

STEN MELSON

Solvarmeanlæg til varmt brugsvand i Gl. Holte

En vurdering efter et års målinger

ENERGIMINISTERIETS SOLVARMEPROGRAM

SOLVARMEANLÆG TIL VARMT BRUGSVAND I GL-HOLTE
EN VURDERING EFTER ET ÅRS MÅLINGER

AF
STEN MELSON

LABORATORIET FOR VARMEISOLERING
DANMARKS TEKNISKE HØJSKOLE
MEDDELELSE NR. 146

ENERGIMINISTERIETS SOLVARMEPROGRAM
RAPPORT NR. 24
JANUAR 1984

| <u>Indholdsfortegnelse</u> | | <u>Side</u> |
|----------------------------|--|-------------|
| 0. | Konklusion | 1 |
| 1. | Indledning | 6 |
| 1.1 | Projektets formål | 7 |
| 2. | Opførelse af anlægget | 9 |
| 3. | Anlæggets design | 10 |
| 3.1 | Systemløsning | 10 |
| 3.2 | Komponenter | 12 |
| 4. | Målinger | 14 |
| 4.1 | Instrumentering | 14 |
| 4.2 | Måleperioder | 16 |
| 4.3 | Måleresultater | 16 |
| 4.4 | Målte besparelser | 20 |
| 5. | Beregninger | 22 |
| 5.1 | EDB-model | 22 |
| 5.2 | Ydelse og besparelse henført til referenceåret ... | 22 |
| 5.3 | Forbrugets betydning | 23 |
| 5.4 | Brugsvandskredsens rørlængde | 27 |
| 6. | Driftserfaringer | 29 |
| 6.1 | Komfort | 29 |
| 6.2 | Eftervarmning af brugsvand | 29 |
| 6.3 | Aftapningsrør i lager | 30 |
| 6.4 | Kogning i lageret | 31 |
| 6.5 | Kogning i solfangeren | 31 |
| 6.6 | Skoldningssikring | 32 |
| 7. | Systemudformning og komponentvalg | 33 |
| 7.1 | Solfangeren | 33 |
| 7.2 | Lageret | 33 |
| 7.3 | Pumpe og styresystem | 34 |
| 7.4 | Rør i solfangerkredsen | 34 |
| 7.5 | Dimensionering af anlæg | 34 |

| <u>Indholdsfortegnelse</u> | <u>Side</u> |
|--|-------------|
| Appendix 1. BV400 anlægget | 36 |
| Appendix 2. VV150 anlægget | 42 |
| | |
| Bilag 1: Tekniske specifikationer, Gl-Holte | |
| Bilag 2: Tekniske specifikationer, BV400 | |
| Bilag 3: Tekniske specifikationer, VV150 | |
| Bilag 4: Energiministereiets solvarmeprogram | |

0. Konklusion

Formålet med Gl-Holte-anlægget var at konstatere, om forventningerne til 2. generationssolvarmeanlæg kunne holde i praksis, i en typisk brugssituation. Anlægget er designet som et BV300-anlæg (se Energiministeriets Solvarmeprogram, rapport nr. 16) med el-varmelegeme øverst i lageret. Endvidere er der udført forsøg med en 30-liters elvandvarmer i køkkenet.

Anlægget har fungeret tilfredsstillende i hele måleperioden (oktober 1981 - marts 1983).

Årsydelsen for 1982 er målt til 319 kWh/m^2 solfanger og forbruget har i gennemsnit været ca. 140 l/døgn. Dækningsgraden for det varme brugsvand har været 69%. Den målte ydelse svarer godt overens med den, der kan beregnes for det aktuelle system, det aktuelle forbrug og de aktuelle vejrdata.

Forbruget har kun været ca. 3/4 af det forbrug, anlægget er dimensioneret efter. Den beregnede ydelse for anlægget med referenceårets vejrdata og et forbrug på 200 l varmt vand pr. dag ($8-45^{\circ}\text{C}$) er 410 kWh/m^2 solfanger/år.

Som dokumentation af at BV300-anlæggenes høje ydelser (BV300-anlæggenes var opført under laboratorieforhold) kunne holde i praksis, må udfaldet af projektet således anses for yderst tilfredsstillende. Endvidere er det i projektet konstateret, at indbygningen og driften af anlægget i det aktuelle hus har kunnet finde sted uden problemer samt uden komfortmæssige gener.

