

Ing. A.T.M. Verhoeven
Ing. N.J.A. van der Velden
Ir. A.P. Verhaegh

Mededeling 563

LEVERING VAN WARMTE AAN GLASTUINBOUWBEDRIJVEN

Warmte/kracht-contracten en
bedrijfseconomische aspecten

Mei 1996



SIGN: L27-563
EX. NO. B
NLV:

Landbouw-Economisch Instituut (LEI-DLO)
Afdeling Tuinbouw

REFERAAT

LEVERING VAN WARMTE AAN GLASTUINBOUWBEDRIJVEN; WARMTE/KRACHT- CONTRACTEN EN BEDRIJFSECONOMISCHE ASPECTEN

Verhoeven, A.T.M., N.J.A. van der Velden en A.P. Verhaegh

Den Haag, Landbouw-Economisch Instituut (LEI-DLO), 1996

Mededeling 563

ISBN 90-5242-350-4

90 p, tab., fig., bijl., English summary

Warmte/kracht is in de glastuinbouw een belangrijke optie om energie te besparen. Bij het plaatsen van een w/k-installatie van het nutsbedrijf wordt een contract afgesloten tussen de tuinder en het nutsbedrijf. In dit onderzoek zijn de warmteleveringscontracten van kleinschalige w/k-installaties geïnventariseerd en de bedrijfseconomische gevolgen geëvalueerd.

De belangrijkste aspecten in de 40 beschouwde contracten verschillen veel in vorm en inhoud, zowel tussen de nutsbedrijven als tussen de afnemers per nutsbedrijf. Ook de duidelijkheid van de contracten is verschillend. Er komen 18 tariefstellingen voor, waarvan iedere tariefstelling gebaseerd is op andere factoren. Het is belangrijk dat er duidelijke afspraken gemaakt worden en dat de tariefstelling helder geformuleerd is. Ook dient rekening gehouden te worden met de bedrijfs-situatie.

Het bedrijfseconomisch resultaat is per tuinbouwbedrijf afhankelijk van de bedrijfssituatie, het type w/k-installatie, het contract en de economische factoren. Een hoge dekkingsgraad, een gunstige tariefstelling, een hoge aardgasprijs en een rookgascondensor op de w/k-installatie hebben een grote positieve invloed op het bedrijfseconomisch resultaat.

Energie/Glastuinbouw/Milieu/Warmtekracht/Total Energy/Energiebesparing/
Verwarming/CO₂-emissie/Meerjarenafspraak/Energie-efficiëntie/Alternatieve
energiebronnen/Nederland

Overname van de inhoud toegestaan, mits met duidelijke bronvermelding.

INHOUD

	Blz.
WOORD VOORAF	5
SAMENVATTING	7
SUMMARY	12
1. INLEIDING	17
2. METHODE	19
3. INVENTARISATIE CONTRACTASPECTEN	22
3.1 Inleiding	22
3.2 De inventarisatie	22
3.2.1 Eigendomsverhoudingen en vergoedingen	23
3.2.2 Meetinrichting	27
3.2.3 Onderhoud/controle	30
3.2.4 Aansprakelijkheid	31
3.2.5 Levering en afname	33
3.2.6 Piekscheren	34
3.2.7 Noodstroomaggregaat	36
3.2.8 Duur van de overeenkomst en opzegtermijn	36
3.2.9 Overige zaken	37
3.2.10 De rekening	37
4. TARIEFSTELLINGEN	39
4.1 Inleiding	39
4.2 Factoren die in de tariefstellingen een rol spelen	39
4.3 Tariefstellingen op basis van directe warmtemeting	41
4.4 Tariefstellingen op basis van indirecte warmtemeting	43
4.5 Wijziging van de tariefstelling	45
4.6 Energiebesparing	46
5. BEDRIJFSECONOMISCHE EVALUATIE	47
5.1 Inleiding	47
5.2 Principeberekening	48
5.2.1 Inleiding	48
5.2.2 Rendement ketel	50
5.2.3 Marginale aardgasbesparing	51
5.2.4 Dekkingsgraad	53

	Blz.
5.2.5 Thermisch en elektrisch gebruiksrendement w/k-installatie	54
5.2.6 Overige kosten en opbrengsten	55
5.3 Resultaten directe meting	56
5.3.1 Uitgangssituatie	56
5.3.2 Varianten	59
5.3.2.1 Bedrijfsomstandigheden	59
5.3.2.2 W/k-installaties	63
5.3.2.3 Tariefstelling en aardgasprijs	67
5.3.2.4 Combinaties	69
5.4 Resultaten indirecte meting	70
5.4.1 Uitgangssituatie	70
5.4.2 Varianten	72
5.4.2.1 W/k-installaties	72
5.4.2.2 Tariefstelling	74
6. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	76
6.1 Contractinventarisatie	76
6.2 Bedrijfseconomische evaluatie	78
LITERATUUR	81
BIJLAGEN	83
1. Begrippenlijst	84
2. Andere beheersvormen	86
3. Schatting vermindering elektriciteitsverbruik ketel bij warmtelevering	87
4. Kosten en opbrengsten bij een condensor op de w/k-installatie	89

WOORD VOORAF

In de Nederlandse glastuinbouwsector wordt bij de productie van groenten, bloemen en potplanten veel energie gebruikt. Tussen de Nederlandse overheid en de Nederlandse glastuinbouw is een Meerjarenafspraak-Energie Glastuinbouw gemaakt, waarin een verbetering van de energie-efficiëntie centraal staat. Het realiseren van energiebesparing kan hieraan een positieve bijdrage leveren. Het gebruik van kleinschalige warmte/kracht-installaties is één van de belangrijkste opties om primaire brandstof te besparen.

Om de technische en economische mogelijkheden van warmte/kracht-installaties in de glastuinbouw te beoordelen, is door LEI-DLO een onderzoek uitgevoerd dat bestaat uit de volgende fasen:

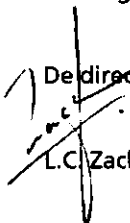
1. inventarisatie;
2. praktijkevaluatie technische prestaties
(in samenwerking met IMAG-DLO en N.V. Nederlandse Gasunie);
3. contractevaluatie en
4. bedrijfseconomische aspecten.

Fase 1 en 2 zijn reeds afgesloten. Deze rapportage handelt over fase 3 en 4. Dit onderzoek is, mede op verzoek van de energielcommissie van de NTS (Nederlandse Tuinbouwstudiegroepen), uitgevoerd in opdracht van de Nederlandse onderneming voor energie en milieu (Novem) en het Landbouwschap. Bij fase 3 en 4 is een klankbordgroep gevormd om reacties, commentaar en aanvullingen op de rapportage te geven. De verantwoordelijkheid van het onderzoek ligt bij LEI-DLO. In de klankbordgroep waren de volgende instanties vertegenwoordigd:

- Gewestelijke Raad van het Landbouwschap voor Noord-Holland;
- Projectbureau Warmte/Kracht (PW/K);
- EnergieNed (Vereniging van Energiedistributiebedrijven in Nederland);
- Nutsbedrijf Westland N.V.;
- Obragas N.V.;
- Gastec N.V.;
- Federatie van Nederlandse Tuinbouwstudiegroepen (NTS);
- Dienst Landbouwvoorlichting (DLV) en
- Organisatie Van Tuinbouwadviseurs en Onderzoekers (OVTO).

Het onderzoek is uitgevoerd door A.T.M. Verhoeven en is begeleid door N.J.A. van der Velden (projectleider) en A.P. Verhaegh. De contactpersonen bij de opdrachtgevers waren J.P. van Nieuwkerk (Landbouwschap) en C.H.M.G. Custers (Novem).

Aan dit onderzoek is medewerking verleend door tuinders en nutsbedrijven, aan wie een woord van dank verschuldigd is; zonder hun medewerking was het onderzoek niet mogelijk geweest.

De directeur,

L.C. Zachariasse

Den Haag, april 1996

SAMENVATTING

Inleiding

Tussen de Nederlandse overheid en de Nederlandse glastuinbouw is een meerjarenafspraak gemaakt, waarin een verbetering van de energie-efficiëntie met 50% over de periode 1980-2000 centraal staat. Dit kan worden bereikt door meer te produceren per m² kas en/of door vermindering van het energiegebruik (uitgedrukt in primaire brandstof) per m². Het gebruik van warmte/kracht-installaties (w/k-installaties) is één van de belangrijkste opties om primaire brandstof te besparen.

Het plaatsen van een w/k-installatie door het regionale nutsbedrijf op een glastuinbouwbedrijf gaat altijd gepaard met het afsluiten van een contract tussen afnemer en nutsbedrijf. Hierin worden de voorwaarden vastgelegd met betrekking tot de levering en afname van warmte uit de w/k-installatie. Gebleken is dat bij afnemers onduidelijkheid bestaat over de warmteleveringscontracten. Enerzijds wordt dit veroorzaakt doordat de contracten zowel tussen als binnen de nutsbedrijven verschillen. Anderzijds ontbreekt bij de afnemers vaak de specifieke kennis om de contractuele en economische aspecten te beoordelen.

Het is van belang dat de warmteleveringscontracten en de bedrijfseconomische aspecten duidelijk zijn, zodat geen remmende werking op een verdere ontwikkeling van w/k-installaties in de glastuinbouw optreedt.

Doel en methode van het onderzoek

Het doel van dit onderzoek is het verkrijgen van inzicht in de warmteleveringscontracten en de bedrijfseconomische aspecten van warmtelevering vanuit w/k-installaties van nutsbedrijven aan en geplaatst op glastuinbouwbedrijven.

Voor het onderzoek is een belangrijk deel van de bestaande contracten geïnventariseerd. In totaal zijn 40 warmteleveringscontracten in beschouwing genomen, die op dat moment lopend waren. Daarnaast zijn ook de afrekeningen in het onderzoek betrokken. Met 15 tuinders en een aantal nutsbedrijven is overleg geweest over de inhoud van de contracten en de aspecten die ermee samenhangen. Bij de evaluatie zijn de belangrijkste aspecten die in de contracten voorkomen, geïnventariseerd. Per aspect zijn de voorkomende zaken naast elkaar gezet om een zo volledig mogelijk beeld van de aspecten, en de factoren die daarin een rol spelen, te schetsen.

In de bedrijfseconomische evaluatie wordt aan de hand van een principeberekening de situatie zonder warmtelevering vergeleken met de situatie met warmtelevering. Het bedrijfseconomisch voordeel is afhankelijk van de bedrijfs-situatie, het type w/k-installatie, de inhoud van het contract en economische

factoren. Deze factoren kunnen per tuinder verschillend zijn. In de bedrijfseconomische evaluatie wordt uitgegaan van een uitgangssituatie, welke een indicatie is van de gemiddelde situatie in de praktijk. Vervolgens zijn varianten hierop in beschouwing genomen.

Resultaten contractinventarisatie

In de 40 beschouwde contracten komen meestal dezelfde aspecten aan de orde, maar ze verschillen veel in vorm en inhoud. Zowel per nutsbedrijf als per afnemer komen verschillen voor. De aspecten eigendomsverhoudingen, meetinrichting, onderhoud/controle, aansprakelijkheid, levering en afname, piekscheren, noodstroomaggregaat, duur van de overeenkomst en opzegtermijn en enkele overige zaken zijn in beschouwing genomen.

De ruimte of de grond waar de w/k-installatie van het nutsbedrijf geplaatst is, is in alle gevallen eigendom van de afnemer. Deze ruimte of grond wordt gratis gebruikt, of er wordt een vergoeding voor gebruik gegeven door het nutsbedrijf. Door de afnemer en/of het nutsbedrijf worden soms vergoedingen gegeven voor aansluit- en overige kosten van de w/k-installatie. Deze vergoedingen zijn wel of niet in het contract geregeld en het totaal aan vergoedingen en kosten verschilt sterk per afnemer.

Op de w/k-installatie kan een warmteopslagtank, rookgascondensor en/of -reiniger aangesloten zijn. Deze installaties zijn alle goed voor energiebesparing, maar worden slechts beperkt toegepast. In de contracten waar deze installaties wel voorkomen, worden diverse situaties beschreven en zijn enkele belangrijke factoren niet geregeld. Ook de vergoedingen lopen uiteen.

Meetinrichting

De hoeveelheid geleverde warmte wordt bij 22 contracten vastgesteld op basis van directe meting en bij 18 contracten op basis van indirecte meting. Bij directe meting met een warmtemeter, wordt de warmte gemeten en bij indirecte meting vinden omrekeningen plaats op basis van gas- en/of elektriciteitsmeting. Directe meting is daardoor duidelijker voor de afnemer dan indirecte meting. Een knelpunt voor directe warmtemeting is het ontbreken van een wettelijke norm voor warmtemeters en de kosten van deze meters. Bij het optreden van een meetfout is in 12 van de contracten niet duidelijk wat de gevolgen hiervan zijn. Onderhoud en controle van de w/k-installatie is volgens de beschouwde contracten voor rekening van het nutsbedrijf. Dagelijkse controle en dergelijke worden vaak uitgevoerd door de afnemer en worden in 2 contracten vergoed.

Aansprakelijkheid

Zowel de aansprakelijkheid van het nutsbedrijf als de aansprakelijkheid van de afnemer is in de meeste contracten geregeld, maar varieert in de contracten sterk en is niet altijd sluitend. Bij schadegevallen kunnen hierdoor problemen ontstaan.

De voorwaarden voor warmtelevering komen verschillend naar voren in de contracten. Het leveren van warmte kan in enkele gevallen in strijd zijn met de belangen van de afnemer (bijvoorbeeld CO₂-doseren). Indien tijdens het piekscheren geen warmtevraag is bij de afnemer, kan er gebruik worden gemaakt van een warmteopslagtank, noodkoeler of afluchten. Dit wordt in de helft van de contracten beschreven, maar dit is niet altijd voldoende omschreven. Het aantal uren dat de w/k-installatie ingezet mag worden voor piekscheren is in de meeste contracten wel vermeld.

Voor de afnemer is het een extra voordeel als de w/k-installatie als noodstroomaggregaat ingezet kan worden. De kosten hiervan moeten dan wel lager liggen dan een "eigen" noodstroomaggregaat.

De duur, verlengingsduur en opzegtermijn van het contract is in bijna alle contracten vastgelegd, en varieert per contract. Zowel voor het nutsbedrijf als de afnemer is het belangrijk dat deze zaken geregeld zijn, vanwege de bedrijfszekerheid voor beide partijen.

De rekening

Bij 17 van de 40 contracten is er enige onduidelijkheid in de rekening, zoals het niet vermelden van de meterstanden of het niet overeenstemmen van de rekening met het contract. De tariefstellingen voor w/k-warmte variëren sterk bij zowel directe meting als bij indirecte meting. De opbouw van de tariefstelling en de gehanteerde factoren, lopen sterk uiteen van contract tot contract en zijn niet altijd duidelijk. Het ketelrendement waarmee gerekend wordt, is een belangrijke factor omdat dit in werkelijkheid per afnemer varieert.

Een kortingsfactor in de tariefstelling kan energiebesparing stimuleren. Een hogere korting bij meer draaiuren, een hogere korting bij elektriciteitslevering tijdens plateau-uren, korting op laagwaardige (condensor) warmte en warmteopslag tijdens piekscheren, resulteert in meer energiebesparing.

Resultaten bedrijfseconomische evaluatie

Aan de hand van de uitgangssituatie zijn de diverse factoren geëvalueerd die invloed hebben op het bedrijfseconomisch resultaat. De uitgangssituatie is een tuinbouwbedrijf van 21.000 m² met een warmtevraag van 39.000 GJ. De ketel is uitgerust met een enkelvoudige condensor op een apart verwarmingsnet. De w/k-installatie levert 35% van de totale warmte en er wordt circa 0,40 kWh per m² elektriciteit bespaard, omdat de brander van de ketel minder gebruikt wordt. De warmteprijs is gebaseerd op directe meting en bedraagt 26,5 m³ aardgas per GJ. Daarnaast zijn de overige jaarkosten f 2.450,-. Op dit bedrijf bedraagt het bedrijfseconomisch voordeel van het gebruik van w/k-warmte van het nutsbedrijf voor de tuinder in totaal bijna f 12.000,- per jaar, uitgedrukt per m² kas is dit ruim f 0,50. De besparing op de totale brandstofkosten is 4%. In de uitgangssituatie levert warmtelevering door een w/k-installatie dus bedrijfseconomisch voordeel op. Voor andere bedrijven is dit voordeel afhankelijk

van de bedrijfssituatie, het type w/k-installatie, het contract en economische factoren.

Grote invloedsfactoren

Het condensortype op de ketel, de dekkingsgraad van de w/k-installatie, de tariefstelling, de aardgasprijs, een condensor op de w/k-installatie en de gebruiksrendementen van de w/k-installatie hebben een grote invloed op het bedrijfseconomisch resultaat. Een bedrijf met een ketel zonder condensor heeft bij het inzetten van w/k-warmte circa anderhalfmaal zo groot bedrijfseconomisch voordeel als het bedrijf in de uitgangssituatie (enkelvoudige condensor). Voor een bedrijf met een combicondensor is het voordeel een kwart minder dan in de uitgangssituatie. Bij een verhoging van de dekkingsgraad van 35 naar 66% wordt het bedrijfseconomisch voordeel twee keer hoger dan in de uitgangssituatie en bij een dekking van 11% wordt het voordeel zeer gering.

Er bestaan grote verschillen in warmteprijs tussen nutsbedrijven en afnemers. Indien wordt uitgegaan van de laagste warmteprijs die voorkomt, dan verdubbelt het voordeel voor de afnemer ten opzichte van de uitgangssituatie. Bij de hoogste warmteprijs is er bijna geen voordeel voor de afnemer. Bij een aardgasprijs van 30 cent in plaats van 23 cent neemt het voordeel toe van bijna f 12.000,- tot bijna f 16.000,- per jaar. Bij een gasprijs van 40 cent wordt dit ruim f 21.000,-. De procentuele besparing op de brandstofkosten van een tuinbouwbedrijf verandert nagenoeg niet bij een andere aardgasprijs.

Het gebruik van een rookgascondensor op de w/k-installatie levert zowel een grotere energiebesparing als een groter bedrijfseconomisch voordeel voor de afnemer ten opzichte van de uitgangssituatie. Dit geldt zowel in de situatie waarin de investering voor rekening van het nutsbedrijf komt als in de situatie waarin deze voor rekening van de tuinder is.

Bij afrekening op basis van indirecte meting is het voordeel voor de afnemer sterk afhankelijk van het elektrisch en thermisch gebruiksrendement van de w/k-installatie. Uit het praktijkonderzoek naar gebruiksrendementen en dekkingsgraden, blijkt dat deze gebruiksrendementen sterk variëren. Bij het laagste elektrisch rendement dat in de praktijk voorkomt, wordt het resultaat voor de afnemer negatief. Dit geldt ook voor het laagste thermisch gebruiksrendement. Bij een hoog elektrisch rendement of een hoog thermisch gebruiksrendement ontstaat een aanzienlijke verbetering van het voordeel voor de afnemer.

Kleine invloedsfactoren

De bedrijfsgrootte, de warmte-intensiteit van het tuinbouwbedrijf en de verliezen van de warmteopslagtank aangesloten op de w/k-installatie, hebben een beperkte invloed op het bedrijfseconomisch voordeel. De overige kosten voor de afnemer voor ruimte, arbeid, en dergelijke kunnen aanzienlijk verschillen per nutsbedrijf en per afnemer. Het wegvallen van deze kosten of een verdubbeling hiervan heeft ook een beperkte invloed op het bedrijfseconomisch voordeel van de afnemer.

Combinaties

In de praktijk komen combinaties van de invloedsfactoren voor. Bij een relatief gunstige combinatie (geen condensor bij de ketel, geen verliezen warmteopslag, hoge dekkingsgraad, lage warmteprijs en lage overige kosten) neemt het bedrijfseconomisch voordeel ten opzichte van de uitgangssituatie toe met een factor 5. Bij een ongunstige combinatie (combicondensor bij de ketel, wel verliezen warmteopslag, lage dekkingsgraad, hoge warmteprijs en hoge overige kosten) ontstaat er verlies voor de afnemer.

Aanbevelingen

Aanbevolen wordt alle afspraken wat betreft eigendom, meetinrichting, levering en afname van warmte, onderhoud en controle, vergoedingen en kosten, aansprakelijkheid, piekscheren en noodstroomaggregaat duidelijk vast te leggen in het contract. Dit geeft voor zowel de afnemer als het nutsbedrijf duidelijkheid. Allereerst kan duidelijkheid geschapen worden door gebruik te maken van directe meting.

Aanbevolen wordt het gebruik van rookgascondensoren te stimuleren door korting te geven op de warmte uit een rookgascondensor of door de condensor te verhuren en de warmte gratis ter beschikking te stellen aan de afnemer. Daarnaast kan ook de afnemer zelf in een rookgascondensor investeren, waardoor deze de warmte gratis ter beschikking heeft. Door hiervoor duidelijke contracten op te stellen, kan het gebruik van rookcondensoren gestimuleerd worden.

Het helder formuleren van de tariefstelling, met daarin een variabel ketelrendement per afnemer, zorgt voor duidelijkheid. Bij een gelijk tarief voor een afnemer mét en een afnemer zonder condensor op de ketel, heeft de afnemer met een condensor een lager bedrijfseconomisch resultaat.

Ook een duidelijke afrekening voor de afnemer, met daarop de meterstanden en de tariefstelling met daarbij de juiste eenheden en een logische opbouw en terminologie, geeft duidelijkheid en vertrouwen.

Aanbevolen wordt meer rekening te houden met de invloeden van de verschillende factoren die een rol spelen bij het bedrijfseconomisch aspect van warmtelevering. Het is van belang dat er sprake is van een wervend tarief voor de afnemers. De dekkingsgraad is zowel voor het bedrijfseconomisch voordeel als voor de energiebesparing van grote invloed, zodat dit meer aandacht moet krijgen om dit te verbeteren.

SUMMARY

Introduction

The Dutch government and the Dutch greenhouse industry have made an agreement with the objective to improve the energy efficiency (use of energy per product unit) by 50% over the period 1980-2000. There are two ways to meet this objective: the physical production per square meter of glasshouse area can be improved and the use of energy per square meter (expressed as primary energy) can be reduced. The use of cogenerators is one of the most important means to reduce primary energy.

When the utility company puts a cogenerator in a greenhouse holding, there is always a contract between the utility company and the grower. In that contract, conditions are laid down regarding the delivery of heat from a cogenerator. It has been found that there is no clarity among growers about the heat delivery contracts. On the one hand this is caused by the fact that several contracts are used, which vary both within and among the utility companies. On the other hand the growers do not have the specific knowledge to judge the contractual and economic aspects.

It is important that the heat delivery contracts and the farm economic aspects are clear, so that the growth of cogenerators in horticulture will not stagnate.

Purpose and method of the research

The purpose of this research is to obtain insight into the heat delivery contracts and the farm economic aspects of heat delivery from cogenerators of utility companies to and located at glasshouse holdings. For this study, an inventory has been made of an important part of the existing contracts. Forty heat delivery contracts have been taken into consideration, which were valid at the time research commenced. Additionally, invoices have also been taken into account. For the research 15 growers were visited to discuss the content of the contracts and the aspects that are linked with it. The assessment concerns the most important aspects in the contracts. For each aspect the existing facts are put next to each other to get a good survey of the existing facts.

In the farm economic assessment a comparison is made between the situation *with* and *without* heat delivery, on the farm. The farm economic advantage depends on the type of farm, the achievements of the cogenerator, the content of the contract and economic factors. These aspects vary per farm. In the farm economic assessment first a basic situation is considered, which is an indication of the average situation in practice. After that other situations are considered.

Results of contract inventarisation

Most of the aspects are covered in the 40 investigated contracts, but they vary in form and content. There are differences between the utility as well as between consumers per utility. The aspects ownership, measuring equipment, responsibility, heat delivery, peak shaving, emergency power generator, the duration and period of notice of the contract and some other cases are researched.

The room or space where the cogenerator of the utility company is placed, is always owned by the user. This room or space is used free of charge, or a remuneration is provided by the utility company. Sometimes the consumer and/or the utility company pay for the connection and other costs for the cogenerator. These payments are not always specified in the contract and total payments and costs vary considerably among users.

A heat storage tank, a combustion gas condenser and/or a combustion gas cleaner can be connected to the cogenerator. These installations are all good for energy saving, but are rarely used. In the contracts that do mention these installations various situations are described and some important factors are not. Remunerations also vary.

Measuring equipment

The amount of delivered heat is determined in 22 contracts by direct measurement and in 18 contracts by indirect measurement. With direct measurement, the amount of heat is counted; indirect methods calculate the amount of heat on the basis of gas and/or electricity measurements. Consequently, direct measurement is clearer than indirect measurement. A bottleneck for direct heat measurement is the lack of a legal standard for measuring equipment and the high costs involved in this kind of measuring. When a measuring mistake occurs, 12 contracts are unclear about what the consequences may be. Maintenance and control of the cogenerator in the contracts under review are at the expense of the utility company. Daily control is often done by the consumer. In two contracts payment is accounted for.

Responsibility

The responsibility of the utility company as well as the responsibility of the consumer has been specified in most contracts, but varies considerably and is not always conclusive. Consequently, problems can occur in particular cases.

The conditions for heat delivery vary per contract. In some cases, heat delivery can be contrary to the interests of the grower (for instance CO₂ enrichment). If during peak shaving there is no heat demand from the grower, the following may be used: heat storage tank, emergency cooler or ventilation. This is covered in half of the contracts, but not always sufficiently. The number of hours the cogenerator is used for peak shaving is specified in most contracts.

For the grower it is extra beneficial if the cogenerator can be used as an emergency generator. Additional costs, in that case, should be lower than the 'own' emergency generator.

Duration, prolongation and contractual term of notice have all been specified in most contracts and vary per contract. Both for the utility company and for the grower it is important that these issues have been taken care of, because of operational safety for both parties.

The bill

With 17 out of 40 contracts there is some obscurity concerning the bill, such as not mentioning meter readings or bills not corresponding with specifications in the contract. The tariffs for heat from cogenerators vary considerably, both with direct measurements and with indirect measurements. The structure of the tariff and the used factors vary considerably among the contracts and are not always clear. The boiler efficiency by with calculations are made is an important factor because in practice this varies per grower.

A discount element in the tariffs can stimulate energy savings. A higher discount if there are more operational hours, a higher discount for electricity supply during hours with a high electricity demand in the public grid, discounts for low temperature (condenser) heat and heat storage during peak shaving, result in more energy savings.

Results of farm economic evaluation

From the basic situation, various factors have been evaluated that influence the farm economic result. The basic situation is a horticultural holding of 21,000 m² with a heat demand of 39,000 GJ. The boiler is equipped with a single condenser attached to a separate heating system. The generator supplies 35% of the total heat and about 0.4 kWh per m² is saved, because the burner of the boiler is used less. Heat price is based on direct measurement and amounts to 26.5 m³ of natural gas per GJ. Furthermore, the additional year costs are 2,450 guilders. In the basic situation the farm economic advantage of the use of generator heat from the utility company is about 12,000 guilders per year for the horticulturist; this is 0.50 guilders per square meter. Savings on total fuel costs amount to 4%. The conclusion must be that in the basic situation heat supply results in a farm economic advantage. For other farms this advantage depends on the farm situation, the type of cogenerator, the contract and economic factors.

