Ing. N.J.A. van der Velden
Ing. K.R. Nawrocki
Ing. H.J. de Sterke

Med. No. 353

AFSTANDSVERWARMING IN DE GLASTUINBOUW VAN DENEMARKEN EN DE BONDSREPUBLIEK

VERSLAG VAN EEN STUDIEREIS

LANDBOUW-ECONOMISCH INSTITUUT DEN HAAG BIBLIOTHEEK
SIGN: L27-353
EX. NO: C
MLV:

Oktober 1986

Landbouw-Economisch Instituut
Afdeling Tuinbouw

REFERAAT

AFSTANDSVERWARMING IN DE GLASTUINBOUW VAN DENEMARKEN EN DE BONDSREPUBLIEK; verslag van een studiereis
Velden, N.J.A. van der, K.R. Nawrocki en H.J. de Sterke
Den Haag, Landbouw-Economisch Instituut, 1986
41 p., 1 tab.

Verslag van een studiereis naar tuinbouwbedrijven in Denemarken en de Bondsrepubliek Duitsland die gebruik maken van afstandsverwarming om de kassen te verwarmen.

Wordt alleen de warmteprijs in beschouwing genomen dan levert afstandsverwarming voordeel op in de vorm van een lagere energierekening. Hier tegenover staan extra investeringen in het warmtetransportsysteem en in een aangepast verwarmingssysteem in de kas. Deze aanpassing is nodig als gebruik wordt gemaakt van verwarmingswater van een lagere temperatuur of als het verwarmingswater sterker wordt afgekoeld dan gebruikelijk. Vaak brengt een aangepast verwarmingssysteem ook extra kosten voor onderhoud, electra enz. met zich mee.

Ook kan het gevolgen hebben voor de groei van het gewas, dus op de omvang en de kwaliteit van de produktie. Daarnaast kunnen er arbeidskundige problemen ontstaan.

Indien deze nadelen in beschouwing worden genomen moet er aan worden getwijfeld of er bij een aantal projecten nog voordeel overblijft.

Glastuinbouw/Energie/Alternatieve energiebronnen/Afstandsverwarming/Afval- en restwarmte/Verwarming/Denemarken/
Bondsrepubliek Duitsland

Overname van de inhoud toegestaan, mits met duidelijke bronvermelding.

Inhoud

	Blz.
WOORD VOORAF	5
SAMENVATTING	7
1. INLEIDING	9
2. BEZOCHTE PROJECTEN	11
2.1 Funen	11
2.1.1 Informatie project	11
2.1.2 Informatie bezochte bedrijven	12
2.1.2.1 Bedrijf Madsen	12
2.1.2.2 Bedrijf Larsen	13
2.2 Arhus	15
2.2.1 Informatie project	15
2.2.2 Informatie bezochte bedrijven	17
2.2.2.1 Bedrijf Sorensen	17
2.2.2.2 Bedrijf Andersen	18
2.3 Ahrenshoft	19
2.3.1 Informatie project	19
2.3.2 Informatie bedrijf	20
2.4 Hamburg-Stapelfeld	21
2.4.1 Informatie project	21
2.4.2 Informatie bezochte bedrijven	22
2.4.2.1 Bedrijf Bukh	22
2.4.2.2 Bedrijf Bluda	24
2.5 St. Avold	25
2.5.1 Informatie project	25
2.5.2 Informatie bedrijf	26
2.6 Saarlouis	27
2.6.1 Informatie project	27
2.6.2 Informatie bedrijf	28
2.7 Krefeld	29
2.7.1 Informatie project	29
2.7.2 Informatie bedrijf	30
2.8 Hortitherm	32
2.8.1 Informatie project	32
2.8.2 Informatie bedrijf	33
3. CONCLUSIES	36
LITERATUUR	40

Woord vooraf

Afstandsverwarming is voor de toekomst van de Nederlandse glastuinbouw mogelijk een belangrijke optie. Naar de toepassing ervan wordt bij het IMAG, de proefstations te Aalsmeer en Naaldwijk, het CABO en bij DENAR-kas onderling afgestemd onderzoek uitgevoerd.

In de glastuinbouw van Denemarken heeft afstandsverwarming een belangrijke plaats verworven. In de Bondsrepubliek is men gestart met een aantal kleinere projecten. Door Ing. K.R. Nawrocki van het IMAG, Ing. H.J. de Sterke van het Consulentschap voor de Tuinbouw te Naaldwijk en Ing. N.J.A. van der Velden van het LEI zijn een aantal projecten bezocht om meer inzicht te krijgen in de toepassing en de technische-, teelttechnische- en economische aspecten die hierbij een rol spelen. De studiereis heeft plaats gevonden in de winter van 1986.

Dank is verschuldigd aan degenen die voor begeleiding hebben gezorgd bij de bezochte projecten. De redaktie van het reisverslag was in handen van Ing. N.J.A. van der Velden.

De directeur,



Den Haag, oktober 1986

J. de Veer

Samenvatting

In Nederland wordt de benodigde warmte voor het verwarmen van tuinbouwkassen bijna altijd geproduceerd op het tuinbouwbedrijf. De temperatuur van het verwarmingswater in het verwarmingssysteem bedraagt maximaal 90 °C en de afkoeling (delta t) maximaal 20 °C.

In de toekomst zal de Nederlandse tuinder waarschijnlijk meer te maken krijgen met een aanbod van energie in de vorm van warm water met een lagere temperatuur. Dit kan warmte zijn van buiten het tuinbouwbedrijf (afstandsverwarming) maar ook warmte die op het tuinbouwbedrijf zelf geproduceerd wordt (warmtepomp). Het kan aantrekkelijk zijn het aangeboden warme water verder af te koelen dan tot nu toe het geval is. Dit heeft eveneens tot gevolg dat de gemiddelde temperatuur van het verwarmingswater lager is dan gebruikelijk.

Het verwarmen van kassen met verwarmingswater van een lagere temperatuur is mogelijk maar het verwarmingssyteem moet worden aangepast. Het aangepaste verwarmingssysteem zal een hogere investering vragen, wat extra afschrijvings- en rentekosten met zich meebrengt. Ook zijn de overige exploitatiekosten (onderhoud, electra enz.) vaak hoger. De neveneffecten kunnen ook bestaan uit gewasreacties en arbeidskundige problemen. De gewasreacties kunnen gevolgen hebben voor de omvang en de kwaliteit van de produktie.

In Denemarken maakt reeds een groot aantal glastuinbouwbedrijven gebruik van afstandsverwarming. In de Bondsrepubliek zijn ook enkele projecten gerealiseerd. In Nederland is de toepassing nog beperkt. Door een bezoek aan een aantal projecten in genoemde landen is getracht meer inzicht te krijgen in de toepassing van lage temperatuurverwarming in de glastuinbouw.

Bij de acht bezochte projecten loopt de temperatuur van het aangeboden warme water uiteen van 30 tot 90 °C. Bij vier projecten wijkt de temperatuur weinig of niet af van de gebruikelijke (maximaal 90 °C). Bij de andere projecten is dit duidelijk wel het geval. De delta t wijkt bij vijf projecten niet af van de gebruikelijke (maximaal 20 °C). Twee hiervan hebben een hoge aanvoertemperatuur zodat deze het meest aansluiten bij de normale situatie. De overige drie hebben een normale delta t in combinatie met een lagere aanvoertemperatuur. Bij drie projecten wijkt de delta t wel af; in twee gevallen is de delta t groter en in het derde kleiner dan normaal. Bij één project wordt zelfs een delta t van gemiddeld 45 °C gerealiseerd. Deze sterke afkoeling wordt gestimuleerd door de tariefstelling. Er wordt namelijk betaald per afgenomen hoeveelheid warm water.

In Nederland wordt vaak gedacht dat het aantrekkelijk is met afstandsverwarming in de basislast van de warmtebehoefte van het tuinbouwbedrijf te voorzien. Bij vijf van de acht bezochte pro-

jecten wordt echter met afstandsverwarming volledig in de warmtebehoefte voorzien.

De investering in het warmtetransportsysteem is bij de meeste projecten grotendeels voor rekening van de tuinders gekomen. Hier staat tegenover dat de prijs voor de afgenomen warmte laag is of dat de warmte kosteloos ter beschikking wordt gesteld. Indien de investering in het warmtetransportsysteem niet voor rekening van de tuinders komt is de warmteprijs hoger.

De aanpassing van het verwarmingssysteem is bij twee van de acht projecten uitgevoerd door gebruik te maken van luchtverwarming. Luchtverwarming kan naast invloed op het klimaat ook lichtverlies met zich meebrengen. Beide factoren hebben gevolgen voor de produktie. Bij de overige zes projecten wordt volledig gebruik gemaakt van buisverwarming. Hier is het verwarmend oppervlak (v.o.) uitgebreid. De uitbreiding van het v.o. van het verwarmingssysteem veroorzaakt afhankelijk van de plaats van het v.o. ten opzichte van het gewas lichtonderschepping en arbeidskundige problemen. De gevolgen van lichtonderschepping voor de produktie worden vaak onterecht buiten beschouwing gelaten. De arbeidskundige problemen vragen een kostbare oplossing.

De regelbaarheid van een verwarmingsnet met een groter v.o. bleek duidelijk trager. De algemene indruk is dat de tuinders in Denemarken en de Bondsrepubliek bij het regelen van het klimaat minder kritisch zijn dan die in Nederland.

Men heeft bij de toepassing van afstandsverwarming meestal als uitgangspunt dat er bij het nieuwe verwarmingssysteem een goed gewas moet kunnen worden geteeld. Mogelijke veranderingen in de produktie worden buiten beschouwing gelaten. Wordt alleen de warmteprijs in beschouwing genomen dan levert afstandsverwarming economische voordelen op in de vorm van een lagere energierekening. Indien de nadelen in beschouwing worden genomen moet er aan worden getwijfeld of er bij een aantal projecten nog bedrijfseconomisch voordeel overblijft.

1. Inleiding

In Nederland wordt voor het verwarmen van tuinbouwkassen voornamelijk gebruik gemaakt van ketels waarin een brandstof, meestal aardgas, wordt verstookt. In de ketel wordt het verwarmingswater opgewarmd waarna transport naar het verwarmingssysteem in de kas plaats vindt. Hier wordt de warmte afgegeven aan de kaslucht. Meestal wordt als verwarmingssysteem een net van stalen buizen gebruikt. Vaak bestaat het verwarmingssysteem uit twee verwarmingsnetten, een primair en een secundair net. Het primaire net is het net dat het eerst ingezet wordt voor verwarming indien er warmtebehoefte ontstaat. Het secundair net wordt ingezet als het primaire onvoldoende capaciteit heeft of wanneer dat voor het klimaat gewenst is. De aanvoertemperatuur van het verwarmingswater bedraagt bij de meeste verwarmingssystemen in de koudste periodes maximaal 90 °C en de afkoeling die in het verwarmingssysteem plaats vindt (delta t) bedraagt maximaal 20 °C. Dit zijn ook de meest gebruikte temperaturen voor het ontwerpen van een verwarmingsinstallatie. De temperatuur van het verwarmingswater bedraagt bij vollast dus 70 °C. Meestal is echter een lagere verwarmingscapaciteit voldoende en zijn de temperaturen lager.

