfsaanpassing. De ruimte om energiebesparende investeringen te financieren is echter veelal beperkt. De belangstelling gaat daardoor sterk uit naar goedkope aanpassingen die op korte termijn geld opleveren. Hoewel reeds een aantal maatregelen is genomen loopt het gasverbruik per m<sup>2</sup> glas van bedrijven met vergelijkbaar teeltplan echter nog sterk uiteen. Wellicht is niet ieder zich bewust van alle besparingsmogelijkheden of bekend met de invloed van een bepaalde bedrijfssituatie op het gasverbruik.

Het in deze publikatie beschreven onderzoek, dat is gebaseerd op goed vergelijkbare bedrijven, verschaftte meer inzicht in de oorzaken van deze verschillen in gasverbruik. Om reeds bekende invloeden van verschil in teeltmethode en kasttemperatuur uit te schakelen is het onderzoek gericht op geselecteerde bedrijven met een zelfde gewas, geteeld bij een zelfde kasttemperatuur. Ter beperking van de omvang van het onderzoek zijn uitsluitend bedrijven met vroege stooktomaten onderzocht.

Bij het onderzoek is intensief gebruik gemaakt van de technische en teelttechnische inbreng van diverse medewerkers van het proefstation voor de Tuinbouw onder glas te Naaldwijk en van de Voorlichtingsdienst. Wij zijn zeer dankbaar voor hun onmisbare ondersteuning en de goede samenwerking. Tevens zijn wij het proefstation voor de Bloemisterij erkentelijk, dat het Ir. E. van Rijssel, die door het LEI op dit proefstation is gestationeerd en ervaring heeft op het gebied van de bedrijfsvergelijking, voor dit project vrij heeft willen maken. Tot slot zijn wij de stagiaires van de hogere tuinbouwscholen, die aan dit project hebben meegewerkt, dankbaar voor hun inzet.

De Directeur,



J. de Veer

Den Haag, maart 1984

## Samenvatting

De stijging van de gasprijs vormt op veel glastuinbouwbedrijven een direct gevaar voor de continuïteit. Er is dan ook een sterke drang tot energiebesparing bij veel ondernemers. Vanwege de onzekere prijsvorming van de produkten hecht men echter sterk aan het handhaven van bestaande produktie- en aanvoerpatronen en vermijdt men aanpassing van het teeltplan. Bij een gelijkblijvend produktieniveau bleek in de periode 1973-1980 een aanmerkelijke daling van het gasverbruik per m<sup>2</sup> glas mogelijk door aanpassingen in de teeltmethode en invoeren van de rookgascondensor, dus zonder grote investeringen. De grote verschillen in gasverbruik per m<sup>2</sup> glas tussen bedrijven met een zelfde teeltplan en produktieniveau vormen een aanwijzing dat verdere verlaging van het gasverbruik mogelijk is. Bedrijfsvergelijking vormt een mogelijkheid om snel inzicht te krijgen in de effecten ten aanzien van het energieverbruik als gevolg van de op de bedrijven doorgevoerde aanpassingen.

Dit rapport geeft aan wat in een eerste, beperkte opzet van een vergelijking van 44 bedrijven met vroege stooktomaten in 1981 als oorzaak voor verschil in gasverbruik is gevonden. Een vrijwel gelijke plantdatum (december) en een overzichtelijke, uniforme opzet van de bedrijven stonden borg voor een goede onderlinge vergelijkbaarheid en een beperkte invloed van gewas- en klimaatsverschillen op het gasverbruik. In de eerste vier maanden van de teelt werd gemiddeld 30 m<sup>3</sup> gas per m<sup>2</sup> kas verbruikt waarbij verschillen tussen de bedrijven optraden tot 10 m<sup>3</sup>. De bedrijven hadden veelal een moderne glasopstand van gemiddeld 11.500 m<sup>2</sup>, variërend van 4000-20.000 m<sup>2</sup>.

De verschillen in gasverbruik konden voor ongeveer 85% worden verklaard uit verschillen tussen de bedrijven:

- gebruik van een rookgascondensor leidde tot een besparing van 5-15% afhankelijk van de aansluiting op het verwarmingsnet, geheel overeenkomstig de verwachting;
- de zeer beperkte temperatuurverschillen van + 1°C tussen de bedrijven leidden toch tot merkbare verschillen in gasverbruik, 2,5 m<sup>3</sup> per m<sup>2</sup> glas over de periode januari tot mei;
- een minimum buistemperatuur van 35 à 40°C kostte + 1 m<sup>3</sup> gas per m<sup>2</sup> glas per maand in de periode dat overdag niet behoefde te worden verwarmd;
- een m<sup>2</sup> gevel (geïsoleerd met PE folie) kostte vrijwel evenveel gas als een m<sup>2</sup> kasdek. De geveloppervlakte per m<sup>2</sup> kas is afhankelijk van de oppervlakte van de kas, de lengtebreedte verhouding en de kashoogte;
- het aantal verwarmingsbuizen langs de gevel varieerde van 2-4 buizen (doorsnede 51 mm) en vertoonde een samenhang met het gasverbruik. Waar gevelisolatie was toegepast, bleek dit

- in verscheidene gevallen niet samen te gaan met een verminderd aantal verwarmingsbuizen, waardoor er geen effect op het gasverbruik werd geconstateerd;
- onvoldoende mogelijkheden om op eventuele temperatuurgradiënten in de kas te reageren met gescheiden stookgroepen kostten in de eerste zes teeltweken extra gas (daarna werd de horizontale luchtbeweging in de kas minimaal door de gewasontwikkeling);
  - op vrijliggende bedrijven (meer dan 60 m vrije ruimte rondom) lag het gasverbruik ongeveer 8 procent hoger dan op bedrijven die grotendeels ingesloten lagen. In winderige weken was het verschil veel groter dan in windstille weken;
  - een nokrichting noord-zuid is uit oogpunt van energieverbruik iets minder gunstig. Bij een nokrichting oost-west doch ook noordoost-zuidwest/zuidoost-noordwest kan men beter profiteren van de lichtinval bij lage zonnestanden in respectievelijk januari-februari en maart-april;
  - gewaskenmerken zoals de planthoogte en de bladgrootte hadden bij deze decemberplanting geen merkbare invloed op het gasverbruik;
  - luchten gebeurde pas geregeld vanaf maart en dan nog vrijwel uitsluitend overdag wanneer men vond dat de temperatuur te hoog opliep. De mate van luchten had daardoor geen merkbaar effect op het gasverbruik.

De (grote) verschillen in produktieniveau en vroegheid hielden geen verband met de verschillen in gasverbruik, doch waren voor een deel wel te verklaren uit verschillen tussen de bedrijven. De zaaidatum van de planten en de leeftijd waarop de planten in bloei kwamen, bepaalden de vroegheid van de produktie. Reflectiemateriaal op de grond had een positief effect op de (vroeg) produktie, maar beïnvloedde het gasverbruik niet.

## Aanbevelingen

1. Bezien welke condensortoepassing het meeste voordeel biedt. Meestal zal een combicondensor op zijn plaats zijn. Op veel bedrijven is het huidige verwarmingsnet te groot en kan een deel van het net worden benut als apart condensornet. Is het condensornet voldoende groot dan is het mogelijk met een enkele condensor te volstaan (eventueel bijmengen bij grote verwarmingsbehoefte is echter uiterst nadelig). Ook wanneer toepassing van laagcalorische warmte (substraatteelt) voldoende mogelijkheden biedt kan eveneens met een enkele condensor een hoog rendement worden bereikt.
2. Wees zeer attent op de aansluiting van de condensor op het verwarmingssysteem opdat geen fouten worden begaan die het rendement of de klimaatregelingsmogelijkheden beïnvloeden.
3. Stook bij tomaat in principe niet boven de 15°C 's nachts en 19°C overdag en benut andere mogelijkheden om de gewasontwikkeling in de hand te houden, bijvoorbeeld aanpassing van watergift en voedingsniveau.
4. Let op het voorkomen van een plaatselijk te groot aantal verwarmingsbuizen. Teveel buizen leiden tot plaatselijk (te) hoge temperaturen en een onnodig hoog gasverbruik.
5. Pas direct achter de gevelbuizen een materiaal toe met een warmtereflecterende laag (hortiplus glas of noppenfolie/templex met een aluminium laag).
6. Pas bij het aanbrengen van gevelisolatie tevens de gevelverwarming aan.
7. Let op temperatuursverschillen tussen voor en achter op het bedrijf, links of rechts van het hoofdpad. Deze kunnen speciaal op bedrijven met hoge kassen en/of lagere gewassen voorkomen en kosten extra energie. Overleg met deskundigen hoe dit met een aanpassing in het verwarmingssysteem is op te vangen.
8. Laat een minimum buistemperatuur wegvallen wanneer de lucht-ramen, ten gevolge van voldoende instraling, opengaan.
9. Overweeg het aanbrengen van een windbreking op één of enkele meters afstand van de kas wanneer verdere beschutting ontbreekt (niet bij zuidgevels gezien het lichteffect).
10. Overweeg een minder energie-intensief teeltplan (dit kan even goed een arbeids- of kapitaalsintensief plan zijn als een koudere teelt) wanneer het bedrijf smal is en geheel vrij ligt (uit oogpunt van energieverbruik zeer ongunstige kenmerken). Doorgaan met vroege stooktomaten betekent een blijvend minder goede concurrentiepositie ten opzichte van collega's.

## Summary

Due to the strong increase of gas prices in the Netherlands since 1973, the heating costs of glasshouse nurseries have become the biggest part of the production costs. As the income of glasshouse growers does not allow them to let this happen there is a strong pressure to lower the heat consumption of glasshouses.

Last ten years there has been a continuously decreasing heat-consumption in glasshouse production without changing crops. Despite the present 'low' consumption level there are however still big differences between the nurseries, even when growing the same crops. From this we can conclude that growers are learning but also there is still ample room for improvement. We could help them to learn faster by showing why some growers are more succesfull in saving energy than others. To do this we compared over forty tomato nurseries. Very uniform and highly specialised nurseries with an equal planting date and recently built houses were selected. The average area was 11.500 m<sup>2</sup> glass and in four months (january - april) they used 30 m<sup>3</sup> gas per m<sup>2</sup> house on the average. A variation was found from 25 till 35 m<sup>3</sup>.

