

Bibliotheek
Proefstation
Naaldwijk

A
09
V
79

PROEFSTATION VOOR DE GROENTEN- EN FRUITTEELT ONDER GLAS TE NAALDWIJK

481

BIBLIOTHEEK
PROEFSTATION voor de GROENTEN- en
FRUITTEELT onder GLAS te NAALDWIJK

Studiereis naar Engeland
van 5 - 9 december 1977

ENERGIEBESPAREND ONDERZOEK

772 118

A
09

✓

79 Studiereis naar Engeland

09066 + 45 + 71* (42)

Stamboek no. 1

1657

Energiebesparend onderzoek

Deelnemers:

- ir. G.A. v.d. Berg - Proefstation voor de Bloemisterij, Aalsmeer
- ir. G.P.A. Bot - Natuur en Weerkunde, Landbouwhogeschool, Wageningen
- dr. ir. H. Challa - CABO, Wageningen
- ir. R.A. Langers - IMAG, Wageningen
- ir. A.J. Udink ten Cate - Natuur en Weerkunde, Landbouwhogeschool, Wageningen
- dr. ir. J. v.d. Vooren - Proefstation voor de Groenten- en Fruitteelt
onder Glas te Naaldwijk

5 - 9 december 1977

1. Inleiding

Het doel van deze Engelse studiereis was tweeledig:

- 1) Kennis te nemen van het Engelse onderzoek naar energiebesparende methoden in de tuinbouw.
- 2) Multidisciplinair onderzoek te bevorderen, door een aantal Nederlandse onderzoekers van verschillende discipline en instituten bijeen te brengen.

Om dit doel te bereiken werden overdag bezoeken gebracht aan een aantal Engelse instituten.

- Het Glasshouse Crops Research Institute Littlehampton, voornamelijk fundamenteel tuinbouwkundig onderzoek, werd bezocht voor de afdeling plantenfysiologie. Deze afdeling plantenfysiologie werkt veel samen met de wiskundige afdeling van het Institute om te komen tot verklarende en voorspellende modellen voor wat betreft planten- en gewasgroei. Deze modellen kunnen van veel belang zijn om de invloed van veranderingen in licht- en temperatuurregimes in verband met energiebesparende maatregelen (bijv. temperatuurverlaging en lichtonderschepping door schermmateriaal) op de gewasgroei te analyseren.
- Het Experimental Horticulture Station, voornamelijk praktisch gerichte tuinbouwkundige experimenten en voorlichting; maakt veel werk van het gebruik van verschillende schermdoeken bij verschillende teelten; dit onderzoek is vergelijkbaar met dat in Aalsmeer en Naaldwijk.
- Het National Institute for Agricultural Engineering, voornamelijk fundamenteel gericht onderzoek, werkt aan het vergelijken van de eigenschappen van verschillende schermdoeken. Men is zojuist gestart met onderzoek naar het gebruik van micro-computers voor de kaslimaatregeling.

In het algemeen is men in Engeland zeer verbaasd, dat het gebruik van tuinbouwcomputers in Nederland zo'n grote vlucht genomen heeft. Problemen zag men vooral in de service, kosten en ingewikkelde regelstrategieën (bijv. lichtafhankelijk regelen).

In gesprekken tussen de deelnemers aan deze studiereis kwam de mening naar voren, dat onderzoek naar a) betere regelalgorithmen op zich en b) het in de regeling bouwen van te verwachten gewasreacties - kwalitatief (ziektes, afwijkingen) en kwantitatief (groei, vruchtproductie) - veroorzaakt door luchten, verwarmen en eventueel schermen, een onderzoektaak is, die kan bijdragen tot energiebesparing in de tuinbouw. Hiervoor is echter multidisciplinair onderzoek noodzakelijk, omdat hier tuinbouwkundige, plantenfysiologische, regeltechnische en natuurkundige aspecten met elkaar verweven zijn.

Wij hopen dat deze reis bij zal dragen tot goede persoonlijke relaties tussen de deelnemers, zodat dit multidisciplinaire onderzoek zal plaatsvinden.