For det aktuelle anlæg har oliebesparelsen i 1982 været 270 l. Med referenceårets vejrdata og et varmtvandsforbrug på 200 l/døgn ville oliebesparelsen være 337 liter olie pr. år. Med en oliepris på 3,35 kr/liter olie giver dette en årlig besparelse på 1130 kr. Denne besparelse skal sammenholdes med investeringen. Det aktuelle anlæg har kostet 26.000 kr inkl. moms men ekskl. 30% tilskud.

Med fradrag af de 30% tilskud er prisen 18.200 kr. Et privatøkonomisk kriterium for at foretage en sådan investering vil ofte være, om der kan opnås besparelser allerede det første år. Hvis anlægget finansieres af et 20 årigt kreditforeningslån til en rente på 15% p.a., vil første års ydelse og besparelse være lige store, hvis udgiften til anlægget er ca. 16.400 kr, og hvis der tages hensyn til skattefradrag ved en marginal trækprocent på 60%. Før tilskud på 30% og inklusiv moms må anlægget altså koste 23.400 kr. Nogle fabrikanter markedsfører i dag allerede anlæg under denne pris, og ved Laboratoriet for Varmeisolering er der netop bygget et selvcirkulerende demonstrationsanlæg også under denne pris. Samfundsøkonomisk er det vanskeligere at vurdere investeringen.

I rapporten "Perspektiver vedrørende solvarme, nu og i fremtiden" LfV. Januar 1984, meddelelse nr. 138 er prisforholdene omkring solvarmeanlæg behandlet. Det er her påvist, hvorledes udviklingen fremover vil kunne forventes at medføre billigere anlæg dels som følge af forbedrede konstruktioner og dels såfremt anlæggene kan produceres i større serier end nu. Under gunstige forhold skulle prisen for et brugsvandsanlæg af den omhandlende type kunne nedbringes til 12-14000 kr.

I rapporten påpeges endvidere, at der for solvarmebrugsvandsanlæggenes vedkommende vil være nogle områder, hvor anlæggene umiddelbart kan gøres bedre rentable end på parcelhuset i Gl-Holte. Dette gælder således anlæg til nybyggeri, hvor en varmtvandsbeholder kan spares samt f.eks. anlæg til flere boliger. Endvidere vil et anlæg som i Gl-Holte kunne billiggøres, såfremt det er muligt at udføre det som et selvcirkulerende anlæg.

Konklusionen af nærværende rapport, som dokumenterer anlæggenes tekniske kunnen samt nævnte rapport, som omhandler priser nu og fremover, må således være, at solvarmebrugsvandsanlæg som i Gl-Holte i dag kan udføres teknisk tilfredsstillende samt allerede nu kan produceres til priser, som gør dem privatøkonomisk attraktive.

Fremover vil der, såfremt der tilvejebringes mulighed for en videre gunstig udvikling, kunne forventes anlæg til priser, som vil være attraktive selv ved samfundsøkonomiske beregninger, hvor der ikke tages hensyn til forhold vedrørende beskæftigelse, forurening, udenlandsk valuta m.m.

Som appendicer til denne rapport er der to kapitler om henholdsvis det såkaldte BV400 anlæg og det såkaldte VV150 anlæg. Begge anlæg er forsøgsanlæg i lighed med BV300 anlæggene men opført specifikt for dels nøjere at studere effekten af, at et el-varmelegeme indbygges i toppen af beholderen for at holde det aftappede vand over en minimumstemperatur på 45°C , dels for at studere, hvilken indflydelse en lille lagerstørrelse har på anlæggets ydelse. For begge anlæg gælder, at varmelegemet og den lille beholderstørrelse (150 l) kun har haft lille indflydelse på anlæggenes ydelse.

PROJEKTDELTAGERE:

Gl-Holte:

| | | |
|-------------------------|---|--|
| Design og opførelse | : | Niels Mejlhede Jensen Carsten Nielsen |
| Målesystem | : | Bertil Morelli |
| Målinger | : | Klaus Ellehauge |
| Beregninger og rapport: | | Sten Melson |

BV400:

| | | |
|-------------------------|---|-----------------|
| Design | : | Carsten Nielsen |
| Smedearbejde | : | Flemming Karn |
| Målesystem | : | Bertil Morelli |
| Målinger | : | Klaus Ellehauge |
| Beregninger og rapport: | | Sten Melson |