Major influencing factors

The type of condenser on the boiler, the cover percentage of heat demand by the cogenerator, the tariff structure, the price of natural gas, a condenser on the cogenerator, and, finally, the efficiency of the cogenerator; all have a considerable influence on the farm economic result. A company with a boiler without a condenser that uses heat from a cogenerator, has about one-

and-a-half the farm economic advantage as a company in the basic situation (single condenser). For a company with a combined condenser the advantage is a quarter less than in the basic situation. If the cover percentage is increased from 35 to 66, the farm economic advantage is twice as high as in the basic situation; a cover percentage of 11 results in a very minor advantage.

There are considerable differences in heat price between the utility companies and the growers. If we start from the lowest existing heat price, the advantage for the growers doubles compared to the basic situation. The highest heat price hardly offers an advantage for the grower. A natural gas price of 30 cents instead of 23 causes the advantage to jump from almost 12,000 guilders to almost 16,000 annually. A gas price of 40 cents would further increase this advantage to about 21,000 guilders. The percentual savings on fuel costs for a horticultural holding hardly change with a different gas price.

The use of a combustion gas condenser on the cogenerator offers both a larger energy saving and a larger farm economic advantage for the grower as opposed to the basic situation. This is irrespective of whether the investment is made by the utility company or by the horticulturist.

When payment is settled on the basis of indirect measurement, the advantage for the grower strongly depends on the electrical and thermal efficiency of the cogenerator. From field research it appears that there is considerable variation among efficiency. The lowest existing electrical efficiency lead to a negative return for the grower. This also applies to the lowest thermal efficiency. A high electrical efficiency or a high thermal efficiency leads to considerable improvement of the advantage for the grower.

Minor influencing factors

Farm size, heat intensity of the horticultural holding and the losses of the heat storage tank connected to the cogenerator have limited influence on the farm economic advantage. Additional costs for the grower concerning space, labour, etcetera, can differ considerably per utility company and per grower. If these costs are doubled or left out, this still has little effect on the farm economic advantage for the grower.

Combinations

In practice, all kinds of combinations of influencing factors are present. A relatively favourable combination (no condenser at the boiler, no losses of heat storage, a high cover percentage, low heat price and low additional costs) improves the farm economic advantage as opposed to the basic situation by a factor 5. An unfavourable combination (combined condenser at the boiler, losses of heat storage, low cover percentage, high heat prices and high additional costs) results in losses for the grower.

Recommendations

It is recommended to clearly specify in each contract all arrangements regarding ownership, measuring system, supply and taking of heat, maintenance and check-up, compensation and costs, liability, peak shaving, and emergency power generator. This provides clarity for both the grower and the utility company. The first step towards more clarity is direct measurement.

Also recommended is the stimulation of the use of combustion gas condensers by providing discounts on the heat from a condenser or by renting out the condenser and supplying the heat to the grower free of charge. Furthermore, the grower himself can invest in a condenser, providing himself with free heat. By drawing up clear contracts for this, this use of condensers can be stimulated.

Clear formulation of tariff structure, including a variable boiler efficiency per grower, provides more clarity. Applying the same tariff for growers with and growers without a condenser on the own gas boiler, means that the grower with a condenser has a lower farm economic result.

Also, a clear billing for the grower, including meter readings and tariff structure with the correct units of measurement and a logical structure and terminology, provides more clarity and trust.

It is recommended to consider more often the influences of the different factors that play a part in the farm economic aspect of heat delivery. It is important that there is an attractive tariff for the growers. The cover percentage is of considerable importance to both the farm economic advantage and the energy saving; consequently this aspects deserves more attention to improve this.

1. INLEIDING

Bij de productie van groenten, bloemen en potplanten in de glastuinbouw wordt veel energie gebruikt om de kassen te verwarmen. Energiebesparing in de glastuinbouw is dan ook een veelbesproken onderwerp. De Meerjarenafpraak tussen de Nederlandse overheid en de Nederlandse glastuinbouw heeft als hoofddoelstelling een vermindering van het energiegebruik per eenheid product (energie-efficiëntie) met 50% over de periode 1980-2000. Dit kan worden bereikt door meer te produceren per m² kas en/of door vermindering van het energiegebruik (uitgedrukt in primaire brandstof) per m².

Eén van de belangrijkste opties om het primaire brandstofverbruik te verminderen is de levering van warmte vanuit warmte/kracht-installaties (w/k-installaties). W/k-installaties zijn zo'n 20 jaar geleden in de glastuinbouw geïntroduceerd. Zij werden geplaatst om kostenbesparing te realiseren en daarnaast zorgen ze ook voor de *besparing van primaire brandstof*. In het vervolg van dit rapport wordt dit *energiebesparing* genoemd.

De nutsbedrijven hebben daarnaast een afspraak met de overheid: het Milieu Actie Plan. Mede daardoor is de toepassing van w/k-installaties sterk toegenomen; in 1994 wordt bijna 5% van de energiebehoefte (warmte en elektriciteit) in de glastuinbouw geproduceerd door w/k-installaties in eigendom van nutsbedrijven. Per eenheid geleverde warmte wordt circa 70 - 80% primaire brandstof in de glastuinbouw bespaard (Van der Velden et al., 1996). Dit resulteert in een besparing van primaire brandstof van 3,5 tot 4%.

Indien de afnemer bij gebruik van w/k-warmte op het tuinbouwbedrijf economisch gezien minder kosten heeft dan in de oorspronkelijke situatie met een gasketel, zal deze eerder bereid zijn om w/k-warmte aan te wenden. Tegen deze achtergrond is destijds een notitie geschreven door de Ministeries van Landbouw en Economische Zaken, Novem (destijds Neom), Landbouwschap, Vegin en Vestin (nu beiden vertegenwoordigd in EnergieNed) en het Landbouw-Economisch Instituut (LEI-DLO) over *wervend tarief* (Wouters, 1984). Een wervend tarief wil zeggen dat er een economisch voordeel is in vergelijking met de oorspronkelijke situatie. In de tariefstelling komt dan naar voren dat de afnemer een voordeel heeft ten opzichte van zijn oorspronkelijke situatie.

Probleemstelling

De realisatie van een w/k-project door het regionale nutsbedrijf, gaat gepaard met een wederzijds contract tussen afnemer en nutsbedrijf. In dit contract worden de rechten en plichten van beide partijen beschreven evenals de voorwaarden met betrekking tot de bepaling van de geleverde hoeveelheid warmte, de warmteprijs, de aansprakelijkheid, enzovoort. Voor de nutsbedrijven is het leveren van warmte een nieuwe activiteit, omdat zij voorheen alleen

elektriciteit leverden. Hierbij is het initiatief naar de praktijk door de nutsbedrijven genomen, waardoor verschillen in contracten zijn te verklaren.

Uit bedrijfsbezoeken is gebleken dat bij afnemers onduidelijkheid bestaat over de warmteleveringscontracten. Waardoor wordt die onduidelijkheid veroorzaakt? Een eerste verklaring is dat bepaalde onderdelen van het contract, waaronder de warmteprijs, per nutsbedrijf verschillend worden benaderd. Een tweede verklaring is dat tussen en binnen de nutsbedrijven verschillende contracten aan de afnemers worden aangeboden. Daarbij komt dat bij de afnemers vaak de specifieke kennis ontbreekt die nodig is om de contractuele en economische aspecten te beoordelen. Een laatste onduidelijke factor is de energiebesparing van een w/k-installatie: deze verschilt per type installatie en is ook afhankelijk van de bedrijfsomstandigheden waaronder de w/k-installatie wordt gebruikt. Verschillen hierin leiden tot economische verschillen tussen de bedrijven met een w/k-installatie van het nutsbedrijf. Door bovenstaande factoren is er onduidelijkheid over de contracten en de bedrijfseconomische aspecten.

Voor een grotere toepassing van w/k-installaties in de glastuinbouw is duidelijkheid in de warmteleveringscontracten en de bedrijfseconomische aspecten voor de individuele tuinders van essentieel belang. Daarnaast wordt met bepaalde contracten meer energiebesparing gestimuleerd. Met bestaande en met nieuw te plaatsen w/k-installaties kan hierdoor meer energie (primaire brandstof) bespaard worden.

Doelstelling

Het doel van dit onderzoek is het verkrijgen van inzicht in de warmteleveringscontracten en de bedrijfseconomische aspecten van warmtelevering vanuit kleinschalige w/k-installaties van nutsbedrijven aan en geplaatst op glastuinbouwbedrijven. Het accent van dit onderzoek ligt hierbij op de technisch-economische aspecten.

Andere voordelen, zoals het realiseren van de doelstelling van de meerjarenafpraak en het verbeteren van het image van de tuinbouw, zijn in dit onderzoek niet in beschouwing genomen.

Opbouw van het rapport

De methode van onderzoek wordt uiteengezet in hoofdstuk 2. De inventarisatie van de contracten komt in hoofdstuk 3 aan de orde en in hoofdstuk 4 worden de tariefstellingen bij w/k-warmte beschreven. Hoofdstuk 5 geeft de resultaten van de bedrijfseconomische evaluatie weer. In deze hoofdstukken is puntsgewijs aangegeven welke verschillen tussen de contracten voorkomen. Deze verschillen hebben effect op het nettovoordeel van bedrijven die w/k-warmte gebruiken. In hoofdstuk 6 tenslotte vindt u de conclusies en aanbevelingen.

In de contracten worden veel begrippen gebruikt. Om verwarring te voorkomen, is een begrippenlijst toegevoegd, met de betekenis van de begrippen zoals die in deze rapportage worden gebruikt (bijlage 1).

2. METHODE

Het onderzoek is opgesplitst in twee onderdelen: de contractinventarisatie en de bedrijfseconomische evaluatie. Voor de contractinventarisatie is een belangrijk deel van de bestaande contracten geïnventariseerd en geanalyseerd. Voor de bedrijfseconomische evaluatie zijn de onderdelen van de contracten die hierop invloed hebben, geëvalueerd. Ook zijn bij de bedrijfseconomische evaluatie de uiteenlopende bedrijfsomstandigheden en verschillende w/k-installaties in beschouwing genomen.

Verzameling contracten

Uit voorgaand onderzoek (Van Leeuwen et al., 1992) is een overzicht verkregen op welke bedrijfstypen en locaties w/k-installaties in de glastuinbouw geplaatst zijn. Op basis hiervan is geïnventariseerd welke nutsbedrijven in Nederland w/k-installaties in de glastuinbouw geplaatst hebben. In Nederland zijn op dit moment 14 verschillende nutsbedrijven of overkoepelende organisaties die een warmteleveringscontract, behorende bij een w/k-installatie, aanbieden in de glastuinbouw. Bijna ieder nutsbedrijf of overkoepelende organisatie heeft een eigen warmteleveringscontract. Van ieder nutsbedrijf is een contract in onderzoek genomen. Daarnaast is geïnventariseerd of er verschillende contracten voorkwamen per nutsbedrijf. Indien dit het geval was, zijn er per nutsbedrijf willekeurig een aantal contracten verzameld. Hierdoor is de totale spreiding van de voorkomende contracten in het onderzoek meegenomen. Contracten uit het verzorgingsgebied van de volgende nutsbedrijven zijn in het onderzoek betrokken:

- Brabants projectbureau warmte/kracht (Obragas, Intergas, PNEM en NRE);
- N.V. Delta Nutsbedrijven;
- N.V. EDON (Energie-Distributiemaatschappij voor Oost- en Noord-Nederland; holding van EGD en IJsselmij);
- EMCN B.V. (Energie Maatschappij Centraal Nederland; samenwerking GCN N.V. en REMU N.V.);
- ENECO (Energiebedrijven Den Haag, Dordrecht en Rotterdam);
- Energie Delfland N.V.;
- Energiebedrijf Midden Holland N.V. (EMH);
- N.V. Energie- en Watervoorziening Rijnland (EWR);
- N.V. Energiebedrijf Rijswijk Leidschendam (ERL);
- N.V. Frigem;
- N.V. Maatschappij voor Elektriciteit en Gas Limburg (Mega Limburg);
- Nutsbedrijf Westland N.V.;
- N.V. NUON (Energie-onderneming voor Gelderland, Friesland en Flevoland);

- WKON N.V. (Warmte-kracht Ontwikkelingsmaatschappij Noord-Holland; organisatie van 10 Noord-Hollandse energiedistributiebedrijven).

Contractinventarisatie

In totaal zijn 43 contracten geïnventariseerd. Hiervan zijn er 40 warmteleveringscontracten, twee contracten betreffen een joint-venture tussen het nutsbedrijf en de afnemer en één contract betreft de verhuur van de w/k-installatie als energieproductiemiddel. De contracten handelen over bestaande installaties en het zijn op dat moment lopende contracten. Met 15 tuinders is overleg gepleegd over de inhoud van het contract en zaken die daarmee samenhangen. Ook is met een aantal vertegenwoordigers van nutsbedrijven gesproken of is nadere informatie opgevraagd. Daarnaast zijn ook de afrekeningen die maandelijks naar de afnemers verstuurd worden, in het onderzoek betrokken. Hierbij is van belang of de afrekening duidelijk is en of de afrekening overeenkomt met het gestelde tarief in het contract.

Bij de evaluatie zijn de belangrijkste aspecten die in de contracten voorkomen, geïnventariseerd. Door deze ingang te kiezen, kunnen per aspect de voorkomende zaken die in de contracten staan, naast elkaar gezet worden. Hierdoor wordt over de diverse aspecten beter vergelijkingsmateriaal verkregen en op deze wijze wordt tevens een zo volledig mogelijk beeld van alle belangrijke aspecten geschetst en van de factoren die daarin een rol spelen. De afzonderlijke nutsbedrijven en afnemers zijn hierbij niet herkenbaar.

De volgende aspecten zijn in beschouwing genomen: eigendomsverhoudingen en vergoedingen, warmteopslagtank, rookgascondensor, meetinrichting, onderhoud/controle, aansprakelijkheid, levering en afname, piekscheren, noodstroomaggregaat, duur van de overeenkomst, opzegtermijn en enkele overige zaken. Er is geïnventariseerd op welke wijze de betreffende aspecten in de contracten voorkomen.

Ook het aspect energiebesparing is in de evaluatie meegenomen. In de praktijk blijkt namelijk dat de mate waarin de w/k-installatie het tuinbouwbedrijf van warmte voorziet (warmte-dekkingsgraad) varieert van 11 tot 66%. Daarnaast zijn er verschillen in elektrisch en thermisch gebruiksrendement. De energiebesparing is daarmee per afnemer verschillend. Deze is afhankelijk van het thermisch vermogen van de w/k-installatie per m² kas, de CO₂- en warmte-intensiteit van het bedrijf, het gebruik van een rookgascondensor, het gebruik van de w/k-installatie in deellast en de eigenschappen van de motor (Verhoeven et al., 1995). In de contractinventarisatie is aan deze factoren aandacht besteed.

Bedrijfseconomische evaluatie

De contractinventarisatie geeft inzicht in een aantal zaken die een relatie hebben met de bedrijfseconomische evaluatie. Bij de bedrijfseconomische evaluatie is het bedrijfseconomisch voordeel van de afnemer bepaald. Dit is uitgevoerd door de situatie met warmtelevering te vergelijken met de situatie zonder warmtelevering. Hierdoor wordt duidelijk in welke mate er sprake is van bedrijfseconomisch voordeel. Dit voordeel zou getoetst kunnen worden met het "wervend tarief" (Wouters, 1984).

In de evaluatie zijn twee situaties tegen elkaar afgezet. Bij de situatie zonder warmtelevering wordt het tuinbouwbedrijf door de gasketel in de warmtebehoefte voorzien. Bij de situatie met warmtelevering wordt de w/k-installatie ingezet voor de basislast en wordt de gasketel gebruikt voor de aanvullende warmtevoorziening en de CO₂-voorziening.

Beide situaties (met en zonder warmtelevering) zijn bij iedere afnemer verschillend en zijn mede afhankelijk van de bedrijfsomstandigheden. In de situatie met warmtelevering speelt, naast de bedrijfsomstandigheden, ook het type w/k-installatie en de inhoud van het contract een rol. De verschillen tussen w/k-installaties, contracten en de bedrijven zorgen voor verschillen in het bedrijfseconomische voordeel. Daarnaast hebben ook economische factoren, zoals de aardgasprijs, invloed op het bedrijfseconomisch resultaat.

Ter bepaling van het bedrijfseconomisch voordeel is een principeberekening uitgewerkt. Hierbij staat de hoeveelheid warmte, geleverd door de w/k-installatie, en de tariefstelling centraal. Bij de bedrijfseconomische evaluatie worden de kosten voor de geleverde w/k-warmte vergeleken met de bespaarde kosten. Aan de hand hiervan wordt het financieel voordeel voor de afnemer op jaarbasis bepaald.

Er is gekozen voor een uitgangssituatie welke een indicatie is van de gemiddelde situatie die zich in de praktijk voordoet. Vervolgens zijn ook varianten hierop in beschouwing genomen. In de varianten worden verschillen in bedrijfsomstandigheden, type w/k-installatie, verschillen in de contracten en economische factoren in beschouwing genomen. Ook van enkele combinaties van deze varianten is het bedrijfseconomisch resultaat bepaald.

3. INVENTARISATIE CONTRACTASPECTEN

3.1 Inleiding

Bij plaatsing van een w/k-installatie wordt een schriftelijke overeenkomst gesloten waarin de rechten en plichten van nutsbedrijf en afnemer staan beschreven plus de voorwaarden waaronder warmte geleverd wordt. Zo'n contract behoort tweezijdig te zijn opgesteld en moet juridisch voldoen aan het Overeenkomstenrecht.

Een contract is een zakelijke overeenkomst, waarbij vertrouwen in principe geen rol speelt. In praktijk is dat niet altijd haalbaar. Soms zal een partij af moeten gaan op de interpretatie van de beter geïnformeerde partij. Zulke "morele risico's" ontstaan bijvoorbeeld als de afnemer "alles moet doen wat binnen haar bereik ligt" om de bedrijfsvoering van de w/k-installatie te optimaliseren of als de bepaling van piekuren "ter beoordeling van het nutsbedrijf" is (Hey, 1989).

Een contract geeft beide partijen een bepaalde zekerheid: je kunt er elkaar op aanspreken. Voor het nutsbedrijf is het met name van belang dat de continuïteit van de warmtelevering gewaarborgd is en dat de w/k-installatie in de piekuren zal draaien. De afnemer zal meer hechten aan de (meting van de) warmtelevering, het tarief en de prioriteitsvolgorde (w/k-installatie versus inschakeling van de ketel voor CO₂-dosering).

Vaak biedt het nutsbedrijf een conceptcontract aan. Bij enkele nutsbedrijven is er onderhandelingsruimte. Het is belangrijk dat de afnemer daar dan gebruik van maakt. Overigens is het opmerkelijk dat dertien van de veertig beschouwde warmteleveringscontracten niet zijn ondertekend terwijl de installatie al wel in gebruik is.

3.2 De inventarisatie

We hebben de belangrijkste aspecten van de veertig beschouwde contracten geïnventariseerd. Drie afwijkende contracten worden kort behandeld in bijlage 2. In principe kent elk contract drie onderdelen: de overeenkomst, algemene voorwaarden en een tarievenblad. Bij 14 van de beschouwde contracten is deze indeling van toepassing, bij 8 contracten zijn de drie onderdelen in één onderdeel gecombineerd. Daarnaast komen alle andere mogelijke samenvoegingen voor.

In de overeenkomst komen vaak de persoonlijke voorwaarden aan de orde rond bijvoorbeeld eigendom, geïnstalleerd vermogen, rookgascondensor, warmteopslag, duur van de overeenkomst, gebruik van de w/k-installatie als noodstroomaggregaat, enzovoort.

De *algemene voorwaarden* zijn de standaardvoorwaarden die voor elke afnemer gelijk zijn. Standaardvoorwaarden zijn schriftelijke conceptbedingen, welke zijn opgesteld om zonder onderhandelingen opgenomen te worden in te sluiten overeenkomsten (Hondius, 1978). Het betreft veelal begripsomschrijvingen, perceel/ruimte/plaatsing, onderhoud/controle, metingen, aansprakelijkheid, warmtelevering en -afname, inschakeling op piekuren, geschillen, ontbinding, tariefwijziging, afrekening en betaling, verbodsbepalingen, verplichtingen, enzovoort.

Het *tarievenblad* regelt de prijs van de afgenomen warmte of de aardgasvergoeding voor de geproduceerde elektriciteit.

In het onderstaande behandelen we de belangrijkste aspecten.

3.2.1 Eigendomsverhoudingen en vergoedingen

De w/k-installatie is altijd *eigendom* van het nutsbedrijf. De meeste contracten noemen dit expliciet. De rest stelt dat de warmte uit de installatie voor de afnemer beschikbaar is of dat de installatie verhuurd wordt aan de afnemer. Tien contracten reppen over een huurprijs. Deze loopt uiteen van f 1.200,- tot f 1.500,- per jaar. Soms zit die prijs verstopt in een huurbedrag voor de installatie inclusief de warmteopslagtank en dergelijke.

De ruimte waarin of de grond waarop de w/k-installatie geplaatst wordt, is eigendom van de afnemer. De helft van de contracten regelt dat het nutsbedrijf deze ruimte "om niet" kan gebruiken. Soms wordt hiervoor een apart recht van opstal afgesloten. In twee contracten betaalt het nutsbedrijf een vergoeding van f 180,- per jaar. Eén contract noemt een eenmalige vergoeding van f 27.500,-. In een ander contract betaalt het nutsbedrijf f 20.000,- voor de aanpassing van de ruimte. In één contract verkoopt de afnemer de grond waarop de w/k-installatie staat voor één gulden aan het nutsbedrijf onder het beding dat hij na beëindiging van het contract voor hetzelfde bedrag kan terugkopen. Eén contract rekent een eenmalige vergoeding voor de afnemer van f 17.500,- voor het gebruik van de ruimte en de warmteopslagtank en voor het uitvoeren van dagelijkse werkzaamheden. En één contract bedingt dat eventuele schade aan het perceel van de afnemer door het nutsbedrijf wordt hersteld of vergoed.

Ook worden *vergoedingen* afgesproken voor kosten die bij het aansluiten van de w/k-installatie worden gemaakt:

- in vijf contracten betaalt de afnemer daarvoor een eenmalige bijdrage: f 11.000,- en f 15.000,- (w/k-installatie), f 25.000,- (w/k-installatie plus rookgascondensor en -reiniger) en f 36.000,- en f 42.000,- (w/k-installatie plus rookgascondensor);
- in één contract betaalt de afnemer enkele bijkomende kosten, zoals het aanpassen van de regeling van de verwarming en voorzieningen voor pieklastregeling en aansluitleidingen;
- in één contract plaatst het nutsbedrijf een regelcomputer die daarna eigendom is van afnemer;
- in één contract vergoedt het nutsbedrijf de kosten voor het aanpassen van het computerprogramma.

Gesprekken met afnemers leren dat nutsbedrijven ook vergoedingen geven die *niet* in het contract staan, en dat afnemers ook kosten maken die niet vergoed worden:

- een afnemer krijgt een eenmalige vergoeding voor het gebruik van de ruimte van f 15.000,-, een ander f 35.000,-;
- een afnemer bouwt zijn schuur zodanig dat daarin een w/k-installatie past. Een ander bouwde daartoe 30 m² kas extra;
- een afnemer geeft f 6.000,- uit aan aanpassingen van aanvoer- en retourleiding en mengkleppen;
- een nutsbedrijf betaalt het computerprogramma voor de regeling van de w/k-installatie. Elders is aanpassing van de computer voor rekening van de afnemer (f 8.000,-);
- alarmmelder, telefoonaansluiting en aanpassing computerprogramma (samen f 3.000,-) zijn voor rekening van de afnemer.

Warmteopslagtank

De w/k-installatie kan aangesloten zijn op een tank, waarin warmte opgeslagen kan worden in perioden zonder warmtevraag. Gebruik van zo'n warmteopslagtank beperkt het aantal starts en stops van de w/k-installatie en maakt het mogelijk de installatie te gebruiken tijdens landelijke verrekenmomenten (zie paragraaf 3.2.6). Op de gasketel van het tuinbouwbedrijf kan ook een warmteopslagtank aangesloten zijn. Ook deze wordt gebruikt om warmte op te slaan in perioden zonder warmtevraag, maar dan om CO₂ te doseren met de ketel. Het eigendom van zo'n tank is als volgt te regelen:

- a. de tank is van het nutsbedrijf en de afnemer mag deze gebruiken voor warmteopslag in combinatie met CO₂-dosering;
- b. de tank is van het nutsbedrijf en is alleen gekoppeld aan de w/k-installatie;
- c. de tank is van de afnemer, en het nutsbedrijf mag de tank (of een deel ervan) tijdens landelijke verrekenmomenten gebruiken;
- d. zowel afnemer als nutsbedrijf bezitten een tank. De afnemer gebruikt beide in combinatie met CO₂-dosering en het nutsbedrijf gebruikt beide om de warmte van de w/k-installatie in op te slaan.

In de beschouwde contracten worden bovenstaande situaties niet duidelijk beschreven. In 18 gevallen is een warmteopslagtank aangesloten op de w/k-installatie, al staat dat niet altijd in het contract. In zes gevallen is de tank van het nutsbedrijf, in elf gevallen van de afnemer. In één geval hebben beiden een tank.

In twee gevallen waarin de tank in *eigendom van het nutsbedrijf* is, staat daarover niets in het contract. In de andere vier contracten geldt situatie a. De uitvoering verschilt:

- van oktober t/m maart moet de tank volledig beschikbaar zijn voor warmte uit de w/k-installatie. Eventueel kan na overleg warmte worden opgeslagen die vrijkomt bij de productie van CO₂. De rest van het jaar kan de afnemer de tank mede gebruiken. Het nutsbedrijf krijgt daarvoor een jaarlijkse vergoeding van f 34,- tot f 38,- per m³ tankinhoud (2 maal);

- het nutsbedrijf gebruikt 65% van de opslagcapaciteit en de afnemer 35%. Het nutsbedrijf ontvangt een vergoeding van f 56,- per m³ tankinhoud (1-maal);
- de afnemer houdt het hele jaar de capaciteit van de tank beschikbaar voor mogelijke landelijke verrekenmomenten (1-maal).

In de elf contracten waarin de tank in *eigendom van de afnemer* is, geldt situatie c. In drie contracten wordt de tank niet vermeld. In de overige acht verschilt de uitvoering:

- de afnemer houdt opslagcapaciteit beschikbaar voor landelijke verrekenmomenten en krijgt daarvoor geen vergoeding (1-maal);
- de afnemer stelt van oktober t/m maart 30% van de opslagcapaciteit beschikbaar voor het nutsbedrijf en de rest van het jaar 10%. Hij krijgt hiervoor geen vergoeding (1-maal);
- de afnemer stelt van november t/m maart 50 tot 200 m³ beschikbaar voor het nutsbedrijf (3-maal). Hij ontvangt daarvoor: f 500,- per m³ (eenmalig voor tien jaar); een bedrag per maand dat zit verrekend in de maandelijkse vergoeding voor huur van de ruimte en dagelijkse werkzaamheden; de eigendom van de tank zelf in ruil voor eenmalig f 500,- per m³;
- de afnemer stelt van november t/m maart de helft van de tankcapaciteit beschikbaar voor het nutsbedrijf. De rest van het jaar doet hij dat alleen als de CO₂-vraag dit toelaat. Hij ontvangt hiervoor (eenmalig voor tien jaar) f 560,- per m³ (1-maal);
- de afnemer zorgt dat het nutsbedrijf van oktober t/m maart steeds warmte kan opslaan in de tank. De rest van het jaar mag hij er zelf zoveel mogelijk warmte in opslaan (2-maal). De een ontvangt hiervoor f 600,- per m³ (eenmalig voor tien jaar), het andere contract noemt geen vergoeding.