2. Bezoek aan het Glasshouse Crops Research Institute (GCRI) te Littlehampton op 6 en 7 december 1977.

Het GCRI heeft meerdere afdelingen, maar in de korte tijd die ons ter beschikking stond hebben we alleen contact gehad met vertenwoordigers van de afdelingen Plant Physiology en Biometrics. Hoewel op het GCRI betrekkelijk weinig onderzoek wordt verricht wat direct aansluit bij de acute problemen rond de energieprijzen, is het productiviteitsonderzoek waaraan gewerkt wordt zo generaliserend van karakter, dat de resultaten en filosofie van grote waarde zijn voor ons werk.

De afdelingen fysiologie en wiskunde werken nauw samen, waarbij de modelbouwers van de afdeling wiskunde in sterke mate als coördinatoren en probleemgeneratoren functioneren. Specifiek gericht op energiebesparing was een serie experimenten omtrent de invloed van verlaagde nachttemperaturen op groei en productie van tomaat. Voorts heeft de plaatsvervangend directeur G.F. Sheard veel interesse voor materialen t.b.v. energiebesparing in de kasteelt en voor zaken als gebruik van afvalwarmte van centrales etc. t.b.v. de kasteelt (zie bijlage "Rejected Heat").

Rondleiding:

Dr. B. Acock demonstreerde een serie geklimatiseerde 'daylit cabinets', waarin gaswisseling van planten, groeiend onder natuurlijke lichtcondities, kan worden gemeten. Een belangrijk doel van deze kasten is de verificatie van door middel van modellen voorspelde gewas-fotosynthese. Zonder deze modellen zijn de verzamelde gegevens erg moeilijk te interpreteren. Alle primaire meetgegevens worden geregistreerd op ponsbanden. Een probleem hierbij is de synchronisatie van verschillende meetgegevens, die via systemen met verschillende traagheden zijn verkregen. Een nieuwe data logger zal aan dit probleem hopelijk een einde maken (NIAE). Naast eigen gebouwde kasten (ca £ 1000,-) waren er ook commercieel vervaardigde kasten, waarmee echter veel problemen worden ondervonden, zodat ze nog steeds niet in gebruik zijn genomen.

Dr. R.G. Hurd bestudeert op dit ogenblik, in samenwerking met Ludwig en Ho de groei van bladeren van de tomaat. De bedoeling is een compleet inzicht te verkrijgen in groei, import en export en fotosynthese prestaties van tomatenbladeren in de loop van hun leven. Bestudering van bladgroei is van eminent belang bij het analyseren van de productie van gewassen. Op dit moment zijn er nog wat aanvangsproblemen in dit onderzoek, als gevolg van de abnormale groei van de planten in de met kunstlicht uitgeruste klimaatkasten.

Een systematisch afchecken van oorzaken heeft tot nu toe weinig resultaten opgeleverd. Belangrijk blijkt ondermeer de ruimtelijke verdeling van het licht. Spectrale aanpassingen door bijbelichting met gloeilampen tot 200% van het in TL lampen geïnstalleerde vermogen bleek geen oplossing te bieden. Uiteindelijk lijkt het er op, dat door keuze van een ander ras de problemen zijn opgelost. De aanschaf van klimaatkasten blijkt een erg moeilijke zaak te zijn, waarmee in het verleden ernstige fouten zijn gemaakt. Eén van de problemen, waarmee men is geconfronteerd, is de verplichting de opdracht te gunnen aan de laagst biedende.

Dr. L.C. Ho concentreert zich op de bestudering van het transport van assimilaten, o.a. in snijbloemen, bolbloemen en vooral ook tomaat. In samenwerking met de afdeling wiskunde wordt een deel-model ontwikkeld voor het assimilatentransport met het doel dit later te incorporeren in hele-plant modellen. Een belangrijke regulerende factor in het assimilatentransport is volgens Ho de sucrose gradiënt tussen 'sink' en 'source'. Bij de source kan de fotosynthese beperkend zijn, bij de sink zou de beschikbaarheid van sucrose splitsend enzym beperkend kunnen zijn voor het transport. De ademhaling die samenhangt met het exporteren van assimilaten is volgens de gegevens van Ho beduidend hoger dan de door Penning de Vries (LH) aangegeven waarden, hetgeen ook sommige discrepanties in het werk van Challa zou kunnen verklaren.