The analysis (factoranalysis) provided a good explanation for over 80 percent of the variation within the group of nurseries. Part of the firms used a condensor to cool the waste gases from the burner deeply below the condensation point. The warmth could be used partly in the normal heating system, partly in separated lowtemperature pipes or tubes. Important differences in growing temperatures and in the minimum pipe temperature also influenced gas consumption. The staywall area per 100 m<sup>2</sup> house was varying a lot depending on differences in the size and structure of the buildings. On the average the staywall did use as much gas as the glasshouse roof per m<sup>2</sup>. The gas consumption of the staywall did not only vary in relation to the surface but also in relation to the number of pipes laying along. The number of pipes along the staywall often was not well adjusted to the rate of isolation. The heating system was split up into groups but not in all places in a way that it could give a good reaction on different temperatures within the house. Especially in the beginning of the period, when the plants were not so high, this did influence gas consumption. Some of the nurseries were situated in between other nurseries, with only 3 - 5 m between the houses and other were situated separately. Depending on the wind speed the location of the house could save till 8 percent on the gas consumption. A last small influence was found to derive from the roof orientation to the south. An orientation nearly perfect to the south appeared to be somewhat more profitable in midwinter, later on in the spring an orientation more to southeast or southwest was the best.



A relation between gasconsumption and production or earliness was not found. Even a relation between crop heighth or leaf area and gas consumption was not found; this could be an influence of the early plant date of the crop and the low light intensity in the Netherlands in wintertime.

There could be given recommendations to save energy without loss of production. The average energy consumption of 1981 could be reduced by 15 percent if these recommendations were followed.

## 1. Inleiding

Een Nederlands tuinbouwbedrijf met in hoofdzaak teelten onder glas (groenten, snijbloemen of potplanten) had in 1981 een gasverbruik van gemiddeld 325.000 m<sup>3</sup>, op een glasoppervlak van 9100 m<sup>2</sup> (L. van Noort). Verhoging van de gasprijs met bijvoorbeeld vijf cent per m<sup>3</sup> betekent al een toename van de bedrijfskosten met ruim f 16.000,-. Bij een ondernemersinkomen, dat in 1981 gemiddeld slechts f 50.100,- bedroeg brengt een dergelijke kostenverhoging het bedrijf in liquiditeitsproblemen. Het is hierdoor te begrijpen dat de druk om tot besparing op het gasverbruik te komen erg groot is.

Aanpassingen in het teeltplan grijpen diep in op het bedrijf en met een onzekere opbrengstverwachting zal men niet snel tot deze stap besluiten. Dat besparen zonder grote veranderingen in het produktiepatroon mogelijk is blijkt uit de ontwikkeling in de rentabiliteitscijfers van het glastuinbouwbedrijf. In de periode 1970-1980 bleven de energiekosten per m<sup>2</sup> glas 30% achter bij de energieprijsstijging. Besparingen doorvoeren met behoud van teeltplan en produktieniveau betekent dat verlagen van de kastemperatuur slechts in beperkte mate mogelijk is en dat het accent sterker komt te liggen op isolatie en beperking van de ventilatie.

Een inzicht omtrent de besparingsmogelijkheden die nu nog openstaan kan worden verkregen door het vergelijken van bedrijven. In de gewasdocumentaties van het LEI zijn voor diverse teelten vrij grote aantallen vergelijkbare bedrijven aanwezig. De spreiding in gasverbruik binnen elke groep bedrijven met dezelfde teelt (en plantdatum) is aanzienlijk, terwijl een relatie tussen gasverbruik en opbrengst nauwelijks of niet aanwezig is. Dit wijst op realiseerbare aanpassingsmogelijkheden.

Het voorliggende rapport heeft betrekking op een nadere studie op één groep bedrijven met een zeer goed vergelijkbaar teeltplan; stooktomaten geplant in de tweede helft van december. Hierbij is gezocht naar relaties tussen de verschillen in gasverbruik en andere verschillen tussen de bedrijven, gelegen op het terrein van de kas en directe omgeving, het verwarmingssysteem, de teelttemperatuur, de gewasomvang en specifieke teeltmaatregelen. De studie heeft betrekking op 44 bedrijven met venlo-kassen (enkel glas in het dek en zonder toepassing van een energiescherm) over de periode januari tot en met april 1981. Het gasverbruik in deze periode bleek hier uiteen te lopen van 24,6 tot 35,3 m<sup>3</sup> per m<sup>2</sup> kas, met als gemiddelde 30,0 m<sup>3</sup>.

## 2. Opzet van het onderzoek

Verschil in gasverbruik tussen twee bedrijven is vaak niet goed te verklaren. De oorzaak wordt in eerste instantie gezocht in een verschillend kasklimaat, doch ook invloeden van factoren zoals lengte-breedte verhouding van de kas, worden onderkend. Het onderzoek is zodanig uitgevoerd dat eerst is geïnventariseerd welke bedrijfsomstandigheden van belang kunnen zijn voor het warmteverlies, daarna is vastgelegd welke verschillen er tussen de bedrijven voorkomen en tenslotte in welke mate de spreiding van gasverbruik en bedrijfsgegevens samengaan. Met de gevonden samenhang (correlatie) is zodanig gemanipuleerd (factoranalyse) dat er een inzichtelijk geheel van wel en niet met elkaar samenhangende bedrijfsgegevens ontstond.

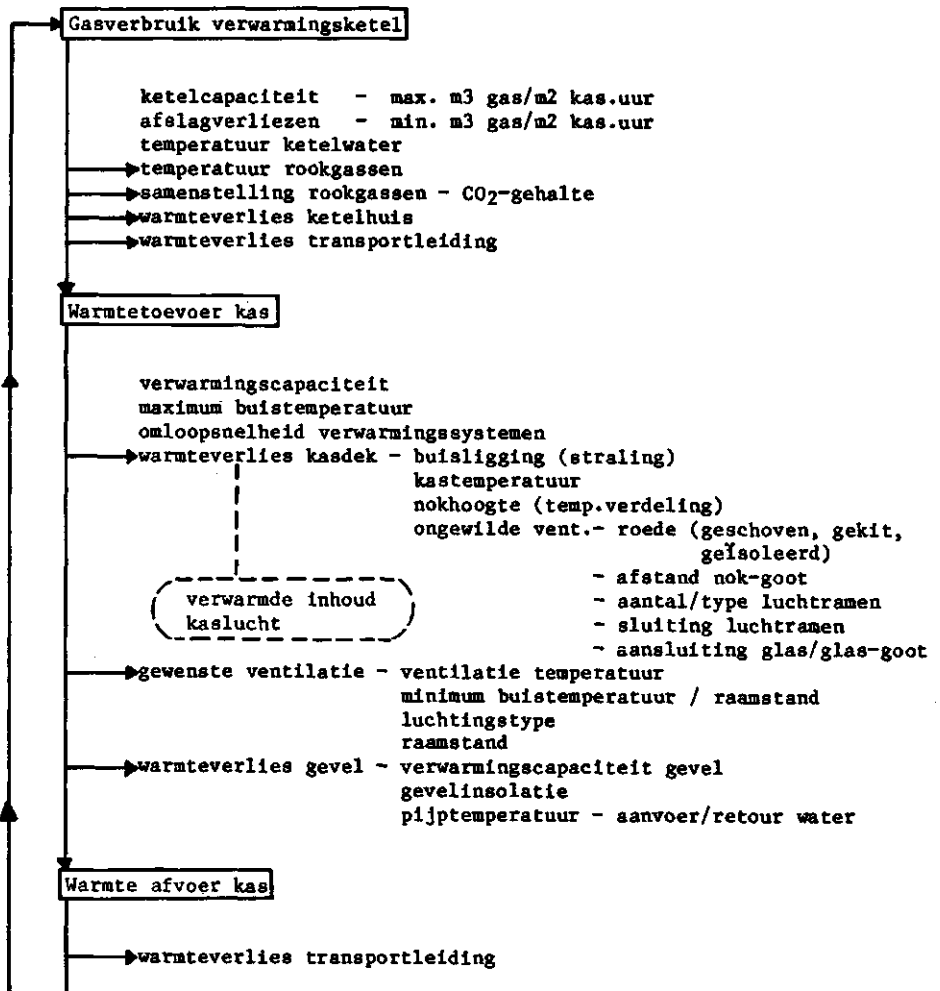
### 2.1 Keuze van te verzamelen gegevens

De verzameling van gegevens op de bedrijven heeft zich toegespitst op die gegevens waarvan werd verondersteld dat ze aanleiding geven tot een verschil in gasverbruik. De grootte van het verschil in gasverbruik zal worden bepaald door de onderlinge verschillen tussen de bedrijven en de invloed van elk der bedrijfsgegevens op het warmteverlies. Er werd daarom een overzicht samengesteld van de plaatsen waar warmteverliezen in het bedrijf optreden, zonder daarbij in detail te treden (schema 2.1). De keuze van de bedrijfsgegevens die een verklaring kunnen vormen voor de optredende verschillen in energieverbruik, heeft consequenties voor de bedrijfskeuze.

### 2.2 Bedrijfskeuze

Bij de selectie van bedrijven hebben het klimaat, zowel binnen als buiten de kas, en de bedrijfsstructuur een grote rol gespeeld. De invloed van klimaatsfactoren op het gasverbruik is zo groot dat men zich bij het vergelijken van bedrijven bij voorkeur beperkt tot bedrijven met een zelfde teelt(plan). Gaat men in de tijd vergelijken dan wordt verschil in buitenklimaat steeds als beperking ervaren. Aansluitend bij dit idee zijn bedrijven gekozen met de teelt van vroege stooktomaten, planttijd tweede helft van december, in het gebied Westland - De Kring. Bedrijven in de kuststrook (+ 5 km) zijn daarbij uitgesloten vanwege de bekende klimatologische afwijkingen in aantal zonuren en temperatuur. Op bedrijven die eenvoudig van opzet zijn krijgt men zonder veel problemen een beeld van het geheel. Een glasopstand, die bestaat uit één teeltruimte, een kas die over de gehele oppervlakte ge-

Schema 2.1 Gasverbruik en warmteafgifte op glasbedrijven



N.B. warmteverlies via de bodem is verwaarloosd.

lijk is, een verwarming die volgens één systeem is aangelegd enz, enz. Op dergelijke bedrijven is een beschrijving van de bedrijfs-situatie (verwarming, luchting, etc.) te maken die zowel kort en duidelijk als volledig kan zijn. Omdat aan de beide laatste punten - duidelijkheid en volledigheid - uit oogpunt van bedrijfs-vergelijking hoge eisen worden gesteld en uit oogpunt van uit-voerbaarheid een beperkte opzet de meeste kans maakte is bezien of er voldoende van deze bedrijven te vinden zouden zijn.

### 2.3 De werving van de bedrijven

Voor het zoeken van geschikte deelnemers is een beroep ge-daan op de bedrijfsvoorlichters uit het gebied. Hen werd het doel van het onderzoek uitgelegd en zij kregen een lijst met punten waaraan de bedrijven moesten voldoen. De lijst bevatte de volgen-de punten:

1. Bedrijven met tomaten, planttijd tussen 15 december en 10 januari, planttijd per bedrijf beperkt tot enkele achtereen-volgende dagen.
2. Alle planten op het bedrijf van dezelfde zaaidatum.
3. Afstand tot de kust groter dan 5 km.
4. Glasopstand in één blok; rechthoekig van vorm.
5. Kas - venlodek; over de gehele bedrijfsoppervlakte:
  - gelijk van hoogte
  - een zelfde luchtingssysteem en
  - een zelfde ligging van verwarmingsbuizen.
6. Klimaatregeling geautomatiseerd.