Op veel tuinbouwbedrijven is een rookgascondensor aanwezig die de rookgassen uit de gasketel verder afkoelt. Voor de aanwending van de hierbij vrijkomende warmte is afhankelijk van het type rookgascondensor een apart verwarmingsnet aangelegd. Dit is een lage temperatuur verwarmingssyteem.

In de toekomst zal de Nederlandse tuinder waarschijnlijk steeds meer te maken krijgen met een aanbod van energie in de vorm van warm water dat een lagere temperatuur heeft dan gebruikelijk is. Dit kan warmte zijn van buiten het tuinbouwbedrijf zoals rest- en afvalwarmte van industrieën en electriciteitscentrales maar ook warmte die op het tuinbouwbedrijf zelf geproduceerd wordt door b.v. de warmtepomp. Warmte aangeboden bij een lager temperatuurniveau wordt ook wel lage temperatuur energie of laagwaardige warmte genoemd. Voor een aantal warmtebronnen is het aantrekkelijk het aangeboden warme water verder af te koelen dan tot nu toe het geval is. Realisatie hiervan heeft ook tot gevolg dat de gemiddelde temperatuur van het verwarmingswater lager is dan gebruikelijk.

Voor het verwarmen van kassen met water van een lagere temperatuur moet het verwarmingssysteem worden aangepast om voldoende capaciteit te behouden. De aanpassing kan bestaan uit het vergroten van het verwarmend oppervlak (v.o.) maar ook uit het vergroten van de luchtstroming langs het v.o. (luchtverwarming en convectoren). Het vergroten van het v.o. kan onder andere worden gerealiseerd door meer verwarmingselementen of verwarmingselementen met een groter oppervlak te installeren. Voor de toepassing van luchtverwarming zullen er luchtverhitters en luchtverdeelsystemen of ventilatoren geïnstalleerd moeten worden.

Al deze aanpassingen brengen neveneffecten met zich mee. Het aangepaste verwarmingssysteem zal een hogere investering vragen en dus extra afschrijvings- en rentekosten veroorzaken. De overige exploitatiekosten van deze verwarmingssystemen (onderhoud, electra enz.) zijn eveneens vaak hoger. Neveneffecten kunnen ook bestaan uit gewasreacties en arbeidskundige problemen. Eventuele gewasreacties kunnen o.a. veroorzaakt worden door een verminderde lichtinstraling (meer v.o.), een veranderd klimaat (luchtverwarming), grotere temperatuurgradiënten in de kas en een verandering in de temperatuur van het verwarmingssyteem. De gewasreacties kunnen gevolgen hebben voor de omvang en de kwaliteit van de produktie. De arbeidskundige problemen worden veroorzaakt door een uitgebreider verwarmingssyteem.

Indien warmte wordt gebruikt van buiten het tuinbouwbedrijf zal een warmtetransportsysteem aangelegd moeten worden. De hoge investeringen die dit met zich meebrengt kunnen het noodzakelijk maken het transportsysteem zodanig te dimensioneren dat met de aangevoerde warmte slechts in de basislast van de warmtebehoefte van het tuinbouwbedrijf kan worden voorzien. Hetzelfde geldt voor andere warmtebronnen met hoge investeringen zoals de warmtepomp. De pieken in de warmtevraag zullen dan door de bestaande gasketel opgevangen moeten worden. Met de gasketel kan ook in de CO_2-behoefte worden voorzien. Het gebruik in basislast vraagt om een goede regeling. Doordat de gasketel alleen voor de pieklast wordt gebruikt wordt het rendement van de gasketel lager. De aangeboden warmte bij een lager temperatuurniveau zal voor een bedrijfseconomisch verantwoorde toepassing om genoemde redenen dan ook goedkoper moeten zijn dan de gebruikelijke energiebronnen of andere alternatieven.

In Denemarken en de Bondsrepubliek Duitsland maakt reeds een groot aantal glastuinbouwbedrijven gebruik van lage temperatuurverwarming. Het gaat hierbij bijna uitsluitend om afval- of restwarmteprojecten. Het verschil tussen afval- en restwarmte is dat bij de produktie van restwarmte een extra hoeveelheid brandstof nodig is en bij afvalwarmte niet, vandaar de naam afval. Bij gebruik voor het verwarmen van kassen maakt het echter weinig uit of het nu rest- of afvalwarmte is. Belangijker zijn de aanvoertemperatuur van het warme water, die bij restwarmte vaak hoger is, en de kosten die het gebruik met zich meebrengt. In dit verslag wordt dan ook voornamelijk gesproken over afstandsverwarming, waarmee wordt bedoeld verwarming met warmte die van buiten het tuinbouwbedrijf komt.

De bedrijven in Denemarken die gebruik maken van afstandsverwarming zijn met name gevestigd in de omgeving van Odense op het eiland Funen en in mindere mate op Jutland in de omgeving van Arhus. In de Bondsrepubliek zijn ook enkele projecten gerealiseerd. In Nederland is de toepassing nog zeer beperkt. Door een bezoek aan een aantal projecten in genoemde landen is getracht meer inzicht te krijgen in de toepassing van lage temperatuurverwarming in de glastuinbouw. De ervaringen van de studiereis zijn in deze mededeling beschreven.

2. Bezochte projecten

2.1 Funen

2.1.1 Informatie project

Op het eiland Funen in Denemarken maakten in 1986 ongeveer 150 bedrijven met iets meer dan 100 ha glas gebruik van afstandsverwarming. Er wordt gebruik gemaakt van warmte van de kolengestookte elektriciteitcentrale in Odense. De eerste 52 bedrijven met een glasopstand van 30 ha zijn in 1982 aangesloten. De aansluiting van deze eerste 52 bedrijven wordt het "Stige-project" genoemd. Bij dit project wordt ook warmte geleverd voor stadsverwarming in de dorpen Stige en Otterup.

De warmtedistributie van het "Stige-project" wordt uitgevoerd door een maatschappij die eigendom is van de 52 aangesloten tuinders en de twee dorpen. De deelneming in de maatschappij is bepaald door de maximaal af te nemen hoeveelheid warm water per uur. De maatschappij heeft het warmtedistributienet aangelegd, koopt de warmte in van de centrale en rekent af met de gebruikers. De totale investering in dit project bedroeg 50 miljoen Deense kronen (15 miljoen gulden) waarvan 44 miljoen voor rekening van de tuinders en 6 miljoen voor de dorpen stige en Otterup kwam. Van het aandeel van 44 miljoen voor de tuinders werd door de Deense overheid en de Europese Gemeenschap 20 miljoen subsidie gegeven.

De tuinders betalen aan de maatschappij een jaarlijks vast bedrag voor de aansluiting. De hoogte van dit bedrag is afhankelijk van de maximaal te gebruiken hoeveelheid warm water per uur. De warmte wordt afgerekend per geleverde hoeveelheid warm water (kubieke meterprijs). Gezien vanuit de brandstofkosten voor het tuinbouwbedrijf is het dus gunstig om het water sterk af te koelen. Hiervoor moet dan wel het verwarmingsnet in de kas worden uitgebreid wat extra investeringen met zich meebrengt. In het eerste jaar na aansluiting werd het water nog niet zo sterk afgekoeld. De tuinders wilden eerst weten of het systeem werkte. Pas nadat men enige ervaring had opgedaan is men aanpassingen van het verwarmingssysteem op de bedrijven gaan uitvoeren. In het begin werd het water van het transportsysteem ongeveer 30 ^{o}C afgekoeld. Ten tijde van de studiereis was dit opgelopen tot 45 ^{o}C.

In het eerste jaar heeft men veel problemen gehad met de regeling van het transportsysteem. Deze problemen ontstonden door temperatuurschommelingen en drukstoten. Bij een later opgezet project op Funen heeft men over een afstand van 30 km te kampen met een drukverlies van 55 bar. Dit wordt opgevangen met tussenpompstations. De druk in het systeem bedraagt 25 bar.

2.1.2 Informatie bezochte bedrijven

2.1.2.1 Bedrijf Madsen

naam	Cristian en Paul Madsen
plaats	Odense
contactpersoon	Jan Kronman, DEG Odense
vestiging	bestaand
oppervlakte glas	24.000 m2 (bij aansluiting 12.500 m2)
kenmerken kassen	breedkappers (12 m) vnl. enkel glas, gedeeltelijk stegdoppel nieuwste kassen enkel glas scherm belichting (assimilatie + daglengte) teelt op tafels
teelt	potplanten
teelttemperatuur	17-18 °C
voorheen gebruikte brandstofsoort	zware olie (3500 sec) (12.500 m2: 1.000 ton/jaar = 84 m3 a.e./m2.jaar 1)) (24.000 m2: 1.400 ton zware olie eq./jaar = 61 m3 a.e./m2.jaar 1))
CO_2-dosering	zuiver CO_2 (DKr 1,8 - 2,0 per kg)
warmtewisselaar	Pasilac Therm, ongeïsoleerd
aanvoertemperatuur	normaal 80 °C wordt in koude perioden opgevoerd tot maximaal 96 °C (onder 0 °C of veel wind)
retourtemperatuur	40 °C
delta t	40 - 50 °C
vermogen	maximaal 72 m3 water per uur (3 l/m2.uur)
dekking jaarlijkse warmtebehoefte	normaal 95 % (1985 : 85 %, door een staking bij de centrale)
warmteprijs	DKr 3,85/m3 water (19,3 cent/m3 a.e. 1) bij delta t van 45 °C)
eigen warmteproduktie	bestaande ketels, tevens stand-by voor noodgevallen
verwarming	primair ondertafelverwarming in serie met boven- en gevelverwarming die parallel staan

1) a.e. = aardgasequivalenten Nederlands aardgas
(stookwaarde 31,65 MJ/m3; ketelrendement 100%; DKr = f 0,30)

Bijzonderheden

Dit bedrijf heeft in het "Stige-project" een speciale functie. Indien de warmwatervoorziening vanuit de centrale onvoldoende is voor het gehele project wordt dit bedrijf afgesloten van de warmtetoevoer en moet er gestookt worden met de bestaande ketel. De extra kosten die worden gemaakt door het gebruik van duurdere olie worden vergoed. De andere bedrijven in dit project krijgen een vergoeding indien de dekking van de jaarlijkse warmtebehoefte, zoals vastgelegd in het contract, door bijvoorbeeld het uitvallen van de centrale niet wordt gerealiseerd.