In het geval waarin afnemer en nutsbedrijf een tank hebben, is sprake van situatie d. Beide tanks zijn aangesloten op zowel w/k-installatie als ketel en zowel afnemer als nutsbedrijf gebruiken beide tanks. In het betreffende contract worden de tanks niet genoemd. Situatie b komt in de beschouwde contracten niet voor.

Rookgascondensor

Een rookgascondensor kan het thermisch gebruiksrendement van een w/k-installatie met 5 tot 7% doen toenemen (Verhoeven et al., 1995). In dit onderzoek komen er acht voor: vijf in eigendom van het nutsbedrijf en drie van de afnemer.

Bij de condensors in *eigendom van het nutsbedrijf* wordt de vrijkomende warmte verschillend afgerekend:

- a. de afnemer huurt de condensor in één huurbedrag met w/k-installatie en/of de warmteopslagtank. De warmte wordt niet in rekening gebracht (2-maal);
- b. de warmte komt gratis ter beschikking van de afnemer. De warmte wordt overigens niet gemeten (1-maal);

- c. de warmte wordt afgerekend volgens het warmtetarief (1-maal);
- d. de warmte wordt voor de helft afgerekend volgens het warmtetarief omdat deze laagwaardige warmte niet altijd door de afnemer te gebruiken is (1-maal).

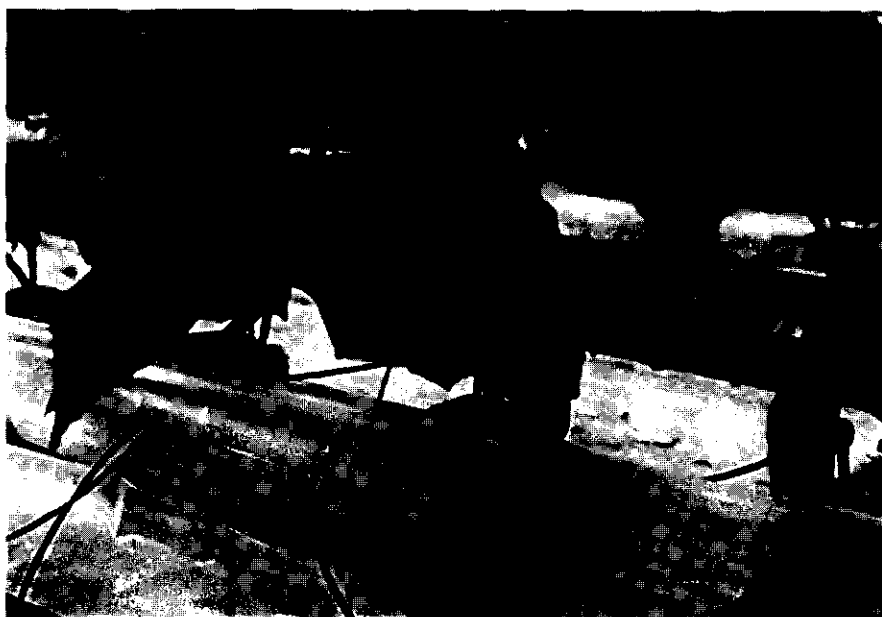
Het verrekenen van de warmte (c en d) vergt een extra warmtemeter (f 2.500,- tot f 6.000,- exclusief montage). Het nutsbedrijf bespaart zich deze kosten als de afnemer de rookgascondensor koopt of huurt (a).

Bij condensors in *eigendom van de afnemer* investeert de afnemer en krijgt de vrijkomende warmte gratis.

Voor een goede werking van de rookgascondensor is aansluiting op een verwarmingsnet met een lage temperatuur van belang. De contracten melden hier niets over. Uit een gesprek met één afnemer blijkt het nutsbedrijf in zo'n laag temperatuurnet te hebben geïnvesteerd terwijl de afnemer de arbeid leverde voor de aanleg ervan.

Rookgasreiniger

De rookgassen uit een w/k-installatie bevatten te veel schadelijke elementen voor planten om ze te kunnen gebruiken voor CO₂-dosering: met name de elementen NO_x (stikstofoxyden), C₂H₄ (etheen) en CO (koolmonoxyde). De tuin-der gebruikt daarom liever de rookgassen van de ketel, wat ten koste gaat



CO₂ darm; door rookgasreiniging worden de rookgassen van de w/k-installatie geschikt voor CO₂ dosering. Dit geeft een hogere energiebesparing

Foto: Sandra Verhoeven

van een hoge warmtedekkingsgraad (van de w/k-installatie) en daarmee van de energiebesparing. Rookgasreiniging is daarom wenselijk. Er zijn twee systemen op de markt: met ureuminjectie of met een driewegkatalysator.

Eén contract voorziet in een rookgasreiniger die door de afnemer gehuurd wordt van het nutsbedrijf. De prijs is inbegrepen in de huurprijs van de w/k-installatie en de warmteopslagtank. Als in de toekomst meer rookgasreinigers toegepast worden vereist dat - net als voor w/k-installaties - duidelijke contracten.

3.2.2 Meetinrichting

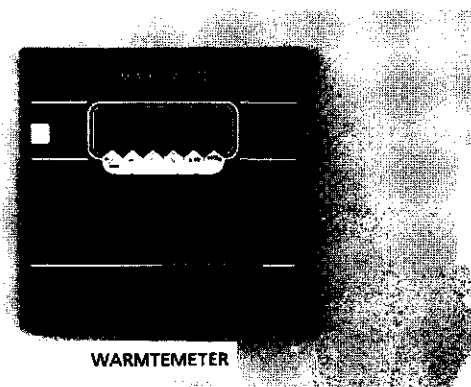
De geleverde warmte of de afgenomen elektriciteit en het aardgasverbruik worden gemeten. De metingen komen in het contract aan bod. We maken onderscheid tussen directe en indirecte metingen.

Directe meting

Bij directe meting wordt de hoeveelheid warmte gemeten. Dit komt voor bij 22 contracten. Een warmtemeting sommeert het momentane product van de waterstroom en het temperatuurverschil. Dit vereist een watervolumemeting (flowmeting), twee temperatuurmetingen en een rekeneenheid, meestal uitgedrukt in GJ of kWh.

Een probleem bij de directe methode vormen de mogelijke meetfouten bij met name de flowmeting. Die fouten kunnen ontstaan door foutieve inbouw van de meter of door vervuiling met magnetiet dat ontstaat door reactie van ijzer- en zuurstofdeeltjes. Een goede inbouw en regelmatige controle kunnen dit nadeel beperken.

Ook in de temperatuurmeting kan een fout zitten. Deze fout is vooral bij kleine temperatuurverschillen relatief groot. Gelukkig komen kleine temperatuurverschillen relatief weinig voor.



Directe warmtemeting laat direct het product (warmte) zien

Foto: Sandra Verhoeven

Indirecte meting

Bij 18 contracten is sprake van indirecte meting. Hierbij meet men alleen het verbruik van aardgas en/of elektriciteit. Hierbij zijn twee principes mogelijk:

- de hoeveelheid warmte wordt berekend op basis van de gas- en/of elektriciteitsmeting (11 contracten);
- de afnemer betaalt het verbruikte aardgas en krijgt van het nutsbedrijf een vergoeding voor de geproduceerde elektriciteit (7 contracten).

Het aardgasverbruik wordt gemeten met een EVHI-gasmeter (Elektronisch Volume Herleidings Instrument) of een conventionele gasmeter. Geen enkel contract vermeldt welke gasmeter gebruikt wordt. Een EVHI-gasmeter corrigeert voortdurend voor gasdruk en -temperatuur en is daarmee nauwkeuriger dan een conventionele gasmeter, waarbij de hoeveelheid gas eenmalig herleid wordt door deze met een gemiddelde druk en temperatuur over een maand te corrigeren.

Bij de elektriciteit moet onderscheid gemaakt worden tussen bruto- en nettometing. Bruto is de totale geproduceerde hoeveelheid. Aftrek van het eigen verbruik (de elektrische consumptie van de randapparatuur van de w/k-installatie) geeft de nettoproductie. In de beschouwde contracten is het meestal onduidelijk welk soort meting wordt toegepast. De brutometing is de beste maat voor de belastingconditie van de w/k-installatie en daarmee in principe de beste maat om de warmteproductie van de w/k-installatie vast te stellen.

Elektriciteits- en gasmeters zijn aanzienlijk goedkoper dan warmtemeters. Bovendien is er voor warmtemeting geen ijkwet. Nadeel van indirecte meting is dat ze gebruik maakt van normen en omrekeningen die per tuinbouwbedrijf en w/k-installatie verschillen. Zo loopt het elektrisch gebruiksrendement in praktijk uiteen van 28 tot 36% en het thermisch gebruiksrendement van 47 tot 60% (Verhoeven et al., 1995). Ook gebruik van de w/k-installatie in deellast en veel starts en stops geven afwijkingen. De warmte/kracht-verhouding varieert als de installatie in deellast draait en bij iedere start/stop treden opwarmverliezen op. De gehanteerde normen kunnen zo nogal afwijken van de werkelijkheid. In de praktijk is een trend waar te nemen dat er steeds meer directe meting toegepast wordt in plaats van indirecte meting.

Meetafwijking

Iedere meter kan een afwijking hebben. Fabrikanten geven hun garanties bovendien binnen een bepaald meetbereik: daarbuiten kan de afwijking groter zijn. Het is belangrijk dat het meetbereik en meting goed op elkaar zijn afgestemd.

Van de 18 contracten met *indirecte meting* zeggen er 12 niets over afwijkingen. Volgens vier contracten mag de afwijking niet groter zijn dan "de normen van het nutsbedrijf" die verder niet gespecificeerd worden. Eén contract rept over maximaal 1,5% binnen het meetbereik en één contract houdt de maximale afwijking aan die de fabrikant van de elektriciteitsmeter garandeert.

Een knelpunt voor de *directe warmtemeting* is dat er geen wettelijke norm is voor warmtemeters. In Duitsland is die er wel (PCB-norm BG1 Nr. 152/1950). Deze wordt in twee contracten gehanteerd. Ook de Centrale Euro-

pese Normcommissie (CEN) heeft een norm voor de afwijking van warmtemeters (NEN-EN 1434). Beide normen gelden voor warmtemeters af-fabriek. Bij de gebruiker geldt de gebruiksfoutengrens en mogen de onnauwkeurigheden het dubbele bedragen van de norm. In praktijk betekent dit dat bij een temperatuurverschil van 30°C een afwijking van 10% nog toelaatbaar is (zie tabel 3.1).

Tabel 3.1 Toegestane relatieve fouten van de warmtemeters bij het verlaten van de fabriek en bij de gebruiker (PTB-norm)

Temperatuurverschil	Toegestane fout bij verlaten fabriek (%)	Toegestane gebruikersfout (%)
Kleiner dan 10°C	± 8	± 16
Tussen 10 en 20°C	± 7	± 14
Groter dan 20°C	± 5	± 10

Bron: Haskoning (1994).

In de 22 contracten met directe warmtemeting verschilt de toegestane afwijking sterk (tabel 3.2). Een wettelijke norm zou hier meer duidelijkheid geven, al biedt die nog geen oplossing voor verkeerde inbouw van de warmtemeter.

Daarnaast is het belangrijk dat het nutsbedrijf continue meting uitvoert van gas, elektriciteit en warmte. Hierdoor worden meetfouten tijdig gesignaleerd en kan betere herberekening plaatsvinden.

Tabel 3.2 Toegestane afwijking van de warmtemeter (directe warmtemeting)

Toegestane afwijking	Aantal contracten
Niet vermeld	4
5% over afgelezen waarde	3
1,5% over het meetbereik	3
Volgens Duitse PTB-norm	2
1% van de (door de fabrikant) gegarandeerde maximale afwijking	2
0% van de (door de fabrikant) gegarandeerde maximale afwijking	2
IJkgeregeling voor warmtemeters, zoals die voor het nutsbedrijf geldt	2
Volgens normen van het nutsbedrijf	1
2% over totaalafwijking meetinrichting	1
2% (hierin is niet vermeld waarover de 2% afwijking mag gelden)	1
2% van de (door de fabrikant) gegarandeerde maximale afwijking	1
Totaal	22

Gevolgen van een meetafwijking

Bij twijfel over de juistheid van een meting kunnen partijen verlangen dat de meetinrichting wordt onderzocht. Hoe en door wie is niet altijd duidelijk. In 26 gevallen is wel bepaald dat het onderzoek voor rekening komt van degene die erom vraagt. Als de afwijking groter is dan toegestaan, betaalt het nutsbedrijf het onderzoek.

Een controle van de meetinrichting geeft overigens geen uitsluitsel over het moment waarop de afwijking is ingegaan. Hierbij speelt het een rol of het gaat om een systematische fout (bijvoorbeeld een defecte meter) of een afwijking die geleidelijk is ontstaan door bijvoorbeeld vervuiling.

In 28 contracten wordt iets gezegd over onjuiste metingen:

- als bij onderzoek de afwijking groter blijkt dan toegestaan, stelt het nutsbedrijf de omvang van de levering vast over de periode dat de meetinrichting afweek (24-maal). In 14 gevallen wordt daar wel een maximum aan gesteld: één maand (4-maal), twee maanden (2), een jaar (3) of twee jaar (5), steeds terugrekenend vanaf het moment dat het onderzoek verlangd werd.
Als het onderzoek geen hanteerbare maatstaf oplevert, stelt nutsbedrijf de omvang vast in overleg met afnemer (22-maal). Maatstaf daarbij is de levering in hetzelfde tijdvak van vorig jaar; het gemiddelde van het vorige en komende tijdvak; of een andere billijke maatstaf. In twee contracten kijkt men naar de verbruikte hoeveelheid gas en/of geproduceerde elektriciteit evenals het thermisch en/of elektrisch rendement van de w/k-installatie. Hierbij is onduidelijk of het een momentaan of een gebruiksrendement betreft;
- in drie contracten vindt aan de hand van de herijk een herberekening plaats vanaf tijdstip waarop die herijk verlangd werd, ten hoogste twee maanden ervoor. In andere gevallen wordt de hoeveelheid, na overleg met de afnemer, door het nutsbedrijf geschat;
- in één geval vindt herberekening plaats aan de hand van de uitkomst van het onderzoek tot ten hoogste een jaar voor het moment van onderzoek.

In 28 contracten wordt vermeld dat de kosten van de meetinrichting en het onderhouden/vervangen hiervan voor rekening van het nutsbedrijf komen. De rest van de contracten zegt hier niets over.

3.2.3 Onderhoud/controle

Het onderhoud en de controle van de w/k-installatie komt in alle contracten voor rekening van het nutsbedrijf. Volgens zes contracten moet dat zoveel mogelijk in overleg met afnemer plaatsvinden. In twee gevallen worden de instructies van het nutsbedrijf hierbij als norm genoemd. Het onderhoud en de controle van de warmtetoevoerleidingen van de afnemer is in zeven contracten voor rekening van de afnemer. De overige contracten melden hier niets over.

In 16 contracten is vastgelegd dat de afnemer de dagelijkse controle uitvoert. Dit betreft veelal de visuele controle van oliepeil en/of koelwater, mel-

ding van storingen of calamiteiten en het noteren van meetwaarden in een logboek. In twee gevallen krijgt de afnemer hiervoor een financiële vergoeding van f 100,- respectievelijk f 125,- per maand. De overige 14 contracten noemen geen vergoeding; hier komt de dagelijkse controle dus voor rekening van de afnemer. In 24 contracten staat niets over dagelijkse controle. Toch leert navraag dat enkele afnemers relatief veel tijd (1 à 2 uur per week) besteden aan naloopwerk. Dit wordt dus niet vergoed.

3.2.4 Aansprakelijkheid

Door de levering van warmte of door de w/k-installatie zelf kan schade ontstaan:

- aan personen of goederen door (werkzaamheden aan) de w/k-installatie;
- aan de w/k-installatie;
- aan gewas of bedrijfsgebouwen door brand of explosie;
- aan het gewas door schadelijke stoffen in de rookgassen.
- aan het gewas, door onderbreking of beperking van warmtelevering.

Bij schade moet duidelijk zijn wie aansprakelijk is. Alle beschouwde contracten bevatten daar een artikel over. Het is het duidelijkste als contractueel vastligt welke persoon of instantie aansprakelijk is voor welk schadegeval en hoe deze schade financieel afgewikkeld wordt. Maar in de praktijk loopt de benadering erg uiteen.

In het Burgerlijk Wetboek (Boek 6, Artikel 185-193) is de productaansprakelijkheid wettelijk geregeld. Hierin wordt de producent aansprakelijk geacht voor schade veroorzaakt door een gebrek in zijn product.

Aansprakelijkheid nutsbedrijf

Volgens 32 van de 40 contracten is het nutsbedrijf niet aansprakelijk voor schade door onderbreking, beperking of verhindering van de warmtelevering, tenzij sprake is van opzet of grove schuld. Voor een afnemer betekent dit dat hij naast de w/k-installatie voldoende warmteproducerend vermogen moet hebben.

Volgens één contract is het nutsbedrijf aansprakelijk voor schade door onderbreking van warmtelevering, tenzij het aannemelijk maakt dat het geen schuld heeft. De bewijslast ligt hier dus bij het nutsbedrijf.

In 29 contracten is het nutsbedrijf niet aansprakelijk voor schade die door de geproduceerde warmte en/of elektriciteit veroorzaakt wordt. In één contract is het nutsbedrijf daar wel aansprakelijk voor, tenzij het geen schuld heeft.

In 23 contracten is het nutsbedrijf niet aansprakelijk voor letsel of schade aan personen of goederen door (werkzaamheden aan) de w/k-installatie, keuringen of controles of het achterwege laten daarvan of door het geven van adviezen. Dit behoudens opzet of grove schuld. In vier contracten is het nutsbedrijf voor deze zaken wel aansprakelijk, tenzij de schade niet is toe te rekenen aan het nutsbedrijf.

In vier contracten is het nutsbedrijf aansprakelijk voor schade aan de verwarmingsinstallatie van de afnemer door chemische bestanddelen in het water

dat als overdrachtsmedium voor warmte wordt gebruikt, tenzij het nutsbedrijf aannemelijk maakt dat sprake is van opzet of grove schuld van de afnemer.

Reparaties aan de w/k-installatie zijn volgens vier contracten voor rekening van afnemer als die reparatie hem is toe te rekenen (door handelen of nalatigheid van de afnemer). In de rest van de contracten is onduidelijk voor wiens rekening reparaties komen. Verder worden onderstaande aansprakelijkheden één tot drie keer genoemd:

- het nutsbedrijf is aansprakelijk voor schade door gebrekkig onderhoud, tenzij aannemelijk is dat het geen schuld heeft;
- de afnemer vrijwaart het nutsbedrijf tegen eventuele aanspraken van derden, tenzij sprake is van opzet of grove schuld;
- schade aan de aansluiting is voor rekening van het nutsbedrijf, tenzij opzet of grove schuld van de afnemer in het geding is;
- het nutsbedrijf is niet aansprakelijk voor hinder door trillingen of geluid door of in verband met de levering van warmte of elektriciteit;
- één contract verwijst naar de productaansprakelijkheid, zoals geregeld in het Burgerlijk Wetboek (Boek 6, Artikel 185-193). Hier wordt de producent aansprakelijk gesteld voor schade veroorzaakt door een gebrek in zijn product;
- het nutsbedrijf is niet aansprakelijk voor het onderbreken van de elektriciteitslevering tijdens het functioneren van de w/k-installatie als noodstroom-aggregaat.

Aansprakelijkheid afnemer

Ook de afnemer kan voor bepaalde schade aansprakelijk gesteld worden. In elf contracten is hij niet aansprakelijk voor schade aan de w/k-installatie, behoudens opzet of grove schuld. In tien contracten is hij aansprakelijk voor schade aan de w/k-installatie, personen of zaken, tenzij hij aannemelijk maakt dat de schade hem niet valt toe te rekenen. In vijf contracten is de afnemer aansprakelijk voor schade aan de w/k-installatie, personen of zaken, die gevolg is van opzet, grove schuld of onoordeelkundig handelen. De overige contracten zeggen niets over de aansprakelijkheid van de afnemer.

Termijn voor melding van schade

Voor de melding van schade bij het nutsbedrijf loopt de termijn in 14 contracten uiteen van twee maanden (2-maal), vier weken (3), en één week (7) tot "zo spoedig mogelijk" (2). Als de afnemer aannemelijk kan maken dat het niet eerder kon, mag zo'n termijn overschreden worden. De overige contracten zeggen niets over schademelding.

Schadevergoeding

In 24 contracten wordt iets gezegd over schadevergoedingen.

In 18 contracten staat dat het nutsbedrijf nooit vergoeding hoeft te geven voor immateriële schade of bedrijfsschade zoals winstderving of schade door het niet kunnen uitoefenen van een beroep.

Drie contracten noemen een maximum van 2 miljoen gulden per gebeurtenis. In zes contracten is dat maximum 5 miljoen. In twee contracten wordt

een onrechtmatige daad vergoed tot maximaal 0,5 miljoen. In één contract wordt de schade per gebeurtenis gespecificeerd: bij letsel maximaal 1 miljoen gulden, bij schade aan de verwarmingsinstallatie maximaal f 50.000,- en bij schade aan andere goederen maximaal f 2.500,-.

Verzekering

Men kan zich voor aansprakelijkheid verzekeren. Het is belangrijk dat de contractanten van elkaar weten waarvóór ze verzekerd zijn. In 37 contracten wordt daar niets over vermeld.

Twee contracten melden dat het nutsbedrijf verzekerd is voor brand- en machinebreukschade. En in één contract verplicht het nutsbedrijf zich "de w/k-installatie te verzekeren tegen schade door verlies en beschadiging onder andere ten gevolge van brand". Eén contract bepaalt ten aanzien van de aansprakelijkheid van de afnemer dat het nutsbedrijf daarvoor een verzekering kan verlangen.

Schade door brand of explosie is via de gewasverzekering en de bedrijfsgebouwenverzekering al verzekerd. Een w/k-installatie wordt dan beschouwd als een van buiten komend onheil.

De gewasverzekering verzekert niet voor gewasschade door rookgassen uit de w/k-installatie. Het is technisch mogelijk om rookgassen uit een w/k-installatie te reinigen voor CO₂-dosering. Maar als bij dosering van deze rookgasen gewasschade ontstaat, is dat nog niet te verzekeren. De Hagelunie, een belangrijke verzekeraar in de glastuinbouw, onderzoekt momenteel wel de mogelijkheden hiertoe: de kwaliteit van beveiligings- en meetapparatuur op de rookgasreiniger speelt hierbij een belangrijke rol.

3.2.5 Levering en afname

Qua levering en afname van warmte uit w/k-installaties vallen diverse zaken te regelen.

Prioriteitsvolgorde en CO₂-dosering

CO₂-dosering wordt toegepast om de groei van het gewas te stimuleren. Hierbij krijgt de w/k-installatie concurrentie van de ketel, omdat de rookgassen van de ketel worden gebruikt om CO₂ te doseren. In 22 contracten wordt CO₂-dosering besproken:

- warmteafname uit de w/k-installatie heeft de hoogste prioriteit, tenzij dit in verband met CO₂-dosering niet gewenst is (17-maal);
- warmteafname uit w/k-installatie en warmteopslagtank heeft de hoogste prioriteit, tenzij dit in verband met het CO₂-dosering niet gewenst is (2-maal);
- warmteafname uit de w/k-installatie heeft de hoogste prioriteit, waarbij CO₂-dosering 's zomers voorrang heeft;
- in één contract krijgt CO₂-dosering de hoogste prioriteit vóór afname van warmte uit de eigen w/k-installatie. Afname van warmte uit de w/k-installatie van het nutsbedrijf staat daar derde.

In 14 contracten krijgt de warmteafname uit de w/k-installatie de hoogste prioriteit zonder dat iets over CO₂-dosering gezegd wordt.

Minimum warmteafname

In 12 contracten is de afnemer verplicht de w/k-installatie minimaal 2.000 tot 4.000 uren per jaar vollast in bedrijf te hebben. Soms op straffe van een vergoeding. Acht contracten definiëren die vergoeding als de inkomstendering voor het nutsbedrijf. Er staat niet bij hoe die inkomstendering bepaald wordt.

Gelijkmatige warmteafname

Volgens zeven contracten moet de afnemer instaan voor een zo gelijkmatig mogelijke warmteafname, zodat de goede werking van de w/k-installatie niet in gevaar wordt gebracht. Die gelijkmatigheid wordt niet nader omschreven.

Maximale aanvoertemperatuur

Volgens enkele contracten moet de afnemer zorgen dat het aanvoerwater naar de w/k-installatie beneden een bepaalde temperatuur blijft. Dit maximum loopt uiteen van 70°C (4-maal), 72°C (1) en 76°C (2) tot 80°C (5).

Bestemming w/k-warmte

In twee contracten is de afnemer verplicht de warmte uit de w/k-installatie louter te gebruiken voor het eigen bedrijf.

3.2.6 Piekscheren

De elektriciteit wordt in Nederland geproduceerd door vier regionale bedrijven, verenigd in de N.V. Samenwerkende elektriciteitsproductiebedrijven (SEP). De nutsbedrijven kopen hun elektriciteit van de SEP en distribueren deze onder hun consumenten. De totale afname in Nederland wordt continu gemeten en jaarlijks wordt achteraf bepaald tijdens welke vier kwartieren de grootste elektriciteitsafname plaatsvond. Dit zijn de landelijke "verrekenmomenten". Een belangrijk deel van de kosten van de elektriciteitsproductie worden verrekend naar rato van het afgenomen vermogen in deze landelijke verrekenmomenten. Voor een nutsbedrijf is het dus aantrekkelijk om tijdens deze verrekenmomenten zelf elektriciteit op te wekken met een w/k-installatie. Omdat het precieze tijdstip van zo'n landelijk verrekenmoment niet vooraf bekend is, proberen de nutsbedrijven de afname in Nederland zo goed mogelijk te volgen om op het goede moment "de pieken te scheren".

Dat wordt een probleem als op zo'n verrekenmoment op het tuinbouwbedrijf *geen warmtevraag is of als de ketel al in de warmtebehoefte voorziet* (omdat de rookgassen hiervan voor CO₂-dosering worden gebruikt). Als het nutsbedrijf dan toch de w/k-installatie wil inschakelen, kan dat botsen met de belangen van de afnemer. Hierbij spelen twee aspecten. Waar blijft de vrijkomende warmte (deze moet immers afgevoerd worden) en hoe wordt die verrekend? En hoeveel uren per jaar mag een nutsbedrijf de w/k-installatie inschake-

len als de afnemer geen warmte nodig heeft? De volgende aspecten komen in de contracten aan bod:

- de tijdens piekscheren geproduceerde warmte moet afgenomen worden maar er is geen vergoeding voor verschuldigd (3-maal). Dit suggereert dat ook in geval van warmtevraag geen vergoeding verschuldigd is, maar in praktijk wordt de warmte die naar de kas of de warmteopslagtank gaat wel afgerekend;
- de geproduceerde warmte wordt opgeslagen in een warmteopslagtank. Als deze vol is, wordt de rest afgelucht en wordt de afnemer schadeloosgesteld. De praktische uitvoering hiervan is niet vermeld (3-maal);
- de geproduceerde warmte gaat naar de warmteopslagtank. Deze warmte wordt ook in rekening gebracht. Er wordt niet vermeld wat er gebeurd als deze tank vol is (1-maal);
- als de afnemer de geproduceerde warmte niet nodig heeft, gaat deze naar de warmteopslagtank (3-maal) of er staat niets over (7-maal). Wel is vastgelegd dat het gasverbruik van de w/k-installatie wordt vergoed of dat de warmte niet in rekening wordt gebracht. Hoe dit wordt bepaald, is niet vermeld (10-maal).
Daarnaast stellen deze contracten dat de afnemer de inkomensderving van het nutsbedrijf moet vergoeden als hij tijdens een landelijk verrekenmoment de w/k-installatie niet in gebruik heeft of geen elektriciteit aan het openbare net levert. Tenzij hij kan aantonen dat zulks hem niet valt toe te rekenen;
- als de afnemer de geproduceerde warmte niet nodig heeft, zijn de productiekosten voor het nutsbedrijf (4-maal). Waarschijnlijk worden hier de aardgaskosten bedoeld. In één van deze contracten staat bovendien dat de warmte dan weggekoeld wordt. Er staat niet bij hoe dat gebeurt;
- de w/k-installatie mag altijd warmte produceren. Als de afnemer die warmte niet nodig heeft, wordt hij schadeloosgesteld. Uit gesprekken met deze afnemers bleek dat de geproduceerde warmte naar een warmteopslagtank gaat;
- in 17 contracten wordt niet vermeld waar de warmte blijft. Uit gesprekken met tien van deze afnemers bleek de warmte in zes gevallen naar de warmteopslagtank te gaan en afgerekend te worden. In één geval ging de warmte eerst in de tank en als deze vol was via een noodkoeler naar buiten. In één geval werd de warmte via de noodkoeler afgevoerd, in twee gevallen werd ze afgelucht, waarvan in één geval 55% van het gasverbruik werd vergoed.