Door de medewerking vanuit de voorlichtingsdienst kon een lijst van ruim 80 bedrijven worden samengesteld. Na een eerste bezoek bleken er slechts 46 bedrijven aan alle selectiecriteria te voldoen. Alle ondernemers op deze bedrijven hebben hun medewer-king toegezegd, waarbij meespeelt dat er van hen niet veel werk werd verlangd. Dit spitste zich toe op de registratie van het ingestelde kasklimaat en van het wekelijkse gasverbruik.

### 2.4 Beschrijving van de bedrijven

Het oorspronkelijke aantal van 46 bedrijven is met 2 vermin-derd, 1 bedrijf weigerde na enkele weken verdere medewerking, het andere bleek een wat afwijkende teeltmethode te hanteren waardoor zijn gasverbruik extreem hoog lag. De resterende bedrijven lagen min of meer verspreid door het Zuidhollands Glasdistrict, met een accent op enkele nieuwe vestigingsgebieden:

Nieuwvestiging rondom Honselersdijk	11
Overig Westland	7
Nieuwvestiging rondom Bleiswijk	11
Overig de Kring	15

De glasopstand was in het algemeen modern, op bijna de helft van de bedrijven nog geen vijf jaar oud. De luchting bestond veelal uit halve ruits schommelmechaniek. Alleen in de wat oudere glasopstanden werd ook wel draadmechaniek gebruikt voor het bedienen van de luchtramen, zie onderstaande cijfers.

bouwjaar glasopstand	aantal bedr.	luchting met draadmechniek
1964 - 1970	4	50%
1971 - 1974	9	45%
1975/76	8	0%
1977/78	16	0%
1979/80	8	0%

Het glasoppervlak per bedrijf varieerde sterk en wel van ruim 4000 tot 20.000 bruto m<sup>2</sup>. Gemiddeld was bijna 11.500 m<sup>2</sup> kasruimte beschikbaar. Het oppervlak aan gevels varieerde eveneens, er werd 10 tot 20 m<sup>2</sup> gevel gemeten per 100m<sup>2</sup> kasoppervlak, met een gemiddelde van 14 m<sup>2</sup>. Een relatief groot geveloppervlak kwam in het algemeen slechts op de kleinere bedrijven voor.

De verwarming omvatte slechts zelden meer dan één ketel. Op 18 bedrijven was achter de ketel een rookgascondensor geplaatst. In de kas was de verwarming overal aangelegd volgens het "Tichelman systeem" met steeds vier verwarmingsbuizen per kap, onder in de kas. In de kap lagen de buizen steeds verspreid, twee onder de goot en twee onder de nok. Op tien bedrijven werden de buizen tevens in een buisrail systeem gebruikt en lagen daartoe in de paden. Op meer dan de helft van de bedrijven was nog een vijfde buis per kap aanwezig; deze lag bovenin de kas doch was veelal afgesloten. De ketel-brandercombinatie had een maximum gasverbruik van 250 tot ruim 500 m<sup>3</sup> per ha per uur (1,9 - 3,8 mln. KCal). Dit bleek op alle bedrijven voldoende om ook bij de laagst voorkomende buitentemperatuur (-10°C) de gewenste kastemperatuur te handhaven.

Aan energiebesparing was overal aandacht besteed. Het luchten werd zoveel mogelijk beperkt, een minimum raamopening 's nachts werd nergens geconstateerd en pas na half maart begon men overdag wat te luchten. Stoken met een minimum buistemperatuur werd in januari - februari overal toegepast, doch zeer algemeen werd omstreeks half maart de temperatuur ervan met tien of meer graden teruggebracht, op 15 bedrijven zelfs tot 25°C of lager. De klimaatregeling kreeg veel aandacht, op bijna de helft van de bedrijven was een klimaatregelcomputer in gebruik.

### 3. Resultaten

#### 3.1 Invloed van het weer op het gasverbruik

De weersomstandigheden in Nederland zijn erg wisselvallig en het weer in de onderzoeksperiode (januari - april 1981) vormde daarop geen uitzondering. Tot half februari lag de temperatuur buiten regelmatig iets boven normaal, daarna volgden drie koudere weken met vorst. Na een weersomslag begin maart bleef het tot half april relatief warm, tot 5°C boven normaal, doch in die periode kwamen diverse weken voor waarin de zon zich nauwelijks liet zien. Half april daalde de temperatuur en werd het alsnog een koud en laat voorjaar (bijlage 1).

Het gasverbruik reageerde duidelijk op de van week tot week wisselende weersomstandigheden. De invloed van de buitentemperatuur kwam sterk naar voren (figuur 3.1) mede door de grootte van de verschillen. In weken met veel wind of instraling was hun invloed echter onmiskenbaar aanwezig. Opvallend was dat de stralingsinvloed beperkt bleef, slechts 15% van de stralingsenergie werd benut voor besparing op het gasverbruik ( $1 \text{ KJ/cm}^2 = 1000 \text{ MJ/100 m}^2$  gaf een besparing van gemiddeld  $5 \text{ m}^3/100 \text{ m}^2 = 143 \text{ MJ/100 m}^2$  (stookwaarde)). Wanneer bedacht wordt dat van de stralingsenergie 30 tot 40% verloren gaat aan reflectie en absorptie in het kasdek (van Rijssel) en 25 tot 37% opgaat aan het stimuleren van de verdamping, 25% bij een gewashoogte van 1,30 m tot 37% bij een hoogte boven 1,70 m (de Graaf), dan is een beperkte reactie van het gasverbruik op instraling te begrijpen. Het resterende deel van de stralingsenergie zal de kastemperatuur tijdelijk boven de ingestelde stooktemperatuur uittillen, waarbij een deel kan worden weggelucht.

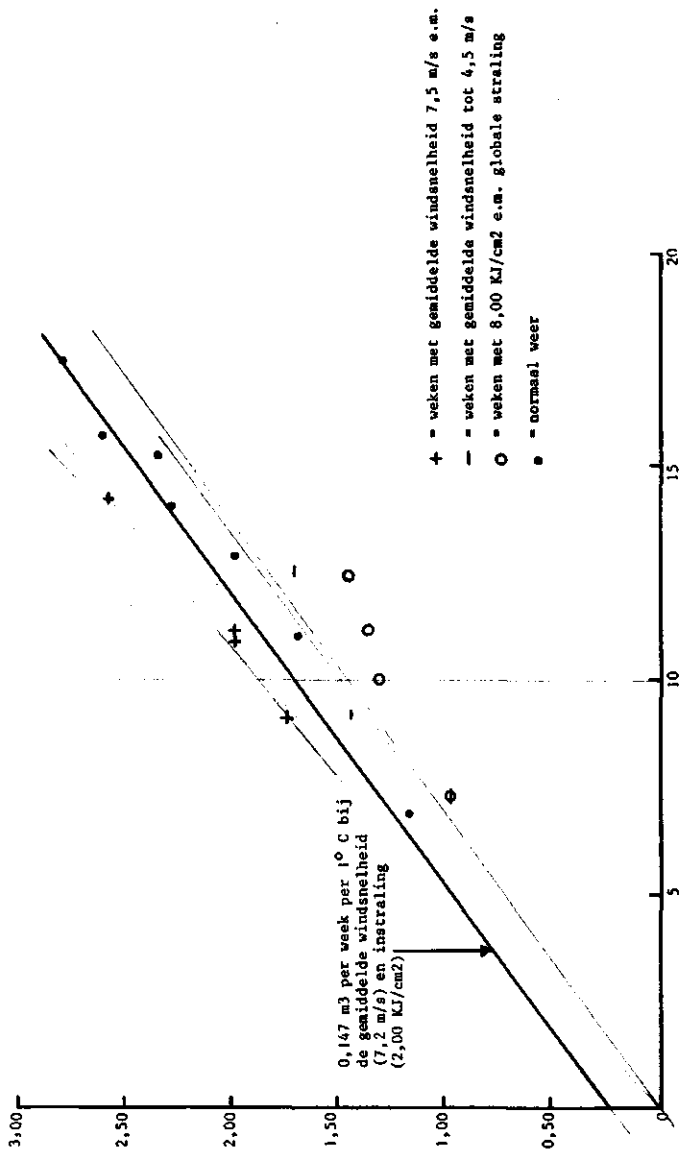
Het gasverbruik reageerde niet op de verschillen in hoeveelheid neerslag per week, noch op het aantal dagen met neerslag in de verschillende weken. Een verdere detaillering naar uren met bewolking en uren met neerslag zou mogelijk tot ander resultaat leiden.

Verskillende invloed die temperatuur, wind en straling op de individuele bedrijven hebben, uitte zich in een verschillend gasverbruik. Met name een sterke of minder sterke reactie op temperatuur en wind kwam overeen met een hoger of lager gasverbruik in de onderzoeksperiode.

#### 3.2 Besparing door het toepassen van rookgascondensors

Een rookgascondensator werd aangetroffen op 18 van de 44 bedrijven. Dit apparaat koelt de rookgassen vanuit de verbrandingsketel verder af tot beneden het dauwpunt ( $+ 55^\circ\text{C}$ ). De vrij-

Figuur 3.1 Invloed van de (buiten)temperatuur op het gasverbruik  
 Gasverbruik in m<sup>3</sup>  
 per m<sup>2</sup> kas per week  
 (zonder condensor)



Temperatuurverschil: Kastemp. - temp. Naaldwijk

Gemiddeld gasverbruik / m<sup>2</sup> kas / per week  
 van 46 tomaten- / bedrijven in 1981

$$\Delta T = 0,147 \Delta T + 0,050 I + 0,057 W \quad r = 0,97$$

$\Delta T$  = temperatuurverschil kas - buiten in °C.  
 $I$  = globale instraling in kJ/cm<sup>2</sup> week  
 $W$  = gemiddelde windsnelheid in m/s op 10 m.



komende warmte (voor een belangrijk deel condensatiewarmte) wordt benut in het bestaande of daartoe uitgebreide verwarmingssysteem in de kas, waardoor een besparing op het gasverbruik wordt gerealiseerd. Op basis van de condensortoepassing zijn de deelnemende bedrijven in vier groepen te verdelen:

1. geen condensor aanwezig;
2. condensor benut om retourwater uit de kas op te warmen en daarna via de mengklep op de gewenste temperatuur te brengen;
3. condensor benut om een apart stelsel van buizen (bovennet) of slangen (gewasverwarming) te verwarmen.
4. combi- of dubbele condensor met beide bovenvermelde toepassingen.