Dr. D.A. Charles-Edwards van de wiskundige afdeling houdt zich bezig met het ontwikkelen van mathematische modellen waarmee groei en de deelprocessen, die hiermee samenhangen worden gesimuleerd. Charles-Edwards gaat er van uit, dat de modellen eenvoudig moeten zijn, teneinde fysiologen ertoe te bewegen er mee te werken. Vaak zijn ingewikkelde modellen sterk te vereenvoudigen, zonder dat veel van de voorspellende waarde verloren gaat. Hij streeft er in dit stadium niet naar grote, alles omvattende modellen te bouwen.

Zijn modellen zijn te gebruiken in verschillende probleemgebieden. Zo blijkt uit zijn gegevens, dat bij C-3 planten het aandeel fotorespiratie onder de zelfde condities een vast gegeven is bij verschillende plantensoorten, zodat screening voor een lager fotorespiratieaandeel binnen een soort waarschijnlijk zinloos is.

Samen met Dr. K.E. Cockshull is een model ontwikkeld voor groei en ontwikkeling van de groeipunt van Chrysanthemum in verband met het bloei en groeigedrag. Als groot probleem voor de modellenbouwer ziet Charles-Edwards de dikwijls aanwezige onmogelijkheid tot experimentele verificatie van modellen en de er aan ten grondslag liggende veronderstellingen.

Dr. D.W. Hand en G. Slack lieten zeer recente resultaten zien van proeven, waarbij de nachttemperatuur in verschillende delen van de nacht werd verlaagd. De proeven moeten nog nader geïnterpreteerd en verwerkt worden, maar de indruk bestond, dat soortgelijke trends als bij een dergelijke proef met komkommer in Naaldwijkwaren gevonden, hier ook naar voren kwamen. Een duidelijke filosofie omtrent de soorten van processen, die de geconstateerde verschillen zouden kunnen verklaren, ontbrak.

Gesprek met Dr. Sheard.

Energiebesparing in de glastuinbouw (gesprek met Dr.G.F. Sheard).

Dr. Sheard vertelt dat het GCRI en ook het NIAE sedert ongeveer 6 jaar, veelal in projecten in samenwerking met de industrie, onderzoek verricht naar de problematiek die zich voordoet bij het gebruik van industriële afvalwarmte voor verwarming van kassen.

De belangstelling voor dit onderzoek is versterkt door de gestegen olie-prijzen en de wettelijke bepalingen op het gebied van milieuverontreiniging. Onder druk hiervan is de industrie, naast een efficiënter energiegebruik, gaan zoeken naar afzetgebieden om de grote hoeveelheden warmte, beschikbaar in het koelwater of lucht, rendabel te maken. De glastuinbouw wordt daarbij als een belangrijke potentiële afnemer gezien.

Bij het gebruik van afvalwarmte voor verwarming van kassen doen zich een aantal problemen voor. De temperatuur van het koelwater is betrekkelijk laag, tussen de 15-30°C, hetgeen ontoereikend is voor verwarming met een conventioneel pijpverwarmingsstelsel. Bij een elektriciteitscentrale kan over een lange periode op ca 300C gerekend worden. Een tweede probleem vormt de integratie van de variabele warmtevraag van de kassen met het grote en constante aanbod aan afvalwarmte. Als derde kan nog genoemd worden, dat in de directe nabijheid van de industrie geteeld moet worden met het risico van gewasbeschadiging door schadelijke gassen. De twee belangrijkste projecten in het U.K. voor het gebruik van afvalwarmte zijn:

1. CEGB Eggborough Power Station, Selby.

Dit projekt is gestart in het voorjaar 1976 en opgezet met 4 plastic kassen, elk met een oppervlakte van 7 x 30 m. Voor verwarming van de kassen wordt gebruik gemaakt van het koelwater van de elektriciteitscentrale. Voor het onttrekken van de warmte aan het koelwater worden drie verschillende systemen vergeleken - een met heteluchtkachels en twee verdampingsystemen. De laatste kas, die in 1977 is klaargekomen, is voorzien van een bodemverwarming bestaande uit holle plastic panelen, waardoor het koelwater circuleert.