Enkele, voonamelijk kleine bedrijven zijn voor de pieklastwarmtevraag overgeschakeld van zware olie naar de duurdere lichte olie. Hierdoor is het verwarmen van de zware olie alvorens dit verstookt kan worden niet meer nodig.

De maximaal te leveren warmwaterhoeveelheid wordt per bedrijf geregeld met een mechanische smoorklep. Een smoorklep laat onafhankelijk van de druk altijd eenzelfde hoeveelheid water door. De hoeveelheid af te nemen warm water wordt geregeld afhankelijk van de retourtemperatuur van het verwarmingswater uit de kas. In de situatie dat de bestaande olieketel bij moet springen wordt het verwarmingswater, na te zijn opgewarmd door de warmtewisselaar, verder in temperatuur verhoogd door de ketel alvorens het weer naar de kas gaat. De warmtewisselaar en de ketel staan dus in serie.

De verwarming van de later bijgebouwde kassen staat in serie met de verwarming van de reeds bestaande kassen. De retour van de reeds bestaande kassen wordt hierdoor gebruikt als aanvoer voor de nieuwe kassen. Op deze wijze wordt het verwarmingswater extra sterk afgekoeld. In de nieuwe kassen gaat het verwarmingswater eerst door de bovenverwarming en vervolgens door de ondertafelverwarming. In de bestaande kassen is het omgekeerde het geval. De ondertafelverwarming is in de nieuwe kassen uitgebreid met twee gevinde aluminium pijpen (22-70 mm) per tafel.

De aluminium pijpen hebben meer last van corrosie dan de stalen pijpen. Corrosie heeft als gevolg dat er aanslag in de warmtewisselaar ontstaat. Ter voorkoming van deze problemen wordt er aan het verwarmingswater een anti-corrosiemiddel toegevoegd en is er een filter geïnstalleerd om het verwarmingswater te reinigen.

2.1.2.2 Bedrijf Larsen

naam	Larsen (voorzitter distributie maatschappij)
plaats	Odense
contactpersoon	Jan Kronman, DEG Odense
vestiging	bestaand

oppervlakte glas	21.000 m2 (bij aansluiting 14.000 m2)
kenmerken kassen	breedkappers enkel glas scherm + gevelscherm teelt op vaste tafels
teelt	potplanten (groene + bloeiende)
teelttemperatuur	17-18 °C
voorheen gebruikte brandstofsoort	zware olie (3500 sec) (voor aansluiting, nog geen energiebesparende maatregelen, 65 kg/m2.jaar)
CO_2-dosering	zuiver CO_2 (2,1 kg/m2.jaar)
warmtewisselaar	Pasilac Therm, ongeïsoleerd
aanvoertemperatuur	normaal 80 °C wordt in koude periodes opgevoerd tot maximaal 96 °C (onder °C of veel wind)
retourtemperatuur	30-40 °C
delta t	50 °C gemiddeld per jaar
vermogen	maximaal 70 m3 water per uur (nooit meer dan 60 gebruikt, ook niet na uitbreiding)
dekking jaarlijkse warmtebehoefte	100 % (soms bijstoken door traagheid van het systeem)
warmteprijs	DKr 3,85/m3 water (17,4 cent/m3 a.e. bij delta t van 50 °C)
eigen warmte produktie	bestaande ketel, tevens stand-by voor noodgevallen
verwarming	nieuwe kassen sterk uitgebreid v.o.

Bijzonderheden

Ook op dit bedrijf wordt de retour van de verwarming in de bestaande kassen gebruikt als aanvoer voor de verwarming in de nieuwe kassen. In de bestaande kassen is aan het verwarmingssysteem niets veranderd. In de nieuwe kassen is een verwarmingssysteem geïnstalleerd met een groter verwarmend oppervlak. Het systeem bestaat uit vier verwarmingsnetten die met elkaar in serie staan. Het eerste net bestaat uit gevinde aluminium pijpen onder de tafels, het tweede uit polyethyleen slangen in de tafels, het derde uit gevinde aluminium pijpen bovenin de kas en het vierde uit stalen pijpen die ook boven in de kas zijn geïnstalleerd. Het bovennet is hier dus het laagst in temperatuur.

Omdat de verwarming van de nieuwe kassen in serie staat met die van de bestaande, wordt daar met een gemiddeld lagere watertemperatuur gestookt dan in de oude kassen. Op de vraag of dit effecten geeft op het gewas, werd door de tuinder geantwoord dat de planten in de nieuwe kas beter groeiden, maar dat de nieuwe kas lichter is zodat geen goede vergelijking mogelijk is.

Het in serie schakelen van de verwarmingsnetten heeft als nadeel dat de regelbaarheid bijzonder traag is. Als de luchttemperatuur in de kas door externe factoren met 2 °C in temperatuur daalt duurt het 2 uur voordat de temperatuur weer op het oude niveau is. Om deze reden moet er ondanks dat de maximaal af te nemen hoeveelheid water voldoende is om in de koudste periodes in de warmtevraag te voorzien soms toch met de ketel worden bijgestookt.

De anti-corrosievloeistof die op dit bedrijf wordt gebruikt in het verwarmingswater bevat natriumhydroxide, hetgeen een pH verhogende werking heeft. De pH van het verwarmingswater bedraagt ongeveer 9,6

2.2 Arhus

2.2.1 Informatie project

In Arhus en omgeving zijn voor zover bekend bij de DEG (voorlichtingsdienst) te Arhus acht glastuinbouwbedrijven aangesloten op afstandsverwarming. Er wordt gebruik gemaakt van warmte van een electriciteitscentrale en een vuilverbrandingsinstallatie. De warmte van beide bronnen komt in één warmtetransportnet terrecht. De meeste bedrijven zijn aangesloten in 1985. Twee van de acht bedrijven maken al 15 jaar gebruik van afstandsverwarming. Eén van deze bedrijven heeft geen ketel meer. Aangesloten zijn o.a. 10.000 m2 snijrozen, 10.000 m2 tropische waterplanten, 5.500 m2 snijorchideeën en 7.400 m2 potplanten in combinatie met snijorchideeën. De aangesloten bedrijven waren allen gevestigd in de directe nabijheid van het warmtetransportsysteem.

Het warmtetransportsysteem is tot en met de warmtewisselaar eigendom van een publiekrechterlijke organisatie (stad Arhus). De tuinders hebben hierin geen belang. Ze betalen een geringe vergoeding voor de aansluiting en verzorgen zelf de aansluiting van het verwarmingsysteem van het bedrijf op de warmtewisselaar. De werkdruk in het warmtetransportsysteem bedraagt 8 bar.

De geleverde warmte wordt afgerekend per warmtehoeveelheid (Gigajoule prijs). Men is verplicht het geleverde water minimaal 30 °C af te koelen. Verder afkoelen dan dit minimum levert door de tariefstelling per GJ voor een tuinbouwbedrijf geen voordelen op. De tuinders gaan dan ook niet verder dan dit minimum. Er is een contract aangegaan waarbij de tuinders voor 10 jaar de zekerheid hebben van warmtelevering. Ze hebben geen afnameverplichtingen. De verwachting van de hoogte van het warmtetarief over

deze 10 jaar is vermeld in tabel 2.1. Deze prijzen zijn gebaseerd op een vast en een variabel bedrag per GJ. Het vaste bedrag bestaat uit DKr 20 per GJ en het variabele bedrag uit 50 % van de brandstofkosten per GJ. De brandstofkosten worden bepaald door de prijs van gas, olie en kolen gebruikt in de electriciteitscentrales op geheel Jutland en Funen.

Tabel 2.1 Verwachte warmteprijs voor afstandsverwarming in Arhus e.o.

Jaar	Vast deel	Variabel deel	Totaal	
	(DKr/GJ)	(DKr/GJ)	(DKr/GJ)	(f/m3 a.e)1)
1984	20	20	40	0,380
1985	20	20	40	0,380
1986	20	22	42	0,399
1987	20	22	42	0,399
1988	20	23	43	0,408
1989	20	23	43	0,408
1990	20	37	57	0,541
1991	20	37	57	0,541
1992	20	38	58	0,551
1993	20	38	58	0,551
1994	20	38	58	0,551

1) a.e. = aardgasequivalenten Nederlands aardgas (stookwaarde 31,65 MJ/m3; ketelrendement 100 % ; DKr = f 0,30).

De twee bedrijven die reeds 15 jaar gebruik maken van afstandsverwarming betaalden tot in 1985 op basis van geleverde hoeveelheid water zoals ook in Odense het geval is. In 1985 heben zij een nieuw contract aangeboden gekregen waarbij op basis van de geleverde hoeveelheid warmte afgerekend wordt. Vanwege het grote verschil tussen de olieprijs en het nieuwe afstandsverwarmingstarief op dat moment hebben de tuinders dit contract getekend. Na afsluiting van het contract is de olieprijs aanzienlijk gedaald. De tuinders zouden graag terug willen naar het oude contract.

Voor de tuinbouwbedrijven in Arhus en omgeving die aangesloten konden worden op afstandbediening is het de vraag geweest of men moest overschakelen op afstandsverwarming of kolenstook. Het voordeel van afstandsverwarming ten opzichte van kolenstook is dat afstandsverwarming hier nagenoeg geen investeringen met zich meebrengt. Volgens Madsen, technisch specialist van de DEG, is het verder een kwestie van prijsverschil en milieubeleid. Indien gekozen werd voor afstandsverwarming werd hiermee, door de benodigde aanpassing voor de aansluiting op het verwarmingssysteem, volledig in de warmtebehoefte voorzien. De bestaande ketel wordt

in reserve gehouden voor noodgevallen. Tijdens de studiereis was er door de gedaalde olieprijs weinig belangstelling voor beide alternatieven. Door de sterke prijsdalingen was volgens de contactpersoon olie reeds goedkoper. Afschakeling van afstandsverwarming kwam nog niet voor omdat men aanpassingen op het bedrijf heeft verricht (aansluitingen).