Met genoemde toepassingen kunnen besparingen van respectievelijk 7, 10 en 15 procent worden bereikt. Door vergelijking van het gemiddelde gasverbruik per groep zien we in de opvolgende groepen een verlaging van het gasverbruik met respectievelijk 5, 11 en 15 procent (figuur 3.2). Gezien de tamelijk kleine groepen van bedrijven mag men op basis van deze uitkomsten concluderen dat de besparingsmogelijkheden met condensoren in de praktijk situatie worden gerealiseerd.

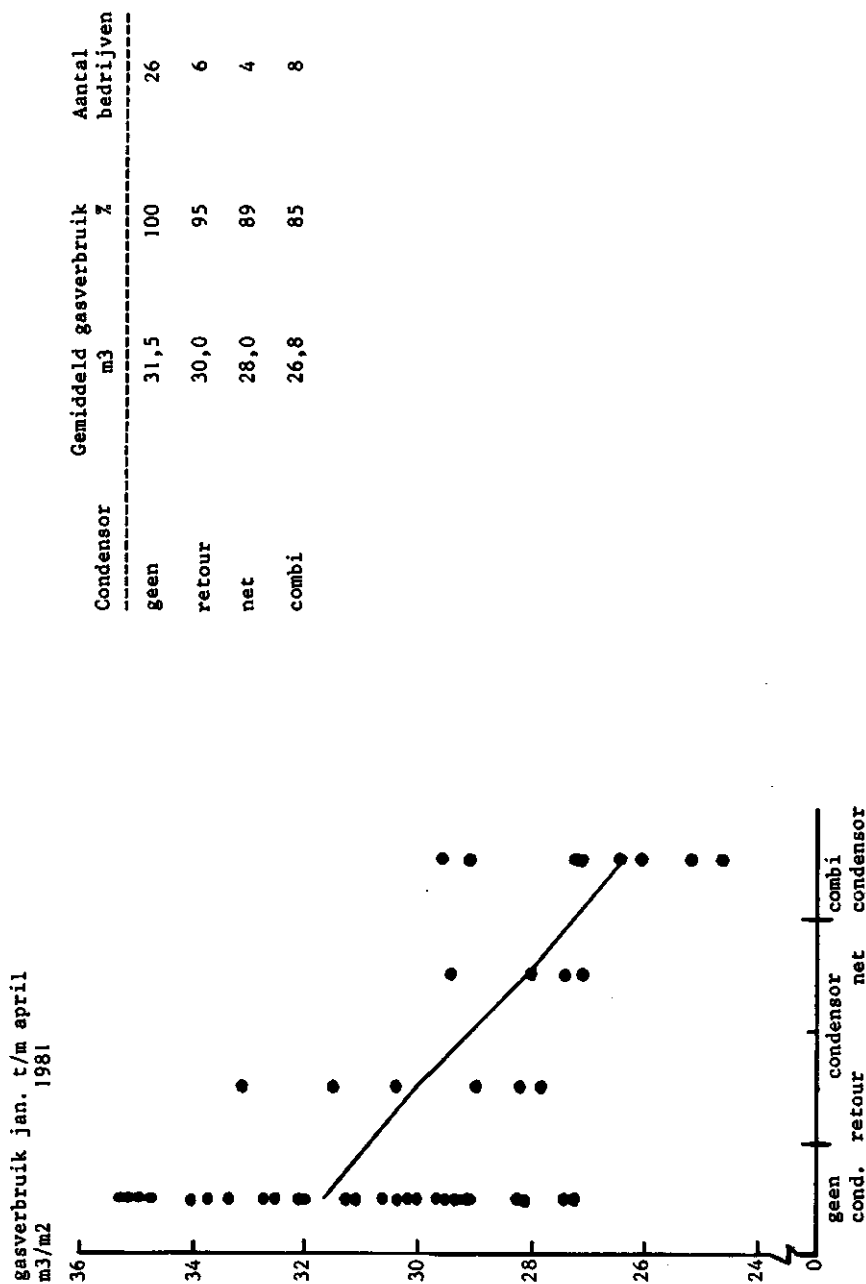
Bij de huidige ontwikkelingen in de praktijk ten aanzien van substraatteelt, toepassen van energieschermen, splitsen van verwarmingsnetten, komen er grotere verwarmingsnetten met lage wattertemperaturen beschikbaar. Het is aannemelijk dat de besparingsmogelijkheden bij toepassen van een enkele condensor daarvoor groter worden.

### 3.3 Kasklimaat en gasverbruik

De kastemperatuur voor de teelt van tomaten wordt ingesteld op + 15,5°C 's nachts en + 19°C overdag met een verhoging van enkele graden afhankelijk van de lichtintensiteit. Om deze temperatuur te realiseren wordt de temperatuur van de verwarmingsbuizen gestuurd en daarmee de warmtestroom naar de kas toe. Aanvullend op deze regeling stelt een aantal telers een minimum (30 - 40°C) en een maximum (60 - 80°C) buistemperatuur in om enerzijds de verdamping te stimuleren en/of condensatie op het gewas te voorkomen en anderzijds een tijdelijk te sterke verdamping tegen te gaan. Luchten gebeurde alleen om een te ver oplopende temperatuur af te remmen (minimaal 2 à 4°C boven de gewenste temperatuur), aangevuld met soms een minimum raamstand bij stil en vrij warm weer.

In één regelafdeling van elk bedrijf is een registratie uitgevoerd van de kastemperatuur, de buistemperatuur en de raamstanden. Uit deze registratie bleek dat de luchtramen tot half maart op vrijwel alle bedrijven dicht waren gebleven. Daarna werden ze meer of minder frequent geopend, doch bijna uitsluitend overdag.

Figuur 3.2 Het gasverbruik op bedrijven zonder condensor en met condensor in diverse toepassingen



De warmteafgifte van het verwarmingssysteem neemt vrijwel lineair toe met de buistemperatuur. Het gasverbruik per m<sup>2</sup> van twee bedrijven met gelijke buistemperatuur bleek wel te kunnen verschillen, als gevolg van een groter of kleiner verschil in aanvoer- en retourtemperatuur in het verwarmingssysteem. De gerealiseerde kasttemperatuur tenslotte bleek zeer goed overeen te komen met de ingestelde kasttemperatuur. Alleen op dagen met veel instraling liep de temperatuur op tot boven de ingestelde waarde, doch daarvoor behoefde weinig of niet gestookt te worden. In hoeverre overdag harder dan wel minder hard moest worden gestookt dan 's nachts hing af van de weersomstandigheden (tabel 3.1).

Tabel 3.1 Ingestelde kasttemperatuur en geregistreerde kas- en buistemperatuur onder verschillende weersomstandigheden

Datum	Weertype	Bui- ten temp.	Stra- ling J/cm <sup>2</sup>	Kasttemperatuur 1)		Buistem- peratuur	
				nacht	dag 2)	nacht	dag
2- 8 febr.	nat	6,5	2327	15,4/15,4	19,9/19,4	44	51
16-22 febr.	koud	0,3	3797	15,6/15,4	20,0/20,0	57	56
16-22 maart	winderig	7,3	6403	15,4/15,4	19,9/21,1	44	43
30- 5 april	donker	8,7	3813	15,4/15,6	19,8/20,1	39	43
13-19 april	zonnig	9,0	13653	15,4/15,5	19,8/22,6	44	35

- 1) Ingestelde/gerealiseerde temperatuur; nacht en dag elk 12 uur.
- 2) Ingestelde dagtemperatuur +  $\frac{1}{2}$  van de ingestelde lichtafhankelijke temperatuurverhoging.

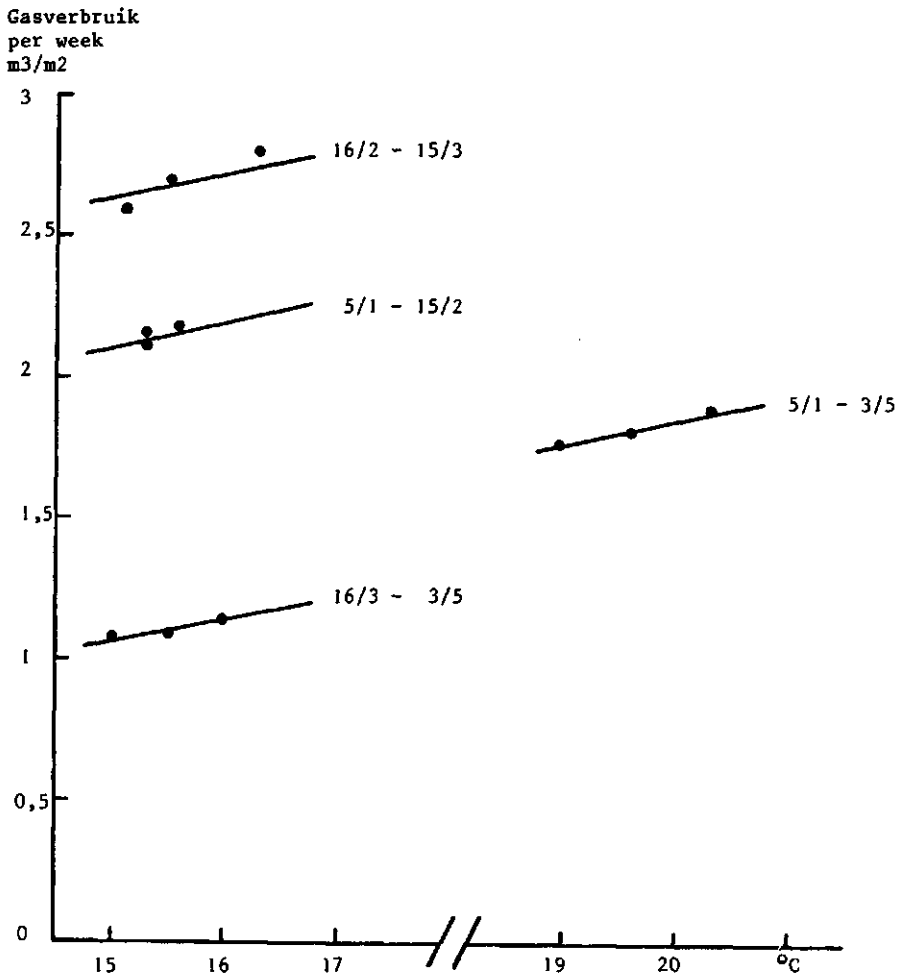
Om de invloed van verschil in kasklimaat op het gasverbruik vast te stellen is, na voorgaande overweging, de invloed nagegaan van de ingestelde temperatuur, de ingestelde minimum buistemperatuur en het aantal uren waarop de luchtramen geopend waren.