De resultaten met de verdampingsystemen waren weinig bevredigend en zijn inmiddels verlaten.

In de kassen zijn tijdens 2 seizoenen tomaten geteeld. Een vrij late teelt in 1976 had van 1 juli tot 30 september een opbrengst van 100 ton/ha. Een tweede teelt in 1977, met plantdatum 25 februari, had op 24 juni een opbrengst van 60 ton/ha. De kwaliteit van de tomaten was redelijk.

Er wordt over gedacht om het projekt in 1978/79 uit te breiden met een Venlowarenhuis met een oppervlakte van 2000 m² of het eventueel af te sluiten. Voor commerciële produktie van tomaten zijn de systemen namelijk ongeschikt.

2. Projekt Glengarioch Distillery, Old Meldrum, Aberdeen.

Voor dit projekt wordt gebruik gemaakt van het warme water voor de destilleercondensers met een temperatuur van 60-70°C. Hiermee wordt een plastic kas, bestaande uit blokken van 5 kappen met een totale oppervlakte van 2000 m² en uitgerust met een conventioneel buizenverwarmingsstelsel, verwarmd. Bij de bouw van de kassen waren er wat aanloopproblemen maar de tomatenteelt die in maart 1977 kon worden aangeplant had eind september een opbrengst van ca 125 ton/ha. Dit resultaat en de grote vraag naar tomaten zullen waarschijnlijk tot uitbreiding van het projekt leiden.

Verdere projecten voor benutting van afvalwarmte worden uitgevoerd door de Mobil Oil Company bij de raffinaderij in Coryton, terwijl ook nog een tweede distilleerderij en een cementindustrie plannen in een vergevorderd stadium hebben.

Volgens Dr. Sheard zal de tuinbouw in het U.K. in de komende 20 jaar geheel moeten overschakelen van het gebruik van fossiele brandstoffen naar afvalwarmte, die door de industrie wordt geproduceerd. Het koelwater van de elektriciteitscentrales is hierbij verreweg de belangrijkste bron. Van het energieverbruik van een centrale wordt 55% opgenomen door het koelwater. De tuinbouw zal zich in de toekomst meer en meer moeten concentreren in de gebieden rond de centrales. De grond is in het algemeen hiervoor geschikt.

3. Efford, Experimental Horticulture Station, Lymington (Hampshire), 7-12-177.

Efford is vrij zuidelijk - ter hoogte van Wight - gelegen en er heerst een zeer gematigd klimaat. In de tuin van het hoofdgebouw staan zelfs palmen.

Het onderzoek is direct praktisch gericht en doet denken aan dat op onze proeftuinen. Het onderzoeksterrein is bijzonder breed. De 6 academisch gevormde onderzoekers bestrijken met hun proeven het gehele tuinbouwgebied: fruitteelt, boomteelt, vollegrondsgroenteteelt, bloemen- en groenteteelt onder glas. Daarnaast wordt veel aan voorlichting gedaan.

Wat de kascultures betreft is het onderzoek sterk gericht op de teelt-technische aspecten die verbonden zijn met de verschillende methoden van energiebesparing.

De belangrijkste projekten voor energiebesparing zijn:

1. Gebruik van wind voor het middels wrijvingswarmte verhitten van olie. Via warmtewisselaars wordt de verkregen warmte afgegeven aan het verwarmingscircuit van de kas. Door technische onvolkomenheden (wieken van de molen uit balans!) draaide het systeem echter niet.
2. Gebruik van energieschermen.
In een aantal afdelingen met chrysanten (100 m²) werden de volgende schermtypen beproefd.
 - a. Transparant Polyetheen
 - b. Met aluminium opgedampt Polyetheen, fabrikaat Camvac.
 - c. Fybertex: Nonwoven zg. vezel of vliesdoek van polypropyleen + polyester.
 - d. Tyvex: Nonwoven polyester opgedampt met aluminium.

Energiemetingen werden verricht met een systeem met hetzelfde meetprincipe als gebruikt op de proefstations in Naaldwijk en Aalsmeer.