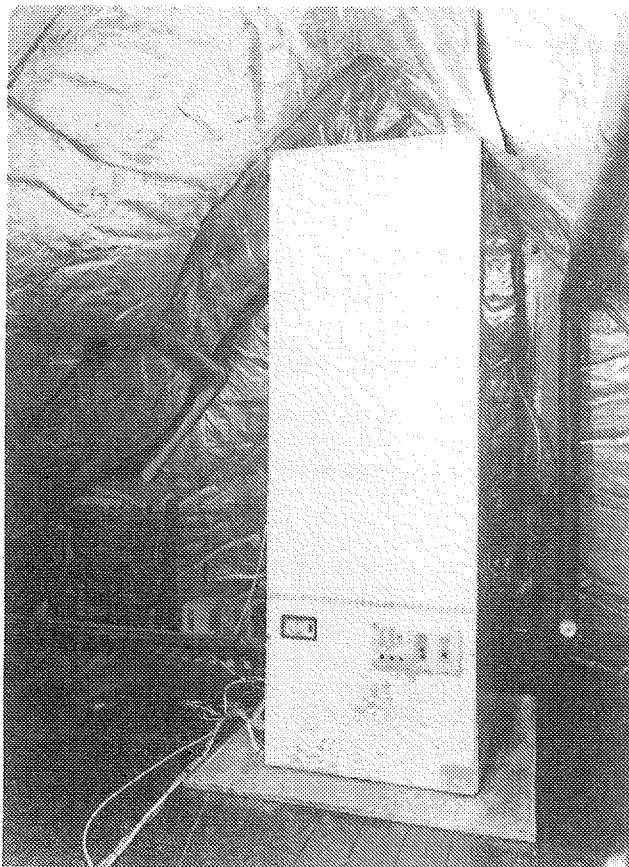
VV150:

| | | |
|-------------------------|---|---|
| Design | : | Svend Erik Mikkelsen |
| Smedearbejde | : | Flemming Karn |
| Målesystem | : | Bertil Morelli |
| Målinger | : | Klaus Ellehauge Svend Erik Mikkelsen |
| Beregninger og rapport: | | Sten Melson |

| | | |
|---------------------|---|-------------------|
| Renskrift og layout | : | Hanne Godtfredsen |
|---------------------|---|-------------------|



Solfangerens placering på taget



Lagerbeholderen
placeret på loft

1. Indledning

Denne rapport beskriver et solvarmeanlæg til opvarmning af brugsvand. Anlægget er opført i et énfamiliehus, Bjerggårds-
vænget 4, 2840 Holte. Huset, der er fra 1970, beboes af
en familie bestående af to voksne og to børn (14 og 10 år).

Laboratoriet for Varmeisolering har udført målinger af tap-
pet energi og vandmængder samt diverse temperaturer i anlæg-
get. Målingerne dækker en periode på ca. 1½ år, herunder
hele 1982. 1982-målingerne ligger til grund for det arbejde
og de konklusioner, der præsenteres i denne rapoort.

Målesystemet er nedtaget i foråret 1983. Der vil ikke bli-
ve målt yderligere på anlægget, og denne rapport afslutter
derfor projektet.

Som appendices til rapporten findes rapporteringer af to
små brugsvandsanlæg, der har været i drift på forsøgsare-
alet ved Laboratoriet for Varmeisolering. Disse anlæg har
været opført for at undersøge specielle forhold vedrørende
brugsvandsanlæg.

- i BV400-anlægget undersøges forholdene omkring eftervarm-
ning af brugsvandet ved hjælp af en elpatron i toppen af
varmelageret. Anlægget har 300 liter lager og $4,7 \text{ m}^2$ se-
lektiv solfanger.
- i VV150-anlægget undersøges ydelsen for et anlæg med lil-
le lager (150 liter) i forhold til solfangerarealet ($5,5 \text{ m}^2$)

Begge anlæggene er varianter af BV300-anlæggene, som er rap-
porteret i Energiministeriets Solvarmeprogram, rapport nr.16.

Anlæggene er demonterede, og denne rapport afslutter også
disse to projekter.

1.1 Projektets formål

Under Energiministeriets forskningsprogram vedrørende solvarme er der i en årrække blevet bygget og målt på solvarmeanlæg. De indhøstede erfaringer førte i 1980 til konstruktion af BV300-anlæggene som er rapporteret i forskningsprogrammets rapport nr. 16. Anlægget var et lille brugsvandsanlæg. Ydelsen blev målt til $380 \text{ kWh/m}^2/\text{år}$, den højeste ydelse, der på daværende tidspunkt var målt i Europa.