### 3.3.1 Invloed van de kasttemperatuur

De temperatuur die de teler instelt voor de nacht en de dag bleken voor wat betreft temperatuurniveau niet afhankelijk van elkaar. Er waren dus bedrijven met een relatief groot resp. klein verschil tussen dag- en nachttemperatuur. Het gemiddelde temperatuurniveau over het etmaal is ook niet voor alle bedrijven gelijk. Wanneer nu afzonderlijk naar de verschillen in dag-, resp. nachttemperatuur tussen de bedrijven gekeken werd waren de verschillen redelijk groot (+ 2°C).

Het bleek mogelijk om de bedrijven in drie groepen te verdelen met een duidelijk verschil in ingestelde nachttemperatuur en

Figuur 3.3 De invloed van de ingestelde temperatuur op het gasverbruik per periode



ingestelde nachttemperatuur, in drie perioden, van bedrijven met een laag, gemiddeld en hoog temperatuurniveau 's nachts (ingestelde dagtemperatuur is gelijk)

ingestelde dagtemperatuur van bedrijven met een laag, gemiddeld en hoog temperatuurniveau overdag (ingestelde nachttemperatuur is gelijk)

daarna opnieuw naar verschil in dagtemperatuur, zonder dat dit samenging met verschillen in andere bedrijfsfactoren. De verschillen in gasverbruik, gemiddeld per groep, konden daardoor geheel aan verschil in ingestelde nacht- resp. dagtemperatuur worden toegeschreven. Door diverse telers is tijdens de onderzoeksperiode de nachttemperatuur aangepast aan de groei en ontwikkeling van het gewas, waardoor de verschillen tussen de groepen van bedrijven niet over de hele periode gelijk waren. Een aantal weken met een "groot" verschil in temperatuur tussen de groepen ging gepaard aan een "groot" verschil in gasverbruik over dezelfde periode (figuur 3.3) (een hoger of lager niveau in gasverbruik in elke deelperiode werd veroorzaakt door verschil in buitentemperatuur). De invloed van verschil in nacht- respectievelijk dagtemperatuur op het gasverbruik bleek ongeveer gelijk te zijn, voor 100 m<sup>2</sup> kas 8 m<sup>3</sup> per week per 1°C. Een temperatuursverlaging in het stookseizoen van 1°C, zowel overdag als 's nachts, zal dus per week een besparing opleveren van ongeveer 2 maal 8 m<sup>3</sup> = 16 m<sup>3</sup> gas voor elke 100 m<sup>2</sup> kas.

Een nauwkeuriger schatting zou te maken zijn wanneer de temperatuur de enige of tenminste een sterk dominerende invloedsfactor zou zijn geweest voor de verschillen in gasverbruik. In de groep onderzochte bedrijven was dit niet het geval. Het verschil in gasverbruik van week tot week echter werd wel sterk bepaald door de (buiten)temperatuur. De invloed van de buitentemperatuur op het gasverbruik bleek per 1°C per week op bijna 15 m<sup>3</sup> voor elke 100 m<sup>2</sup> kas neer te komen (hoofdstuk 4). De invloed van de verschillen in kastemperatuur op het gasverbruik blijkt hiermee zeer goed overeen te komen.

### 3.3.2 Invloed van het aanhouden van een minimum buistemperatuur

Een minimum buistemperatuur werd op vrijwel elk bedrijf ingesteld. De buistemperatuur die nodig was om bij de heersende buitenomstandigheden de kas op temperatuur te houden was echter maandenlang hoger dan het ingestelde minimum. Omstreeks half maart werd op veel bedrijven de minimum buistemperatuur opnieuw (lager) ingesteld. Op verscheidene bedrijven vond men een minimum buistemperatuur vanaf dat moment niet meer nodig, op andere bedrijven werd hij van 40°C naar 35 of 30°C verlaagd. Begin april brak er een periode aan met zonnig weer, waardoor de warmtebehoefte midden op de dag minimaal was. In die periode kostte het toch aanhouden van een minimum buistemperatuur van 35 à 40°C over een termijn van ruim vier weken bijna 1 m<sup>3</sup> gas per m<sup>2</sup> kas extra.

### 3.3.3 Invloed van het openen der luchtramen

De luchtramen bleven tot half maart op vrijwel alle bedrijven dicht. Pas na die tijd werden de ramen op veel bedrijven meer of minder vaak geopend, vooral overdag. Het verschil in aantal uren dat de luchtramen geopend waren op het ene dan wel op het

andere bedrijf, was groot. Bleven op het ene bedrijf op een uitzondering na, de luchtramen de hele week dicht, op het andere bedrijf was de luchting vrijwel elke dag enkele uren open. Toch is niet geconstateerd dat dit aanleiding geeft tot een verschil in gasverbruik. Hierbij wordt nogmaals opgemerkt dat de luchtramen pas opengaan wanneer de temperatuur duidelijk uitstijgt boven die welke voor het verwarmen wordt ingesteld.

Het verschil tussen bedrijven in aantal uren dat 's nachts de luchtramen open zijn, was klein, zodat het niet verwonderlijk is dat ook dit geen aanleiding gaf tot een merkbaar verschil in gasverbruik.

### 3.3.4 Gewasreacties op de verschillen in ingesteld kasklimaat

Het produktieplan en het daarbij gewenste kasklimaat ligt bij de tomatenteelt in grote lijnen vast. Allen volgden dit plan en verschil in inzicht tussen de telers leidde slechts tot beperkte reacties ten aanzien van de ingestelde kastemperatuur. Verschillen tussen de gewassen op de bedrijven, tot uiting komend in groeisnelheid van plant en vrucht, in vroegheid en produktieniveau, konden echter toch duidelijk worden opgemerkt. De grootte van de verschillen wijst erop dat, naast teelttemperatuur en luchting, ook andere invloeden een rol hebben gespeeld. De invloed die een hogere of lagere kas- of buistemperatuur, een meer of minder vaak geopende luchting, heeft gehad op het gewas, kon niet meer worden herkend. Binnen de grenzen waartoe de verschillen tussen de bedrijven zich beperkten zijn er dus mogelijkheden om met lagere temperaturen het gasverbruik iets terug te dringen zonder een merkbaar verlies aan produktie of vroegheid.

### 3.4 Kasgebonden invloeden op het gasverbruik.

Op de 44 bedrijven van het onderzoek bestond het glasoppervlak, op een uitzondering na, uit één teeltruimte zonder afscheidingen. De glasopstand varieerde in grootte, in hoogte van het kasdek en in de lengte-breedte verhouding van het bedrijf. De verschillen kwamen tot uiting in een grote variatie in geveloppervlak per 100 m<sup>2</sup> bruto kas. Langs de gevels lagen extra verwarmingselementen, waaronder de verdeelleiding en een aantal (soms afsluitbare) buizen met een doorsnede van 51 of 70 mm. De aanwezige extra verwarmingsoppervlakte wisselde van bedrijf tot bedrijf, mogelijk een aanpassing aan de gebleken warmtebehoefte.

Het systeem van verwarmen en luchten bestond - zoals gebruikelijk op glasbedrijven - uit verschillende onafhankelijk van elkaar te bedienen groepen. De splitsing wordt gemaakt om over de gehele kasoppervlakte een gelijke temperatuur te kunnen handhaven, (een mogelijkheid om op warmteverplaatsing of sterke afkoeling aan één zijde te reageren). Gezien de beperkte kavel- en kasbreedte op vrijwel alle bedrijven waren de kassen van voor tot

achter in twee tot vier stookgroepen verdeeld. Slechts op een enkel zeer breed bedrijf werd tevens een onderscheid gemaakt tussen de linker en de rechter kant. Doordat de kasbreedte en de grootte van de stookgroepen verschillen, varieerde de lengte-breedte verhouding van de stookgroepen sterk van bedrijf tot bedrijf.

#### 3.4.1 Het geveloppervlak

De gevels van de kas waren op vrijwel alle bedrijven geïsoleerd, meestal met een baan polyethyleen folie van 1,50 tot 2,00 m hoog. Vrijliggende gevels werden soms beter geïsoleerd met noppenfolie of dubbel glas (nieuwe bedrijven). Het aantal geheel vrijliggende bedrijven bleef beperkt tot zes, terwijl twintig bedrijven aan twee tot drie zijden waren ingebouwd. Onder gevels worden in dit rapport dus bedoeld enigszins geïsoleerde en redelijk beschut liggende zijwanden.

De geveloppervlakte varieerde van 10 tot 20 m<sup>2</sup> per 100 m<sup>2</sup> bruto kas. Een relatief groot geveloppervlak kwam alleen voor op bedrijven met een wat kleiner glasoppervlak op smalle kavels, 25 tot 40 m breed. In andere opzichten was er geen verschil tussen bedrijven met een klein of groot geveloppervlak per 100 m<sup>2</sup> kas. De invloed van dit verschil in geveloppervlak op het gasverbruik bleek in de onderzoeksperiode opgelopen tot 2,4 m<sup>3</sup> per m<sup>2</sup> kas. De invloed was niet alle weken even groot; met name toen er blad geplukt werd en er onder in het gewas, bij de verwarmingsbuizen, ruimte kwam, werden de verschillen in gasverbruik snel groter, (mogelijk als gevolg van toegenomen luchtbeweging in de kas). Voor de gehele periode kon worden berekend dat voor de gevelverwarming een hoeveelheid gas werd verbruikt van bijna 27 m<sup>3</sup> per m<sup>2</sup>. Voor een kas zonder gevels zou het gasverbruik uitkomen op 27,5 m<sup>3</sup> per m<sup>2</sup> (figuur 3.4). Het warmteverlies door de gevel is dus niet veel kleiner of groter dan het warmteverlies door het glas in het kasdek, ondanks de (geringe) isolatie en beschutting van de gevel.

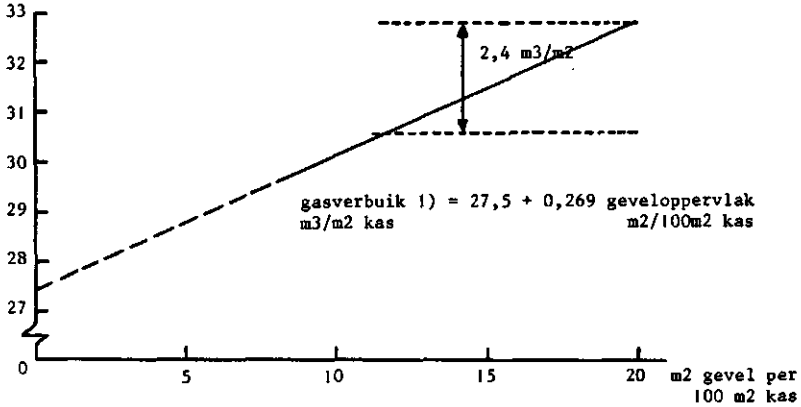
#### 3.4.2 De gevelverwarming en gevelisolatie

Het verwarmingssysteem is zodanig ingericht met transport- en verdeelleidingen dat er langs de gevels extra verwarmingsoppervlak aanwezig is. Berekend werd dat dit overeenkomt met gemiddeld drie buizen met een doorsnee van 51 mm. Dit compenseert de extra afkoeling van het geveloppervlak. Vanwege meer of minder goed aanwijsbare redenen varieerde het aantal extra buizen langs de gevel en wel van 2 tot 4½. Een apart condensornet (gewasverwarming) in de bestaande kas, met de verdeelleiding langs de gevel bleek vrij veel invloed te hebben.