De ervaringen met Camvacfolie bij de vroege tomatenteelt werd positief genoemd. Het snel openen van het folie in de morgen veroorzaakte het optreden van zg. splijtkoppen. Dit werd geweten aan het optreden van een "koude val" van de boven het scherm aanwezige lucht. 54% van het kasvolume bevond zich boven het gesloten scherm (Single span Mansarde house). In Engeland worden energieschermen meestal door de teler zelf geïnstalleerd en niet door een toeleveringsbedrijf.

3. Alternatief voor kasbedekking.
Op een aantal kleine eenvoudige kasjes (\pm 30 m²) worden verschillende materialen getoetst op hun geschiktheid als kasbedekking. Gewerkt werd met: Plexiglas P.V.C.-plaat, Polypropyleen plaat, dubbel folie. Het grote probleem bij de kunststoffen is ook hier: de verminderde lichthoeveelheid in de kas, vooral na enkele jaren gebruik. Ook hier hanteert men de vuistregel: 1% minder licht geeft 1% lagere produktie.

4. Tomatenteelt

Aanstaande winter voert men een proef uit met "hetelucht tomaten" in plastic kassen. Men wil zoveel mogelijk verbrandingsgassen in de kas houden. Vandaar dat men ook met heteluchtkanonnen gaat werken! N.B. Een der kassen was tijdens de laatste storm aan flarden gegaan.

5. Verlaagde nachttemperatuur bij chrysanten.

In de afgelopen winter had men in een chrysantenproef de temperaturen gedurende de gehele nacht of een deel er van verlaagd. In een der behandelingen werd gedurende een nacht per week zelfs vrijwel helemaal niet gestookt (4°C).

Een lagere temperatuur in de nacht leidde wel tot een oogstvertraging.

Een ander onderzoekproject dat al jaren loopt is de invloed van verschillende kastypen: Mansarde kas, Venloblok Noord-Zuid, en Venloblok Oost-West-orientatie, op de produktie van sla, tomaat en chrysant. Hoewel de verschillen marginaal waren kwam het Venloblok met Oost-West orientatie als de beste uit de bus. Een gevolg hiervan is dat men meer venlo bouwt en minder Single span Mansarde kassen.

4. Bezoek National Institute of Agricultural Engineering (NIAE).

Glasshouse department van de Control and Instrumentation division, 8-12-'77.

Rondleiding door Dr. Bailey.

Na ontvangst door Dr. Baily werden de opstellingen van het glasshouse dept. bekeken. Dr. Bailey doet veel vergelijkend onderzoek aan energieschermen. Hiertoe werden klimaatfactoren in acht identieke kassen (eenkappers) gemeten. De gemeten klimaatfactoren zijn behalve temperatuur en relatieve vochtigheid, ook ventilatie door lek, stralingsverliezen, warmteverliezen en planttemperatuur, zodat een vrij compleet beeld van de invloed van energieschermen wordt verkregen. Voor deze winter staan experimenten met doorlatende schermen op het programma. Een opmerking was dat met gesloten energieschermen de invloed van de wind duidelijk kleiner wordt (door minder lek en afkoeling).

Het dept. beschikt over een experimentele opstelling (een "heating" box") waarmee op eenvoudige wijze het warmteverlies van een energiescherm door doorlatendheid kan worden gemeten. Dr. Bailey beschikte over vele (commerciële) materialen, die op deze wijze zijn getest.

Tenslotte werd nog een proef van het afgelopen seizoen getoond, waarbij een vergelijking is gemaakt tussen verwarming met verwarmingspijpen en luchtverwarming (met plastic distributie pijpen). De verwarmingspijpen bleken minder rendement te geven, vermoedelijk ten gevolge van warmtestraling.

De rondleiding en de explicatie gaven een goede indruk van de nauwgezette fysische aanpak van het onderzoek.

Groepsgesprek met Dr. Winspear, Mr. Weaving, Dr. Bailey.
(Glasshouse dept.) en Dr. Burgess, Mr. Vincent (Control dept.).