2.2.2 Informatie bezochte bedrijven

2.2.2.1 Bedrijf Sorensen

naam	Carl Axel Kragh Sorensen
plaats	Arhus
contactpersoon	Kaj Madsen, DEG Arhus
vestiging	bestaand
oppervlakte glas	7.400 m2
kenmerken kassen	breedkappers enkel glas (enkele gevels dubbel glas) beweegbaar scherm (voor aansluiting vast scherm) teelt op vaste tafels
teelt	potplanten en snijorchideeën
teelttemperatuur	dag 21-22 °C nacht 12-16 °C
voorheen gebruikte brandstofsoort	zware olie (425 ton/jaar = 60 m3 a.e./m2.jaar)
CO_2-dosering	zuiver CO_2
warmtewisselaar	aanwezig (door tuinder geïsoleerd) + filter
aanvoertemperatuur	85 °C (normaal 90 °C)
retourtemperatuur	65 °C
delta t	20 °C (verplichting minimaal 30 °C)
vermogen	maximale hoeveelheid water
dekking jaarlijkse warmtebehoefte	100 %
warmteprijs	DKr 42/GJ (40,8 cent/m3 a.e.)
eigen warmteproduktie	geen, bestaande ketel stand-by voor noodgevallen overgeschakeld naar lichte olie
verwarming	primair boven- en gevelverwarming in serie, parallel met ondertafelverwarming (indien onvoldoende van capaciteit alle netten parallel; geen uitbreiding v.o)

investeringen	aansluiting DKr 135.000 (f 40.500), bijdrage voor transportsysteem, warmtewisselaar en meetapparatuur filter DKr 5.000 (f 1.500)

Bijzonderheden

De verplichting dat het water van het warmtetransportsysteem minimaal 30 °C moet worden afgekoeld wordt op dit bedrijf nog wel eens niet gerealiseerd. Door de warmteleverancier wordt dit toegestaan mits het geen problemen geeft in het transportsysteem, hetgeen weinig het geval is. De watertoevoer van het transportsysteem naar de warmtewisselaar wordt stopgezet indien de temperatuur van het retourwater uit de kassen te hoog is. Het water in het verwarmingssysteem wordt dan rondgepompt tot de temperatuur laag genoeg is.

In twee warenhuizen is te veel tijd nodig om de kastemperatuur na opening van het scherm op temperatuur te krijgen. Dit kan drie tot vier uur duren. Door overschakeling van een vast scherm naar een beweegbaar scherm is de produktie van het gewas verbeterd. De tuinder schrijft dit toe aan de lagere relatieve luchtvochtigheid.

2.2.2.2 Bedrijf Andersen

naam	Knud Andersen
plaats	Hjordshoj
contactpersoon	Kaj Madsen, DEG Arhus
vestiging	bestaand
oppervlakte glas	5.500 m2
kenmerken kassen	breedkappers enkel glas
teelt	snijorchideeen
voorheen gebruikte brandstofsoort	zware olie (230-250 ton/jaar = 46 m3 a.e./m2.jaar)
warmteverbruik afstandverwarming	vanaf juni 1985 tot 11 februari 1986 1542 MWh (160 ton olie-equivalenten)
CO_2-dosering	zuiver CO_2
warmtewisselaar	aanwezig (door tuinder geïsoleerd) + filter
aanvoertemperatuur	84 °C
retourtemperatuur	57 °C
delta t	27 °C (verplichting minimaal 30 °C)
vermogen	maximale hoeveelheid water
dekking jaarlijkse warmtebehoefte	100 %

warmteprijs	DKr 42/GJ (40,8 cent/m3 a.e.)
eigen warmteproduktie	geen, bestaande ketel stand-by voor noodgevallen overgeschakeld naar lichte olie
verwarming	geen aanpassingen
investeringen	aansluitkosten DKr 80.000 (f 24.000), bijdrage transportsysteem, warmtewisselaar en meetapparatuur aansluiting verwarmingssysteem op warmtewisselaar DKr 17.000 (f 5.100). incl filter automatische regeling DKr 24.000 (f 7.200)

Bijzonderheden

Ook op dit bedrijf wordt de watertoevoer van het transportsysteem afgesloten indien de retourtemperatuur van het verwarmingswater dat uit de kassen komt te hoog is.

2.3 Ahrenshöft

2.3.1 Informatie project

In Ahrenshöft bij Hussem in Sleswig-Holstein in de Bondsrepubliek wordt sinds 1981 op een glastuinbouwbedrijf gebruik gemaakt van afvalwarmte van gasmotoren waarmee electriciteit wordt geproduceerd. Het gas waarmee de motoren worden aangedreven is stortgas. Het stortgas wordt afgezogen uit een vuilstortplaats die naast het tuinbouwbedrijf is gelegen. Het tuinbouwbedrijf is een dochteronderneming van het bedrijf dat de vuilstortplaats beheert. Voor het gebruik van het stortgas uit de belt wordt een soort pacht betaald. Het stortgas bestaat gemiddeld uit ongeveer 35 % CH_4. Het overige deel bestaat uit CO_2, N_2, O_2 en in geringe mate uit zwaveloxide. De gasproduktie bedraagt ongeveer 1.100 m3 per uur. Het gas wordt zonder enige voorbehandeling direct gebruikt in de motoren en een verwarmingsketel voor de pieklast.

De gasmotoren zijn eigendom van het tuinbouwbedrijf. Ze draaien continu op vollast omdat het gas continu onttrokken moet worden. De geproduceerde electriciteit wordt grotendeels aan het openbare electriciteitsnet van Sleswig-Holstein geleverd. Een klein deel wordt door het bedrijf zelf gebruikt, o.a. voor het afzuigen van het stortgas.

In 1981 is gestart met 3.200 m2 glas en 6 gasmotoren (150 kVA per stuk). De warmte die vrijkomt bij het koelen van de motoren wordt in de kassen zowel gebruikt voor buisverwarming als luchtverwarming. De warmte die vrijkomt bij het koelen van de rook-

gassen wordt door luchtverwarming in de kassen gebracht. Voor de luchtverwarming zijn warmtewisselaars met plastic slurven boven in de kas geïnstalleerd. Zodra er te veel warmte door de motoren wordt geproduceerd, wordt de overtollige warmte met dezelfde warmtewisselaars aan de buitenlucht afgegeven. Hiervoor wordt buitenlucht aangezogen en opgewarmd door de warmtewisselaars in de kas. Ten tijde van de studiereis was het aantal motoren uitgebreid tot 9 en het areaal glas tot 8.000 m2. Van de drie nieuwe motoren worden de rookgassen niet gekoeld en in de nieuwe kassen is geen luchtverwarming aangelegd. Het totaal opgestelde thermische vermogen van de motoren, rookgaskoelers en ketel bedraagt ongeveer 3 MW. Sinds kort is er een proef gestart met het drogen van kruiden om de te veel geproduceerde motorwarmte te benutten.

Het koelwatersysteem van de motoren is met een platenwarmtewisselaar gescheiden van het verwarmingswater in de kas. In het begin gebruikte men een pijpenwarmtewisselaar. Na twee jaar was deze echter kapot waarna overgeschakeld is op een ander type in combinatie met een anti-corrosievloeistof.

De electriciteitsproduktie met de gasmotoren bedraagt ongeveer 1.000 kW. Hiervoor wordt een vergoeding verkregen van 8 pfenning per kWh (9 cent).

2.3.2 Informatie bedrijf

naam	Mull-ex west
plaats	Ahrenshöft
bedrijfsleider	Herr Preissler jun.
contactpersoon	Herr Neuman en Herr Wussov, LWK Kiel
vestiging	nieuw
oppervlakte	8.000 m2 (1981 : 3.200 m2)
kenmerken kassen	breedkappers enkel glas scherm assimilatiebelichting teelt op tafels
teelt	potplanten
CO_2-dosering	zuiver CO_2
warmtewisselaar	Alva Laval (platen)
aanvoertemperatuur	60 °C (normaal 80 °C)
retourtemperatuur	50 °C (normaal 70 °C)
delta t	10 °C
dekking jaarlijkse warmtebehoefte	niet volledig door de motoren
warmteprijs	interne levering
eigen warmteproduktie	stortgasketel stand-by voor noodgevallen

verwarming	primair ondertafelverwarming (2 stalen pijpen van 51 mm per tablet) secundair luchtverwarming alleen in de oudste kassen (lucht-water warmtewiselaars boven in de kas, warmte wordt in de kas verspreid door een plastic slurf (doorsnede 1m) met gaten (doorsnede 10 cm))

Bijzonderheden

Het verder afkoelen van het verwarmingswater levert geen voordelen op. Het thermisch vermogen van de motoren en de ketel verandert hierdoor niet en er komt dus geen extra warmte ter beschikking. De investering in het verwarmingssysteem wordt wel hoger.

Tijdens het bezoek was één van de motoren buiten gebruik. Hierdoor en door het gebruik van warmte voor het drogen van de kruiden moest ook door de gasketel warmte geproduceerd worden.

Volgens de bedrijfsleider is de luchtverwarming door de luchtcirculatie voordelig voor het gewas. De begeleiders waren het hier niet mee eens. Opgemerkt dient te worden dat in de nieuwste kassen geen luchtverwarming geïnstalleerd is.

2.4 Hamburg-Stapelfeld

2.4.1 Informatie project

In Stapelfeld bij Hamburg wordt door een tweetal glastuinbouwbedrijven gebruik gemaakt van afvalwarmte van een vuilverbrandingsinstallatie. Met de verbranding van vuil wordt stoom geproduceerd. Door middel van een stoomturbine wordt een generator aangedreven die electriciteit produceert. Het koelwater uit de condensor wordt gebruikt voor het verwarmen van de kassen. Het vermogen aan afvalwarmte bedraagt 25,5 MW. Een voorwaarde, gesteld door het vuilverbrandingsbedrijf, om met het project te starten was dat er minimaal 10 ha glas in de nabijheid van de centrale aangesloten zou worden op afvalwarmte. Het eerste bedrijf met 54.000 m2 glas (firma Buhk) is in 1981 gevestigd, het tweede bedrijf (Bluda) met 40.000 m2 glas in 1983. Er wordt dus niet aan de eis van het vuilverbrandingsbedrijf voldaan. Omdat het tweede bedrijf volledig met afvalwarmte in de warmtebehoefte zou voorzien kon het project toch doorgang vinden. De vuilverbrandingsinstallatie werkt continu zodat ook in het weekend en op feestdagen de tuinbouwbedrijven van warmte kunnen worden voorzien.

De investering in het warmtetransportsysteem is door de tuinbouwbedrijven zelf gedaan. De investering bedroeg volgens de firma Buhk in totaal DM 4 miljoen waarvan 2 miljoen voor rekening kwam van Buhk en 2 miljoen voor Bluda. Deze investeringen zijn erg hoog in relatie tot de te overbruggen afstanden. Dit komt doordat men ook de ontsluiting van het terrein (wegen, verlichting, riolering enz.) moest betalen. Door Buhk wordt een geringe vergoeding voor de geleverde warmte betaald. Bij Bluda kregen we over de investering in het warmtetransportsysteem en de warmteprijs geen informatie. Het bedrijf Buhk heeft een functie als demonstratieproject. Hiervoor is een subsidie van de overheid ontvangen. Het Instituut voor Techniek in de Land- en Tuinbouw van de universteit Hannover heeft in dit verband op het bedrijf onderzoek uitgevoerd. Het land waarop de tuinbouwbedrijven gevestigd zijn, wordt gepacht.