Meer of minder extra buizen langs de gevels hadden een continu merkbaar effect op de verschillen in gasverbruik. Eén buis meer, gemiddeld 4,6 m buis extra per 100 m<sup>2</sup> kas, betekende een hoger gasverbruik van bijna 1,1 m<sup>3</sup> per m<sup>2</sup> kas in de periode

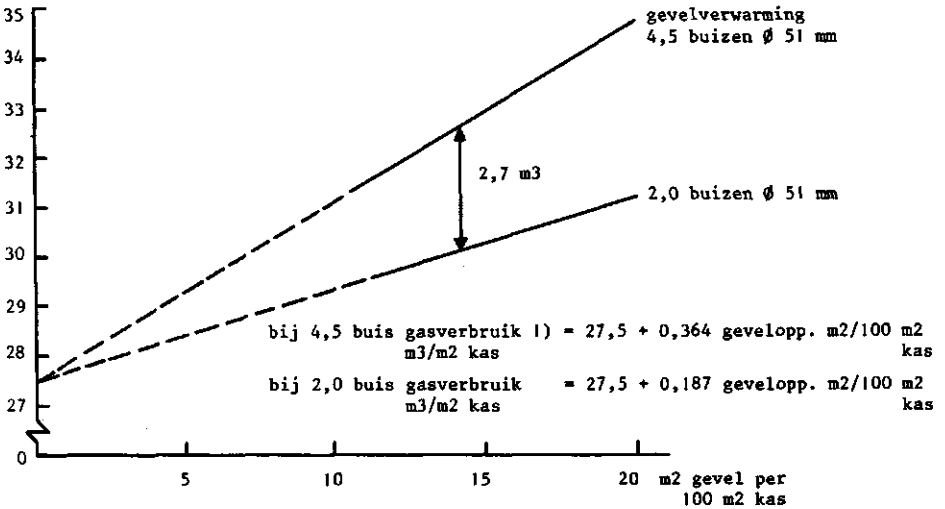
Figuur 3.4 Het gasverbruik bij een toenemend geveloppervlak

Gasverbruik  
van 5/1-4/5-1981  
m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> kas



Figuur 3.5 Het gasverbruik bij gevels met verschil in gevelverwarming  
(goothoogte 2,80 m)

Gasverbruik  
van 5/1-4/5-1981  
m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> kas



1) Zie voor berekening bijlage 2.



januari-april. Verschillen in gasverbruik ontstonden dus niet alleen door een groter of kleiner geveloppervlak doch eveneens door meer of minder buizen langs de gevels (figuur 3.5).

De verschillen in warmteafgifte langs de gevel kwamen lang niet altijd overeen met de verschillen in warmtebehoefte (mate van isolatie). Dit verklaart het optreden van te hoge temperaturen langs de gevels op het ene bedrijf en te lage op het andere. Isoleren van de gevels bleek dan ook geen garantie te vormen voor een lager gasverbruik, pas in combinatie met een aangepaste gevelverwarming werd energie bespaard.

Het gasverbruik ten behoeve van de gevelverwarming werd berekend op 110 m<sup>3</sup> per 4,6 m buis = 24 m<sup>3</sup> per m buis. Voor buizen in de kas, vier per kap van 3,20 m (= 1,25 m per m<sup>2</sup> kas) komt de warmteafgifte in de gehele onderzoeksperiode uit op 27,5 m<sup>3</sup> per 1,25 m buis = 22 m<sup>3</sup> per m buis. Gezien de normering die is toegepast bij het berekenen van de hoeveelheid verwarmingsoppervlak langs de gevels (bijvoorbeeld de verdeelleiding = 3 buizen met een doorsnede van 51 mm) en de nauwkeurigheid van de berekening (regressie-analyse) mag men aan deze verschillen geen grote waarde hechten. Er is dan ook de conclusie getrokken dat de warmteafgifte van alle buizen in de kas vrijwel gelijk is, ongeacht de plaatsing langs gevels of in de kas.

### 3.4.3 De verdeling in stookgroepen

Het opdelen van de kasruimte in onafhankelijk van elkaar te regelen verwarmingsgroepen is vrij kostbaar. Toch blijkt het noodzakelijk om te voorkomen dat er in de kas te grote temperatuurverschillen ontstaan als gevolg van enige luchtcirculatie in de kas. Met een afweging van voor- en nadelen hebben de telers gekozen voor stookgroepen van 4000 tot 5000 m<sup>2</sup>, op smalle bedrijven wat kleiner.

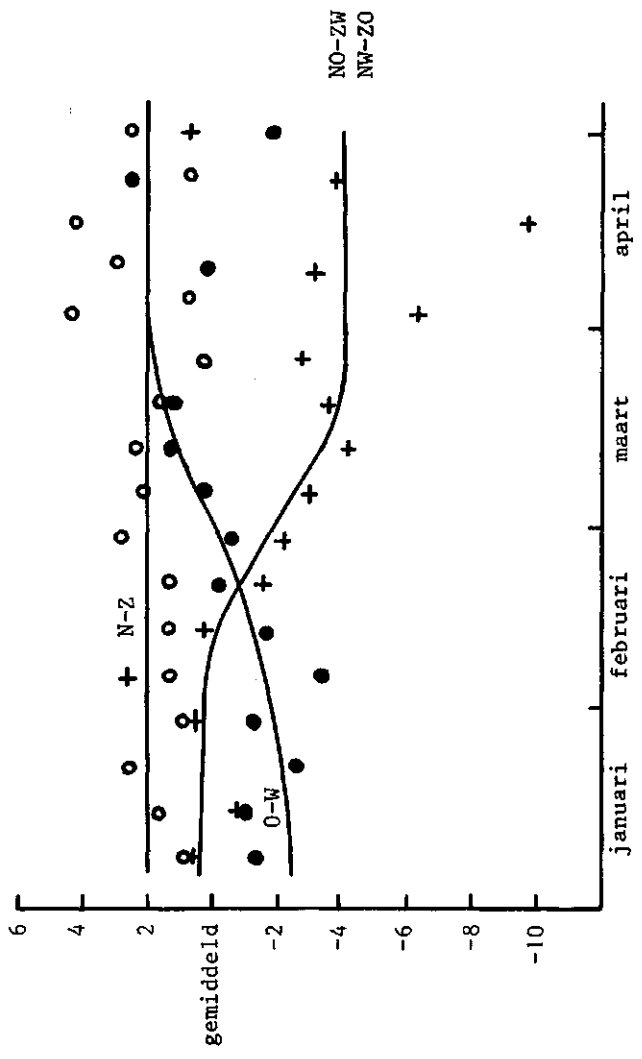
Met de keuze voor verdeling in 2, 3 of 4 verwarmingsgroepen en bij de gegeven kasbreedte ontstaan vierkante of min of meer langwerpige groepen. Met een groepsverdeling waarbij de groepen 2 tot 4 maal zo lang zijn als breed (of 2 tot 4 maal zo breed als lang) bleek het gasverbruik + 5% hoger te liggen dan met vrijwel vierkante groepen. De verschillen kwamen met name tot stand in de maanden januari en februari, toen het gewas nog laag was. Later met kassen vol gewas werden de verschillen nauwelijks meer groter, waarschijnlijk als gevolg van een minder intensieve lucht-beweging.

### 3.5 Nokoriëntatie en beschutting van de glasopstand

Weersinvloeden grijpen in op het gasverbruik van de kas (hoofdstuk 4), naast de temperatuur spelen met name de hoeveelheid instraling en de windsnelheid daarbij een rol. De invloed van deze weersfactoren op het gasverbruik is van bedrijf tot

Figuur 3.6 Invloed nokoriëntatie op het gasverbruik

Afwijking vanaf  
het gemiddelde  
gasverbruik in %



bedrijf verschillend. Een reden daartoe kan liggen in de nok-oriëntatie van de kas, omdat deze de lichtreflectie, met name bij lage zonnestanden, beïnvloedt en in de beschutting van de glasopstand, omdat die bepaalt in hoeverre de wind vat heeft op de kas.

Met een nokrichting oost-west wordt zonlicht vanuit het zuiden het beste opgevangen. Toch lag het gasverbruik van bedrijven met deze gunstige nokrichting gemiddeld slechts 2% beneden het gasverbruik van bedrijven waarbij de kappen van de kas in noord-zuid richting lagen. Gedurende de eerste weken van het jaar was het verschil wat groter (4%) doch naarmate de zon hoger aan de hemel kwam nam het verschil verder af. Het vangen van ochtend- of avondzon door kassen met een nokrichting NO - ZW ofwel NW - ZO bleek iets meer voordeel op te leveren, 4% besparing ten opzichte van kassen met een noord-zuidoriëntatie van de kasnok. Deze besparing kwam met name in de maanden maart en april tot stand (figuur 3.6).

De concentratie van glastuinbouw in centra leidt in het uiterste geval tot bedrijven die geheel ingesloten liggen tussen andere glasbedrijven. Om diverse redenen zijn de kassen tot nu toe niet geheel tegen elkaar aangebouwd, zodat in vrijwel alle gevallen een ruimte van drie tot vijf meter tussen de kassen open blijft. De vrijwel ingebouwde bedrijven verbruikten in vergelijking tot geheel vrijliggende 4 - 8% minder gas, waarbij de kastemperatuur op de dag gemiddeld een halve graad hoger opliep. De besparing op het gasverbruik bleek daarbij wel afhankelijk van de windsnelheid.

### 3.6 Restfactoren, ongewenste ventilatie en ketelcapaciteit

Hoewel het overgrote deel (85%) van de verschillen in gasverbruik tussen de bedrijven vanuit de reeds beschreven bedrijfsverschillen kon worden verklaard, is toch een poging gedaan om verder te komen. Ongewenste ventilatie (lekkage) heeft veel aandacht en men spreekt over besparingsmogelijkheden van 10% wanneer men deze geheel zou kunnen tegengaan. Daarnaast is op veel bedrijven in feite een te grote ketelcapaciteit beschikbaar met het oog op toekomstige uitbreiding. Ook deze verschillen komen in discussies meermalen naar voren.