Tijdens de discussie werd gesteld dat tot op heden weinig onderzoek is gedaan aan regelsystemen voor de glastuinbouw. Men was een aantal jaren geleden met de ontwikkeling gestopt om de proefresultaten van lichtafhankelijke klimaatregeling af te wachten. Deze proefnemingen, o.a. bij het G.C.R.I. in Littlehampton, hebben overigens weinig resultaat opgeleverd. Men ziet regelen meer als opbrengstverhogende mogelijkheid en minder als mogelijkheid tot arbeidsbesparing.

Ongeveer een jaar geleden is begonnen met een microprocessor systeem voor de regeling van verwarming en ventilatie van kassen. Er zijn plannen om teelttechnieken met voedingsoplossingen (nutrient-film) te automatiseren. Het eigenlijke programmeren op een Motorola 6800 moet nog beginnen. Het systeem moet zo goedkoop mogelijk zijn wil het voor de praktijk interessant zijn; uitgesproken commerciële belangstelling was er (nog) niet.

De mogelijkheden van geavanceerde regelmethode is ook ter sprake gekomen. Vooral het gebruik van voorspellende modellen lijkt perspectieven te bieden, mits een (micro) computer voor de regeling gebruikt wordt. Hierbij kwam als voorbeeld het gebruik van een dynamisch model in de adaptieve verwarmingsregeling op het Proefstation te Naaldwijk ter sprake.

Bezoek aan het Control & Instrumentation lab. van het N.I.A.E.

Dit laboratorium is opgezet als service afdeling voor alle N.I.A.E. afdelingen. Hier werden we rondgeleid door Dr. Burgess. Voor ons waren de aanwezige micro- en minicomputerfaciliteiten interessant. Microprocessors werden gebruikt op zelf ontwikkelde puntkaarten voor datalogging en directe verwerking van meetgegevens. Ervaring was hiermee opgedaan bij de automatisering van een melkveestal.

De automatisering van de kas-klimaatregeling was net gestart met daarin de toepassing van de microprocessor als local controller.

Als microprocessor was door het N.I.A.E. Motorola 6800 gekozen. Hierbij hoorden als technische faciliteit van programmeerapparaat met floppydisc en terminal. Binnenkort, waarschijnlijk in januari 1978, zou deze apparatuur gedupliceerd worden. Met de ontwikkeling van de software voor de microprocessors hielden zich vijf mensen bezig.

Als grotere operationele faciliteit waren op het laboratorium enkele minicomputers in gebruik. Een PDP 8E en een PDP 11/34 met als randapparatuur een floppydisc, 'en een normaal schijfgeheugen en cartridge magtape (een groot soort cassette) werden gebruikt om meetgegevens, die van verschillende meetsystemen in het veld afkomstig zijn, te vertalen naar een vorm waarin ze door het rekencentrum in Rothamstead kunnen worden verwerkt. De verbinding met Rothamstead was gerealiseerd via een Honeywell 8725 systeem dat als Remote Batik Terminal dienst deed. Met de Honeywell waren een achttal terminale over het instituut verbonden. Op dit systeem kon alleen paper tape worden verwerkt, in de nabije toekomst ook mag-tape.

Ook een verbinding tussen de PDP systemen en de Honeywell stond op het programma. De uitvoer ging nu via een schrijfmachine, een lineprinter zou binnenkort worden geïnstalleerd.

De interfacing van deze minicomputersystemen was of zelf gebouwd of bij de betreffende fabrikant besteld en was dus zeer specifiek. De keuze was vanwege het kostenaspect niet op een genormaliseerd interface-systeem, zoals Camac, gevallen.

1. Introduction

Industry rejects very large quantities of heat mainly in cooling processes and through the medium of water or air. Pressure from rising energy costs and anti-pollution legislation has combined to stimulate industry not only to increase the efficiency of energy utilisation but also to seek profitable outlets for reject heat. In this search the glasshouse industry has been one of the main areas of attention.

Over the last five years, N.I.A.E. and G.C.R.I. have received enquiries from and had discussions with over twenty large industrial organisations including all the major oil companies, Central Electricity Generating Board, British Steel Corporation, National Coal Board and United Kingdom Atomic Energy Authority. The approach of these companies has varied ranging from those who seek to set up their own production units, through others seeking partnership arrangements with growers, to companies merely exploring possible outlets for reject heat albeit at a profit.