Het *maximale aantal uren* dat de w/k-installatie door het nutsbedrijf aangestuurd mag worden voor piekscheren is in 31 contracten vermeld. In 19 contracten mag het altijd, ook als de afnemer CO₂ aan het doseren is. In zes contracten mag het altijd, behalve als de afnemer met de ketel CO₂ wil doseren. Twee contracten stellen een maximum van 500 uren per jaar, één contract 200 uren per jaar tussen 8.45 en 18.30 uur, en twee contracten 400 uren per jaar tijdens de plateau-uren. In twee contracten staan maxima van 250 en 100 uur. De overige 9 contracten zeggen niets over piekscheren.

3.2.7 Noodstroomaggregaat

De meeste tuinbouwbedrijven hebben een noodstroomaggregaat voor eventuele stroomuitval. Dat is ook verplicht in geval van een gewasverzekering. Een w/k-installatie is, na enkele technische aanpassingen, als noodstroomaggregaat toe te passen. Dat vergt onder andere een aansluiting op het elektriciteitsnet van de afnemer en een voorziening waardoor de stroom gestabiliseerd wordt.

Uit de contracten en gesprekken met afnemers blijkt dat 15 w/k-installaties te gebruiken zijn als noodstroomaggregaat. De prijs die het nutsbedrijf vraagt voor de aanpassing loopt erg uiteen en staat niet altijd in de contracten. In twee gevallen was het gratis. In de andere gevallen loopt het uiteen van f 4.200,- tot f 10.000,- als eenmalige bijdrage. Eén contract voorziet in een huurprijs van f 1.200,- per jaar voor de w/k-installatie inclusief gebruik als noodstroomaggregaat. Eén contract meldt een huurprijs van f 1.800,- per jaar voor het gebruik als noodstroomaggregaat (exclusief de huur van de w/k-installatie).

3.2.8 Duur van de overeenkomst en opzegtermijn

Contractduur en opzegtermijn zijn voor beide partijen van belang voor de bedrijfszekerheid. Daarnaast speelt de keuzevrijheid van de afnemer een rol, bijvoorbeeld als andere warmtebronnen technisch beter ontwikkeld worden of als de w/k-installatie economisch of technisch onvoldoende voordelen biedt (Benninga, 1987).

Tabel 3.3 Verdeling contracten naar contractduur, verlengingsduur en opzegtermijn

Periode (jaren)	Duur van het contract (aantal contracten)	Verlengingsduur van het contract (aantal contracten)	Opzegtermijn (aantal contracten)
¼	-	-	6
½	-	-	17
1	3	25	13
2	1	5	-
3	1	-	-
5	7	-	-
10	23	-	-
15	1	-	-
Onbepaalde tijd	1	4	-
Niet vermeld	3	2	4
Wordt later besproken a)	-	4	-
Totaal	40	40	40

- = niet van toepassing.

a) De verlenging van het contract wordt aan het einde van de contractduur besproken.

In 37 contracten staat een contractduur, variërend van één tot vijftien jaar. Daarbij voorzien er 34 in stilzwijgende verlenging als het contract niet tevoren is opgezegd. In enkele gevallen wordt de verlenging niet vermeld.

De opzegtermijn varieert van drie maanden tot één jaar (tabel 3.3). Bij voortijdige opzegging moet de afnemer in enkele gevallen een vergoeding betalen voor de plaatsings- of verwijderingskosten. De hoogte hiervan is niet beschreven. Wel wordt gemeld dat ze lineair afneemt met het aantal voltooide contractjaren.

Gesprekken met afnemers leerden dat een nutsbedrijf soms een vernieuwd contract aanbiedt. Soms gebeurde dat meermalen zonder dat daarvoor een reden werd gegeven. Voor de afnemer kan dit zeer verwarrend zijn.

Volgens alle contracten is het nutsbedrijf gerechtigd het contract als ontbonden te beschouwen als de afnemer in staat van faillissement is. In 26 gevallen worden contracten ontbonden geacht als de afnemer zijn (betalings)verplichtingen niet nakomt, in 27 gevallen als de afnemer zijn bedrijf beëindigt en in vier gevallen als de aansluiting en/of de w/k-installatie telooft of zodanig beschadigd is dat herstel niet verantwoord is.

3.2.9 Overige zaken

- Verplichtingen. In 18 contracten verplicht het nutsbedrijf zich de levering naar beste vermogen na te komen en eventuele storingen in de warmtelevering zo snel mogelijk op te heffen.
- Geschillen. Volgens de meeste contracten worden geschillen voorgelegd aan een arbitragecommissie. Meestal moet een klacht eerst schriftelijk zijn gemeld bij het nutsbedrijf. Enkele contracten regelen niets over geschillen.
- Eén contract noemt het toegestane geluidsniveau.
- Eén contract regelt dat het terrein van de tuinder na verwijdering van de w/k-installatie in oude staat teruggebracht wordt.
- Eén contract stelt dat de afnemer het financiële voordeel ontvangt van minimaal 3.000 draaiuren per w/k-installatie per jaar. Dit voordeel is niet exact omschreven.

3.2.10 De rekening

Bij de bedrijfsbezoeken bleek dat de opbouw van de rekening niet altijd duidelijk is en bovendien niet altijd conform het contract.

Duidelijkheid

Op een duidelijke rekening zijn de meterstanden en de contractuele tariefstelling terug te vinden. De opbouw en de terminologie zijn logisch en sluiten aan op de woordkeus van de afnemer. Bij de getallen staan de juiste eenheden. In 23 gevallen wordt daaraan voldaan. Elders komen diverse onduidelijkheden voor:

- 9 rekeningen noemen geen meterstanden;
- 6 rekeningen noemen de prijs per GJ zonder dat duidelijk is welk gastarief, kortingspercentage en ketelrendement daarin verwerkt zijn;
- in 4 gevallen geeft het nutsbedrijf een vergoeding voor de geleverde elektriciteit, maar wordt geen stand van de elektriciteitsmeter vermeld;
- op 4 rekeningen wordt de geleverde hoeveelheid warmte direct uitgedrukt in m³ aardgas. De rekening geeft geen meterstanden en geen omrekening;
- op 2 rekeningen wordt de w/k-warmte, uitgedrukt in m³ aardgas, gedeeld door de calorische waarde van aardgas en daar vervolgens weer mee vermenigvuldigd, zodat de oorspronkelijke hoeveelheid weer verschijnt. Dit geeft onnodig veel getallen.

Overeenkomst rekening en contract

Twee rekeningen passen een andere tariefstelling toe dan in het contract is afgesproken. In het ene geval betreft het indirecte in plaats van de vastgelegde directe meting. In het andere geval betreft het 20% korting terwijl het contract 10% vermeldt.

4. TARIEFSTELLINGEN

4.1 Inleiding

De tariefstelling van warmte maakt onderdeel uit van het warmteleveringscontract en verschilt per nutsbedrijf. Per nutsbedrijf kan ook de tariefstelling per tuinder variëren. Aldus betalen afnemers verschillende prijzen voor dezelfde hoeveelheden warmte.

We maken hier een tweedeling naar directe en indirecte warmtemeting. De tariefstellingen worden hierbij in dezelfde vorm weergegeven, zodat de vergoeding voor de afgenomen warmte duidelijk naar voren komt ($1 \text{ kWh} = 0,0036 \text{ GJ}$). Vooraf behandelen we de factoren waarvan tariefstellingen afhankelijk kunnen zijn. Daarna gaan we in op de uiteenlopende tariefstellingen, hun voor- en nadelen en hun invloed op de energiebesparing.

4.2 Factoren die in de tariefstellingen een rol spelen

Tabel 4.1 geeft de factoren waarop tariefstellingen gebaseerd kunnen zijn. Daarbij wordt vermeld of ze bij de tariefstelling op basis van directe en/of indirecte warmtemeting gebruikt worden.

De *vergoeding voor de afgenomen warmte* (V) ofwel de warmteprijs, is het totale bedrag dat de afnemer aan het nutsbedrijf betaalt voor de *hoeveelheid afgenomen warmte* (W), uitgedrukt in GJ (gigajoule) of in m^3 aardgas.

De *gasprijs* voor de glastuinbouw (G_g) geldt voor tuinders die meer dan 30.000 m^3 aardgas verbruiken voor kasverwarming. Sinds 1 oktober 1994 bestaat er ook een tarief voor aardgas voor w/k-installaties in de tuinbouw ($G_{w/k}$). Deze prijs geldt voor de investeerders in w/k-installaties, in dit rapport is dat het nutsbedrijf. Ook wordt wel de zone-b gasprijs (G_b) gebruikt.

De *kortingsfactor* (K) betreft de korting op de w/k-warmteprijs. Voor de *bovenste verbrandingswaarde* (H_u) en de *onderste verbrandingswaarde* (H_o) wordt verwezen naar de begrippenlijst (bijlage 1).

Het *thermisch rendement* van de ketelinstallatie (R_k) en de w/k-installatie ($R_{w/k}$) is de warmteproductie per eenheid toegevoerde energie. Dit kan een gebruiksrendement betreffen (over een bepaalde periode) of een momentaan rendement (op één bepaald moment). Het belangrijkste verschil is dat de vaste verliezen van de installatie in het momentaan rendement niet tot uiting komen. In de tariefstellingen wordt soms gewerkt met gemeten en meestal met "afgesproken" rendementen.

De *correctiefactor voor de calorische waarde* (c) corrigeert de gemeten hoeveelheid aardgas voor de werkelijke ten opzichte van de normatieve calo-

rische waarde. Die laatste is gebaseerd op de onderste verbrandingswaarde van aardgas (31,65 MJ/m³).

Het verschil tussen de *hoeveelheid elektriciteit* die aan het openbare net geleverd wordt (E_1) en de door de w/k-installatie geproduceerde elektriciteit (E_2) is het eigen verbruik van de installatie. Soms is onduidelijk waarmee gerekend wordt (E).

De *hoeveelheid aardgas* die de w/k-installatie verbruikt (A) wordt gemeten of men neemt de specificaties van de fabrikant als norm.

Tabel 4.1 Betekenis van de gebruikte symbolen in tariefstellingen op basis van directe en/of indirecte warmtemeting

Symbolen en betekenis		Warmtemeting	
		direct	indirect
V	= vergoeding voor afgenomen warmte (f)	x	x
W	= afgenomen warmte (GJ)		x
G_t	= gasprijs voor de tuinbouw (f)	x	x
$G_{w/k}$	= gasprijs voor w/k-installaties in de tuinbouw (f)	x	x
G_b	= zone-b gasprijs (f)	x	x
K	= kortingsfactor	x	x
H_t	= bovenste verbrandingswaarde van aardgas (0,03517 GJ/m ³)	x	x
H_i	= onderste verbrandingswaarde van aardgas (0,03165 GJ/m ³)	x	
R_k	= rendement (thermisch) ketelinstallatie (%)	x	x
$R_{w/k}$	= rendement (thermisch) w/k-installatie (%)		x
c	= correctiefactor voor calorische waarde van aardgas	x	
E_1	= aan het openbare net geleverde hoeveelheid elektriciteit (kWh)		x
E_2	= geproduceerde hoeveelheid elektriciteit (kWh), dus inclusief eigen elektriciteitsverbruik w/k-installatie		x
E	= E_1 of E_2 (niet duidelijk in de tariefstelling)		x
A	= hoeveelheid aardgas, door de w/k-installatie verbruikt (m ³)		x
P_{th}	= thermisch vermogen van de w/k-installatie bij vollast, gemeten bij proefstand (kW)		x
P_e	= elektrisch vermogen van de w/k-installatie bij vollast, gemeten bij proefstand (kW)		x
B	= brandstofvergoeding voor de geproduceerde hoeveelheid elektriciteit (f)		x
n	= netverliezen, uitgedrukt in een cijfer, bijvoorbeeld 6,2% is 1,062.		x
d	= kortingsfactor, afhankelijk van de warmtelevering tijdens plateau- of daluren	x	
Plateau-uren	= uren op maandag t/m vrijdag van 7.00 tot 23.00 uur	x	
Daluren	= overige uren	x	

Het *thermisch* (P_{th}) of *elektrisch vermogen* (P_e) van de w/k-installatie is de hoeveelheid thermische of elektrische energie die per uur geproduceerd kan worden.

De *brandstofvergoeding* (B) is een vergoeding aan de afnemer voor het aardgas dat gebruikt wordt om elektriciteit te produceren: de directe kosten van elektriciteit. De indirecte kosten betreffen zaken als transport- en distributiekosten en de vaste kosten van de elektriciteitscentrale. *Netverliezen* (n) treden op bij de distributie van elektriciteit. De afnemer kan hiervoor een vergoeding krijgen.

Enkele tariefstellingen rekenen met *plateau- en daluren*. Tijdens plateau-uren is de elektriciteitsvraag hoger en betaalt het nutsbedrijf méér aan de SEP dan tijdens daluren. Het nutsbedrijf wil de w/k-installaties dus vooral tijdens plateau-uren gebruiken: dan is de elektriciteit meer waard. Maar een tuinder zal de w/k-installatie bij voorkeur 's nachts (dus tijdens daluren) laten draaien, omdat dan meer warmte nodig is en omdat hij overdag CO₂ doseert met de gasketel.

4.3 Tariefstellingen op basis van directe warmtemeting

Tabel 4.2 geeft de geïnventariseerde tariefstellingen op basis van directe warmtemeting. De diverse tariefstellingen zijn hierbij in dezelfde vorm weergegeven, zodat de vergoeding voor de afgenomen warmte (V) bij iedere tariefstelling naar voren komt. Hiervoor wordt dus de hoeveelheid warmte (W) gemeten. Deze wordt omgerekend in m³ aardgas omdat op basis van een aardgasprijs afgerekend wordt. Die omrekening verschilt per tariefstelling.

Hierna worden de diverse tariefstellingen behandeld. Hierbij zijn de voor- en nadelen voor de afnemer in beschouwing genomen. Een voordeel voor de afnemer betekent een nadeel voor het nutsbedrijf.

In tariefstelling 1 t/m 3 en 9 wordt de hoeveelheid warmte met een vaste factor omgerekend naar aardgas. Deze factor is het laagst in tariefstelling 1. Dat is dus gunstig voor de afnemer. In tariefstelling 9 is de vaste factor afhankelijk van het temperatuurverschil tussen aanvoer- en retourwater. Als dat verschil groot is komt de factor lager uit dan bij tariefstelling 1.

In tariefstelling 4 t/m 8 wordt de hoeveelheid warmte omgerekend naar aardgas. Daartoe wordt gedeeld door de onderste of bovenste verbrandingswaarde van aardgas. Bij gebruik van de bovenste verbrandingswaarde valt de hoeveelheid aardgas lager uit. Daarnaast kijkt men naar het thermisch rendement van de ketelinstallatie (R_k), die per tariefstelling en per afnemer kan verschillen. Hier geldt: hoe hoger dat rendement waarmee gerekend wordt, hoe gunstiger voor de afnemer. Tariefstelling 8 corrigeert ook voor de calorische waarde van aardgas. Dit is principieel onjuist, omdat immers afgerekend wordt op basis van aardgas met de normatieve calorische waarde.

Eventueel wordt een kortingspercentage (K en/of d) gehanteerd. Tariefstelling 5, 6 en 7 hanteren een vast percentage dat per afnemer kan variëren (tariefstelling 6). Bij tariefstelling 4, 8 en 9 geldt een variabel percentage, dat afhankelijk is van:

Tabel 4.2 Voorkomende tariefstellingen op basis van directe warmtemeting

Tariefstelling	Nadere toelichting
1. $V = W * 27,27 * G_t$	
2. $V = W * 28,44 * G_t$	
3. $V = W * 28,723 * G_t$	warmte op lage temperatuurschakels wordt niet gemeten, dus niet in rekening gebracht
4. $V = \frac{W}{H_s} * K * G_t$	$K = 0,825$ tijdens plateau-uren $K = 0,95$ tijdens daluren
5. $V = \frac{W}{H_s * R_k} * K * G_b$	$K = 0,9$ $R = 97,7\%$ of 85% (per afnemer verschillend)
6. $V = \frac{W}{H_s * R_k} * K * G_t$	$K = 0,80, 0,85$ of $0,90$ $R_k = 87\%, 88\%, 90\%, 92\%, 95\%$ (per afnemer verschillend) één nutsbedrijf: warmte op lage temperatuurschakels wordt gemeten en hiervan wordt de helft in rekening gebracht
7. $V = \frac{W}{H_i * R_k} * K * G_t$	$K = 0,85$ $R_k = 100\%$ warmte op lage temperatuurschakels wordt gemeten en volledig in rekening gebracht
8. $V = \frac{W}{H_s * C} * K * G_t$	K is afhankelijk van het aantal draaiuren en wordt lager naarmate de w/k-installatie meer draaiuren op jaarbasis maakt; $K = 1$, indien aantal draaiuren ≤ 2.000 /jaar $K = 0,85$, indien aantal draaiuren ≥ 4.000 /jaar Indien draaiuren tussen 2.000 en 4.000 per jaar: kortingsfactor neemt evenredig af (tussen 0,85 en 1). Het aantal gemeten GJ (W) wordt gedeeld door H_s en de calorische correctie van het aardgas over die maand.
9. $V = \frac{W * 27,65 * G_t}{K} - W * d$	K is afhankelijk van het gemiddelde temperatuurverschil tussen aanvoer- en retourwater naar de w/k-installatie over een maand (Δt); $K = 1$, indien $\Delta t \leq 20^\circ\text{C}$ $K = 1,05$ indien $\Delta t \geq 40^\circ\text{C}$ Indien Δt tussen 20 en 40°C : kortingsfactor neemt evenredig toe (tussen 1 en 1,05). $d = f 0,-$ per GJ tijdens daluren; $d = f 0,75$ per GJ tijdens plateau-uren

- het moment van warmteafname (4 en 9). Het nutsbedrijf haalt immers meer voordeel tijdens plateau-uren;
- het aantal draaiuren (8). Bij meer draaiuren neemt de warmtedekkinggraad toe en wordt meer energie bespaard;
- het temperatuurverschil tussen aanvoer- en retourwater (9). Een hoger temperatuurverschil kan zorgen voor een hoger thermisch rendement.

In tariefstelling 3, 6 en 7 wordt de warmte op lage temperatuurschakels niet gemeten (3); gemeten en voor de helft afgerekend (6); of volledig afgerekend (7). In geval 3 en 6 heeft de afnemer dus extra voordeel als hij de lage temperatuurschakels goed benut (zie paragraaf 3.2.1 en 5.3.2.2).

Uitgedrukt in m^3 aardgas verschillen de warmtepreisen uiteindelijk sterk: van 23 tot 30 m^3 aardgas per GJ.

4.4 Tariefstellingen op basis van indirecte warmtemeting

Tabel 4.3 geeft de tariefstellingen op basis van indirecte warmtemeting. Vijfmaal wordt gekeken naar de geleverde hoeveelheid elektriciteit aan het openbare net (E_1), driemaal naar de door de w/k-installatie geproduceerde hoeveelheid (E_2) en in tariefstelling 8 blijft onduidelijk waarmee is gerekend (E). Het verschil tussen E_1 en E_2 is het elektriciteitsverbruik van de w/k-installatie zelf. Volgens praktijkonderzoek varieert dat van 1,5 tot 2,8% van de totale productie.

Nergens wordt rekening gehouden met de verschillen in technische prestaties van w/k-installaties. De gehanteerde normen kunnen dus afwijken van de werkelijke situatie op het bedrijf.

In tariefstelling 1 t/m 5 betaalt de afnemer het door de w/k-installatie verbruikte aardgas en wordt een deel daarvan vergoed. Men hanteert het w/k-gastarief, het tuinderstarief en/of de zone-b gasprijs.

De vergoeding is 15% of 17% van de geproduceerde elektriciteit maal de gasprijs (1 t/m 3) of het product van de hoeveelheid elektriciteit, de brandstofvergoeding (B) en de netverliezen (geval 4). In geval 5 vergoedt men de hoeveelheid aardgas die nodig is om elektriciteit te produceren met een korting op de geleverde warmte. Die korting zit in de vaste factor 0,2235. Het rendement van de ketel wordt eenmalig bepaald als gemiddelde van de gemeten rendementen bij maximale en minimale belasting. Na invulling van dit rendement in de tariefstelling wordt de vergoeding voor de geproduceerde elektriciteit circa 25%.

In tariefstelling 6 t/m 9 berekent men de hoeveelheid warmte uit de hoeveelheid elektriciteit of aardgas. Dit uitgedrukt in m^3 aardgas, omdat op basis van het aardgastarief afgerekend wordt.

Tariefstelling 6 berekent het gasverbruik van de installatie uit de geleverde hoeveelheid elektriciteit. Van dit gasverbruik wordt 47% in rekening gebracht. De afnemer heeft hier dus baat bij een zo hoog mogelijk thermisch gebruiksrendement van de installatie.

Tabel 4.3 Voorkomende tariefstellingen op basis van indirecte warmtemeting

Tariefstelling	Nadere toelichting
1. $V = (A * G_{w/k}) - (17\% * E_1 * G_{w/k})$	
2. $V = (A * G_t) - (17\% * E_1 * G_b)$	
3. $V = (A * G_t) - (15\% * E_2 * G_t)$	
4. $V = (A * G_t) - (85\% * E_1 * B * n)$	n is variabel per kwartaal, bijv. 1,062 of 1,064 B (brandstofvergoeding) is opgedeeld in normaal- en laagtarief en varieert per kwartaal. De hoogte van B is circa f 0,045 (1994)
5. $V = \frac{(A * G_t) - (0,2235 * E_2 * G_t)}{R_k}$	Afnehmer betaalt A en krijgt van nutsbedrijf de hoeveelheid aardgas vergoed, die nodig is om elektriciteit te produceren (E_2). $R_k = 90,3\%$
6. $V = A * R_{w/k} * G_t$	A wordt berekend uit de geleverde elektriciteit (E_1) volgens de formule: $E_1 * 0,3447$ (uitgangspunt: elektriciteit rendement w/k = 33%) $R_{w/k} = 47\%$
7. $V = \frac{E_2 * P_{th} * 0,0036 * K * G_t}{P_e * H_s * R_k}$	$K = 0,9$ als aantal draaiuren ≤ 2.000 $K = 0,85$ als draaiuren tussen 2.001-4.000 $K = 0,82$ als aantal draaiuren ≥ 4.000 $R_k = 88\%$
8. $V = \frac{E * P_{th} * 0,0036}{P_e * H_s * R_k} * K * G_t$	$K = 0,95$, als aantal draaiuren ≤ 2.000 /jaar $K = 0,90$, als draaiuren tussen 2.001-3.000/jaar $K = 0,85$, als draaiuren tussen 3001- 4000/jaar $K = 0,80$, als aantal draaiuren ≥ 4.000 /jaar $R_k = 90\%$ of 90,6%
9. $V = ((a * A) - (b * E_1)) * K * G_t$	$K = 0,85$ De factoren a en b zijn per w/k-installatie afhankelijk van het rendement in vollast en deel-last en het ketelrendement van de afnehmer (85% b.w.); a varieert van 0,6927 tot 0,7550; b varieert van 0,0444 tot 0,0672

De tariefstellingen 7 en 8 werken met de verhouding tussen het thermisch en het elektrisch vermogen (P_{th} en P_e). De hoeveelheid elektriciteit (E_2 en E) wordt vermenigvuldigd met 0,0036 (1 kWh = 0,0036 GJ) en gedeeld door de bovenste verbrandingswaarde van aardgas (H_s) maal het (contractueel vastgestelde) ketelrendement (R_k). Het rekenen met de bovenste verbrandingswaarde

en een hoog ketelrendement is gunstig voor de afnemer, omdat hij dan minder betaalt voor de afgenomen warmte. De berekende hoeveelheid wordt extra gekort naarmate meer draaiuren gemaakt worden. Dit stimuleert de afnemer om de w/k-installatie zo lang mogelijk in te zetten.

Tariefstelling 9 vermindert het gemeten aardgasverbruik van de w/k-installatie (A) met de hoeveelheid aan het net geleverde elektriciteit (E_e). Beide factoren worden vermenigvuldigd met factoren (a en b) die afhankelijk zijn van het rendement van de w/k-installatie en de ketel. Die laatste is vastgesteld op 85% (op bovenwaarde). Over de hieruit berekende hoeveelheid warmte wordt een korting van 15% gehanteerd. Deze tariefstelling is onduidelijk, omdat de factoren a en b niet toegelicht worden.

4.5 Wijziging van de tariefstelling

Vijf contracten zeggen niets over de wijzigingen van tariefstelling en/of contract.

Over *tariefstelling* wordt het volgende gezegd:

- als de structuur van de aardgasprijs verandert, mag het tarief veranderen (4-maal) of mag de tariefstelling veranderen met de aantekening dat de belangen van beide partijen daarbij in acht genomen worden (3-maal);
- in één contract mag het nutsbedrijf het tarief wijzigen als de aardgasprijs verandert of als de (per aangetekende brief bekend gemaakte) wijziging niet ten koste gaat van de afnemer in de zin dat het financiële voordeel dat de afnemer heeft van de warmtelevering door de w/k-installatie niet verslechtert ten opzichte van de warmtelevering door de ketel;
- twee contracten handhaven het tarief zolang het contract geldt;
- in vijf contracten mag de structuur van de tariefstelling veranderen als de aardgasprijs of de structuur van de elektriciteitsinkoop verandert. Het nutsbedrijf maakt dit dan schriftelijk kenbaar. Bij niet akkoord moet de afnemer binnen een maand het contract opzeggen;
- in één contract mag het tarief wijzigen als het aardgastarief wijzigt of als een speciaal aardgastarief voor w/k-koppeling ingevoerd wordt.

Over *contractwijziging* wordt het volgende gezegd:

- in negen gevallen mag het nutsbedrijf het contract wijzigen na schriftelijke mededeling. Bij niet akkoord heeft de afnemer een opzegtermijn van 30 dagen (6-maal) of 6 maanden (1). In twee gevallen kan de afnemer niet opzeggen tenzij hij een teelt heeft waarvoor nauwelijks of geen warmtebehoefte is of bij beëindiging van het bedrijf;
- in acht contracten kan het contract in overleg gewijzigd worden. Soms (3-maal) staat daarbij dat bij geen-overeenstemming het contract ontbonden wordt;
- twee contracten mogen gewijzigd worden na bespreking met het tuinbouwbedrijfsleven (de Hollandse Landbouw Organisaties en de Tuinbouwstructuurcommissie). Bij niet akkoord kan de afnemer binnen 30 dagen na schriftelijke kennisname opzeggen.