Ongewenste ventilatie door kieren in de kasomhulling wordt thans intensief tegengegaan, met name bij nieuwbouw. Grote kieren kwamen dan ook slechts incidenteel voor, bijvoorbeeld door gebruik van glashaken in stalen gevels (7 bedrijven) en door slecht sluitende/dichtvallende luchtramen (3 bedrijven). Vanwege het beperkte aantal bedrijven en de verschillen daartussen (zoals bijvoorbeeld gevelisolatie) kon niet worden nagegaan welke invloed van deze grote kieren uitging. In het kasdek komen kieren voor tussen het glas en de goot en bij slecht aaneensluitende constructiedelen in of bij de luchtramen. Verschillen tussen de bedrijven zijn duidelijk geconstateerd, doch ze waren niet goed te meten door vuilafzetting en algenvorming in de kieren.

Overcapaciteit van de verwarmingsketel kwam voor op zeker 5 bedrijven (meer dan 350 kCal/m<sup>2</sup>) en een (te) kleine ketelcapaciteit op 4 bedrijven (minder dan 210 kCal/m<sup>2</sup>). De spreiding was echter groot en gelijkmatig verdeeld. Naast de verwarmingscapaciteit bleek ook een grote spreiding aanwezig in de warmteleverantie bij de kleinste vlamstand. De grote verschillen in zowel minimale als maximale gasafname per uur per m<sup>2</sup> kas hebben echter niet geleid tot merkbare verschillen in gasverbruik.

### 3.7 Verschillen in opbrengst, vroegheid en produktie

De verschillen in opbrengst tussen de bedrijven waren vrij groot. Per 1 juli liep de veilingopbrengst uiteen van ongeveer f 25,- tot bijna f 40,- per m<sup>2</sup> kas en dit bij een vrijwel gelijke plantdatum. De opbrengstverschillen kwamen tot stand door een verschil in vroegheid en een verschil in produktie, de prijsverschillen tussen de bedrijven waren heel klein, wanneer het vroegheidseffect buiten beschouwing bleef.

Vershil in energieverbruik vanaf 5 januari gaf geen aanleiding tot verschil in vroegheid of produktie. Bij het bezien van de onderstaande cijfers moet men zich realiseren dat tussen de bedrijven produktieverschillen van meer dan 1 kg per m<sup>2</sup> per maand voorkomen.

Produktie op bedrijven met lage respectievelijk hoge gasverbruiken.

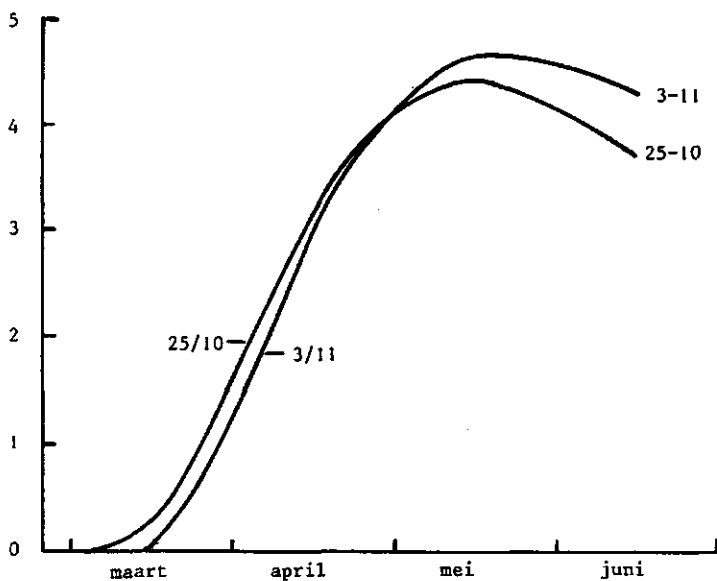
	Gasverbruik m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> jan-apr.	Gem. prod. in kg per m <sup>2</sup>		
		maart	april	mei+juni
15 bedrijven	24,6 - 28,5	0,15	3,04	8,52
14 bedrijven	28,5 - 31,0	0,14	2,79	7,98
15 bedrijven	31,0 - 35,3	0,19	3,03	8,49

In dit onderzoek is de conclusie dat het energieverbruik niet direct invloed behoeft te hebben op de produktie herhaaldelijk bevestigd. De invloed van enig verschil in teelttemperatuur, het niet langer aanhouden van een minimum buistemperatuur dan tot half maart, van een groot geveloppervlak of van een vrije ligging was niet voldoende groot om tot duidelijke verschillen in vroegheid of produktie aanleiding te geven.

De teelt- en gewasgegevens gaven wel enig zicht op het ontstaan van de opbrengstverschillen. Op alle bedrijven begon het gewas in januari te bloeien, doch wel met een verschil van drie weken tijd. Het tijdstip waarop de bloei begon was bepalend voor de vroegheid. Door verschil in zaaidatum van ruim 1 week kon ruim 1 week verschil in aanvangsdatum van de bloei worden verklaard. Een week eerder zaaien leverde een voorsprong van 1 week bij de

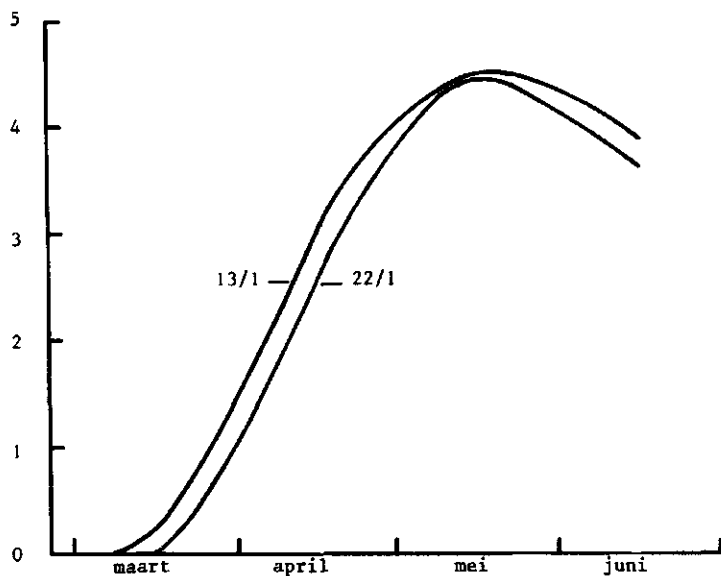
Figuur 3.7 Produktieverloop bij zaaisels van 25/10 resp. 3/11

kg/m<sup>2</sup>  
per maand



Figuur 3.8 Produktieverloop bij zaaisels van 30/10 en bloei op 13/1 resp. 22/1

kg/m<sup>2</sup>  
per maand



aanvang van bloei en produktie maar het gaf een terugslag, in de vorm van een lagere produktie in juni (figuur 3.7). Bij gelijke zaaidatum verliepen er bijna twee weken vanaf het moment dat het eerste gewas in bloei kwam totdat ook het laatste bloeide. De voorsprong die door het snel in bloei komen werd bepaald, bleef tot 1 juni in stand (figuur 3.8).

Het gebruik van styromulkorrels op de grond om door reflectie meer licht op het gewas te krijgen, had geen effect op de datum waarop de produktie begon, doch wel op het produktieniveau. Met name in april werd op bedrijven met styromul op de grond een voorsprong verkregen, 0,54 kg per m<sup>2</sup> (20%). Per 1 juli was deze voorsprong opgelopen tot 1 kg per m<sup>2</sup> (10%).

Een lagere produktie in mei en juni kwam voor op bedrijven met een fijnere sortering. Met een aandeel van 20% van de produktie aan C en CC tomaten in vergelijking tot 7% voor de andere bedrijven, kon men in maart en april nog wel aan een vergelijkbaar aantal kilo's komen, maar in mei en juni raakte men 1,5 kg per m<sup>2</sup> achterop (14% van de produktie per 1 juli).

## 4. Conclusies

### 4.1 Verklaring voor de verschillen in gasverbruik per m<sup>2</sup> kas

Het gasverbruik over de periode van 4 januari tot 5 mei liep uiteen van 24,6 tot 35,3 m<sup>3</sup> per m<sup>2</sup> kas. Het verschil van 10,7 m<sup>3</sup> bedroeg 35% van het gemiddelde. De grootste bron van verschillen tussen de bedrijven was gelegen in het gebruik van condensators, waarmee - afhankelijk van het type - een besparing tot 15% werd behaald. Ruim 30% van de verschillen in gasverbruik kon hiermee worden verklaard. De verschillen in geveloppervlak en in gevelverwarming vormde een tweede belangrijke bron voor verschillen. In dit project kon hiermee 20% van het verschil in gasverbruik worden verklaard. De duidelijk langwerpige stookgroepen, die op zowel smalle als ook op zeer brede bedrijven voorkwamen, naast stookgroepen met vrijwel gelijke lengte als breedte, vormde een derde bron van verschillen. Door het hoge gewas, dat na enkele maanden bijna de gehele kasruimte vulde, bleef de invloed ervan beperkt tot de eerste zes weken van de onderzoeksperiode. In het totaal leverde het daardoor slechts een bijdrage van 5% voor de verklaring van de verschillen. De mate waarin beschutting werd ondervonden van burens kwam met name in weken met wind tot uiting in het gasverbruik; in de onderzoeksperiode betrof dit zes weken, waarin dit een bijdrage leverde van 8% van de verschillen in gasverbruik. Een meer of minder gunstige nokrichting ten opzichte van de (lage) zonnestand zorgde ook voor enige verschillen. Een noord-zuid oriëntatie was ongunstig; andere standen waren gunstiger, elk in een bepaalde periode van het winterseizoen. Mogelijk heeft dit bijgedragen tot de verklaring van 5% van de verschillen.

Een niet geheel gelijk kasklimaat tenslotte vormde een laatste bron van verschillen. Een verschil in teelttemperatuur, 's nachts of overdag vormde een verklaring van 13% van de verschillen, het al dan niet aanhouden van een minimum buistemperatuur verklaarde nog eens 4%. Deze laatste invloed kwam echter geheel in de maand april tot uiting.

Van de geconstateerde verschillen in gasverbruik kon met bovenstaande invloeden 85% worden verklaard (schema 4.1). De invloed van andere factoren op het gasverbruik kan dus nooit zeer groot zijn, tenzij de verschillen tussen bedrijven in feite veel groter zouden zijn dan de verschillen die in het onderzoek zijn geconstateerd.

Schema 4.1 Opsplitsing van de verschillen in gasverbruik per m<sup>2</sup> kas naar de diverse oorzaken

Verschillen in gasverbruik = 100%	- Verwarmingsinstallatie	
	- ketelcapaciteit	2%
	- condensortoepassing	33%
	- Kasgebonden invloeden	
	- geveloppervlak/m <sup>2</sup> kas	8%
	- gevelverwarmingscapaciteit	12%
	- lengte/breedte verhouding stookgroepen	5%
	- Ligging van de kassen	
	- mate van beschutting	8%
	- nokrichting	?
	- Kasklimaat	
- teelttemperatuur	13%	
- min. buistemperatuur	4%	
	Onverklaard	15%

## 4.2 Discussie

Hoewel de resultaten van dit onderzoek overeenstemmen met eerdere waarnemingen en indrukken, zijn niet alle verwachtingen van telers en voorlichters uitgekomen. De telers waren overtuigd dat de stand van het gewas invloed had op het gasverbruik. De telers hebben veel tijd en geld geïnvesteerd in de klimaatregeling om zonder produktieverlies energiebesparing te kunnen realiseren. Voorts legt de voorlichting veel nadruk op de lengte-breedte verhouding van het bedrijf om daarmee o.a. het geveloppervlak te beperken.