De aanvoertemperatuur van het water bedraagt volgens contract 45 °C. In de praktijk komt een temperatuur van 50 °C regelmatig voor. De tuinders zijn verplicht het water tot onder de 30 °C af te koelen om een goede werking van de condensor bij het vuilverbrandingsbedrijf te waarborgen. Er is een contract afgesloten waarbij men voor 20 jaar de zekerheid heeft van warmtelevering zonder een afnameverplichting. Het vuilverbrandingsbedrijf vindt kennelijk de investeringen die door de tuinders zijn gedaan in het transportsysteem voldoende als zekerheid. Het contract wordt stilzwijgend steeds met vijf jaar verlengd indien het niet twee jaar voor de verlenging door een van de partijen schriftelijk is opgezegd. De vuilverbrandingsinstallatie kan in principe ook restwarmte leveren. Oorspronkelijk was het in de plannen opgenomen dat bij een buitentemperatuur van -5 °C en lager, water met een temperatuur van 65 °C geleverd zou worden. Voor deze warmte zou de tuinder dan moeten betalen (DM 0,07 per kWh ; f 0,69 per m3 aardgasequivalent) en er zouden extra investeringen door het vuilverbrandingsbedrijf gedaan moeten worden (DM 1 miljoen).

2.4.2 Informatie bezochte bedrijven

2.4.2.1 Bedrijf Buhk

naam	Gustav Buhk
plaats	Hamburg-Stapelfeld
contactpersoon	Herr Gabriel, Verbega Hamburg
vestiging	nieuw
oppervlakte glas	54.000 m2
kenmerken kassen	breedkappers (6,40 m) enkel glas geen scherm
teelt	snijrozen
teelttemperatuur	19 °C
CO_2-dosering	zuiver CO_2 (proefje)

warmtewisselaar	bij de centrale
aanvoertemperatuur	45 °C (50 °C komt ook voor)
retourtemperatuur	30 °C (maximum volgens contract)
delta t	15-20 °C
vermogen	bepaalde waterhoeveelheid per uur (12,4 MW)
dekking jaarlijkse warmtebehoefte	100 %
warmteprijs	1986 DM 0,41 / GJ (f 0,015 / m3 a.e.) 1981 DM 0,18 / GJ (f 0,006 / m3 a.e.)
eigen warmteproduktie	geen ketel op lichte olie (5,5 MW) stand-by voor noodgevallen
verwarming	primair bovenverwarming (12 verzinkte pijpen per kap met een doorsnede van 60,3 mm) secundair gewasverwarming (16 verzinkte pijpen per kap met een doorsnede van 51 mm)

Bijzonderheden

De secundaire verwarming treedt in werking als de temperatuur in de kas 2 °C lager is dan de ingestelde temperatuur. Door het gebruik van een lage watertemperatuur liggen er 3,3 maal zoveel verwarmingspijpen in de kas als in een normale situatie met een aanvoertemperatuur van 90 °C en een retourtemperatuur van 70 °C het geval zou zijn. De geïnstalleerde pijpen zijn verzinkt en hebben een diameter van 60,3 mm. In één afdeling is gebruik gemaakt van geschilderde pijpen met een diameter van 51 mm. De tuinder heeft graag primaire verwarming bovenin de kas. Dit verwarmingssysteem kost licht maar is wel zo groot dat er geen dubbel glas nodig is zoals bij Bluda (zie paragraaf 2.4.2.2.). Of de lagere stookkosten opwegen tegen de opbrengstderving als gevolg van lichtverlies door de vele buizen boven het gewas is niet duidelijk. Ook vindt de tuinder dat er weke rozen worden geproduceerd.

In het begin is geëxperimenteerd met luchtverwarming die bestond uit luchtverhitters met folieslurf boven in de kas in combinatie met een buis-gewas-verwarming. De universiteit te Hannover had op het gehele bedrijf graag een luchtverwarmingsysteem toegepast. De tuinder zag dit echter niet zitten. Hij vond dat dit te veel problemen gaf met het klimaat, meeldauw en spint.

Uit metingen aan het warmte-afgevend vermogen van de bovenverwarming bleek dat de verzinkte buizen (diameter 60,3 mm) iets minder warmte afgeven dan de geschilderde buizen (diameter 51 mm) ondanks de grotere diameter. Dit wordt veroorzaakt doordat de emmissiecoëfficient van zink lager is waardoor er minder stralingswarmte afgegeven wordt. Bij de gewasverwarming was het omge-

keerde het geval. Volgens de onderzoekers wordt dit veroorzaakt doordat de buizen die tussen het gewas liggen door gietwater en bemesting geoxideerd en vervuild zijn. Daardoor geven ze minder stralingswarmte af.

Ook is onderzoek verricht naar de lichtonderschepping van de verwarmingssystemen. Hierbij is gekeken naar de luchtverwarming met folieslurf boven in de kas, de bovenverwarming met 12 pijpen per kap en een doorsnede van 60,3 mm en de bovenverwarming met 12 pijpen per kap en een doorsnede van 51 mm. Bij de luchtverwarming kwam er in december en januari gemiddeld 55-56 % licht op het gewas, bij de buisverwarming van 51 mm 53-54 % en bij de buisverwarming van 60,3 mm 50 % (Klein, 1983). Bij de luchtverwarming komt hier dus het meeste licht op het gewas.

2.4.2.2 Bedrijf Bluda

naam	Bluda (Blumen durch abwärme)
plaats	Hamburg-Stapelfeld
bedrijfsleider	Herr Kupschus
contactpersoon	Herr Neuman en Herr Wussov, LWK Kiel
vestiging	nieuw
oppervlakte glas	40.000 m2
kenmerken kassen	breedkappers (16 m) dubbel glas scherm assilmilatiebelichting 4.000 roltafels en transportsysteem
teelt	potplanten
CO_2-dosering	zuiver CO_2
warmtewisselaar	bij de centrale
aanvoertemperatuur	50 °C (volgens contract 45°C)
retourtemperatuur	30°C (maximum volgens contract)
delta t	15 - 20 °C
vermogen	bepaalde waterhoeveelheid per uur
dekking jaarlijkse warmtebehoefte	100 % (tot -20 °C buitentemperatuur)
warmteprijs	geen informatie
eigen warmteproduktie	geen ketel (8 Gcal/uur) stand-by voor noodgevallen
verwarming	alleen ondertafelverwarming 240 polythyleen slangen per kap (80 per tablet), doorsnede 22/16 mm, 3 maal heen en terug (kaplengte ongeveer 50 m)

investeringen	kas en scherm	DM 130 / m2
	verwarming	45 / m2
	arbeids- en transportsysteem	80 / m2
	grondaankoop, egalisering, waterbeheer en -ontsluiting	245 / m2
	totaal	DM 500 / m2

Bijzonderheden

Het glastuinbouwbedrijf Bluda is eigendom van een groep van 16 tuinders die ieder ook een eigen glastuinbouwbedrijf hebben.

Met afvalwarmte wordt volledig in de warmtebehoefte voorzien. Om dit warmtetechnisch mogelijk te maken zijn de kassen gebouwd met dubbel glas, is er een scherm en een zeer groot verwarmingsnet geïnstalleerd. Het verwarmingsnet bestaat uit een zeer grote hoeveelheid polythyleen slangen onder de tafels. Door de grote hoeveelheid slangen is een systeem voor het transport van de tafels naar de grote hal noodzakelijk. De werkzaamheden aan het gewas vinden in deze hal plaats, er kan immers in de kassen tussen de tafels niet worden gelopen. Het systeem bestaat uit rollebanen waarover het transport van de tafels gedeeltelijk met de hand en gedeeltelijk automatisch plaats vind. Het transport brengt een aanzienlijke arbeidsbehoefte met zich mee.

Door het gebruik van dubbel glas en een scherm heeft men in de winter een tekort aan licht. Om dit te compenseren maakt men gebruik van assimilatiebelichting. Ook vindt men het gewas te zacht.

Indien men het bedrijf opnieuw op zou zetten zou men gebruik maken van enkel glas en naast de ondertafelverwarming ook bovenverwarming installeren. De slangen van de ondertafelverwarming zou men dwars op de kaprichting installeren zodat er tussen de tafels gelopen kan worden.

2.5 St. Avold

2.5.1 Informatie project

In St. Avold in Frankrijk tegen de Duitse grens wordt sinds 1981 door een glastuinbouwbedrijf gebruik gemaakt van koelwater van een op 7 km afstand gevestigde chemische fabriek. Het glastuinbouwbedrijf maakt deel uit van de "Marion-Gruppe" waartoe 10 glastuinbouwbedrijven gevestigd in de Bondsrepubliek, Frankrijk, Zwitserland, Belgie en Nederland behoren. De bedrijven zijn eigendom van Dr. W. Uebel en omvatten in totaal 15 ha glas. Naast de produktie van potplanten heeft deze firma een omvangrijke omzet aan handel in potplanten. De vestiging in St. Avold wordt voornamelijk gebruikt voor verkoopactiviteiten. Bij één van de

vestigingen in Duitsland (zie paragraaf 2.6) wordt ook gebruik gemaakt van afstandsverwarming.

Het project is door het tuinbouwbedrijf zelf opgezet en gefinancieerd. Voor de afgenomen warmte wordt een zeer kleine vergoeding per warmtehoeveelheid betaald. Er zijn geen contractuele afspraken gemaakt over de aanvoer- en de retourtemperatuur. De fabriek zal koelwater blijven leveren zolang men op deze plaats in produktie is. Het tuinbouwbedrijf heeft geen afnameverplichtingen. Beide partijen zijn dus volkomen vrij.

Het warmte transportsysteem heeft een capaciteit waarmee 12 ha glas kan worden verwarmd. De eigenaar van het tuinbouwbedrijf is er bij de opzet van het systeem vanuit gegaan dat alles éénvoudig moest zijn en dat er geen moeilijke technische uitvoering mocht worden gecreëerd. Het transportsysteem is opgezet in samenwerking met technici uit de Franse industrie. Hierbij zijn geen technici uit de glastuinbouw betrokken geweest. Het transportsysteem bestaat uit twee buizen met een doorsnede van 33 cm die ongeïsoleerd (de warmte kost nagenoeg niets) en zonder expansiebochten in de grond liggen. Het water in het transportsysteem en in het verwarmingsysteem op het bedrijf zijn niet gescheiden door een warmtewisselaar. In het koelsysteem bij de fabriek is een warmtewisselaar geïnstalleerd waarop het transportsysteem is aangesloten. De circulatiepomp van het systeem is in het ketelhuis op het glastuinbouwbedrijf geplaatst.