4.6 Energiebesparing

Volgens praktijkonderzoek verschilt de dekkingsgraad en daarmee de energiebesparing van een w/k-installatie sterk per tuinbouwbedrijf (Verhoeven et al., 1995). De tariefstelling kan een hogere dekkingsgraad stimuleren:

- *hogere korting bij meer draaiuren*
bij meer vollastdraaiuren bespaar je meer. Daarbij moet wel gelet worden op het vermogen: bij een groter vermogen wordt dezelfde besparing gerealiseerd in minder uren. Het is belangrijk de bedrijfsomstandigheden vooraf goed te bekijken opdat een zo hoog mogelijke dekkingsgraad behaald kan worden;
- *hogere korting tijdens plateau-uren*
gezien de hogere elektriciteitsprijs tijdens plateau-uren zullen nutsbedrijven hun w/k-installaties zoveel mogelijk overdag willen inzetten. De afnemer heeft bijna altijd 's nachts warmte nodig, maar als overdag een hoge korting geldt, wordt het interessant om ook overdag draaiuren te maken. De concurrentie met de ketel (ten behoeve van CO₂-productie) is hierbij een aandachtspunt. Rookgasreiniging, waardoor de w/k-installatie ook inzetbaar wordt voor CO₂-dosering, kan hieraan een belangrijke verbetering leveren;
- *goedkoop of gratis maken van laagwaardige (condensor)warmte*
dit stimuleert de afnemer om ook warmte via een rookgascondensor af te nemen, wat een extra thermisch rendement oplevert van 5 tot 7%. Dit vergt wel een apart verwarmingsnet. Bovendien moet deze lagere temperatuur voor de afnemer toepasbaar zijn;
- *opslag van warmte die vrijkomt tijdens het piekscheren*
hiermee voorkom je dat deze warmte verspild wordt.

5. BEDRIJFSECONOMISCHE EVALUATIE

5.1 Inleiding

De eerste vraag in dit hoofdstuk is: "Hoe ziet een goede berekening eruit om het bedrijfseconomisch voordeel voor de tuinder te bepalen?" In dit hoofdstuk wordt daarvoor eerst een principeberekening opgesteld. In deze principeberekening komt naar voren dat de bedrijfseconomische voordelen door het gebruik van een w/k-installatie worden bepaald door:

- bedrijfsomstandigheden (bijvoorbeeld gebruiksrendement ketel en warmtevraag bedrijf);
- het type w/k-installatie (bijvoorbeeld gebruiksrendement en vermogen w/k-installatie);
- economische factoren (bijvoorbeeld warmteprijs, gasprijs en vergoedingen door nutsbedrijf).

Bij de bedrijfseconomische evaluatie speelt de warmteprijs, die afhankelijk is van de tariefstelling (hoofdstuk 4), een belangrijke rol. In principe moet er altijd sprake zijn van een *wervend tarief* (Wouters, 1984). Dit wil zeggen dat er een economisch voordeel is in vergelijking met de situatie zonder warmtelevering.

In alle tariefstellingen wordt direct of indirect een bepaald kortingspercentage gehanteerd. Dit is de korting op de warmte geleverd door de w/k-installatie van het nutsbedrijf. Het bedrijfseconomisch voordeel ten opzichte van de totale brandstofkosten van een afnemer valt altijd lager uit, omdat de w/k-installatie slechts een deel van de warmte op het bedrijf levert.

In dit hoofdstuk wordt eerst de principeberekening uitgelegd (paragraaf 5.2). Daarna worden enkele onderdelen hiervan apart behandeld (paragraaf 5.2.2 tot en met 5.2.6). Tenslotte worden de resultaten gegeven van de bedrijfseconomische evaluatie. Hierbij is eerst een uitgangssituatie gekozen. Met behulp van de principeberekening is voor deze uitgangssituatie het bedrijfseconomisch resultaat bepaald. Dit is gesplitst (evenals in hoofdstuk 4) in het bedrijfseconomisch resultaat op basis van *directe* meting (paragraaf 5.3) en op basis van *indirecte* meting (paragraaf 5.4). Bij de tariefstellingen op basis van indirecte meting is de warmteprijs per eenheid geleverde warmte namelijk niet direct te berekenen. Het gebruiksrendement van de w/k-installatie speelt dan een grote rol.

Er bestaan grote verschillen in bedrijfssituatie, type w/k-installaties en economische factoren. Na de uitgangssituatie worden daarom varianten in beschouwing genomen. In de varianten worden uitgangspunten ten opzichte van de uitgangssituatie gewijzigd. Hierdoor wordt de gevoeligheid van de uitgangspunten duidelijk. Deze gevoeligheidsanalyse is gebaseerd op praktijk-

situaties. De verschillen in bedrijfssituatie, w/k-installatie, contracten en economische factoren (exclusief gasprijs) zijn gebaseerd op reële bandbreedtes in de praktijk, waardoor de uitkomsten inzicht geven in de mogelijke praktijksituaties.

5.2 Principeberekening

5.2.1 Inleiding

Om de warmtelevering door een w/k-installatie van het nutsbedrijf aan een tuinbouwbedrijf bedrijfseconomisch te evalueren, is een principeberekening opgesteld. Het principe is dat de *kosten voor de geleverde w/k-warmte worden vergeleken met de bespaarde kosten* in de ketelinstallatie van de afnemer, doordat een hoeveelheid aardgas wordt bespaard.

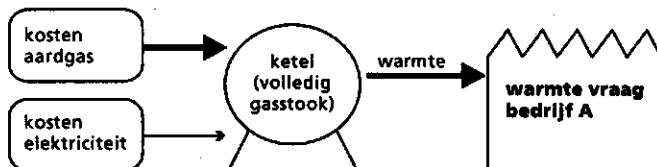
Een ketelinstallatie verbruikt naast aardgas ook elektriciteit. De elektriciteit is vooral nodig voor de ventilator van de brander, waarmee aardgas en verbrandingslucht in de ketel wordt gebracht. Indien de ketel minder aardgas verbruikt, is er ook minder elektriciteit nodig. Daarnaast spelen ook overige kosten en vergoedingen een rol, zoals de kosten voor de afnemer voor het gebruik van de ruimte waar de w/k-installatie geplaatst is, het verrichten van controlewerkzaamheden door de afnemer, enzovoort.

De geleverde hoeveelheid w/k-warmte en de bespaarde hoeveelheid aardgas zijn beide afhankelijk van diverse factoren. De warmtevraag van het bedrijf staat hierbij centraal. In deze warmtevraag wordt voorzien door warmtelevering van de w/k-installatie en warmtelevering van de ketel. De mate waarin de w/k-installatie in de totale warmtevraag van het bedrijf van warmte voorziet, is de warmtedeckingsgraad. De hoeveelheid warmte die de w/k-installatie levert, is afhankelijk van het geïnstalleerd thermisch vermogen per m² kas, de CO₂-intensiteit en de warmte-intensiteit van het bedrijf (Verhoeven et al., 1995). De resterende hoeveelheid warmte wordt door de ketel geproduceerd. De hoeveelheid aardgas die hiervoor nodig is, is afhankelijk van het gebruiksrendement van de ketel.

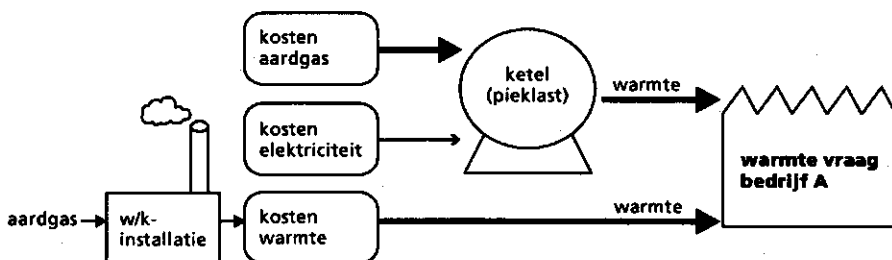
Indien een w/k-installatie op het bedrijf geplaatst wordt, moet de "oude" situatie (geen warmtelevering) worden vergeleken met de "nieuwe" situatie (wel warmtelevering). Schematisch zijn de directe energiekosten in figuur 5.1 weergegeven. Dit schema is exclusief de overige kosten.

Het jaargebruiksrendement van de ketel in de situatie *zonder warmtelevering* is hoger dan het jaargebruiksrendement in de situatie *met warmtelevering* (zie paragraaf 5.2.2). Daarnaast geldt in de situatie *met warmtelevering* dat de hoeveelheid warmte, die door de w/k-installatie geleverd wordt, tevens de hoeveelheid warmte is die niet door de ketel geproduceerd hoeft te worden. Daardoor wordt een hoeveelheid aardgas uitgespaard in de ketel (zie paragraaf 5.2.3).

Situatie zonder warmtelevering door w/k-installatie



Situatie met warmtelevering door w/k-installatie



Figuur 5.1 Schema voor directe energiekosten bij de levering van warmte op een tuinbouwbedrijf

Het bedrijfseconomisch resultaat van de situatie *met warmtelevering* in vergelijking tot de situatie *zonder warmtelevering* wordt berekend door de kosten van de warmtelevering door de w/k-installatie te vergelijken met de opbrengsten (uitgespaarde kosten) door besparing van aardgas en elektriciteit in de ketel. Deze vergelijking is weergegeven in figuur 5.2.

De *opbrengsten* (uitgespaarde kosten) zijn afhankelijk van de hoeveelheid warmtelevering door de w/k-installatie, het gebruiksrendement van de ketel, de gasprijs, de bespaarde hoeveelheid elektriciteit en de overige opbrengsten. De *kosten* van de geleverde w/k-warmte hangen direct samen met de tariefstelling en de overige kosten.

In de volgende paragrafen wordt uitleg gegeven over de onderdelen van de principeberekening.

Bedrijfseconomisch resultaat = opbrengsten - kosten

Opbrengsten = uitgespaarde kosten door besparing van aardgas in de ketel + besparing elektriciteit + overige opbrengsten

Kosten = kosten van de geleverde w/k-warmte + overige kosten

Figuur 5.2 Principeberekening voor de bedrijfseconomische evaluatie van levering van w/k-warmte

5.2.2 Rendement ketel

Het rendement van de ketel geeft aan hoeveel warmte de ketel produceert ten opzichte van de hoeveelheid aardgas die verbruikt wordt. Er wordt onderscheid gemaakt in het momentaan rendement en het gebruiksrendement van de ketel:

- *momentaan rendement* rendement dat wordt gemeten op een bepaald moment bij een bepaalde belasting van de ketel;
- *gebruiksrendement*: rendement dat wordt gemeten over een bepaalde periode.

Uit praktijkonderzoek (Nawrocki et al., 1991) blijkt dat het gebruiksrendement van een ketel afhankelijk is van de *vaste verliezen* en de *variabele verliezen*. De *vaste verliezen* van de ketelinstallatie zijn afhankelijk van de isolatiedikte, de omvang van de ketel en het wel of niet warm zijn van het expansievat. De *variabele verliezen* zijn afhankelijk van het type rookgascondensor dat op de ketel geplaatst is. In het *momentaan rendement* worden alleen *variabele verliezen* gemeten, terwijl in het *gebruiksrendement* ook de *vaste verliezen* tot uitdrukking komen. In economische berekeningen moet daarom het *gebruiksrendement* gebruikt worden, omdat dan alle verliezen in beschouwing worden genomen.

De ketel heeft zowel in de situatie *zonder warmtelevering* als in de situatie *met warmtelevering* vaste verliezen. Het gebruiksrendement van de ketel in gebruik voor de pieklast (situatie met warmtelevering) is altijd lager dan het gebruiksrendement bij volledige gasstook (situatie zonder warmtelevering). De *vaste verliezen* worden namelijk bij de *pieklastketel* over minder geproduceerde warmte verdeeld, waardoor deze een grotere invloed op het gebruiksrendement hebben dan bij *volledig gasstook*. Het gebruiksrendement bij pieklast wordt lager naarmate de warmtedekkinggraad van de w/k-installatie toeneemt.

In dit onderzoek worden gemiddelde gebruiksrendementen gebruikt, die gebaseerd zijn op praktijkonderzoek (Nawrocki et al., 1991 en Van Rijssel, 1983). Beide onderzoeken zijn gebruikt om het gebruiksrendement bij volledig gasstook en bij pieklast vast te stellen. Uit het eerste onderzoek blijkt dat bij een dekkinggraad van 50% het gebruiksrendement in pieklast ongeveer 3 tot 4% lager is dan met volledig gasstook. Bij een dekkinggraad van 60% is dit ongeveer 5% lager en bij een dekkinggraad van 70% ongeveer 7 tot 8%.

Rookgascondensors

In een rookgascondensor worden de rookgassen uit de ketel verder afgekoeld, zodat extra warmte aan de rookgassen onttrokken wordt. In de praktijk komen drie typen rookgascondensors voor:

1. enkelvoudige condensor op de retour;
2. enkelvoudige condensor op een apart net en
3. combicondensor.

Het eerste type is aangesloten op de retourleiding van het verwarmings-systeem in de kas naar de ketel. Het tweede type is aangesloten op een apart verwarmingsnet in de kas. Dit net heeft een lagere temperatuur, waardoor de rookgassen verder afgekoeld worden dan bij een condensor op de retour. Het derde type, de combicondensor, bestaat uit twee secties waarvan de eerste is aangesloten op de retourleiding en de tweede op een apart verwarmingsnet.

Een rookgascondensor zorgt dus voor een hoger gebruiksrendement van de ketel, waarbij met de combicondensor het hoogste gebruiksrendement behaald kan worden (tabel 5.1).

Tabel 5.1 Gemiddelde gebruiksrendementen van gasketels bij verschillende condensortypen, bij volledig gasstook a)

Type condensor	Gebruiksrendement (% o.w.) b)
Geen condensor	92,3
Enkelvoudige condensor op de retour	95,6
Enkelvoudige condensor op een apart net	99,8 c)
Combicondensor	102,4 c)

a) Uitgangspunten: warmte-intensiteit bedrijf = $50 \text{ m}^3 \text{ a.e./m}^2$, bedrijfsgrootte = 12.500 m^2 , capaciteit van de ketelinstallatie = 3 MW; b) o.w. = onderste verbrandingswaarde van aardgas ($31,65 \text{ MJ/m}^3$ aardgas); c) Het gebruiksrendement is exclusief bijmengingen in het condensornet.

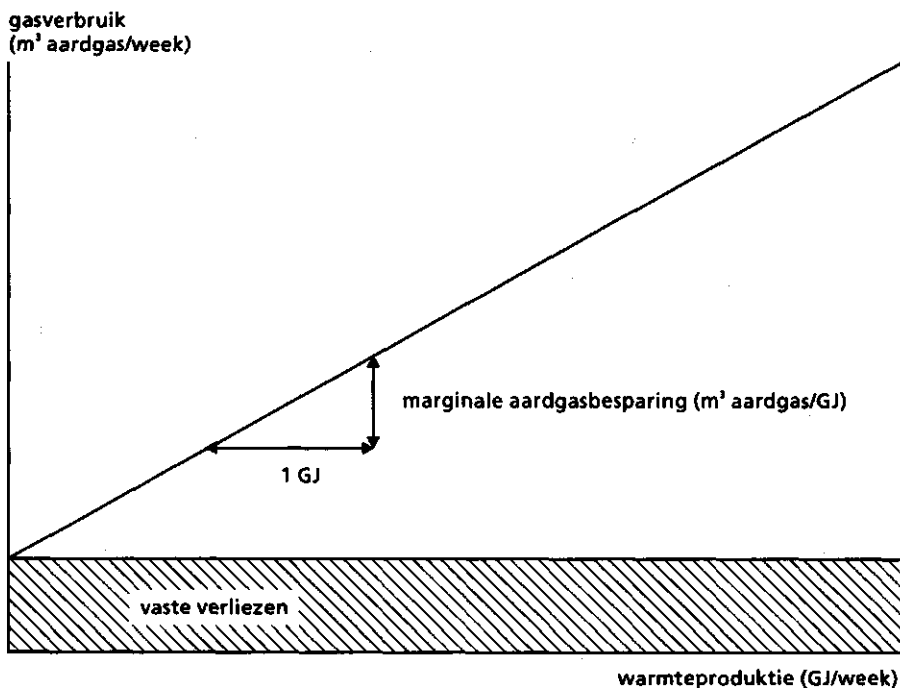
Bron: Afgeleid van Nawrocki et al., 1991 en Van Rijssel, 1983.

5.2.3 Marginale aardgasbesparing

Indien een w/k-installatie op het tuinbouwbedrijf wordt ingezet, wordt in de ketel aardgas bespaard. De aardgasbesparing wordt berekend met de "marginale aardgasbesparing". Dit is de gasbesparing per geleverde hoeveelheid w/k-warmte (m^3 aardgas per GJ warmte). Deze bespaarde hoeveelheid aardgas hangt direct samen met de variabele verliezen van de ketel (paragraaf 5.2.2) en daardoor ook met het condensortype. Uit praktijkonderzoek is gebleken dat er een relatie is tussen het gasverbruik en de warmteproductie van de ketel (Nawrocki et al., 1991). Deze relatie is rechtlijnig en onafhankelijk van de vaste verliezen. De hoogte van de vaste verliezen is namelijk constant en heeft geen invloed op de marginale aardgasbesparing. De richtingscoëfficiënt van deze lijn is de marginale besparing (figuur 5.3) en deze richtingscoëfficiënt is afhankelijk van het condensortype.

In tabel 5.2 is de marginale aardgasbesparing per condensortype weergegeven. Uit de tabel blijkt dat met een ketel met condensor minder aardgas bespaard wordt per GJ w/k-warmte dan met een ketel zonder condensor. Het type condensor is hierbij ook van invloed. De ketel met een combicondensor

heeft de laagste variabele verliezen en heeft daardoor een lagere marginale aardgasbesparing dan een ketel met een enkelvoudige condensor.



Figuur 5.3 Het gasverbruik van de ketel uitgezet tegen de warmteproductie van de ketel

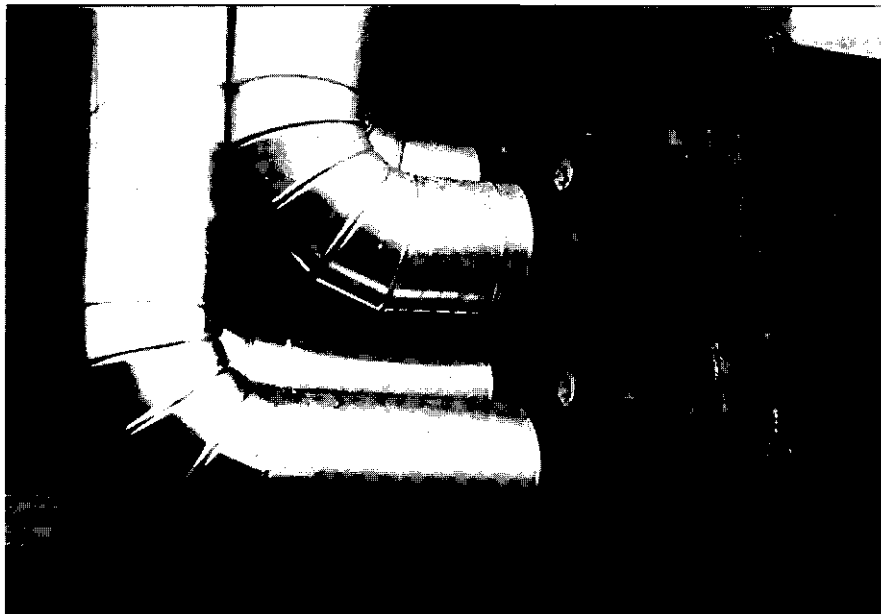
Tabel 5.2 Gemiddelde marginale aardgasbesparingen in de gasketel per geleverde GJ uit de wlk-installatie bij verschillende condensortypen

Type condensor	Marginale aardgasbesparing (m ³ aardgas/GJ w/k-warmte)
Geen condensor	33,1
Enkelvoudige condensor op de retourleiding	32,0
Enkelvoudige condensor op een apart verwarmingsnet	30,6 a)
Combicondensor	29,7 a)

a) De marginale aardgasbesparing is exclusief bijmengen (indien warm water bijgemengd wordt in het condensornet, is het gebruiksrendement van de ketel lager en de marginale aardgasbesparing hoger).

Bron: Afgeleid van Nawrocki et al., 1991 en Van Rijssel, 1983.

De dekkingsgraad speelt bij de hoogte van de marginale aardgasbesparing geen rol, de marginale besparing wordt immers uitgedrukt per GJ w/k-warmte. De totale aardgasbesparing is bij een hogere dekkingsgraad wel hoger.



Combi-condensor; de aardgasbesparing per geleverde GJ verschilt per condensortype achter de ketel

Foto: Sandra Verhoeven

5.2.4 Dekkingsgraad

Indien op een tuinbouwbedrijf een w/k-installatie van het nutsbedrijf geplaatst wordt, wordt deze ingezet voor de basislast. Indien de w/k-installatie in de complete warmtevoorziening zou moeten voorzien, zou deze te vaak in deellast draaien of te veel starts en stops maken. Bovendien is de investering van een w/k-installatie per eenheid geïnstalleerd vermogen hoger dan van een ketel en wordt de ketel gebruikt voor de CO₂-voorziening. Daarom wordt op het bedrijf in bepaalde perioden de ketel ingezet, zodat maar een deel van de warmtebehoefte wordt geleverd door de w/k-installatie van het nutsbedrijf.

De dekkingsgraad is de mate waarin de w/k-installatie aan de warmtevraag van het bedrijf kan voldoen. Uit praktijkonderzoek (Verhoeven et al., 1995) blijkt dat de dekkingsgraad samenhangt met het specifiek thermisch vermogen van de w/k-installatie, de CO₂-intensiteit en de warmte-intensiteit

van het bedrijf. De onderlinge relatie tussen deze factoren is weergegeven in de volgende vergelijking:

$$\text{Dek} = 5,0 + 53,6 * \frac{P_{th}}{WI} + 0,85 * \frac{P_{th}}{CI} - 28,5 * \frac{CI}{WI} \quad (\text{vergelijking 1})$$

waarin: Dek = dekkingsgraad (%/jaar);
 P_{th} = specifiek thermisch vermogen van de w/k-installatie (W_{th}/m^2);
 CI = CO₂-intensiteit (m^3 aardgas/ m^2 jaar);
 WI = warmte-intensiteit (m^3 a.e./ m^2 jaar);

De gemiddelde dekkingsgraad op de bedrijven uit bovenstaand onderzoek is 35% en loopt uiteen van 11 tot 66%. De gemiddelde waarden voor P_{th} , CI en WI in het onderzoek waren:

P_{th} = 36 W_{th} per m^2 ;
 CI = 11 m^3 aardgas per m^2 per jaar;
 WI = 59 m^3 a.e. per m^2 per jaar = 1,86 GJ per m^2 per jaar.

Substitutie van deze gemiddelde waarden in vergelijking 1, resulteert in een dekkingsgraad van 35%:

$$\text{Dek} = 5,0 + 53,6 * \frac{36}{59} + 0,85 * \frac{36}{11} - 28,5 * \frac{11}{59}$$

$$\text{Dek} = 5,0 + 32,7 + 2,8 - 5,3 = 35\%$$

In de bedrijfseconomische evaluatie zal gerekend worden met diverse uitgangspunten. Verschillen in type w/k-installatie (P_{th}) en verschillen in bedrijfssomstandigheden (CI en WI) zorgen ervoor dat ook de dekkingsgraad verandert. Het gebruik van een *rookgasreiniger* heeft een hogere dekkingsgraad tot gevolg. Op dit moment zijn (nog) weinig rookgasreinigers in gebruik. In dit onderzoek zijn daarom de bedrijfseconomische gevolgen van rookgasreiniging niet meegenomen, maar als indicatie kan het resultaat bij een hogere dekkingsgraad gezien worden.

5.2.5 Thermisch en elektrisch gebruiksrendement w/k-installatie

Het thermisch en elektrisch gebruiksrendement van de w/k-installatie is alleen van belang bij een tariefstelling op basis van *indirecte* meting. Uit praktijkonderzoek (Verhoeven et al., 1995) is gebleken dat de spreiding in het gebruiksrendement groot is. Deze loopt uiteen van 47 tot 60% (thermisch) en van 28 tot 36% (elektrisch). Het totaal gebruiksrendement loopt uiteen van 79 tot

93%. Het thermisch gebruiksrendement is afhankelijk van het gebruik van een rookgascondensor en van het elektrisch gebruiksrendement. In genoemd onderzoek kwam naar voren dat door het gebruik van een rookgascondensor op de w/k-installatie het thermisch gebruiksrendement kan toenemen met 5 tot 7%.

In de bedrijfseconomische evaluatie zal in de varianten het gebruik van een rookgascondensor op de w/k-installatie in beschouwing worden genomen. Bij de indirecte meting zullen diverse waarden voor het elektrisch en thermisch gebruiksrendement in beschouwing worden genomen.

5.2.6 Overige kosten en opbrengsten

In de warmteleveringscontracten worden in enkele gevallen, naast de tariefstelling, afspraken gemaakt over overige kosten en vergoedingen. Deze afspraken verschillen veel tussen de contracten, zoals uiteengezet in de paragrafen 3.2.1 (eigendom), 3.2.3 (onderhoud/controle), 3.2.6 (piekscheren) en 3.2.7 (noodstroomaggregaat). Naast deze vastgelegde afspraken komen kosten voor die niet worden vergoed. Alle mogelijke kosten en opbrengsten zijn hieronder vermeld:

1. *arbeid*
de afnemer heeft arbeid aan de w/k-installatie voor controlewerkzaamheden en dergelijke. Dit zijn kosten voor de afnemer en worden in enkele gevallen vergoed;
2. *ruimte*
de afnemer stelt ruimte beschikbaar om de w/k-installatie te plaatsen. Dit zijn kosten voor de afnemer en worden in enkele gevallen vergoed;
3. *investering*
de afnemer neemt een deel van de investering (bijvoorbeeld de aansluiting van de w/k-installatie op het verwarmingssysteem) voor zijn rekening. Ook eventuele aanpassingen aan de (klimaat)computer zijn in enkele gevallen kosten voor de afnemer of worden volledig vergoed door het nutsbedrijf;
4. *warmteopslagtank*
-kosten van de afnemer voor het gebruik van de warmteopslagtank die in eigendom van het nutsbedrijf is. Hier staan opbrengsten tegenover, omdat de afnemer anders zelf in een warmteopslagtank had moeten investeren;
-opbrengsten voor de afnemer, omdat het nutsbedrijf de warmteopslagtank gebruikt en hiervoor vergoeding geeft. Hier staan kosten tegenover, omdat de afschrijving en rente van (een gedeelte van) de warmteopslagtank voor rekening van de afnemer komt;
een productiestijging door CO₂-dosering wordt niet toegerekend aan het gebruik van de warmteopslagtank; de CO₂-voorziening kan immers ook op andere wijze plaatsvinden. De kosten van een warmteopslagtank moeten in dit geval vergeleken worden met andere voorzieningen om CO₂ te kunnen doseren, bijvoorbeeld zuiver CO₂ of CO₂-dosering met de

ketel, waarbij men dan de productiekosten moet nemen van dezelfde hoeveelheid extra CO₂;

5. *noodstroomaggregaat*
vergoeding van de afnemer aan het nutsbedrijf voor het gebruik w/k-installatie als noodstroomaggregaat. Hier staan opbrengsten tegenover, omdat de afnemer zelf niet investeert in een noodstroomaggregaat;
6. *aansprakelijkheid*
als de aansprakelijkheid niet goed geregeld is, kan dit in geval van schade extra kosten met zich meebrengen voor de afnemer.