The bulk of the heat is low grade and in the form of warm water but in a few instances the temperature is high enough for it to be used in conventional piped heating systems. In the form of gas turbine exhaust it can have a temperature up to 400°C and in the form of tail gas it can be fired to produce heat in standard boilers. By far the largest source of reject heat is power station cooling water. A modern 2000 MW base load thermal power station, consuming the heat equivalent of 5500 MW in fuel, disperses 3000 MW in the cooling water and 440 MW in the flue gases. The energy dispersed in the cooling towers of such a station is equivalent to the peak heat load of 3500 acres of glass.

There are two main problems in using reject heat. First, most of the heat is low grade at temperatures of 15-35°C, with power station cooling water at about 30°C for long periods. Second, problems of integrating a glasshouse operation with the supply of heat where, as in power stations, the supply is large and the demand variable. Third, the compatibility of crop production and industry in close proximity where there are risks of particulate and/or gaseous pollution.

The first approaches some fifteen years ago were from the UKAE at Capenhurst and later at Windscale. These were very attractive sources as the heat was high grade but the highly emotive situation created by nuclear energy has completely stopped any possibilities of developing these sources.

2. Projects in the United Kingdom.

So far as we are aware there are three ongoing projects utilising reject heat.

2.1 CEGB NE Region Egghborough Power Station

Started in spring 1976 to investigate use of power station cooling water and compare three systems of heat extraction - air blast radiators and two direct evaporative systems. Has four plastic houses each 100' x 22'. The fourth house built in 1977 has a floor heating system with water circulated in hollow plastic panels. The evaporative systems have been unsuccessful and have been discarded. Work is now concentrated on indirect air blast radiators and floor heating systems. From a very late start in 1976 a crop of tomatoes yielded 40 ton/acre between 1 July and 30 September. In 1977 yield to 24 June from a 25 February planting was 24 ton/acre. A decision will shortly be made on whether to develop the project in Venlo houses or to terminate it.

2.2 Glen Garioch Distillery, Old Meldrum, Aberdeen.

This uses hot water at 140-160°F from still condensers to heat a 1/2 acre, 5 span block of plastic houses using a conventional pipe system. Due to the wet winter there were considerable delays and difficulties in the erection and fitting out of the houses but from a March planted tomato

crop in peat modules the yield is expected to reach about 50 ton/acre by the end of September.

2.3 British Steel Corporation, Ebbw Vale.

This installation has a half acre block of conventional Venlo houses heated by a piped hot water system and a tower unit designed by Ruthner Continuous Crop Systems equivalent in production capacity to half an acre of glass. We know little of the progress of this project but BSC is holding a Symposium on 13/14 October to bring together interested parties and exchange views and information. During the early stages of the planning of this project we had contact and discussions with a W.R.Laws but without exception all those consulted in MAFF and ARC were critical of the scheme and advised against it.

At least two projects, one by the Mobil Oil Company at Coryton and one at a second distillery are in the planning stage. A project sponsored by Associated Portland Cement on Humberside reached an advanced stage of planning but has been deferred or abandoned.

3. Projects in other countries.

We are aware of the following projects in Europe and USA:

3.1 France - Work is in progress on at least three sites using reject heat for greenhouse heating and for soil warming. Ken Winspear has visited the centre attached to the EDF Nuclear Power Station at Saint Laurent-des-Eaux S.W. of Orleans and H. G. Masterson and T. F. Smith of CEGB have visited centres at Balendran and Cadarache on which we expect a report shortly. Heating is partly by pipework and partly by plastic tubes laid on the ground. At St.Laurent-des-Eaux heat pumps are used to upgrade the heat, although it is difficult to see that this is economic.