### 4.2.1 Stand van het gewas

Aanhouden van hogere temperaturen kost energie, dat komt ook in dit onderzoek duidelijk tot uiting; waarom op het ene bedrijf een hogere temperatuur wordt aangehouden dan op het andere is niet nagegaan. Het gewas kan hierop invloed hebben gehad. Er kon echter wel worden vastgesteld dat een hogere of lagere temperatuurinstelling op de meeste bedrijven geen tijdelijk karakter had. De instelling van de nachttemperatuur gebeurde bij aanvang van de teelt en deze werd meestal alleen in februari een keer bijgesteld. De dagtemperatuur werd niet in februari doch hooguit in maart een keer bijgesteld. Met deze constatering wordt het onwaarschijnlijk dat het temperatuurniveau sterk wordt bepaald door de stand van het gewas. Wanneer het telers lukt om met constant relatief lage teelttemperaturen een gelijkblijvende opbrengst te behalen, vormt dit een aanmoediging om meer aandacht te geven aan andere mogelijkheden om de groei onder controle te houden.



Een welig gewas en een hoge luchtvochtigheid komen vaak op hetzelfde bedrijf voor. Het is echter de vraag of de weligheid van het gewas de oorzaak of het gevolg is van de hoge luchtvochtigheid. Uit ander onderzoek (de Graaf, e.a.) is gebleken dat de verdamping sterk gekoppeld is aan de instraling. Wanneer men bij een grote verdamping van het gewas niet eveneens zorgt voor een grote vochtafvoer uit de kas, dus voor voldoende ventilatie, dan zal de luchtvochtigheid hoog oplopen. In het onderzoek is vastgesteld dat het aantal uren dat de luchtramen geopend zijn van bedrijf tot bedrijf sterk verschilt. Op het gasverbruik heeft het openen van de luchtramen echter geen invloed gehad, omdat het luchten vrijwel altijd gebeurde op uren dat er niet behoefde te worden gestookt. Wanneer men met luchten overdag, bij een grote verdamping, de (luchtvochtigheid en de) gewasontwikkeling in de hand kan houden, is 's nachts luchten onnodig en behoeft een welig gewas geen extra energie te kosten.

De hoeveelheid straling die voor verdamping wordt aangewend is niet alleen afhankelijk van de instraling doch ook van de omvang (hoogte) van het gewas (de Graaf). Wanneer men op dagen met veel instraling (dus pas na half februari) weinig gewas in de kas heeft, kan de verdamping niet hoog oplopen. In een dergelijk geval zal deze straling voor een groter deel in warmte worden omgezet en een besparing op het gasverbruik kunnen opleveren. Bij plantdata van tomaten na 1 februari zal een zich schraal ontwikkelend gewas in vergelijking tot een weelderig gewas, veel minder licht opvangen in de maanden februari en maart en daarmee kan een lager gasverbruik samenhangen. Bij een decemberplanting is het gewas eind februari in alle gevallen zo omvangrijk dat vrijwel 100% van het licht op het gewas valt en is het onwaarschijnlijk dat een weelderig gewas als zodanig meer energie vraagt dan een schraal gewas.

#### 4.2.2 De klimaatscomputer

Diverse telers die een klimaatregelcomputer hebben gekocht of denken er een aan te schaffen geven daarmee aan dat ze verwachten energie te kunnen besparen. Een relatie tussen de aanwezigheid van een computer en een laag gasverbruik is echter niet geconstateerd. Dit is op zich niet vreemd omdat niet de computer doch het gebruik ervan bepalend is voor het energieverbruik. Energie besparen kan alleen door minder te stoken en de computer kan snel inspelen op de momenten dat dit mogelijk is, bijvoorbeeld:

- eerder ophouden met stoken door te letten op de instraling in plaats van alleen op de kasttemperatuur;
- minimum buistemperatuur regelen op basis van de raamstand en de windsnelheid (luchtbeweging in de kas);
- maximum buistemperatuur regelen op basis van het verschil buitentemperatuur en ingestelde kasttemperatuur;
- maximum buistemperatuur regelen naar de gemiddelde buistemperatuur van de voorgaande week (voorgaande twee weken) (= aanpassing aan het gewas);

De besparingsmogelijkheden van de computer zullen dus geheel afhankelijk zijn van het inzicht van de teler in de omstandigheden waaronder stoken niet nodig is.

#### 4.2.3 Lengte-breedte verhouding van het bedrijf

Binnen de voorlichtingsdienst legt men veel nadruk op een gunstige vorm van het bedrijf, vanwege voordelen op het gebied van energie, investeringsbedragen en arbeidskunde. Beslissingen nemen in deze is natuurlijk afhankelijk van de keuzemogelijkheden die men heeft of krijgt. Op het gebied van energieverbruik is hierbij niet alleen het geveloppervlak relevant, doch ook de verdeling in stookgroepen en het verkrijgen van beschutting.

De lengte-breedte verhouding heeft een directe invloed op het geveloppervlak per m<sup>2</sup> kas, maar bij grotere afmetingen van zowel lengte als breedte van de kas (boven 60 m) wordt de invloed in absolute zin vrij klein.

Met de traditionele verdeling in stookgroepen van voor naar achter komt men op bredere bedrijven in ongunstige verhoudingen terecht. Voor een goede opvang van temperatuursverschillen in de kas zal verder opsplitsen in groepen links en rechts van het hoofdpad gunstig uitwerken. Speciaal wanneer er veel ruimte overblijft tussen gewas en kasdek, zal enige luchtverplaatsing (= warmtetransport) ongestoord en dus veelvuldig optreden (temperatuursverschillen).

Bij nieuwvestiging verdient het aanbeveling om op beschutting uit de omgeving te letten. Een nabij gelegen bedrijf kan in dit geval een aanmerkelijk voordeel opleveren, met name in een winderige omgeving. Aangezien nog niet bekend is waarom beschutting tot energiebesparing leidt, het kan zijn door:

- minder wind langs de gevels;
- minder over- of onderdruk tegen de gevels (= ongewenste luchtuitswisseling);
- meer luchtwervelingen boven het kasdek, valt er over de situering van de beschutting aan noord-, oost- of westzijde nog niets te zeggen.

Mogelijk kunnen landschappelijke aanpassingen (windsingels) rondom een tuinbouwvestigingsgebied worden aanbevolen.

## Literatuur

Graaf, R. de e.a.:

Transpiration and evapotranspiration of the glasshouse crops;  
Acta Horticulturae 119, 1981

Landbouw-Economisch Instituut/Centraal Bureau v.d. Statistiek  
Tuinbouwcijfers 1981

Noort, L. van:

Rentabiliteit van de tuinbouw onder glas;  
LFI-mededelingen no. 78, 82, 106, 251

Rijssel, E. van:

Opbrengstbepalende factoren bij de teelt van kasrozen in het winterhalfjaar  
LEI 4.84 (1979)

# Bijlagen

Bijlage 1 Weergegevens 1981; Nealdwijk periode januari tot mei

Week no.	Datum	Etemaal temp. °C		Straling J/cm2	Neerslag dg.	mm.	Windsnelheid		tot 10 m/s		
		kas	buiten				m/s	uten			
2	5 - 11 januari	17,5	3,5	2,9	2063	1184	7	16,4	42	7	1
3	12 - 18 "	17,5	3,3	2,7	1867	1688	6	47,5	61	61	2-ZW
4	19 - 25 "	17,5	4,6	3,3	1568	1448	5	10,0	37	12	1
5	26 - 1 februari	17,5	5,0	3,0	2131	2357	3	7,8	23	0	0
6	2 - 8 "	17,5	6,5	3,2	2327	2375	4	15,5	64	52	2W-W
7	9 - 15 "	17,7	2,5	2,7	3793	2889	4	7,2	35	10	7 W-NW
8	16 - 22 "	17,7	0,3	2,6	3797	3457	2	0,2	34	0	0
9	23 - 1 maart	17,7	2,0	3,7	4307	4387	2	10,3	39	0	0
10	2 - 8 "	17,5	6,4	4,0	2496	5119	7	17,3	45	26	2-ZW
11	9 - 15 "	17,5	8,4	5,0	2442	4843	7	81,3	58	38	W-ZW
12	16 - 22 "	18,3	7,3	5,3	6603	5980	3	5,1	59	51	2-ZW
13	23 - 29 "	18,3	11,4	6,5	6403	7060	6	18,6	50	34	ZW-Z
14	30 - 5 april	17,9	8,7	6,4	3813	7641	3	0,9	31	0	0
15	6 - 12 "	19,0	11,7	7,5	9622	9516	1	1,9	25	0	0
16	13 - 19 "	19,0	9,0	8,4	13653	10145	1	0,4	49	10	N-WO
17	20 - 26 "	19,0	6,6	9,0	9400	10352	5	5,4	38	0	0
18	27 - 3 mei	19,0	7,8	9,5	9488	10788	5	17,5	48	5	0

Gemiddeld gasverbruik/100 m2 kas = -2 + 14,70 x t - 0,0050 xJ/cm2-week + 8,63 km/s  
 van 44 bedrijven per week correlatiecoëfficiënt = 0,97

Bijlage 2. Verklaring van verschillen in gasverbruik via multi-pele regressie-analyse

Gasverbruik in	=	1,47 (+ 0,54)	x	temperatuurverschil kas-buiten
m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> 4 jan. - 5 mei	+	26,9 (+ 7,9)	x	geveloppervlak in m <sup>2</sup> per m <sup>2</sup> kasopp.
	+	109,3 (+ 37,7)	x	aantal buizen gevelverwarming met een doorsnee van 51 mm (totaalaantal in de laatste 3 meter)
	-	396 (+ 117)	x	perc. beschutting vanuit omgeving
				aangebouwd = 100%
				afstand 10 m = 50%
				afstand 60 m = 0%

Afgeleide schattingsformules

1. gasverbruik = 27,5 + 26,9 geveloppervlak (m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup> kas)  
m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> 4 jan. - 5 mei
2. gasverbruik = 27,5 + gevallengte (m/m<sup>2</sup> kas) x 11,0 + 23,8 per  
verwarmde buis 1))

- 1) - 3,1 buis met een doorsnee van 51 mm direct langs de gevel is normaal  
- verdeelleiding = 3 buizen met een doorsnee van 51 mm.