Deze kosten en opbrengsten kunnen per afnemer verschillend zijn en kunnen per saldo zowel een positief als een negatief resultaat opleveren.

Bij de meeste afnemers zijn de kosten onder punt 1 en 2 ook werkelijk kosten en hiervoor wordt slechts in enkele gevallen een vergoeding gegeven door het nutsbedrijf. De kosten onder punt 3 t/m 6 komen meestal niet voor óf de opbrengsten en kosten heffen elkaar op. In de uitgangssituatie wordt daarom uitgegaan van de volgende kosten:

- *arbeid*
circa f 1.050,- per jaar. Dit is gebaseerd op 30 uur arbeid per jaar en een arbeidsloon van f 35,- per uur. Het aantal uren is afgeleid van de gesprekken met 15 afnemers, die voor dit onderzoek bezocht zijn;
- *ruimte*
circa f 1.400,- per jaar. Dit is gebaseerd op een afschrijvingspercentage van 10% (10 jaar) en gemiddelde rentekosten van 3% per jaar voor 30 m² van een modern bedrijfsgebouw, waarvan de aanschafprijs f 360,- per m² bedraagt. De 30 m² komt overeen met de benodigde ruimte voor een w/k-installatie waarvan in de uitgangssituatie wordt uitgegaan.

Het saldo van de overige kosten en opbrengsten komen in de uitgangssituatie neer op een kostenpost van f 2.450,- per jaar. Indien de bedrijfsgrootte verandert, zal dit saldo hoger of lager worden, omdat de grootte van de w/k-installatie en de benodigde arbeid voor controle en dergelijke veranderen. In de varianten wordt rekening gehouden met een toename van 25% in de overige kosten bij een groot bedrijf (ongeveer 4 ha) en een afname van 25% in de overige kosten bij een klein bedrijf (ongeveer 1 ha). Dit komt neer op een kostenpost van respectievelijk f 3.063,- en f 1.838,-.

5.3 Resultaten directe meting

5.3.1 Uitgangssituatie

Het bedrijfseconomisch resultaat van een tuinbouwbedrijf voor het kopen van w/k-warmte van het nutsbedrijf wordt hieronder met een voorbeeldberekening uiteengezet. In de voorbeeldberekening zijn uitgangspunten genomen, gebaseerd op waarden van de groep bedrijven in het onderzoek naar de technische prestaties van w/k-installaties (Verhoeven et al., 1995). Voor overige

kosten en opbrengsten is uitgegaan van informatie verkregen middels bedrijfsbezoeken (paragraaf 5.2.6). De voorbeeldberekening is gemaakt voor de uitgangssituatie.

De uitgangssituatie is een tuinbouwbedrijf van 21.000 m² met een warmtevraag van 39.000 GJ. De ketel is uitgerust met een enkelvoudige condensor op een apart verwarmingsnet; dit type condensor kwam het meest voor op de bedrijven in het genoemde onderzoek. De warmte-intensiteit is 1,86 GJ per m²; dit komt overeen met een brandstofintensiteit van 59 m³ aardgas per m² 1). De w/k-installatie levert 35% van de totale warmtebehoefte op het tuinbouwbedrijf (paragraaf 5.2.4).

De prijs van w/k-warmte (hoofdstuk 4) varieert sterk. Deze prijs wordt uitgedrukt in m³ aardgas per GJ. Deze loopt uiteen van 23 tot 30 m³ aardgas per GJ bij tariefstellingen op basis van directe warmtemeting. In de uitgangssituatie is gekozen voor een tarief tussen deze twee uitersten, 26,5 m³ aardgas per GJ. Daarnaast wordt ervan uitgegaan dat er geen meetafwijking is. De huidige aardgasprijs is 23 cent per m³ en geldt in de voorbeeldberekening als uitgangspunt.

De besparing van elektriciteit door een vermindering van elektriciteitsverbruik van de ketelinstallatie is geschat op 0,40 kWh per m² (zie bijlage 3). De elektriciteitsprijs is 16 cent per kWh. Het saldo van de overige kosten en opbrengsten is in de uitgangssituatie een kostenpost van f 2.450,- per jaar, dit komt neer op ruim 11 cent per m² (paragraaf 5.2.6)

Bovenstaande uitgangspunten zijn weergegeven in tabel 5.3. De uitgangssituatie mag beschouwd worden als een indicatie van de gemiddelde situatie in de praktijk.

1) Warmte-intensiteit en brandstofintensiteit

Warmte-intensiteit	= warmtevraag van een bedrijf per m ² (inclusief CO ₂), uitgedrukt in GJ/m ²
Warmtevraag	= totale warmtevraag van een bedrijf, uitgedrukt in GJ/jaar
Brandstof-intensiteit	= benodigde hoeveelheid brandstof, in de situatie vóór warmtelevering, uitgedrukt in m ³ aardgas/m ² .
H _i	= onderste verbrandingswaarde van aardgas (0,03165 GJ/m ³ aardgas)

$$\text{warmte-intensiteit} = \text{brandstofintensiteit} * H_i * \text{gebruiksrendement ketel}$$

Uit bovenstaande vergelijking blijkt dat twee bedrijven met dezelfde warmte-intensiteit een andere hoeveelheid brandstof kunnen verbruiken, omdat de ketel een ander gebruiksrendement heeft.

Uitgangssituatie: 1,86 GJ/ m² = brandstofintensiteit * 0,03165 GJ/m³ aardgas * 99,8%. Dit resulteert in een brandstofintensiteit van 59 m³ aardgas per m².

Het totale brandstofverbruik in de uitgangssituatie bedraagt 39.000 GJ / (0,03165 GJ/m³ aardgas * 99,8%) = 1.234.697 m³

Tabel 5.3 *Uitgangspunten en uitgangssituatie (directe meting)*

Bedrijfs grootte	21.000	m ²
Warmte-intensiteit	1,86	GJ per m ²
Dekkingsgraad	35	%
Gebuiksrendement ketel (bij volledige gasstook)	99,8	% o.w.
Marginale aardgasbesparing	30,6	m ³ aardgas per GJ
Aardgasprijs (tuinderstarief)	f 0,23	per m ³
Warmteprijs (korting = 16%)	26,5	m ³ aardgas per GJ
Besparing elektriciteit	0,40	kWh per m ²
Elektriciteitsprijs (kleinverbruik)	f 0,16	per kWh
Overige kosten	f 2.450,-	

De principeberekening is als volgt:

Bedrijfseconomisch resultaat = opbrengsten - kosten

Kosten

De warmtevraag van het bedrijf is $21.000 \text{ m}^2 * 1,86 \text{ GJ/m}^2 = 39.000 \text{ GJ}$. De warmtelevering door de w/k-installatie is 35%, zodat 13.650 GJ door de w/k-installatie geleverd wordt. De kosten hiervan zijn $13.650 \text{ GJ} * 26,5 \text{ m}^3/\text{GJ} * f 0,23/\text{m}^3 = f 83.197,-$. Deze kosten vermeerderd met de overige kosten, $f 2.450,-$, geeft een totaal aan kosten van $f 85.647,-$.

Opbrengsten

Per geleverde hoeveelheid w/k-warmte wordt $30,6 \text{ m}^3$ aardgas in de ketel bespaard. De bespaarde hoeveelheid aardgas is $30,6 \text{ m}^3/\text{GJ} * 13.650 \text{ GJ} = 417.690 \text{ m}^3$ aardgas. De geldelijke besparing aan aardgas is dan $417.690 \text{ m}^3 * f 0,23/\text{m}^3 = f 96.069,-$. De besparing aan elektriciteit is $0,40 \text{ kWh/m}^2 * f 0,16/\text{kWh} * 21.000 \text{ m}^2 = f 1.344,-$. Dit geeft een totaal aan opbrengsten van $f 97.413,-$.

Bedrijfseconomisch resultaat

Het bedrijfseconomisch voordeel in de uitgangssituatie is $f 97.413 - f 85.647 = f 11.766,-$ per jaar. Dit is gelijk aan $f 0,56$ per m².

De brandstofkosten in de uitgangssituatie *zonder warmtelevering* bedragen $1.234.697 \text{ m}^3$ (zie voetnoot paragraaf 5.3.1) $* f 0,23/\text{m}^3 = f 283.980,-$.

De geleverde warmte kost $26,5 \text{ m}^3$ aardgas per GJ, terwijl in de ketel per GJ warmte $30,6 \text{ m}^3$ aardgas bespaard wordt. Dit is een werkelijke korting van 13% (warmteprijs gedeeld door de marginale aardgasbesparing). Deze werkelijke korting is afhankelijk van de bedrijfssituatie, omdat de marginale aardgasbesparing per bedrijf kan verschillen.

Het bedrijfseconomisch voordeel, uitgedrukt in de totale brandstofkosten is $f 11.766$ van $f 283.980 * 100\% = 4,1\%$. De korting op de w/k-warmte en het totale voordeel op de brandstofkosten van het bedrijf verschillen dus veel, omdat van de totale benodigde warmte op het bedrijf 35% door de w/k-installatie

geleverd wordt. Daarnaast zijn ook de overige kosten en de elektriciteitsbesparing van invloed.

5.3.2 Varianten

Het bedrijfseconomisch resultaat van de uitgangssituatie is een indicatie van de gemiddelde situatie in de praktijk. De uitgangspunten per bedrijf kunnen aanzienlijk verschillen. Verschillen kunnen voorkomen in bedrijfsomstandigheden (paragraaf 5.3.2.1), type w/k-installatie (paragraaf 5.3.2.2) en tariefstellingen (paragraaf 5.3.2.3). Ook de overige kosten en opbrengsten kunnen verschillen. De varianten op de uitgangssituatie zijn in de volgende paragrafen uitgewerkt. De spreiding van de varianten is gebaseerd op de groep bedrijven van het onderzoek naar de technische prestaties van w/k-installaties (Verhoeven et al., 1995). De resultaten van de bedrijfseconomische evaluatie zijn daardoor reële uitkomsten, die in de praktijk voorkomen.

De varianten zijn eerst *enkelvoudig* veranderd, zodat inzicht ontstaat in de gevoeligheid per variant. In de praktijk wijzigen vaak meerdere zaken tegelijk. Combinaties van varianten zijn opgenomen in paragraaf 5.3.2.4.

5.3.2.1 Bedrijfsomstandigheden

De bedrijfsomstandigheden variëren per tuinbouwbedrijf. De bedrijfsomstandigheden die invloed hebben op het bedrijfseconomisch resultaat bij w/k-warmtelevering zijn:

1. de grootte van het bedrijf (oppervlakte glas);
2. de warmte-intensiteit van het bedrijf;
3. het gebruiksrendement van de ketel;
4. de verliezen van de warmteopslagtank en
5. de CO₂-intensiteit van het bedrijf.

De oppervlakte en de warmte-intensiteit van het bedrijf bepalen de totale warmtevraag van het bedrijf. Deze warmtevraag staat centraal in de bedrijfseconomische evaluatie (figuur 5.1). Daarnaast hebben de warmtevraag en de CO₂-intensiteit van het bedrijf invloed op de dekkingsgraad. De dekkingsgraad wordt bij de varianten in w/k-installaties (paragraaf 5.3.2.2) uiteengezet, omdat het thermisch vermogen van de w/k-installatie de meeste invloed heeft op de dekkingsgraad.

Bedrijfsgrootte

De oppervlakte van het bedrijf is van belang voor de totale warmtevraag van het bedrijf. De uiterste waarden in het praktijkonderzoek waren 12.500 en 43.000 m². Bij een gemiddelde warmte-intensiteit van 1,86 GJ per m² resulteert dit in een totale warmtevraag van respectievelijk 23.250 en 79.980 GJ. Daarnaast zal een kleiner bedrijf een kleinere ketel in gebruik hebben. De brander voor deze ketel heeft een lager elektrisch vermogen, dan een brander voor een grotere ketel. De elektriciteitsbesparing per m² verandert hierdoor. De berekende elektriciteitsbesparing per ketelgrootte en bedrijfsoppervlakte is weer-

gegeven in bijlage 3. De overige kosten veranderen met de bedrijfsgrootte en zijn bij de kleine oppervlakte f 1.838,- en bij de grote oppervlakte f 3.063,- (paragraaf 5.2.6).

De resultaten van de bedrijfseconomische evaluatie bij een verandering in bedrijfsgrootte zijn uiteengezet in tabel 5.4. De overige uitgangspunten zijn gelijk als in de uitgangssituatie. Een kleinere bedrijfsgrootte resulteert in een lager bedrijfseconomisch voordeel, want aan een kleiner bedrijf wordt per m² evenveel, maar in totaal minder, warmte geleverd. Per m² is het voordeel iets kleiner (4 cent per m²), omdat de overige kosten relatief (per m²) groot zijn. Bij een groter bedrijf is het tegengestelde het geval.

Tabel 5.4 Bedrijfseconomisch voordeel bij wijziging in de bedrijfsgrootte

Situatie	Oppervlakte (m ²)	Bedrijfseconomisch voordeel		Besparing op brandstofkosten (%)
		(f totaal)	(f/m ²)	
A. uitgangssituatie	21.000	11.766	0,56	4,1
B. kleine oppervlakte	12.500	6.436	0,52	3,8
C. grote oppervlakte	43.000	25.605	0,60	4,4

Warmte-intensiteit

De warmte-intensiteit loopt in het praktijkonderzoek uiteen van 41 tot 80 m³ a.e. per m² (inclusief CO₂). Dit komt overeen met 1,3 tot 2,5 GJ per m². Bij een gemiddelde bedrijfsgrootte van 21.000 m² resulteert dit in een totale warmtevraag in deze uiterste situaties van respectievelijk 27.250 en 53.170 GJ.

Indien de warmte-intensiteit verandert, verandert ook de dekkingsgraad. Als we in vergelijking 1 (paragraaf 5.2.4) een warmte-intensiteit van 1,3 GJ/m² (41 m³ a.e./m²) invullen, is de dekkingsgraad 47%. Bij een warmte-intensiteit van 2,5 GJ/m² (80 m³ a.e./m²) is de dekkingsgraad 28%.

De resultaten van de bedrijfseconomische evaluatie bij een verandering in de warmte-intensiteit zijn uiteengezet in tabel 5.5. Een kleinere warmte-intensiteit resulteert in een kleiner bedrijfseconomisch voordeel, zowel totaal als per m². Dit komt doordat bij een lagere warmte-intensiteit minder warmte kan worden afgenomen (zowel totaal als per m²). Dit wordt gedeeltelijk gecompenseerd doordat bij een lagere warmte-intensiteit de dekkingsgraad wat hoger wordt. Bij een hogere warmte-intensiteit is het tegengestelde het geval.

De besparing op de totale brandstofkosten wordt hoger bij een lagere warmte-intensiteit. Dit komt doordat een lagere warmte-intensiteit een hogere dekkingsgraad tot gevolg heeft (paragraaf 5.2.4). Door deze hogere dekkingsgraad wordt relatief meer "goedkopere" w/k-warmte gekocht door de afnemer.

Tabel 5.5 Bedrijfseconomisch voordeel bij wijziging warmte-intensiteit

Situatie	Warmte-intensiteit (m ³ a.e./m ²)	Bedrijfseconomisch voordeel		Besparing op brandstofkosten (%)
		(f totaal)	(f/m ²)	
A. uitgangssituatie	59	11.766	0,56	4,1
D. kleine warmte-intensiteit	41	10.971	0,52	5,5
E. grote warmte-intensiteit	80	12.933	0,62	3,3

Gebruiksrendement ketel

Het gebruiksrendement van de ketel is vooral afhankelijk van het type condensor. In de uitgangssituatie wordt uitgegaan van een enkelvoudige condensor op een apart net. In deze variant worden ook de overige situaties in beschouwing genomen: zonder condensor, met een enkelvoudige condensor op de retour en met een combicondensor. De eerste twee resulteren in een lager gebruiksrendement en een hogere marginale aardgasbesparing. Bij de combicondensor is het tegengestelde het geval (tabel 5.2).

Indien op een bedrijf geen w/k-installatie in gebruik is, zal bij dezelfde warmte-intensiteit door een ketel zonder condensor meer aardgas verbruikt worden dan door een ketel met condensor. De brandstofkosten variëren dus per condensortype. De totale brandstofkosten variëren hierdoor en dus ook de besparing hierop.

De resultaten van de bedrijfseconomische evaluatie bij de diverse condensortypen zijn weergegeven in tabel 5.6. Het condensortype heeft een grote invloed op het bedrijfseconomisch resultaat. Een bedrijf met een ketel zonder condensor heeft meer aardgas nodig om dezelfde hoeveelheid warmte te produceren dan een bedrijf met een ketel met condensor. De opbrengsten (bespaarde hoeveelheid aardgas in de ketel) worden hierdoor hoger en de kosten voor de warmte uit de w/k-installatie veranderen niet.

Tabel 5.6 Bedrijfseconomisch voordeel bij wijziging condensortype

Type condensor	Bedrijfseconomisch voordeel		Besparing op brandstofkosten (%)
	(f totaal)	(f/m ²)	
F. geen condensor	19.615	0,93	6,4
G. enkelvoudige condensor op de retour	16.161	0,77	5,5
A. enkelvoudige condensor op apart net (uitgangssituatie)	11.766	0,56	4,1
H. combicondensor	8.940	0,43	3,2

Een bedrijf met een ketel zonder condensor zal bij het inzetten van w/k-warmte dan ook meer bedrijfseconomisch voordeel behalen dan een bedrijf met een ketel met een condensor. Dit geldt zowel voor het voordeel per m² als de besparing op brandstofkosten. Een bedrijf met een ketel zonder condensor (laagste gebruiksrendement) heeft tweemaal zoveel bedrijfseconomisch voordeel als een bedrijf met een ketel met combicondensor (hoogste gebruiksrendement).

Verliezen warmteopslagtank

In de uitgangssituatie is het gebruik van een warmteopslagtank niet meegenomen. In deze variant wordt de warmte, die in de warmteopslagtank opgeslagen is, betaald tegen de geldende warmteprijs. De afnemer gebruikt uiteindelijk maar een deel van deze warmte, omdat er altijd verliezen optreden en niet alle warmte nuttig zal worden aangewend. Dit laatste kan bijvoorbeeld voorkomen als warmte wordt afgelucht omdat de warmteopslagtank gevuld moet worden in verband met CO₂-doseran of voor de w/k-installatie. De eigendomssituatie van de warmteopslagtank is niet van belang. De vergoeding van het nutsbedrijf aan de afnemer voor het gebruik van de warmteopslagtank (of andersom), komen in de "overige kosten" aan de orde.

W/k-warmte zal voornamelijk in de zomer opgeslagen worden. In de winter gaat w/k-warmte direct in het verwarmingssysteem van de afnemer, tenzij het tuinbouwbedrijf een teeltwisseling heeft en geen warmte nodig heeft. Daarnaast wordt een warmteopslagtank vooral gebruikt om het aantal starts/stops van de w/k-installatie te verminderen en om pieken in het elektriciteitsnet te scheren. Hierdoor zal maar een beperkte hoeveelheid warmte in de tank worden opgeslagen.

De volgende varianten komen aan de orde:

- variant I: 10% van de geleverde warmte gaat naar de warmteopslag-tank.
Hiervan gaat 10% verloren of kan niet nuttig worden aangewend. Het totale verlies aan w/k-warmte is hierdoor 1%;
- variant J: 10% van de geleverde warmte gaat naar de warmteopslag-tank.
Hiervan gaat 20% verloren of kan niet nuttig worden aangewend. Het totale verlies aan w/k-warmte is hierdoor 2%.

Het verlies aan warmte zal door de w/k-installatie of de ketel aangevuld worden om aan de warmtevraag van het bedrijf te voldoen. In de varianten is het verlies aan warmte aangevuld door de (goedkopere) w/k-warmte.

In het vorige onderzoek (Verhoeven et al., 1995) is geen relatie gevonden tussen het gebruik van een warmteopslagtank en de dekkingsgraad. De dekkingsgraad is daarom gelijk gehouden aan de uitgangssituatie.

Uit tabel 5.7 blijkt dat bij een verlies van 1% (variant I) het bedrijfseconomisch voordeel 4 cent per m² lager uitvalt; bij een verlies van 2% (variant J) is dit 8 cent. Dit komt doordat de afnemer meer kosten heeft, voor dezelfde "netto"-hoeveelheid warmte. Indien bij een tuinbouwbedrijf de verliezen van

de warmteopslagtank hoger zijn, wordt het bedrijfseconomisch resultaat dus lager.

Tabel 5.7 Bedrijfseconomisch voordeel bij verliezen warmteopslagtank

Verlies w/k-warmte (%)	Bedrijfseconomisch voordeel		Besparing op brandstof- kosten (%)
	(f totaal)	(f/m ²)	
A. 0 (uitgangssituatie, geen w.o. tank)	11.766	0,56	4,1
I. 1	10.925	0,52	3,9
J. 2	10.065	0,48	3,5

5.3.2.2 W/k-installaties

De varianten in w/k-installaties die invloed hebben op het bedrijfseconomisch resultaat zijn:

1. specifiek thermisch vermogen van de w/k-installatie;
2. elektrisch gebruiksrendement van de w/k-installatie en
3. thermisch gebruiksrendement van de w/k-installatie (onder andere door rookgascondensor).

Het specifiek thermisch vermogen van de w/k-installatie is van grote invloed op de *dekkingsgraad* en is in deze paragraaf uitgewerkt. Verschil in thermisch gebruiksrendement door het gebruik van een *rookgascondensor* komt ook in deze paragraaf aan de orde. Het verschil in elektrisch en thermisch gebruiksrendement is alleen van belang bij de tariefstellingen op basis van *indirecte* meting en komt in paragraaf 5.4 aan de orde.

Dekkingsgraad

Indien op het bedrijf een w/k-installatie wordt geplaatst met een groter specifiek thermisch vermogen, zal de dekkingsgraad hoger zijn. Dit heeft invloed op het bedrijfseconomisch resultaat. Daarnaast hebben ook de warmte-intensiteit en de CO₂-intensiteit van het bedrijf invloed op de dekkingsgraad. Een verandering in het specifiek thermisch vermogen, dit is een maat voor de grootte van de w/k-installatie, heeft de meeste invloed op de dekkingsgraad. In tabel 5.8 is de dekkingsgraad uiteengezet met verschillende uitgangspunten voor de variabelen.

Daarnaast is er een samenhang tussen de dekkingsgraad en de besparing aan elektriciteit: de besparing aan elektriciteit neemt toe bij een hogere dekkingsgraad, omdat de ketel bij een hogere dekkingsgraad minder ingezet wordt. De uitgangspunten hiervoor zijn weergegeven in bijlage 3. De elektriciteitsbesparing is 0,6 kWh per m² bij een dekkingsgraad van 66% en 0,2 kWh per m² bij een dekkingsgraad van 11%.

In paragraaf 5.2.4 is vermeld dat de uiterste waarden voor de dekkinggraad in het praktijkonderzoek 11% en 66% zijn. Deze waarden zijn de varianten op de uitgangssituatie met een dekkinggraad van 35%.

De resultaten van de bedrijfseconomische evaluatie zijn weergegeven in tabel 5.9. De dekkinggraad heeft een grote invloed op het bedrijfseconomisch voordeel. Een hogere dekkinggraad van 66% resulteert in een verdubbeling van het voordeel, zowel totaal als per m². Bij een lagere dekkinggraad van 11% is het voordeel circa 80% lager dan in de uitgangssituatie, omdat de overige kosten hetzelfde zijn als in de uitgangssituatie en daardoor een relatief groot aandeel vormen in de totale kosten. Ook de besparing op de brandstofkosten is bij een lage dekkinggraad veel lager, omdat een kleiner aandeel "goedkope warmte" wordt geleverd door de w/k-installatie.

De energiebesparing (besparing van primaire brandstof) is in de uitgangssituatie, waarin de dekkinggraad 35% is, 25%. Een hogere dekkinggraad van 66% (situatie L), resulteert in een verdubbeling van de besparing van primaire brandstof tot circa 50%.

Tabel 5.8 Schatting van de dekkinggraad in situaties met verschillende uitgangspunten voor de verklarende variabelen

Verklarende variabelen	Situatie a)				
	gem.	a	b	c	d
- specifiek thermisch vermogen w/k (W_{th}/m^2)	36	62	36	36	36
- CO ₂ -intensiteit (m ³ aardgas/m ²)	11	11	28	11	0
- warmte-intensiteit (m ³ a.e./m ²)	59	59	59	80	59
Dekkinggraad (%)	35	61	25	28	38

a) gem. = gemiddelde waarden van de verklarende variabelen in het onderzoek; a = de hoogste waarde in het onderzoek van het thermisch vermogen; b = de hoogste waarde in het onderzoek van de CO₂-intensiteit; c = de hoogste waarde in het onderzoek van de warmte-intensiteit; d = geen CO₂-dosering met de ketel.

Bron: Verhoeven et al., 1995.

Tabel 5.9 Bedrijfseconomisch voordeel bij varianten dekkinggraad

Dekkinggraad (%)	Bedrijfseconomisch voordeel		Besparing op brandstofkosten (%)
	(f totaal)	(f/m ²)	
K. 11	2.267	0,11	0,8
A. 35 (uitgangssituatie)	11.766	0,56	4,1
L. 66	23.839	1,14	8,4

Rookgascondensor w/k-installatie

Een rookgascondensor op de w/k-installatie zorgt voor een hoger thermisch gebruiksrendement, waardoor meer energie bespaard zal worden. Het thermisch gebruiksrendement kan toenemen met 5 tot 7% (Verhoeven et al., 1995 en paragraaf 5.2.5).

Voor een goede werking van de condensor moet deze worden aangesloten op een apart verwarmingsnet met een lage temperatuur. In de uitgangssituatie is een dergelijk net reeds aanwezig; er wordt immers uitgegaan van een ketel met een enkelvoudige condensor op een apart net. Voor de condensor van de w/k-installatie zal dit net moeten worden uitgebreid, omdat anders de temperatuur in het verwarmingsnet te hoog wordt. Er wordt van uitgegaan dat deze uitbreiding voor rekening komt van de afnemer. In de praktijk zijn er echter twijfels over het nuttig kunnen gebruiken van condensorwarmte. De teelt en overige bedrijfsomstandigheden spelen hierbij een rol. In deze variant wordt ervan uitgegaan dat de extra condensorwarmte nuttig te gebruiken is. De kosten van de uitbreiding van het verwarmingsnet voor de condensor van de w/k-installatie zijn uiteengezet in bijlage 4.

In de praktijk komt het voor dat de intercooler van de w/k-installatie ook wordt aangesloten op het aparte condensornet. Dit brengt met zich mee dat het condensornet nog groter moet zijn. De kosten hiervan behoren echter bij het gebruik van de w/k-installatie (inclusief intercooler) en worden daarom niet toegerekend aan de condensor. In de praktijk wordt het aparte verwarmingsnet niet altijd uitgebreid. Dit kan ertoe leiden dat de temperatuur in dit net hoger wordt. Dit heeft gevolgen voor de energiebesparing van de condensor van de w/k-installatie en ook voor de condensor van de ketel. Dit laatste brengt met zich mee dat er voor warmteproductie in de ketel meer aardgas nodig is, wat een belangrijke extra kostenpost kan zijn. Dit kan echter worden voorkomen door de intercooler niet aan te sluiten op het aparte verwarmingsnet, maar op het hoofdverwarmingsnet van het tuinbouwbedrijf. In de praktijk komt dit voor (Van Leeuwen et al., 1992). De extra kosten, door daling van het gebruiksrendement van de ketel, zijn in dit onderzoek niet meegenomen. Er wordt van uitgegaan dat de intercooler niet op het condensornet aangesloten is, of dat het net hiervoor voldoende is uitgebreid.