In de toekomst wordt misschien het glastuinbouwbedrijf te Creuzwald wat ook tot de "Marion-Gruppe" behoort aangesloten. Dit bedrijf is gevestigd op een afstand van 15 km.

2.5.2 Informatie bedrijf

naam	glastuinbouwbedrijf van de "Marion-Gruppe"
plaats	St. Avold
contactpersoon	Dr. W. Uebel
vestiging	bestaand
oppervlakte glas	30.000 m2
kenmerken kassen	breedkappers enkel glas scherm teelt op tafels
teelt	potplanten
voorheen gebruikte brandstofsoort	kolen (basislast, 2 ketels) olie (pieklast, 3 ketels)
CO_2-dosering	geen
warmtewisselaar	bij de fabriek
aanvoertemperatuur	68 °C
retourtemperatuur	58 °C
delta t	10 °C
vermogen	genoeg voor 12 ha glas
dekking jaarlijkse warmtebehoefte	100 % (normaal in basislast, hier overcapaciteit)

warmteprijs	zeer kleine vergoeding per GJ
eigen warmteproduktie	geen, bestaande ketels stand-by voor noodgevallen
verwarming	primair ondertafel-, boven- en gevelverwarming parallel (ondertafelverwarming uitgebreid met gevinde aluminium pijpen)
investering	totaal DM 3,5 miljoen (warmtewisselaar, transportsysteem, circulatiepomp, regeling systeem en uitbreiding verwarmingsnet)

Bijzonderheden

Het verwarmingsysteem in de kas is uitgebreid met enkele gevinde aluminium pijpen om bij een lagere aanvoertemperatuur voldoende verwarmingcapaciteit te hebben. Er wordt hierdoor ongeveer een zelfde verschil in aanvoer- en retourtemperatuur gerealiseerd als in de oude situatie. Aan het verwarmingswater is een anticorrosievloeistof toegevoegd. De samenstelling van het verwarmingswater wordt één maal per maand geanalyseerd. Men was bezig met de bouw van enkele nieuwe kassen.

Volgens de eigenaar van het bedrijf levert het gebruik van verwarmingswater met een lage temperatuur bij potplanten geen problemen op. Het maakt volgens hem geen verschil of de verwarming van de kas plaats vindt met hoge of lage watertemperatuur. Men moet alleen berekenen of met afstandverwarming goedkoper in de warmtebehoefte kan worden voorzien, het gaat om de technisch-economische verhoudingen. Hij kon geen antwoord geven op de vraag of dit voor de teelt van groente of snijbloemen ook het geval was.

Bij het gebruik van te lage watertemperaturen treden er volgens hem door de grote uitbreiding van het verwarmingsysteem wel arbeidskundige problemen op. Om deze reden zou hij geen watertemperaturen van onder de 40 °C willen gebruiken. (zie ook paragraaf 2.4.2.2.)

2.6 Saarlouis

2.6.1 Informatie project

In Saarlouis wordt sinds 1984 door het glastuinbouwbedrijf "Marion" gebruik gemaakt van koelwater van een kolengestookte electriciteitcentrale. Het bedrijf is eigendom van dezelfde firma als dat in St. Avold (paragraaf 2.5). Door de goede ervaringen met afstandsverwarming aldaar is men met dit project gestart.

Evenals in St. Avold is ook dit project door het bedrijf zelf opgezet en gefinancierd. De afvalwarmte wordt door de centrale

gratis ter beschikking gesteld. Het transportsysteem ligt ook hier ongeïsoleerd zonder expansiebochten in de grond. De aanleg van het systeem heeft plaatsgevonden in de grond van 46 verschillende eigenaren. Het transportsysteem en het verwarmingssysteem vormen ook hier een geheel en de warmtewisselaars zijn bij de centrale geïnstalleerd. De warmtewisselaars staan buiten opgesteld zoals in de industrie gebruikelijk is. De circulatiepomp is opgesteld in het ketelhuis op het tuinbouwbedrijf.

In tegenstelling tot de meeste afvalwarmteprojecten wordt hier geen gebruik gemaakt van koelwater uit de condensor van de centrale maar van het koelwater waarmee de slakken die ontstaan bij het verbranden van de kolen worden gekoeld. Het voordeel hiervan is dat dit koelwater een hogere temperatuur heeft. Bij modernere centrales wordt het koelwater uit de condensor steeds lager van temperatuur waardoor het minder geschikt wordt voor gebruik in de glastuinbouw. De eigenaar van het bedrijf vindt water met een temperatuur lager dan 40 °C niet meer interessant.

In 1985 zijn een 6 à 7 groenteteeltbedrijven in Saarlouis met in totaal 12.000 tot 14.000 m2 glas aangesloten op het systeem. Deze bedrijven waren gevestigd in de directe nabijheid van het transportsysteem. Het tuinbouwbedrijf Marion verkoopt de warmte aan de groentetelers.

2.6.2 Informatie bedrijf

naam	glastuinbouwbedrijf Marion
plaats	Saarlouis
contactpersoon	Dr. W. Uebel
vestiging	bestaand
oppervlakte glas	25.000 m2
kenmerken kassen	breedkappers enkel glas scherm teelt op tafels
teelt	potplanten
voorheen gebruikte brandstofsoort	zware olie
CO_2-dosering	geen
warmtewisselaar	bij de centrale (2 platen- en 2 pijpen)
aanvoertemperatuur	54 °C
retourtemperatuur	49 °C
delta t	5 °C
dekking jaarlijkse warmtebehoefte	uitgelegd op 80 %
warmteprijs	kostenloos
eigen warmteproduktie	bestaande ketel, tevens stand-by voor noodgevallen

verwarming	primair ondertafel-, boven- en gevelverwarming (ondertafelverwarming uitgebreid met 4 gevinde aluminium pijpen per tablet; doorsnede 30 mm met 3 vinnen van ca 40 mm per pijp)
investering	totaal DM 5,5 miljoen (warmtewisselaars, transportsysteem, circulatiepomp, regeling van het systeem en uitbreiding verwarmingsnet)

Bijzonderheden

Het systeem is uitgelegd voor een warmtedekking door afvalwarmte van 80 %. De bestaande ketels die de pieklast verzorgen staan in serie en verhogen indien nodig de temperatuur van het verwarmingswater. De gerealiseerde dekking van de warmtebehoefte is niet bekend. Het verwarmingssysteem in de kas is uitgebreid om bij de lagere aanvoertemperatuur voldoende verwarmingscapaciteit te hebben (eenzelfde verschil in aanvoer- en retourtemperatuur te realiseren t.o.v. de oude situatie). Aan het verwarmingswater is een anti-corrosievloeistof toegevoegd. De samenstelling van het verwarmingswater wordt één maal per maand geanalyseerd.

2.7 Krefeld

2.7.1 Informatie project

Op het glastuinbouwbedrijf van Roland Krins in Krefeld wordt sinds 1980 gebruik gemaakt van warmte geproduceerd door een vuilverbrandingsbedrijf. Het tuinbouwbedrijf is gevestigd naast de warmtebron. Er zijn geen andere tuinbouwbedrijven die warmte afnemen, wel een fabriek.

Het warmtetransportsysteem is tot de warmtewisselaars aangelegd en gefinancierd door het vuilverbrandingsbedrijf. De warmtewisselaars zijn van en staan op het tuinbouwbedrijf. Er wordt volledig met afstandsverwarming in de warmtebehoefte voorzien. Het tuinbouwbedrijf heeft geen eigen ketel, ook niet voor noodgevallen. Deze is wel aanwezig bij het vuilverbrandingsbedrijf. De hulpketel was noodzakelijk om de warmteafnemers altijd van warmte te kunnen voorzien. Het vuilverbrandingsbedrijf had in het begin één vuilverbrandingsketel, inmiddels zijn dit er drie. Hierdoor is de hulpketel eigenlijk niet meer nodig. Het water in het transportsyteem heeft een zeer hoge temperatuur (100-110 ^{o}C). De werkdruk bedraagt 5 bar.

De tuinder betaalt voor de afgenomen warmte een vast bedrag per jaar. Dit bedrag is voor 15 jaar vastgelegd in een contract. De hoogte van het bedrag werd ons niet meegedeeld. Door de tariefstelling is het aantrekkelijk zoveel mogelijk warmte af te

nemen. De tuinder heeft om deze reden het bedrijf steeds uitgebreid en hij wil nog verder uitbreiden. De extra warmte die daarvoor afgenomen wordt kost immers niets. Wel moeten er investeringen gedaan worden in het verwarmingsysteem en warmtewisselaars.

Het land waarop het bedrijf is gevestigd (10.000 m2) is in bezit van de tuinder. Hij heeft dit geruild voor een stuk land van 20.000 m2 dat hij ergens anders hiervoor gekocht heeft. Eventuele vestiging van meerdere glastuinbouwbedrijven in de nabijheid van het vuilverbrandingsbedrijf is in principe mogelijk. De grondprijs is echter zeer hoog en bedraagt DM 46 tot 48 per m2, waardoor er weinig interesse bestaat.

2.7.2 Informatie bedrijf

naam	Roland Krins
plaats	Krefeld
bedrijfsleider	Herr Fermer
contactpersoon	Herr Aust, LWK Bonn
vestiging	nieuw
oppervlakte glas	5.400 m2
kenmerken kassen	breedkappers (12,40 m) enkel glas (één afd. stegdoppel), dubbel glas in gevels schaduw scherm teelt op tafels (ongeïsoleerd, staan los van elkaar)
teelt	potplanten
CO_2-dosering	geen
warmtewisselaar	2 pijpenwarmtewisselaars 1 voor verwarmingswater (capaciteit 850.000 kcal/uur) 1 voor gietwaterverwarming
aanvoertemperatuur	maximaal 100-110 °C (110 °C bij lage buitentemperaturen) tijdens bezoek 90 °C en 110 °C
retourtemperatuur	doelstelling 40-50 °C tijdens bezoek 74 °C en 106 °C
delta t	doelstelling 60 °C tijdens bezoek 16 °C en 4 °C
dekking jaarlijkse warmtebehoefte	100 %
warmteprijs	vast bedrag per jaar zowel afgenomen hoeveelheid water als warmte wordt gemeten

eigen warmteproduktie	geen op tuinbouwbedrijf geen ketel stand-by voor noodgevallen
verwarming	primair ondertafelverwarming 4 convectoren (6 m lang) in serie per tablet gietwaterverwarming tot 22 °C
investering	totaal DM 350 per m2 glas-opstand convectoren DM 200-300/stuk DM 1200/tablet
subsidies	totaal DM 600.000

Bijzonderheden

De verwarmingsinstallatie in de kas bestaat uit convectoren die onder de tabletten geïnstalleerd zijn. Door het gebruik van convectoren is een groot verwarmend oppervlak ontstaan. Het verwarmingssysteem veroorzaakt een sterke luchtstroom van onder de tabletten naar de ruimte boven de tabletten. Boven de tabletten mengt de warme lucht zich met koudere lucht. De tabletten zijn voor de luchtcirculatie los van elkaar geplaatst. Het verwarmingssysteem geeft vaak een te lage relatieve luchtvochtigheid (r.v.) in de kas waardoor bij bepaalde cultivars te veel ververdroging optreedt.