3.2. Germany - At four sites in W.Germany there is a project known as 'Agrotherm'. This is operated by the Rhine-Westfallen Electricity Authority and funded to the extent of about DM18.6M mainly by the Federal Ministry of Research & Technology and the Rhineland Chamber of Agriculture. The project was visited by a CEGB/ADAS/GCRI/NIAE group on 11/12 July 1977. The main objective is to develop a power station cooling system using soil as the heat sink and benefit agriculture by soil warming. The total heated area on the four sites is about 14 ha., the largest area at Neurath SW of Dusseldorf covering 7 ha. Soil is heated through 2 1/2" id HD polythene pipes laid by mole 25 cm deep, 1 m apart. Yield increases 40% for early potatoes, 57-70% for sugar beet, 40-57% for maize and 48% for pasture are claimed. Soya has yielded 5.5 tonne/ha on heated plots.

3.3 Hungary - The Institute of Power Economy in Budapest is developing heat exchangers of a type that can provide a dry cooling system for power stations and heating for glasshouses. Two 1/2ha units have been built one for installation in Hungary (Gagerin Power Station) and one in the USSR (Rasdan Power Station). These are full interaction systems compared with the minimal interaction approach of C.E.G.B. Cooling for one 200 MW set will supply heat for 100 ha glass. A prototype unit is to be installed on a glasshouse cooperative. A CEGB/GCRI/NIAE group met a party of three Hungarians in London on 22 September to discuss their system and exchange information.

3.4 Romania - Though Romania was thought to use reject heat on a large scale, a visit by G. F. Sheard in October 1976 showed that this was not correct. 73% of the total area of 1200 ha of glass is in 10 large state enterprises with up to 200 ha in a single unit. Nine of these

enterprises each form part of an integrated energy utilisation complex based on a large central steam generating plant. The overall efficiency of these integrated systems is potentially high but heat is supplied to the glasshouses as pressurised water at 120-150°C and is not reject heat in the sense in which we use the term.

3.5 U.S.A. & Canada - We are aware of two projects using reject heat from power station cooling water, one sponsored by the Tennessee Valley Authority at Brown Ferry Power Station and the other in Minnesota at the Minneapolis Power Station. Both these projects are stimulated by pressure to reduce thermal pollution of rivers. Papers reporting on progress were given at a Controlled Environment Agriculture Symposium in Tucson, Arizona on 7/8 April, 1977.

In Kentucky and Saskatchewan there are projects investigating the use of gas turbine exhaust from natural gas pumping stations. In Kentucky alone there are 20 such stations each capable of heating up to 16 ha of glasshouses.

3.6 U.S.S.R. - Early trials in which warm water was flooded over a glasshouse roof are now said to have been abandoned. An integrated power station/glasshouse complex at Surgut in arctic Russia was described by Berson in a paper given at the International Horticultural Congress in Warsaw in 1974. This used pressurised water heating at 120°C. The installation at the Rasdan power station for which Hungary has made the heat exchangers is noted under 3.4.

4. Alternative Energy Sources

Although this paper deals primarily with reject heat it would be incomplete without some reference to alternative energy sources such as solar, wind and geothermal energy. Though there is considerable interest and development work in solar energy in the USA, this form of energy can only make a minimal contribution in the UK and can be discounted for use in glasshouses until the problem of long term storage has been solved. Wind is a more immediate possibility and the wind generators developed by Reading University are probably a better technical proposition than the design erected at Eiford EHS.

Geothermal sources are used in Iceland and New Zealand, and the whole of the 14 ha of glass in Iceland are heated by this means. The Programme Analysis Unit UKAE are surveying the possibility of exploiting geothermal energy in the Dorset/West Hampshire basin. Though a long period of survey and development will be necessary it is encouraging to note that a trial bore at Blandford Forum has yielded water at 80°C.

5. Conclusions

If the energy supply projections are reasonably correct, world oil production is likely to peak in the 1990's and supplies from the North Sea decline from the mid 1980's. From about 1985 it is reasonable to assume that industry in general and the glasshouse industry in particular will face increasing problems with regard to the supply and cost of energy. To maintain its position and viability the glasshouse industry should anticipate this situation and adapt itself to use reject heat. There are many sources of such heat but the largest, most dependable and most likely continuing source of such heat is power station cooling water. There are many technical problems in utilising this low grade heat but it is not without possibility that it could be upgraded to some degree. There are many technical problems to be solved and now is the time to do the R & D not in 15 years when the problem is upon us.