De investering in een rookgascondensor kan door het nutsbedrijf of door de afnemer gedaan worden (paragraaf 3.2.1, onder *rookgascondensor*). Het kostenplaatje van een rookgascondensor op de w/k-installatie ziet er dan als volgt uit:

1. investering condensor door afnemer:
 - kosten: jaarkosten condensor en uitbreiding verwarmingsnet;
 - opbrengsten: extra aardgasbesparing ketel;
2. investering condensor door nutsbedrijf:
 - kosten: jaarkosten uitbreiding verwarmingsnet + warmte (warmteprijs w/k);
 - opbrengsten: extra aardgasbesparing ketel.

Ad 1 Er wordt van uitgegaan dat bij investering door de afnemer, de warmte van de condensor gratis is. Door deze "extra" warmte is er extra aardgasbesparing in de ketel. De dekkingsgraad neemt toe, omdat het specifiek thermisch vermogen van de w/k-installatie verhoogd wordt door de condensor. Het werkelijk thermisch vermogen wordt circa 10% hoger door het plaatsen van een condensor. Ten opzichte van de uitgangssituatie gaat het specifiek thermisch vermogen van 36 naar 40 W_{th} per m^2 . De dekkingsgraad gaat hierbij van 35 naar 39%.

De jaarkosten van de condensor en de uitbreiding van het verwarmingsnet komen voor rekening van de afnemer. De kosten hiervan zijn weer gegeven in bijlage 4.

In tabel 5.10 zijn de resultaten van de bedrijfseconomische evaluatie weergegeven. In variant M wordt het voorgaande in beschouwing genomen, waarbij wordt uitgegaan van een 5% hoger thermisch gebruiksrendement door de condensor. In variant N wordt uitgegaan van een verhoging van het gebruiksrendement van 7%.

Ad 2 Bij investering door het nutsbedrijf kan de warmte gratis zijn voor de afnemer. Dit is slechts in één contract het geval, en geeft extra kosten voor het nutsbedrijf. In de andere gevallen wordt de warmte gemeten en volledig of voor de helft afgerekend. Het is ook mogelijk dat de afnemer huur betaalt voor de condensor en de warmte gratis afneemt. Dit laatste komt overeen met de varianten M en N (zie boven).

In tabel 5.10 zijn de resultaten van de bedrijfseconomische evaluatie weergegeven in de situatie dat de condensorwarmte voor de helft in rekening wordt gebracht en waarbij de w/k-condensor een hoger thermisch gebruiksrendement geeft van 5% (situatie O) en 7% (situatie P).

Uit tabel 5.10 blijkt dat bij alle varianten met een rookgascondensor op de w/k-installatie het bedrijfseconomisch voordeel van de tuinder groter is dan in de situatie zonder condensor (uitgangssituatie). Dit is dus ook het geval als alle kosten en opbrengsten voor rekening komen van de afnemer (variant M en N). In de variant met een hoger thermisch gebruiksrendement is het voordeel hoger; de aardgasbesparing van de ketel is immers groter.

In variant O en P, waar de investering in de condensor door het nutsbedrijf is gedaan en de warmte voor de helft in rekening wordt gebracht, is het bedrijfseconomisch voordeel voor de tuinder minder. Bij deze varianten zijn er ook extra kosten voor het nutsbedrijf vanwege de meetapparatuur. De warmte die wordt afgerekend moet immers worden gemeten.

De energiebesparing stijgt bij het toepassen van een rookgascondensor op de w/k-installatie van 25 naar 29%, een verbetering van circa 4 procentpunt. Deze stijging wordt veroorzaakt doordat een rookgascondensor een hoger thermisch gebruiksrendement geeft en zorgt voor een hogere dekkingsgraad.

Tabel 5.10 Bedrijfseconomisch voordeel bij gebruik rookgascondensor op de w/k-installatie

Investering condensor w/k-installatie a)	Verhoging thermisch rendement (%)	Bedrijfseconomisch voordeel		Besparing op brandstof- kosten (%)
		(f totaal)	(f/m ²)	
A. n.v.t. (uitgangssituatie)	n.v.t.	11.766	0,56	4,1
M. afnemer	5	17.110	0,82	6,0
N. afnemer	7	19.855	0,95	7,0
O. nutsbedrijf	5	15.156	0,72	5,3
P. nutsbedrijf	7	16.712	0,80	5,9

a) De investeringen in het verwarmingsnet zijn in alle varianten voor rekening van de afnemer.

5.3.2.3 Tariefstelling en aardgasprijs

Zowel de tariefstelling van de warmte als de aardgasprijs hebben invloed op het bedrijfseconomisch resultaat. De aardgasprijs heeft enerzijds invloed op de warmteprijs (kosten) en anderzijds op de geldelijke besparing van aardgas in de ketel (opbrengsten).

Tariefstelling

De tariefstellingen lopen erg uiteen (hoofdstuk 4). De uitersten hierin zijn 23 en 30 m³ per GJ. Deze zijn in de varianten in beschouwing genomen. Daarnaast kan de tariefstelling gebaseerd zijn op indirecte meting. Dit wordt in paragraaf 5.4 uiteengezet.

Het bedrijfseconomisch resultaat van de varianten in de tariefstellingen op basis van directe meting is weergegeven in tabel 5.11. De tariefstelling is van grote invloed op het bedrijfseconomisch resultaat. Bij het lage tarief van 23 m³ per GJ-warmte is het bedrijfseconomisch voordeel voor de tuinder on-

Tabel 5.11 Bedrijfseconomisch voordeel bij varianten tariefstelling (directe warmtemeting)

Tariefstelling (m ³ /GJ)	Bedrijfseconomisch voordeel		Besparing op brandstof- kosten (%)
	(f totaal)	(f/m ²)	
A. 26,5 (uitgangssituatie)	11.766	0,56	4,1
Q. 23	22.754	1,08	8,0
R. 30	778	0,04	0,3

geveer het dubbele van de uitgangssituatie. Bij het hoge tarief van 30 m³ per GJ is het voordeel bijna verdwenen.

Aardgasprijs

De aardgasprijs voor de tuinbouw is op dit moment circa f 0,23 per m³. Voor de toekomst bestaan diverse scenario's. De algemene verwachting is dat de aardgasprijs beperkt zal stijgen. In de varianten is een gasprijs van 30 en 40 cent per m³ in beschouwing genomen. De aardgasprijs heeft naast de invloed op de opbrengsten (aardgasbesparing) ook invloed op de kosten (warmteprijs) en op de totale energiekosten van een bedrijf. Daarnaast is er een relatie tussen de aardgasprijs en de elektriciteitsprijs. Bij een hogere aardgasprijs stijgt de elektriciteitsprijs. Het brandstofdeel in de elektriciteitsprijs stijgt overeenkomstig de gasprijs. Dit resulteert in een elektriciteitsprijs van 17,5 cent bij een gasprijs van 30 cent en een elektriciteitsprijs van 20 cent bij een gasprijs van 40 cent.

De resultaten van de bedrijfseconomische evaluatie bij wijziging van de aardgasprijs is weergegeven in tabel 5.12. Uit deze tabel blijkt dat een stijging van de aardgasprijs resulteert in een hoger bedrijfseconomisch voordeel voor de afnemer. De besparing op brandstofkosten verandert nauwelijks omdat naast de gasprijs ook de warmteprijs toeneemt.

Tabel 5.12 Bedrijfseconomisch voordeel bij wijziging aardgasprijs

Aardgasprijs (f / m ³ aardgas)	Bedrijfseconomisch voordeel		Besparing op brandstof- kosten (%)
	(f totaal)	(f/m ³)	
A. 0,23 (uitgangssituatie)	11.766	0,56	4,1
S. 0,30	15.810	0,75	4,3
T. 0,40	21.616	1,00	4,4

De besparing op de totale brandstofkosten blijft ongeveer gelijk, omdat de "duurdere w/k-warmte" wordt gecompenseerd door "hogere kostenbesparing in de ketel". De overige kosten en de elektriciteitsbesparing in de ketel zorgen voor de kleine verschillen in besparing op brandstofkosten.

Overige kosten en opbrengsten

De overige kosten en vergoedingen zijn erg verschillend per nutsbedrijf en per afnemer. In paragraaf 5.2.6 zijn alle mogelijke kosten en opbrengsten beschreven. In de uitgangssituatie wordt ervan uitgegaan dat de afnemer kosten heeft voor de arbeid (controlewerkzaamheden en dergelijke) en de ruimte om de w/k-installatie te plaatsen.

Het saldo van de overige kosten en opbrengsten kan lager zijn doordat de kosten voor arbeid en ruimte vergoed worden. Ook kunnen deze kosten

gecompenseerd worden door andere kostenbesparingen, bijvoorbeeld het gebruik van de warmteopslagtank van het nutsbedrijf, het gebruik van de w/k-installatie als noodstroomaggregaat, enzovoort. In variant U wordt uitgegaan van een saldo van kosten en opbrengsten van 0 gulden.

Daarnaast kan een afnemer ook meer kosten hebben. De afnemer neemt bijvoorbeeld een deel van de investeringen voor zijn rekening (bijvoorbeeld de aanpassingen aan de (klimaat)computer of de aansluiting van de w/k-installatie op het verwarmingssysteem). In variant V wordt uitgegaan van een toename van de overige kosten tot f 5.000,-.

Uit tabel 5.13 blijkt dat het bedrijfseconomisch voordeel van de afnemer met een zelfde bedrag verandert als dat de overige kosten toe- of afnemen. In beide varianten blijft er een voordeel bestaan voor de afnemer.

Tabel 5.13 Bedrijfseconomisch voordeel bij wijziging overige kosten

Overige kosten (f / jaar)	Bedrijfseconomisch voordeel		Besparing op brandstof- kosten (%)
	(f totaal)	(f/m ²)	
U. 0	14.216	0,68	5,0
A. 2.450 (uitgangssituatie)	11.766	0,56	4,1
V. 5.000	9.216	0,44	3,3

5.3.2.4 Combinaties

In de vorige paragrafen zijn een aantal afzonderlijke wijzigingen ten opzichte van de uitgangssituatie geëvalueerd. In de praktijk komen ook combinaties hiervan voor. In variant W wordt een relatief gunstige combinatie in beschouwing genomen, in variant X een relatief ongunstige combinatie. Beide varianten zijn combinaties die in de praktijk voorkomen.

De volgende uitgangspunten verschillen van de uitgangssituatie:

variant W:

- geen rookgascondensor op de ketel (variant F);
- geen warmteopslagtank, dus geen verliezen van de tank (variant A);
- warmteprijs tegen een laag tarief (variant M);
- afnemer heeft lage overige kosten (variant U);
- w/k-installatie heeft hoge dekkingsgraad (variant L);

variant X:

- een combicondensor op de ketel (variant H);
- 2% verliezen van de warmteopslagtank (variant J);
- warmteprijs tegen een hoog tarief (variant N);
- afnemer heeft hoge overige kosten (variant V);
- w/k-installatie heeft lage dekkingsgraad (variant K).

Tabel 5.14 Bedrijfseconomisch voordeel bij wijziging diverse uitgangspunten

Combinaties	Bedrijfseconomisch voordeel		Besparing op brandstofkosten (%)
	(f totaal)	(f/m ²)	
W. gunstige combinatie	61.911	2,95	20,2
A. (uitgangssituatie)	11.766	0,56	4,1
X. ongunstige combinatie	- 1.431	-0,07	-0,5

Uit tabel 5.14 blijkt dat in de gunstige variant (W) het bedrijfseconomisch resultaat aanzienlijk groter wordt; dit ligt ruim vijf keer hoger dan in de uitgangssituatie. In de ongunstige variant (X) wordt het voordeel voor de afnemer licht negatief. Dit betekent dat er geen bedrijfseconomisch voordeel meer is en dat verlies wordt geleden op de geleverde warmte.

5.4 Resultaten indirecte meting

5.4.1 Uitgangssituatie

Bij tariefstellingen op basis van indirecte meting is het elektrisch en thermisch gebruiksrendement van de w/k-installatie van belang. De warmteprijs komt namelijk tot stand door het meten van de hoeveelheid aardgas en/of elektriciteit. Als het elektrisch en thermisch gebruiksrendement varieert, verandert ook de verhouding tussen de geproduceerde elektriciteit en warmte. Hierdoor verschilt de warmteprijs en daarmee het bedrijfseconomisch resultaat.

Tabel 5.15 Uitgangssituatie (indirecte meting)

Bedrijfs grootte	21.000	m ²
Warmte-intensiteit	1,86	GJ per m ²
Dekkingsgraad	35	%
Gebruiksrendement ketel (bij volledige gasstook)	99,8	% o.w.
Marginale aardgasbesparing per geleverde GJ	30,6	m ³ aardgas per GJ
Aardgasprijs (w/k-tarief tuinders)	f 0,21	per m ³
Aardgasprijs (tuinderstarief)	f 0,23	per m ³
Aardgasprijs (zone-b tarief)	f 0,24	per m ³
Elektrisch gebruiksrendement w/k-installatie	33	%
Thermisch gebruiksrendement w/k-installatie	52	%
Warmteprijs	kosten aardgas - (17%*E*gasprijs)	
Besparing elektriciteit	0,40	kWh per m ²
Elektriciteitsprijs (kleinverbruik)	f 0,16	per kWh
Saldo overige kosten/opbrengsten	f 2.450,-	

De uitgangssituatie is dezelfde als bij directe meting. Extra uitgangspunten zijn: het elektrisch gebruiksrendement van de w/k-installatie is 33% en het thermisch gebruiksrendement is 52% (w/k-installatie zonder condensor). De warmteprijs is niet direct te bepalen (zoals bij directe meting), maar bestaat uit de aardgaskosten (w/k-aardgastarief) van de w/k-installatie minus een vergoeding voor de geproduceerde elektriciteit.

Met het elektrisch en thermisch gebruiksrendement van de w/k-installatie wordt de hoeveelheid geproduceerde warmte berekend. Daarnaast wordt ook de hoeveelheid aardgas, die door de afnemer betaald wordt, bepaald.

Uitgaande van een netto-elektriciteitsproductie van de w/k-installatie (productie minus het eigen elektriciteitsverbruik) van 1.000 kWh is het gasverbruik van de w/k-installatie:

$$G_{w/k} = \frac{E}{c * R_e} \quad (\text{vergelijking 2})$$

Waarin: $G_{w/k}$ = gasverbruik w/k-installatie (m^3);
 E = geproduceerde hoeveelheid elektriciteit (kWh);
 c = onderste verbrandingswaarde (o.w.) van aardgas;
 (8,79 kWh per m^3);
 R_e = elektrisch gebruiksrendement van de w/k-installatie
 (% o.w.).

$$W_{prod_{w/k}} = G_{w/k} * H_i * R_{th} \quad (\text{vergelijking 3})$$

Waarin: $W_{prod_{w/k}}$ = warmteproductie van de w/k-installatie (GJ);
 $G_{w/k}$ = gasverbruik van de w/k-installatie (m^3);
 H_i = onderste verbrandingswaarde van aardgas (0,03165 GJ/ m^3);
 R_{th} = thermisch gebruiksrendement w/k-installatie (% o.w.).

Het gasverbruik van de w/k-installatie wordt als volgt bepaald:

Eerst wordt de hoeveelheid geleverde warmte bepaald:
 35% (dekkingsgraad) * 39.000 GJ = 13.650 GJ.

Deze hoeveelheid substitueren in vergelijking 3 resulteert in het gasverbruik van de w/k-installatie:

$$13.650 \text{ GJ} = G_{w/k} * 0,03165 \text{ GJ}/m^3 * 52\%$$

$$G_{w/k} = 829.384 \text{ m}^3 \text{ a.e.}$$

Bij dit gasverbruik wordt een hoeveelheid elektriciteit opgewekt (vergelijking 2):

$$E = 829.384 \text{ m}^3 \text{ a.e.} * 8,79 \text{ kWh}/m^3 * 33\% = 2.405.794 \text{ kWh.}$$

De principeberekening van het bedrijfseconomisch voordeel is als volgt:

Bedrijfseconomisch resultaat = opbrengsten - kosten

Bij indirecte meting betreft dit het volgende:

- opbrengsten: vergoeding door het nutsbedrijf voor geleverde elektriciteit;
- kosten: niet de kosten voor warmte, maar de kosten voor aardgas dat door w/k-installatie verbruikt wordt, worden nu in rekening gebracht.

Kosten

Kosten aardgas w/k: $829.384 \text{ m}^3 * f 0,21 \text{ m}^3 \text{ (w/k-tarief)} = f 174.171,-$.

Deze kosten vermeerderd met de overige kosten, $f 2.450,-$, geeft een totaal aan kosten van $f 176.621,-$.

Opbrengsten

Per geleverde hoeveelheid w/k-warmte wordt $30,6 \text{ m}^3$ aardgas in de ketel bespaard. De bespaarde hoeveelheid aardgas is $30,6 \text{ m}^3/\text{GJ} * 13.650 \text{ GJ} = 417.690 \text{ m}^3$ aardgas. De besparing is dan $417.690 \text{ m}^3 * f 0,23/\text{m}^3$ (tuinderstarief) = $f 96.069,-$. De besparing aan elektriciteit bij de ketel is $0,40 \text{ kWh/m}^2 * f 0,16/\text{kWh} * 21.000 \text{ m}^2 = f 1.344,-$.

Daarnaast zijn de opbrengsten voor geleverde elektriciteit: $17\% * 2.405.794 \text{ kWh} * f 0,21 \text{ m}^3 = f 85.887,-$. Dit geeft een totaal aan opbrengsten van $f 183.300,-$.

Bedrijfseconomisch resultaat

Het bedrijfseconomisch voordeel in de uitgangssituatie is $f 183.300 - f 176.621 = f 6.679,-$ per jaar. Dit is gelijk aan $f 0,32$ per m^2 . Het resultaat is dus, evenals in de situatie met directe warmtemeting, positief.

De brandstofkosten in de uitgangssituatie *zonder warmtelevering* bedragen $1.234.697 \text{ m}^3$ (zie voetnoot paragraaf 5.3.1) $* f 0,23/\text{m}^3 = f 283.980,-$. Het bedrijfseconomisch voordeel, uitgedrukt in de totale brandstofkosten is $f 6.679$ van $f 283.980 * 100\% = 2,4\%$.

5.4.2 Varianten

5.4.2.1 W/k-installaties

Bij tariefstellingen op basis van indirecte meting geeft een verschil in gebruiksrendement van de w/k-installatie een verschil in het bedrijfseconomisch resultaat. De varianten in bedrijfsomstandigheden, tariefstellingen en aardgasprijs zullen van dezelfde orde van grootte zijn en dezelfde invloed hebben op het bedrijfseconomisch resultaat als bij de tariefstellingen op basis van directe meting. De verschillen worden dan immers niet veroorzaakt door de tariefstelling. Deze varianten worden hier daarom niet behandeld.

In de tariefstelling in het contract worden afspraken gemaakt over de te betalen warmtekosten. In werkelijkheid zijn deze kosten afhankelijk van het

elektrisch en het thermisch gebruiksrendement. Deze gebruiksrendementen verschillen in de praktijk sterk (Verhoeven et al., 1995). Het elektrisch gebruiksrendement varieert van 28 tot 36% en het thermisch gebruiksrendement varieert van 47 tot 60%. Daarnaast is er een relatie tussen het elektrisch en het thermisch gebruiksrendement. Als het elektrisch gebruiksrendement toeneemt met 1 procentpunt, neemt het thermisch gebruiksrendement af met gemiddeld 0,4 procentpunt (Verhoeven et al., 1995, bijlage 6).

In de uitgangssituatie (A') is het elektrisch gebruiksrendement 33% en het thermisch gebruiksrendement 52%. Dit zijn de gemiddelde waarden van bovengenoemd praktijkonderzoek. De volgende varianten zijn in de bedrijfseconomische evaluatie in beschouwing genomen:

- situatie B': het elektrisch gebruiksrendement is 28% (uiterste waarde praktijkonderzoek), waardoor het thermisch gebruiksrendement toeneemt tot 54%;
- situatie C': het elektrisch gebruiksrendement is 36% (uiterste waarde praktijkonderzoek), waardoor het thermisch gebruiksrendement afneemt tot 51%;
- situatie D': het elektrisch gebruiksrendement is 33% (gemiddelde waarde praktijkonderzoek), en het thermisch gebruiksrendement is 47% (uiterste waarde);
- situatie E': het elektrisch gebruiksrendement is 33% (gemiddelde waarde praktijkonderzoek), en het thermisch gebruiksrendement is 60% (uiterste waarde).

Uit tabel 5.16 blijkt dat een lager elektrisch met daarbij een hoger thermisch gebruiksrendement (variant B') zorgt voor een negatief bedrijfseconomisch resultaat. Daarnaast geeft een lager thermisch gebruiksrendement bij hetzelfde elektrisch gebruiksrendement als in de uitgangssituatie (variant D') ook een negatief resultaat. Een hoger elektrisch gebruiksrendement van 3 procentpunt, waardoor er een lager thermisch gebruiksrendement van 1 procentpunt ontstaat, resulteert in een bijna twee keer zo groot voordeel als in de uitgangssituatie (variant C'). Als het elektrisch gebruiksrendement gelijk blijft

Tabel 5.16 Bedrijfseconomisch voordeel bij wijziging gebruiksrendementen en op basis van indirecte meting

Variant	Elektrisch gebruiks- rendement (%)	Thermisch gebruiks- rendement (%)	Bedrijfseconomisch voordeel		Besparing op brandstof- kosten (%)
			(f totaal)	(f/m ²)	
A'	33	52	6.679	0,32	2,4
B'	28	54	- 2.582	- 0,12	- 0,9
C'	36	51	12.909	0,61	4,5
D'	33	47	- 2.712	- 0,13	- 1,0
E'	33	60	18.450	0,89	6,5

en het thermisch gebruiksrendement aanzienlijk toeneemt (variant E'), wordt het bedrijfseconomisch resultaat bijna drie keer zo groot.

5.4.2.2 Tariefstelling

De tariefstelling bij indirecte meting loopt erg uiteen (paragraaf 4.4) en is afhankelijk van diverse factoren. In de uitgangssituatie (A') is tariefstelling 1 (tabel 4.3) in beschouwing genomen. Bij wijziging in de tariefstelling varieert het bedrijfseconomisch resultaat. De volgende varianten van de tariefstelling (hoofdstuk 4, tabel 4.3) zijn in de bedrijfseconomische evaluatie in beschouwing genomen:

- situatie F' : tariefstelling 2;
- situatie G' : tariefstelling 5;
- situatie H' : tariefstelling 6;
- situatie I' : tariefstelling 7 en 8;
deze tariefstellingen komen overeen, met uitzondering van enkele beperkte verschillen. De volgende uitgangspunten zijn hierbij in beschouwing genomen: kortingsfactor is 0,85; rendement ketel is 90%; thermisch w/k-vermogen is 756 kW_{th}; elektrisch w/k-vermogen is 500 kW_e;
- situatie J' : tariefstelling 9;
de volgende uitgangspunten zijn hierbij in beschouwing genomen: factor a is 0,7239 en factor b is 0,0558 (gemiddelde waarden).

De gehanteerde gasprijzen zijn vermeld in tabel 5.15. Daarnaast zijn, evenals in de uitgangssituatie, de gemiddelde gebruiksrendementen van de w/k-installatie als uitgangspunt genomen (elektrisch gebruiksrendement is 33% en thermisch gebruiksrendement is 52%). In tariefstelling G' en I' wordt de "bruto-elektriciteitsproductie" gesubstitueerd in de tariefstelling. Deze is gelijk

Tabel 5.17 Bedrijfseconomisch voordeel bij wijziging tariefstelling op basis van indirecte meting

Variant	Situatie a)	Bedrijfseconomisch voordeel		Besparing op brandstofkosten (%)
		(f totaal)	(f/m ²)	
A'	Uitgangssituatie	6.679	0,32	2,4
F'	Tariefstelling 2	6.451	0,31	2,3
G'	Tariefstelling 5	43.670	2,08	15,4
H'	Tariefstelling 6	5.307	0,25	1,9
I'	Tariefstelling 7 en 8	12.600	0,60	4,4
J'	Tariefstelling 9	3.831	0,18	1,3

a) Overeenkomstig tabel 4.3.

aan de "netto-elektriciteitsproductie" vermeerderd met 1,8% eigen elektriciteitsverbruik. Dit is de gemiddelde waarde van het praktijkonderzoek.

Uit tabel 5.17 blijkt dat alle in beschouwing genomen tariefstellingen resulteren in een positief bedrijfseconomisch resultaat. Tariefstelling 2 is dezelfde tariefstelling als de uitgangssituatie, maar de gasprijs is anders. De afnemer betaalt de tuindersgasprijs en ontvangt een vergoeding voor de geproduceerde elektriciteit in de vorm van de zone-b gasprijs. Bij het huidige prijsniveau (4e kwartaal 1995) geeft bijna geen verschil in bedrijfseconomisch resultaat.

Tariefstelling 5 (variant G') resulteert in een veel hoger bedrijfseconomisch resultaat, omdat de vergoeding voor elektriciteit 25% bedraagt in plaats van 17% in de uitgangssituatie. Tariefstelling 6 (variant H') is een geheel andere tariefstelling dan de uitgangssituatie, namelijk het gasverbruik van de w/k-installatie wordt berekend aan de hand van de geleverde hoeveelheid elektriciteit. Dit tarief resulteert in een iets lager voordeel dan de uitgangssituatie. Ook tariefstelling 7, 8 en 9 (variant I' en J') zijn geheel andere tariefstellingen (tabel 4.3) en resulteren in respectievelijk een dubbel zo hoog en de helft van het bedrijfseconomisch voordeel in de uitgangssituatie.

Ook bij deze tariefstellingen zal het bedrijfseconomisch resultaat variëren bij andere gebruiksrendementen van de w/k-installatie. Per afnemer dienen daarvoor alle uitgangspunten nauwkeurig in beschouwing te worden genomen.

6. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

6.1 Contractinventarisatie

Uit het onderzoek komt naar voren dat de contracten verschillen tussen de nutsbedrijven. Ook tussen de afnemers per nutsbedrijf komen verschillen voor.

Eigendom en duur overeenkomst

Door de afnemer en/of het nutsbedrijf worden soms vergoedingen gegeven voor de ruimte of de grond waar de w/k-installatie geplaatst is en/of voor aansluit- en overige kosten van de w/k-installatie. Aanbevolen wordt alle vergoedingen en kosten die voor rekening van het nutsbedrijf en/of de afnemer komen, vast te leggen in het contract. Hierdoor is er voor beide partijen duidelijkheid.

Op de w/k-installatie kan een warmteopslagtank, rookgascondensor en/of -reiniger aangesloten zijn. Deze installaties zijn allen goed voor energiebesparing, maar worden slechts beperkt toegepast. Aanbevolen wordt deze installaties standaard aan te sluiten en het eigendom, het gebruik en de vergoeding in het contract vast te leggen. Daarnaast kan het gebruik van rookgascondensors gestimuleerd worden door korting te geven op de warmte uit een rookgascondensor of de afnemer kan zelf in een rookgascondensor investeren, waardoor deze de warmte gratis ter beschikking heeft. Voor rookgasreinigers zijn nauwelijks contracten in omloop. Aanbevolen wordt hiervoor duidelijke contracten op te stellen en het gebruik van rookgasreinigers te stimuleren, omdat de dekkingsgraad hoger wordt bij het gebruik hiervan.