Door de sterke opwaartse beweging van opgewarmde lucht vanaf de convectoren ontstaan er vaak droge plekken in het midden van de tabletten. Deze plekken moeten met de hand extra bewaterd worden om groeiachterstand van de planten te voorkomen.

Volgens de bedrijfsleider wordt het verwarmingssysteem op geen enkel ander bedrijf toegepast. Eén tuinder is er wel mee begonnen maar is er snel van afgestapt. De bedrijfsleider zou indien hij zelf een bedrijf op moest zetten dit systeem niet gebruiken. Hij vergelijkt het met luchtverwarming.

Aan het verwarmingswater is een anticorrosievloeistof toegevoegd. In het systeem is een filter en een luchtafscheider geïnstalleerd.

In de strenge winter van 1985 had men op het bedrijf een tekort aan warmte. Dit werd veroorzaakt door een te kleine capaciteit van de warmtewisselaar. Bij verdere uitbreiding zal dan ook een grotere of een exta warmtewisselaar geïnstalleerd worden.

Open staat de vraag waarom men een verwarmingssysteem met convectoren gebruikt bij de hier gehanteerde tariefstelling (vast bedrag per jaar). Het eventueel sterker afkoelen van het warme water brengt immers geen voordelen met zich mee en veroorzaakt wel een hoge investering in het verwarmingssysteem in de kas.

2.8 Hortitherm

2.8.1 Informatie project

In Grevenbroich wordt sinds 1979 op het glastuinbouwbedrijf Hortitherm gebruik gemaakt van koelwater van een bruinkoolgestookte electriciteitcentrale. Hortitherm is een proefproject, opgezet door het Rheinisch-Westfalisches Electrizitätswerk AG (RWE). RWE voorziet geheel Nordrhein-Westfalen van electriciteit en heeft een groot aantal centrales in beheer. Hortitherm is gevestigd direct naast de centrale. Dit is technisch de meest optimale vestigingsplaats door de korte afstand waarover de warmte moet worden getransporteerd. Teelttechnisch is de vestigingsplaats niet optimaal door de schaduwwerking van de koeltorens. Het project moet dan ook gezien worden als een proefproject waar de technische kant van de toepassing van koelwater van een centrale als warmtebron voor een glastuinbouwbedrijf onderwerp van onderzoek is.

Het tuinbouwbedrijf is aangesloten parallel aan de koeltorens. De centrale dient voor basislast electriciteitsproduktie. Er kan gebruik worden gemaakt van koelwarmte van drie afzonderlijke produktieblokken. Het tuinbouwbedrijf kan daardoor het gehele jaar van warmte worden voorzien.

Op het tuinbouwbedrijf wordt gebruik gemaakt van een door RWE ontwikkeld luchtverwarmingssysteem. Het bedrijf bestaat uit meerdere afdelingen. In het kader van het opgezette onderzoek worden van alle afdelingen afzonderlijk vele gegevens geregistreerd.

Het verwarmingswater in de kas is hetzelfde water dat in de open koeltoren bij de centrale wordt gebruikt. Er wordt geen warmtewisselaar gebruikt om het water gescheiden te houden. Dit zou een verlaging geven van de watertemperatuur voor het tuinbouwbedrijf en de temperatuur is al laag. Het koelwater bevat door de lage temperatuur en het gebruik in de koeltoren veel zuurstof. Ter voorkoming van oxidatie van het warmtetransportsysteem op het tuinbouwbedrijf wordt zoveel mogelijk gebruik gemaakt van PVC-buizen.

Het RWE heeft plannen om bij de centrale in Neurath een groot aantal tuinbouwbedrijven te laten vestigen. Hier wil men ook gebruik maken van koelwater. Het gebruik van deze warmte brengt evenals in Grevenbroich voor de centrale geen extra brandstofkosten met zich mee. De warmte wordt dan ook kostenloos aan de tuinders ter beschikking gesteld. Wel moeten zij het warmtetransportsysteem bekostigen. RWE heeft 60 ha land voor tuinbouwvestiging ter beschikking. Hiervoor is een boerderij opgekocht. De grond kan door de tuinders worden gekocht of gepacht. De (voor)financiering van het warmtetransportsysteem door RWE is mogelijk.

2.8.2 Informatie bedrijf

naam	Hortitherm
plaats	Grevenbroich
projectleider	Herr Hermes, RWE
contactpersoon	Herr Aust, LWK Bonn
vestiging	nieuw
oppervlakte glas	5.000 m2 (1979: 1.000 m2)
kenmerken kassen	breedkappers (12,55 m) enkel glas (gehamerd glas) gevels dubbel glas energiescherm (ook voor verduistering) teelt op tafels
teelt	potplanten
CO_2-dosering	zuiver CO_2
warmtewisselaar	geen (luchtverhitters in de kas)
aanvoertemperatuur	30-35 °C (tot 26 °C bij lage buitentemperaturen)
retourtemperatuur	26 °C
delta t	5-10 °C
dekking jaarlijkse warmtebehoefte	100 %
warmteprijs	kostenloos
eigen warmteproduktie	geen geen ketel stand-by voor noodgevallen
verwarming	primair luchtverwarming uitgelegd bij: kastemperatuur 16 °C buitentemperatuur -10 °C watertemperatuur 26 °C delta t 6 °C bij enige tabletten in combinatie met tabletverwarming (proef)
investering	verwarmingsysteem DM 90 / m2

Bijzonderheden

Het gebruikte verwarmingssysteem bestaat uit luchtverhitters waarmee de warmte uit het koelwater wordt afgegeven aan de kaslucht. De kaslucht wordt door electrisch aangedreven ventilatoren over de luchtverhitters geblazen. De luchtverhitters staan opgesteld aan de zijkant van de kappen. De lucht wordt door de ventilatoren onder de tabletten weggezogen en na te zijn opgewarmd boven de tabletten teruggeblazen. Beide luchtstromingen bewegen zich dwars op de kaprichting. Per kap zijn er aan één zijde luchtverhitters geïnstalleerd. De ventilatoren hebben een electrisch vermogen van 8 W/m2 kas. Indien het verwarmingsysteem

op volledige capaciteit werkt, wordt de kaslucht 40 tot 50 maal per uur over de luchtverhitters gevoerd. De luchtsnelheid die hierbij boven het tablet gemeten is bedroeg 0,2 m/s. Met de luchtverhitters wordt volledig in de warmtebehoefte voorzien. Het systeem is ook uitgeprobeerd in de situatie dat de potten op de grond staan.

In tabel 2.2 is de produktie van warmte en het gebruik aan electriciteit vermeld. Uit deze tabel blijkt dat ongeveer 1 kWh

Tabel 2.2 Warmteproduktie en electriciteitsverbruik van het luchtverwarmingsysteem gebruikt bij Hortitherm

		1983-1984	1984-1985
warmteproduktie	(kWh/m2)	684	734
brandstofverbruik	(m3 a.e./m2) 1)	78	83
electriciteitsverbruik			
ventilatoren	(kWh/m2)	17,51 (75%)	15,10 (70%)
pompen	(kWh/m2)	5,87 (25%)	6,62 (30%)
totaal	(kWh/m2)	23,38 (100%)	21,72 (100%)
warmteproduktie per eenheid electiciteits-verbruik	(kWh/kWh)	29,25	33,79

1) a.e. = aardgasequivalenten Nederlands aardgas
onderste verbrandingswaarde aardgas = 31,65 MJ/m3
ketelrendement aardgas 100% o.w.

Bron: RWE

electrische energie nodig is om 30 kWh warmte in de kas te brengen. De electriciteit is voor ongeveer drie kwart nodig voor het aandrijven van de ventilatoren en een kwart voor de pompen waarmee het koelwater wordt aan- en afgevoerd. Tevens blijkt dat het brandstofverbruik rond de 80 m3 aardgasequivalent per m2 glasopstand ligt, dit is zeer hoog.

De regeling van het systeem werkt als volgt. Indien er warmtebehoefte in de kas ontstaat, gaan eerst de circulatiepompen in werking en vervolgens de ventilatoren.
De ventilatoren hebben een minimum stand van 30% van het maximale toerental. Bij grotere warmtebehoefte kan de snelheid oplopen tot 80% van het maximale toerental. Bij het bereiken van deze 80% komen de extra circulatiepompen per afdeling in werking. Daarna kan de snelheid van de ventilatoren oplopen tot het maximale toerental.

Volgens RWE heeft het verwarmingssysteem geen nadelen voor het gewas en beperkt het de schimmelaantasting. Tijdens het bezoek konden we bij de cultivar Ficus elastica 'Robusta' echter duidelijk lage r.v schade (gekrulde bladeren) constateren. Dit wordt

waarschijnlijk veroorzaakt door de grote luchtbeweging die de verdamping van de plant stimuleert.

Het systeem brengt als nadeel met zich mee dat op de plaats waar n deel van de luchtverhitters en de ventilatoren in de kas zijn geplaatst een deel van de beteelbare oppervlakte verloren gaat. Hier staat tegenover dat er meer licht op het gewas komt doordat er geen verwarmingsbuizen boven het gewas aanwezig zijn.

Op enkele plaatsen in het bedrijf wordt geëxperimenteerd met tabletverwarming. Het betreft polyethyleen slangen in de tabletten of op de tabletten. De slangen zijn aangesloten parallel aan de luchtverhitters. Volgens RWE is dit systeem warmtetechnisch te duur en moet het pas toegepast worden indien het teelttechnische voordelen met zich meebrengt.

Bij het aanwenden van koelwater met lage watertemperaturen (26-35 ^{o}C) kan volgens RWE het beste gebruik gemaakt worden van het verwarmingsysteem zoals gebruikt bij Hortitherm. Dit geldt niet alleen voor potplanten maar ook voor groente- en snijbloemgewassen. Of men met het gebruik van afvalwarmte geheel of in de basislast van de warmtebehoefte moet voorzien is een prijstechnisch probleem en afhankelijk van de kosten van het transport van de warmte van de warmtebron naar het tuinbouwbedrijf.

3. Conclusies

In tabel 3.1 is een overzicht gegeven van de kenmerken van de bezochte projecten. De temperatuur van het aangeboden warme water loopt uiteen van 30 tot 90 °C. Bij de projecten in Odense, Arhus, Ahrenshöft en Krefeld wijkt de temperatuur van het aangeboden warme water weinig of niet af van de gebruikelijke temperaturen (maximaal 90 °C). Bij de andere projecten is dit duidelijk wel het geval. De aanvoertemperatuur is bij het project Hortitherm met 30-35 °C het laagst. Hierna komt Hamburg met 45-50 °C, vervolgens Saarlouis met 54 °C en St. Avold met 68 °C.