De duur, verlengingsduur en opzegtermijn van het contract is in bijna alle contracten vastgelegd, en varieert per contract.

Meetinrichting

Directe meting geeft meer inzicht in de hoeveelheid van het product (warmte); bij indirecte meting vinden omrekeningen plaats op basis van gas- en/of elektriciteitsmeting. Aanbevolen wordt duidelijkheid te scheppen voor zowel nutsbedrijf als afnemer door gebruik te maken van directe meting. Tevens wordt aanbevolen de toegestane meetafwijking en de gevolgen bij het optreden van een meetfout vast te leggen in het contract. In het algemeen moet er worden gestreefd naar een wettelijke norm voor meetafwijking bij warmtemeters.

Onderhoud en controle van de w/k-installatie is in alle gevallen voor rekening van het nutsbedrijf. Dagelijkse controle en dergelijke worden vaak uitgevoerd door de afnemer en worden meestal niet vergoed. Aanbevolen wordt in de contracten duidelijk te omschrijven wat onder dagelijkse controle en der-

gelijke wordt verstaan en in welke gevallen dit voor rekening van het nutsbedrijf c.q. afnemer komt.

Aansprakelijkheid

De aansprakelijkheid varieert in de contracten en is niet altijd sluitend. Aanbevolen wordt contractueel vast te leggen wie aansprakelijk is voor welk schadegeval en hoe deze schade bij optreden afgewikkeld wordt.

Het leveren van warmte kan in enkele gevallen in strijd zijn met de belangen van de afnemer (bijvoorbeeld CO₂-doserende). Aanbevolen wordt de levering en afname van warmte duidelijk vast te leggen en de voorkomende gevallen te beschrijven. Dit geeft duidelijkheid voor zowel afnemer als nutsbedrijf.

Piekscheren

Indien tijdens het piekscheren geen warmtevraag is bij de afnemer, kan er gebruik worden gemaakt van een warmteopslagtank, noodkoeler of afluchten. Dit wordt in de helft van de contracten beschreven, hoewel niet altijd duidelijk. Aanbevolen wordt duidelijke afspraken te maken, waarin in ieder geval vermeld wordt waar de vrijkomende warmte tijdens piekscheren naartoe gaat, hoe deze warmte afgerekend wordt, en hoe vaak en wanneer het voor mag komen dat een w/k-installatie ingeschakeld wordt, ook in relatie tot CO₂-doseren.

Voor de afnemer is het een extra voordeel als de w/k-installatie als noodstroomaggregaat ingezet kan worden. De kosten hiervan moeten dan wel lager liggen dan bij een "eigen" noodstroomaggregaat. Aanbevolen wordt de vergoeding en de werking van de w/k-installatie als noodstroomaggregaat in het contract vast te leggen.

Rekening

Bij de helft van de afnemers in het onderzoek staan er onduidelijkheden in de rekening. Aanbevolen wordt een duidelijke rekening op te stellen met daarop de meterstanden en de tariefstelling met daarbij de juiste eenheden en daarnaast een logische opbouw en terminologie te gebruiken.

Tariefstellingen

De tariefstellingen voor w/k-warmte variëren sterk bij zowel directe meting als bij indirecte meting. De opbouw van de tariefstelling en de gehanteerde factoren, lopen sterk uiteen van contract tot contract en zijn niet altijd duidelijk. Het gebruiksrendement van de ketel is een belangrijke factor, omdat dit per afnemer varieert en vooral afhankelijk is van het condensortype. Aanbevolen wordt de tariefstelling duidelijk op te stellen met daarin een ketelrendement dat afgestemd is op de afnemer.

Een kortingsfactor in de tariefstelling kan energiebesparing stimuleren. Een hogere korting bij meer draaiuren, op de warmte bij elektriciteitslevering tijdens plateau-uren, op laagwaardige (condensor)warmte, resulteert in meer energiebesparing. Aanbevolen wordt de tariefstellingen hierop toe te spitsen.

6.2 Bedrijfseconomische evaluatie

Het bedrijfseconomisch resultaat wordt bepaald door de bedrijfssituatie, de w/k-installatie, het contract en de economische factoren. Een tuinbouwbedrijf met dezelfde w/k-installatie kan dus door andere bedrijfssomstandigheden, of een ander contract, een ander bedrijfseconomisch resultaat hebben.

Uitgangssituatie

De uitgangssituatie is een indicatie voor de gemiddelde praktijksituatie. Het betreft een tuinbouwbedrijf van 21.000 m² met een warmtevraag van 39.000 GJ. De ketel is uitgerust met een enkelvoudige condensor op een apart verwarmingsnet. De w/k-installatie levert 35% van de totale warmte en er wordt circa 0,40 kWh per m² elektriciteit bespaard, omdat de brander van de ketel minder gebruikt wordt. De warmteprijs is gebaseerd op directe meting en bedraagt 26,5 m³ aardgas per GJ. Daarnaast zijn de overige kosten f 2.450,-.

Op dit bedrijf bedraagt het bedrijfseconomisch voordeel van het gebruik van w/k-warmte van het nutsbedrijf voor de tuinder in totaal bijna f 12.000,- per jaar. Uitgedrukt per m² kas is dit ruim f 0,50 en uitgedrukt in de totaal brandstofkosten van het bedrijf is dit ruim 4%. In de uitgangssituatie levert warmtelevering dus bedrijfseconomisch voordeel op.

Dekkingsgraad

Een hogere dekkingsgraad heeft een grote invloed op het bedrijfseconomisch voordeel. Bij een verhoging van de dekkingsgraad van 35 naar 66% wordt het bedrijfseconomisch voordeel twee keer hoger dan in de uitgangssituatie en bij een dekking van 11% wordt het voordeel zeer gering.

Tariefstelling en aardgasprijs

Er bestaan grote verschillen in warmteprijs, zowel tussen nutsbedrijven als tussen afnemers. Indien wordt uitgegaan van de laagste warmteprijs die voorkomt, dan verdubbelt het voordeel voor de afnemer ten opzichte van de uitgangssituatie. Bij de hoogste warmteprijs is er bijna geen voordeel voor de afnemer.

Ook de hoogte van de aardgasprijs heeft grote invloed. Bij een gasprijs van 30 cent in plaats van 23 cent neemt het totale voordeel toe met ruim 30% per jaar. Bij een gasprijs van 40 cent wordt het totale voordeel bijna verdubbeld. De besparing op de totale brandstofkosten neemt niet toe.

Rookgascondensor w/k-installatie

Het gebruik van een rookgascondensor bij de w/k-installatie levert naast een grotere energiebesparing een groter bedrijfseconomisch voordeel voor de afnemer op ten opzichte van de uitgangssituatie.

Rookgascondensor ketel

Een bedrijf met een ketel zonder condensor heeft bij het inzetten van w/k-warmte meer bedrijfseconomisch voordeel dan een bedrijf met een condensor, indien voor beide bedrijven dezelfde tariefstelling van toepassing is.

Dit geldt zowel voor het voordeel per m^2 als de totale besparing op brandstofkosten. Een bedrijf met een ketel zonder condensor heeft een voordeel dat circa anderhalfmaal zo groot is als een bedrijf met een ketel zoals in de uitgangssituatie.

Kleine invloedsfactoren

Een kleinere bedrijfsgrootte resulteert in een lager totaal bedrijfseconomisch voordeel; per m^2 zijn de verschillen gering. Dit komt doordat de overige kosten bij een klein bedrijf zwaarder wegen dan bij een groter bedrijf. Een kleinere warmte-intensiteit resulteert in een lager bedrijfseconomisch voordeel per m^2 , maar de besparing op de totale brandstofkosten wordt hoger. Dit komt doordat een lagere warmte-intensiteit een hogere dekkingsgraad tot gevolg heeft. Door verliezen van de warmteopslagtank aangesloten op de w/k-installatie valt het bedrijfseconomisch voordeel lager uit.

De overige kosten voor de afnemer voor ruimte, arbeid, en dergelijke kunnen aanzienlijk verschillen per nutsbedrijf en per afnemer. Het wegvallen van deze kosten of een verdubbeling hiervan heeft beperkte invloed op het bedrijfseconomisch voordeel van de afnemer.

Combinaties

In de praktijk komen combinaties van de hiervoor beschreven situaties voor. Bij een gunstige combinatie (geen condensor bij de ketel, geen verliezen warmteopslag, hoge dekkingsgraad, lage warmteprijs en lage overige kosten) kan het bedrijfseconomisch voordeel ten opzichte van de uitgangssituatie met een factor 5 toenemen. Bij een ongunstige combinatie ontstaat er verlies voor de afnemer.

Indirecte meting

Bij afrekening op basis van indirecte meting is het voordeel voor de afnemer sterk afhankelijk van het elektrisch- en thermisch gebruiksrendement van de w/k-installatie. Bij een laag elektrisch en/of thermisch rendement wordt het resultaat voor de afnemer negatief. Bij een hoog elektrisch en/of thermisch rendement kan het voordeel voor de afnemer verdubbelen. Een betere tariefstelling kan een 2 tot 6 keer zo groot bedrijfseconomisch resultaat opleveren.

Aanbevelingen

Aanbevolen wordt meer rekening te houden met de invloeden van de verschillende factoren die een rol spelen bij het bedrijfseconomisch aspect van warmtelevering. Het bedrijfseconomisch voordeel moet wervend zijn voor de afnemers.

Aan de hand van de aanbevelingen per aspect, is het mogelijk een checklist op te stellen waarin al deze aspecten aan de orde komen. Dit kan een ondersteuning zijn bij het onderhandelingsproces. Het toepassen van directe meting leidt tot het uitsluiten van de invloed van de verschillen in thermisch en elektrisch rendement. Hierdoor wordt de duidelijkheid van het voordeel van de afnemer vergroot.

De maximale primaire brandstofbesparing verschilt per tuinbouwbedrijf, per w/k-installatie en per contract. Aanbevolen wordt de levering van warmte niet alleen vanuit economisch oogpunt te bekijken, maar ook vanuit het oogpunt van energiebesparing. Belangrijk zijn onder andere een hoge dekkingsgraad en een rookgascondensor op de w/k-installatie.

LITERATUUR

Anonymus (1981)

Beschouwing over "warmteprijs" in de tuinbouwprojecten; Notitie Neom, 18 sept.

Anonymus (1994)

Verrekening produktiekosten elektriciteit verandert; In: Energie- en Milieuspectrum; no.1/2, p. 4

Benninga, J. (1987)

Leveringsvoorwaarden bij de toepassing van afval- en restwarmte; Den Haag, Landbouw-Economisch Instituut; Mededeling 367

EnergieNed (1994)

Wegwijzer van de energievoorziening; Arnhem

Eeuwes, T. (1994)

WK-machine heeft smeerolie nodig; In: Vakblad voor de Bloemisterij; no. 29

Haskoning (1994)

Overzicht warmtemeters in Nederland; Nijmegen

Hey, J.D (1989)

Current issues in microeconomics; Basingstoke, Hampshire, MacMillan

Hondius, E.H. (1978)

Standaardvoorwaarden, rechtsvergelijkende beschouwingen over standaardisering van contractsbedingen en overheidstoezicht daarop; Deventer, Kluwer

Leeuwen, R.C.L. van en N.J.A. van der Velden (1992)

Het gebruik van warmtelkracht-installaties in de glastuinbouw; een inventarisatie; Den Haag, Landbouw-Economisch Instituut (LEI-DLO); Publikatie 4.134

Leeuwen, R.C.L. van (1994)

Warmtecontract kost soms geld; In: Groente + fruit / Glasgroenten; no. 2

- Leeuwen, R.C.L. van (1994)
Warmtemeting enige methode tegen afkalving korting; In: Vakblad voor de Bloemisterij; no. 4
- Nawrocki, K.R. en N.J.A. van der Velden (1991)
Gebruiksrendementen aardgasgestookte ketels in de glastuinbouw; gissen is missen, meten is (z)weten; Wageningen, IMAG-DLO; Nota 91-55
- Neijenhuis, J.W.M. (1994)
Teler moet warmtecontract weigeren; In: Groenten + Fruit / Glasgroenten; no. 22
- Nunnink, E. (1994)
Warmtekracht: de korting is niet het doel; In: Groenten + Fruit / Glasgroenten; no. 2
- PW/K (1995)
Warmtelkracht in de glastuinbouw; Driebergen-Rijsenburg
- PW/K (1995)
Rentabiliteit van warmtelkracht voor tuinder en energiebedrijf; Driebergen-Rijsenburg
- Velden, N.J.A. van der, B.J. van der Sluis en A.P. Verhaegh (1996)
Energie in de glastuinbouw van Nederland; ontwikkelingen in de sector en op de bedrijven t/m 1994; Den Haag, Landbouw-Economisch Instituut (LEI-DLO); Periodieke Rapportage 39-93
- Velden, N.J.A. van der (1989)
Laagwaardige warmte in de glastuinbouw; een bedrijfseconomische evaluatie; Den Haag, Landbouw-Economisch Instituut; Onderzoekverslag 57
- Verhoeven, A.T.M., F.L.K. Kempkes en N.J.A. van der Velden (1995)
Warmtelkracht-installaties in de glastuinbouw; gebruiksrendementen en dekkingsgraden; Den Haag, Landbouw-Economisch instituut (LEI-DLO), Publikatie 4.137
- Wouters, A.N. (1984)
Rest- en afvalwarmtebenutting in de glastuinbouw; een discussie over leveringsvoorwaarden; Den Haag, Ministerie van Landbouw en Visserij, Directie Akker- en Tuinbouw
- Cursus (1994)
Praktijkopleiding kleinschalige warmtelkracht; Utrecht

BIJLAGEN

Bijlage 1 Begrippenlijst

In deze begrippenlijst is de betekenis van de begrippen, zoals die in deze rapportage worden gebruikt, vermeld.

Nutsbedrijf	= het gas- en/of elektriciteitsdistributiebedrijf, of een andere rechtspersoon, die warmte uit de warmte/kracht-installatie levert, in de vorm van warm water.
Afnemer	= de tuinder die de warmte uit de w/k-installatie afneemt en gebruikt voor de verwarming van de kassen.
W/k-warmte	= warmte die door de warmte/kracht-installatie geproduceerd wordt.
Ketelwarmte	= warmte die door de gasketel van de tuinder geproduceerd wordt.
Gigajoule (GJ)	= eenheid voor een hoeveelheid warmte; 1 GJ = 1 miljard joules, 1.000 megajoules (MJ).
Onderste verbrandingswaarde (o.w.)	= de hoeveelheid energie die vrijkomt bij de verbranding van aardgas, het water is na de verbranding in gasfase (31,65 MJ per m ³ aardgas).
Bovenste verbrandingswaarde (b.w.)	= de hoeveelheid energie die vrijkomt bij de verbranding van aardgas, het water is na de verbranding in vloeibare fase (35,17 MJ per m ³ aardgas).
a.e.	= aardgasequivalenten, 1 a.e. komt overeen met 31,65 MJ warmte (o.w.)
EVHI-meter	= gasmeter die het gemeten aardgas corrigeert op temperatuur en druk naar standaardcondities (0°C en 1,013 bar).
Warmte-dekkingsgraad	= de mate waarin de w/k-installatie het tuinbouwbedrijf van warmte voorziet ten opzichte van de totale warmtevraag van het bedrijf, uitgedrukt in %.
Joint-venture	= samenwerking van twee of meer ondernemingen voor een w/k-project, waarin kapitaal en know-how bijeengebracht wordt op basis van gedeeld risico.
Momentsrendement	= de verhouding tussen de geproduceerde warmte of elektriciteit en de toegevoerde hoeveelheid aardgas op een bepaald moment, uitgedrukt in % (o.w.).

Gebruiksrendement	= de verhouding tussen de energie-output en -input van een gasketel of w/k-installatie gedurende een bepaalde periode, uitgedrukt in % (o.w.).
Marginale besparing	= gasbesparing in de ketel per geleverde eenheid warmte/kracht-warmte (m ³ aardgas per GJ).
Wervend tarief	= een tarief waarbij de afnemer economisch voordeel heeft in de nieuwe situatie (in dit geval met een w/k-installatie van het nutsbedrijf) ten opzichte van de oude situatie.
Piekuren	= draaiuren, waarin de w/k-installatie door het nutsbedrijf ingeschakeld kan worden, vanwege een landelijk verrekenmoment.
Landelijk verrekenmoment	= door de SEP (N.V. Samenwerkende Elektriciteits-Productie-bedrijven) vastgestelde momenten van landelijk elektriciteitspiekverbruik
Piekscheren	= het gebruiken van de w/k-installatie door het nutsbedrijf voor elektriciteitsproductie tijdens mogelijke landelijk verrekenmomenten.

Bijlage 2 Andere beheersvormen

Naast warmteleveringscontracten komen ook andere vormen van contracten voor. Twee van de 43 beschouwde contracten betreffen een "joint-venture" en één contract betreft de "verhuur van een w/k-installatie als energieproductiemiddel". Deze contractvormen zijn de laatste jaren niet meer afgesloten en worden hier kort behandeld.

Joint-venture

Een joint-venture is in principe een samenwerking van twee of meer ondernemingen voor een w/k-project, waarin in principe kapitaal en knowhow bijeengebracht wordt op basis van gedeeld risico. De belangrijkste aspecten, zoals beschreven in paragraaf 3.2.1 t/m 3.2.8 zijn in een joint-venture contract grotendeels hetzelfde als in een warmteleveringscontract. De grootste verschillen met een warmteleveringscontract zijn:

- beide partijen exploiteren gezamenlijk de w/k-installatie voor gezamenlijk risico en rekening. Het nutsbedrijf blijft overigens eigenaar van de w/k-installatie;
- de verrekening van baten en kosten gebeurt door middel van een speciale w/k-rekening in de vorm van een saldorekening. Het nutsbedrijf voert de administratie en de afnemer mag de gevoerde administratie controleren. In het contract staan de posten beschreven die op de w/k-rekening geboekt worden. Enkele voorbeelden van deze posten: beheerskosten, onderhoud, verzekering, w/k-ruimte, aardgastoevoer, geleverde elektriciteit, afgenomen warmte en gebruik warmteopslagtank.

Een voordeel van de joint-venture is dat het totale voordeel van de w/k-installatie gezamenlijk gedeeld wordt. Een nadeel van de joint-venture is dat de administratie door het nutsbedrijf gevoerd wordt en dat de afnemer meestal niet genoeg kennis heeft om hierin duidelijk inzicht te krijgen. Als de afspraken duidelijk en volledig in het contract vastgelegd worden en als het financiële aspect door middel van een accountantsverklaring gecontroleerd kan worden, is dit nadeel tot een minimum te beperken.

Verhuur van de w/k-installatie als energieproductiemiddel

Deze eigendomsvorm komt voor bij tuinders die assimilatiebelichting toepassen. De verhuur van de w/k-installatie als energieproductiemiddel is een contractvorm waarbij de afnemer de w/k-installatie huurt van het nutsbedrijf. De afnemer betaalt aan het nutsbedrijf een bepaald bedrag aan huur (jaarlijks) en een bepaald bedrag aan onderhoud (per draaiuur). Daarnaast komt het aardgas, dat door de w/k-installatie verbruikt wordt, voor rekening van de afnemer. De geproduceerde warmte en elektriciteit staan ter beschikking van de afnemer. Daarnaast kan tevens elektriciteit teruggeleverd worden aan het nutsbedrijf. Ook bij deze contractvorm zijn de belangrijkste aspecten grotendeels hetzelfde als in een warmteleveringscontract.

Deze contractvorm komt alleen voor bij afnemers die assimilatiebelichting toepassen. De meeste tuinbouwbedrijven met assimilatiebelichting hebben een eigen w/k-installatie. Het voordeel van de verhuur van de w/k-installatie door het nutsbedrijf is dat de afnemer niet hoeft te investeren in een w/k-installatie.

Bijlage 3 Schatting vermindering elektriciteitsverbruik ketel bij warmtelevering

Het elektriciteitsverbruik van een ketelinstallatie komt bijna volledig voor rekening van de ventilator van de brander. Hiermee wordt aardgas en verbrandingslucht in de ketel gebracht. Indien de ketel minder aardgas verbruikt is ook minder elektriciteit nodig. De vermindering van het elektriciteitsverbruik is afhankelijk van de dekkingsgraad. Bij een hoge dekkingsgraad zal de ventilator minder elektriciteit verbruiken dan bij een lage dekkingsgraad.

Een ventilator kan meestal in twee standen draaien: hoogtoeren en laagtoeren. Bij een normale ketelbelasting wordt uitgegaan van 80% van de branduren laagtoeren en 20% in hoogtoeren. Als de w/k-installatie ingezet wordt (situatie met warmtelevering), wordt de ketel minder gebruikt en wordt uitgegaan van een andere verhouding. Daarnaast zal het aantal branduren van de ketel afnemen bij een hogere dekkingsgraad. Uitgangspunten:

- de bedrijfsgrootte in de uitgangssituatie (paragraaf 5.3.1) is 21.000 m², de norm voor de ketelgrootte is 240 W per m². Dit resulteert in een ketelcapaciteit van 5 MW (= 4,3 miljoen kcal/h). Bij een bedrijfsgrootte van 12.500 m² is de ketelcapaciteit 3 MW, bij een bedrijfsgrootte van 43.000 m² is de ketelcapaciteit 10 MW;
- een ketel van 3 MW verbruikt 1 kW in laagtoeren en 10 kW in hoogtoeren, voor een ketel van 5 MW is dit verbruik 2 kW respectievelijk 11 kW en voor een ketel van 10 MW is dit 3 kW respectievelijk 20 kW (bron: informatie van leveranciers).

Situatie zonder warmtelevering

In deze situatie wordt ervan uitgegaan dat de ketel 80% van de branduren in laagtoeren en 20% in hoogtoeren gebruikt wordt. Het aantal branduren is 6.000. Elektriciteitsverbruik ketel = $(80\% * 6.000 * 2) + (20\% * 6.000 * 11) = 22.800$ kWh. Per m² is dit 1,09 kWh.

Situatie met warmtelevering, dekkingsgraad = 35% (uitgangssituatie)

In deze situatie wordt ervan uitgegaan dat de ketel 90% van de branduren in laagtoeren en 10% in hoogtoeren gebruikt wordt. Het aantal branduren is 5.000. Elektriciteitsverbruik ketel = $(90\% * 5.000 * 2) + (10\% * 5.000 * 11) = 14.500$ kWh. Per m² ligt is het elektriciteitsverbruik 0,40 kWh lager dan in de situatie zonder warmtelevering (zie rekenvoorbeeld).

In tabel B3.1 is bij diverse uitgangspunten het elektriciteitsverbruik van de ketel geschat en is het elektriciteitsverbruik per m² berekend. Door de situatie zonder warmtelevering (dekkingsgraad = 0%) te vergelijken met de situatie met warmtelevering (dekkingsgraad is 11, 35 of 66%) kan de elektriciteitsbesparing berekend worden.

Tabel B3.1 Elektriciteitsverbruik ketel bij diverse uitgangspunten

Dekkingsgraad (%)	0	11	35	66
Verhouding hoog-/laagtoeren (%)	20-80	15-85	10-90	5-95
Aantal draaiuren ketel (uren)	6.000	5.500	5.000	4.000
Elektriciteitsverbruik ketel (kWh/jaar)				
ketelcapaciteit 3 MW a)	10.800	8.800	7.000	4.800
5 MW a)	22.800	18.425	14.500	9.800
10 MW a)	37.200	29.700	23.000	15.200
Elektriciteitsverbruik ketel (kWh/m ²)				
ketelcapaciteit 3 MW a)	0,86	0,70	0,56	0,38
5 MW a)	1,09	0,88	0,69	0,47
10 MW a)	0,87	0,69	0,53	0,35

a) Uitgangspunten: bedrijfsgrootte = 12.500 m², ketelcapaciteit = 3 MW; bedrijfsgrootte = 21.000 m², ketelcapaciteit = 5 MW; bedrijfsgrootte = 43.000 m², ketelcapaciteit = 10 MW.

Rekenvoorbeeld voor de elektriciteitsbesparing (uitgangssituatie):

situatie zonder warmtelevering 1,09 kWh/m²

situatie met warmtelevering 0,69 kWh/m²

elektriciteitsbesparing 0,40 kWh/m²

Bijlage 4 Kosten en opbrengsten bij een condensor op de w/k-installatie

- Uitgangssituatie 21.000 m² met w/k-installatie van 756 kW_{th}
- Afgegeven vermogen door de condensor
 - bij 5 procentpunt thermisch rendement

$$\frac{756 \text{ kW}_{th}}{52 \%} \times 5 \% = 73 \text{ kW}_{th}$$

- bij 7 procentpunt thermisch rendement

$$\frac{756 \text{ kW}_{th}}{52 \%} \times 7 \% = 102 \text{ kW}_{th}$$

Kosten (condensor en uitbreiding van het verwarmingsnet)

Jaarkosten w/k-condensor

Investing = f 20.000,- (informatie van leverancier)

Afschrijving	= 10%	(10 jaar)
Gemiddelde rente over geïnvesteerd vermogen	= 3%	
Onderhoud	= 1%	

Dit resulteert in de volgende totale jaarkosten:

14% van het investeringsbedrag = f 2.800,- per jaar = f 0,13 per m²

Kosten uitbreiding verwarmingsnet

Grootte laagwaardig verwarmingsnet:

- condensor (ketel): 240 W/m² * 10% = 24 W/m², nodig: 4 slangen per 3,20 meter kap;
- indien w/k-condensor erbij:
 - bij 5 procentpunt thermisch rendement
73.000 W per 21.000 m² = 3,5 W/m² erbij
 - bij 7 procentpunt thermisch rendement
102.000 W per 21.000 m² = 4,9 W/m² erbij
 - in beide situaties nodig 5 slangen per 3,20 kap
- investeringen voor uitbreiding van 4 naar 5 slangen: f 0,50 per m²;
- investering voor aanpassen van aanvoer- en retourleiding en de menggroep: circa f 10.000,- = f 0,50 per m².

De totale investering van het aanpassen van het laagwaardig verwarmingsnet zijn bij uitbreiding van 4 naar 5 slangen per 3,20 meter: f 0,50/m² + f 0,50/m² = f 1,00 per m².

Afschrijving	= 10%	(10 jaar)
Gemiddelde rente over geïnvesteerd vermogen	= 3%	
Onderhoud	= 0,5%	

Dit resulteert in de volgende *totale jaarkosten*:
13,5% van het investeringsbedrag = f 2.835,-

Opbrengsten (aardgasbesparing ketel)

- Bij thermisch gebruiksrendement van 57%; warmtevraag 39.000 GJ:
 - uitgangssituatie, dekkingsgraad 35% : 13.650 GJ
 - met condensor, dekkingsgraad 39% : 15.210 GJ

1.560 GJ extra warmtelevering

extra aardgasbesparing: $1.560 \text{ GJ} \cdot 30,6 \text{ m}^3/\text{GJ} \cdot f 0,23/\text{m}^3 = f 10.979,-$

- Bij thermisch gebruiksrendement van 59%; warmtevraag 39.000 GJ:
 - uitgangssituatie, dekkingsgraad 35% : 13.650 GJ
 - met condensor, dekkingsgraad 40% : 15.600 GJ

1.950 GJ extra warmtelevering

extra aardgasbesparing: $1.950 \text{ GJ} \cdot 30,6 \text{ m}^3/\text{GJ} \cdot f 0,23/\text{m}^3 = f 13.724,-$

- *) De extra elektriciteitsbesparing bij de ketel doordat meer warmte geleverd wordt (door de condensor) is in de berekening niet meegenomen, omdat ook extra elektriciteit nodig is om water door de rookgascondensor te pompen.