De delta t wijkt bij vijf projecten niet af van de gebruikelijke (maximaal 20 °C). Twee van deze projecten hebben een hoge aanvoertemperatuur (Ahrenshoft en Krefeld) zodat deze het meest aansluiten bij de normale situatie. De projecten in Hamburg, St. Avold en Saarlouis hebben bij een normale delta t een lagere aanvoertemperatuur. Bij de projecten Odense, Arhus en Hortitherm wijkt de delta t wel af. In Odense en Arhus is de delta t groter en bij Hortitherm kleiner dan normaal.

In Nederland wordt door de hoge investeringen in het warmtetransportsysteem vaak gedacht dat het economisch aantrekkelijk is met afstandsverwarming in de basislast van de warmtebehoefte van het tuinbouwbedrijf te voorzien. Bij vijf van de acht bezochte projecten wordt echter met afstandsverwarming volledig in de warmtebehoefte voorzien. Of dit economisch optimaal is, is niet duidelijk.

De investering in het warmtetransportsysteem is bij de meeste projecten grotendeels voor rekening van de tuinders gekomen. Hier staat tegenover dat de prijs voor de afgenomen warmte laag is. In een aantal gevallen wordt de warmte zelfs kosteloos ter beschikking gesteld. Bij de projecten waar dit laatste het geval is, wordt gebruik gemaakt van afvalwarmte waarvan de produktie geen of nauwelijks kosten met zich meebrengt. Indien de investering in het warmtetransportsysteem niet voor rekening van de tuinders komt is de warmteprijs hoger (Arhus, Krefeld).

De aanpassing van het verwarmingssysteem is bij twee van de acht projecten uitgevoerd door geheel (Hortitherm) of gedeeltelijk (Ahrenshöft) gebruik te maken van luchtverwarming. Bij de overige zes projecten wordt volledig gebruik gemaakt van buisverwarming. Bij vijf van deze projecten is het v.o. uitgebreid. Vaak zijn hiervoor gevinde aluminium pijpen geïnstalleerd. Soms wordt gebruik gemaakt van stalen pijpen of polyethyleen slangen. Bij één project wordt gebruik gemaakt van convectoren (Krefeld). Gezien de tariefstelling lijkt dit geen bedrijfseconomisch verantwoorde maatregel.

In Odense wordt het aangeboden warme water zeer sterk afgekoeld. De gemiddelde afkoeling bedraagt hier 45 °C. Dit wordt gestimuleerd door de tariefstelling. Er wordt namelijk betaald

Tabel 3.1. Overzicht van de kenmerken van de bezochte projecten

Project	temperatuur aanvoer (oC)	delta t (oC)	aandeel warmte-behoefte	afrekening	investering warmtetransport-systeem	aanpassing verwarmings-systeem 3)
Odense (Den)	80-96	45	b 5)	m3 water	door tuinders	sterk uitgebreid voor extra afkoeling
Arhus (Den)	80-90	30 1)	v 5)	GJ	zeer kleine bijdrage door tuinders	geen aanpassing
Ahrenshöft (BRD)	80	20 2)	b	interne levering	door tuinder	gedeeltelijk luchtverwarming
Hamburg-Stapelfeld (BRD)	45-50	20 2)	v	zeer geringe vergoeding per GJ	door tuinders	aanpassing capaciteit
St. Avold (Fr)	68	20 2)	v	zeer geringe vergoeding per GJ	door tuinder	aanpassing capaciteit
Saarlouis (BRD) 4)	54	20 2)	b	kostenloos	door tuinder	aanpassing capaciteit
Hortitherm (BRD)	30-35	4-9	v	kostenloos	door tuinder	luchtverwarming
Krefeld (BRD)	90	20 2)	v	vast bedrag per jaar	alleen warmtewisselaar door tuinder	convectoren

1) minimum
2) maximum
3) t.o.v. normaal verwarmingssysteem gestookt met ketel (aanvoertemperatuur maximaal 90 oC, delta t maximaal 20 oC)
4) wederverkoop buiten beschouwing gelaten
5) b = basislast; v = volledig

voor de afgenomen hoeveelheid warm water (kubiekemeterprijs). Hierdoor behoeft voor de warmte die door de extra afkoeling uit het warme water wordt gehaald niets extra's te worden betaald. Voor het realiseren van de sterke afkoeling zijn de afzonderlijke verwarmingsnetten in de kas in serie geschakeld. Tevens wordt de retour van het verwarmingswater van de bestaande kassen gebruikt als aanvoer voor de verwarming van de nieuwe kassen. Het verwarmingswater komt dan na te zijn afgekoeld in het eerste verwarmingsnet, in het tweede en in een eventueel derde en vierde net terecht. Hier vindt verdere afkoeling plaats.

De bedrijven in Arhus en omgeving zijn volgens contract verplicht het warme water minimaal 30 °C af te koelen. Zij betalen echter wel voor de afgenomen hoeveelheid warmte (Gigajouleprijs). De tuinders gaan met de afkoeling van het water dan ook niet verder dan deze 30 °C. Een verdere afkoeling brengt immers alleen kosten en geen voordelen met zich mee. De verwarming in de kas is dan ook niet aangepast.

Het project Hortitherm kent een delta t die kleiner is dan gebruikelijk. Het verwarmingswater wordt hier maximaal 9 °C afgekoeld. De kleine delta t wordt hier veroorzaakt door de lage aanvoertemperatuur.

De regelbaarheid van een verwarmingsnet met een groter v.o. bleek duidelijk trager. De algemene indruk is dat de tuinders in Denemarken en de Bondsrepubliek bij het regelen van het klimaat minder kritisch zijn dan de tuinders in Nederland. Bij de meeste bedrijven zou de regelbaarheid van de verwarming verbeterd kunnen worden door b.v. toepassing van een warmtebuffer. Problemen in het warmtetransportsysteem (drukstoten en temperatuurschommelingen) kunnen hiermee ook verminderd worden.

De uitbreiding van het v.o. van het verwarmingssysteem veroorzaakt afhankelijk van de plaats van het verwarmend oppervlak ten opzichte van het gewas lichtonderschepping en arbeidskundige problemen. De gevolgen van lichtonderschepping voor de produktie worden vaak onterecht buiten beschouwing gelaten. Op één van de bedrijven bij het project te Hamburg (Bluda) kan tussen de tafels waarop geteeld wordt niet meer worden gelopen. De oplossing van dit probleem is gezocht in het installeren van een systeem voor het transport van de tafels naar een centrale hal. Hier worden de werkzaamheden aan het gewas uitgevoerd. Deze oplossing veroorzaakt extra arbeidskosten voor het transport van de tafels en extra investeringen in het transportsysteem en de centrale hal.

Toepassing van luchtverwarming brengt, indien de luchtverhitters in de kas zijn geplaatst, een verlies aan beteelbare oppervlakte of licht met zich mee. Indien de warme lucht met een luchtverdeelsysteem in de kas wordt gebracht veroorzaakt dit eveneens lichtverlies. Luchtverwarming heeft ook invloed op het klimaat. Naast gevolgen voor de produktie van het gewas heeft dit ook gevolgen voor het optreden van ziekten en plagen.

Men heeft bij de toepassing van afstandsverwarming meestal de filosofie dat er bij het nieuwe verwarmingssysteem een goed gewas

moet kunnen worden geteeld. Mogelijke veranderingen in de produktie worden buiten beschouwing gelaten. Hierover worden dan ook geen gegevens verzameld. Bij sommige projecten konden de negatieve gewasreacties tijdens de studiereis worden gesignaleerd. Wordt alleen de warmteprijs in beschouwing genomen dan levert afstandsverwarming economische voordelen op in de vorm van een lagere energierekening. Opvallend was dat goede en exacte gegevens konden worden verkregen van dit aspect en over de investeringen in het warmtetransportsysteem. Weinig werd echter meegedeeld over de hogere kosten van het verwarmingssysteem, arbeidskundige problemen en de gevolgen voor de produktie. Indien deze nadelen in beschouwing worden genomen moet er aan worden getwijfeld of er bij een aantal projecten nog bedrijfseconomisch voordeel overblijft.

Literatuur

Elsner, B. Von,
Heat exchanger for low temperature heating of glasshouses,
Dublin, Acta Horticulterae, 1981a, 163-168.

Elsner, B. von,
The feasibility of greenhouse heating with reject heat in West-Germany,
Dublin, Acta Horticulturea, 1981b, 199-205.

Klein, F.J.,
"Abwärmenutzung auch im Saarland;
Flurbereinigungssnahmen im Gemüseanbaugebiet Lisdorf",
Deutscher Gartenbau 37, 20(1983a), 934-936.

Klein, F.J.,
"Abwärmenutzung - eine Alternatieve für den Unterglasgartenbau ?,
Untersuchungen beim Demonstrationsvorhaben Buhk, Staperfeld",
Deutscher Gartenbau 37, 22(1983b), 1029-1032.

Larsen, H.,
"Das Fernwärmeproject in Stige bei Odense",
Utrecht, 1983, voordracht.

Larsen, M.,
"Low temperature district heating systems",
Utrecht, 1983, voordracht.

Neuman, G.,
"Energiesparender Wohlstandsmüll",
Kiel, LWK, 1982, voordracht.

O'Flaherty, T.,
"Danish scheme uses extract heat to swipe a third off fuel bills",
Grower 104(1985), 17-19.

Opitz, W.,
"Nutzung von Abwärme aus der Müllverbrennungsanlage Stapelfeld;
Eine unternehmerische Pionierleistung der Firma G. Buhk",
Gärtnerbörse und Gartenwelt 80, 39(1980), 972-876.

Opitz, W. en G. Neuman,
"Abwärme der Müllverbrennungsanlage Stapelfeld wirdt genutzt
- Vorbildlicher Zusammenschlus; Europas modernester Gartenbaubetrieb",
Bauernblatt/Landpost, 9 oktober 1985, 50-54.

LITERATUUR (vervolg)

Schwarz, H.,
"Tecnik und Electronik im Dienst des Gartenbaus;
Produktionsanlagen der BLUDA offiziell eingeweiht",
Zierpflanzenbau 24, 3(1984), 145.

Shance, J.,
"Fundamental cosiderations for district heating systems to greenhouse districts",
Utrecht, 1983, voordracht.

Verhaegh, A.P. en N.J.A. van der Velden,
Brandstofverbruik in de glastuinbouw van Denemarken, België en de Bondsrepubliek,
Den Haag, LEI, 1986, Mededeling 350.