Siden 1980 er der lavet en serie forsøg med anlæg bygget over BV300-konceptet. BV400-anlægget blev konstrueret som BV300, men med en elpatron i toppen af lageret. Herved klares eftervarmningsbehovet i de yderste dele af sommersæsonen samt i kolde sommerperioder. Formålet var at belyse elpatronens indflydelse på årsydelsen. Resultaterne fremgår af appendix 1 i denne rapport.

VV150-anlægget har en 150 liter lagerbeholder. Formålet med dette projekt var at undersøge, om det havde væsentlig indflydelse på ydelse og komfort, når anlægget blev udstyret med så lille en lagertank. Resultaterne af dette projekt er rapporteret i appendix 2.

Sideløbende med disse projekter blev anlægget i Gl-Holte bygget. Anlægget er et demonstrationsanlæg bygget efter BV-400 konceptet: $4,7 \text{ m}^2$ selektiv solfanger, 300 liter lager med elpatron i toppen, pumpe i solfangerkredsen. Formålet med dette projekt er at demonstrere, at de ydelser, der er målt på Laboratoriet for Varmeisolering og på Teknologisk Institut, også holder i praksis, når anlægget installeres i et hus hos en familie med et individuelt forbrugsmønster. Anlægget blev bygget af fagfolk fra VVS- og elbranchen efter licitation. Laboratoriet for Varmeisolering har målt på anlægget og præsenterer resultaterne i denne rapport.

I september 1983 er et demonstrationsanlæg sat i drift i Lundtofte. Det adskiller sig fra Gl-Holte-anlægget ved at have en 150 liter kappebeholder som lager og naturlig cirkulation i solfangerkredsen. Solfangeren er 4 m^2 og selektiv.

Dette anlæg bygger bl.a. på erfaringer med et andet selv-cirkulerende anlæg, som blev sat i drift på laboratoriets forsøgsstand i 1982. Målingerne på demonstrationsanlægget i Lundtofte vil fortsætte til slutningen af 1984, hvorefter projektet rapporteres i samme publikationsserie som nærværende rapport.

2. Opførelse af anlægget

Første skridt i konstruktionsfasen var at finde et egnet hus. For at komme i kontakt med interesserede husejere, skrev vi en artikel til en lokalavis. Her ridsede vi perspektiverne omkring brugsvandsanlæg op og omtalte det nye projekt, herunder også, at vi søgte et hus beboet af en "typisk" familie: 2 voksne og 2 børn. Huset skulle helst have ca. 45^o taghældning og en sydvendt tagflade.

Artiklen resulterede i ca. 100 henvendelser. Blandt disse valgte vi huset i Gl-Holte ud fra følgende kriterier:

- 45^o taghældning
- sydvendt tagflade
- ingen skyggegivere syd for huset (huse, træer m.m.)
- beboet af to voksne og to børn
- nem adgang til isoleret loftsrum
- mulighed for korte rørføringer i huset

Huset er velegnet til solvarme og kan anses for at være repræsentativt.

Næste skridt bestod i at udarbejde et projekt og afholde en indbudt licitation. Et af formålene med projektet var at få en realistisk pris på solvarmeanlægget, altså en pris, som enhver bygherre ville kunne opnå. Fem leverandører blev indbudt til at byde på opgaven, som blev placeret hos B. Haagesen, Islevvængen 7, 2700 Brønshøj. Tilbudsprisen var 26.000 kr incl. moms. Denne pris dækker arbejds løn, ca. 10.000 kr incl. moms. og samtlige materialer, herunder solfangere og lagerunit.

Anlægget blev opført i august-september 1981. I perioden indtil 16/10-81 blev målesystemet monteret og efterprøvet. Måleperioden startede 16/10-81.

3. Anlæggets design

I marts 1981 målttes familiens varmtvandsforbrug til ca. 200 liter/døgn i gennemsnit. På basis af dette forbrug valgtes et solfangerareal på $4\frac{1}{2}$ -5 m² og en lagertank på 300 liter. Herved skulle der kunne opnås ydelse på ca. 420-450 kWh/m²/år og en årlig dækningsgrad på 63-66%.

Anlægget skulle laves af godkendte komponenter, der var frit tilgængeligt på markedet. Det blev overladt til tilbudsgiverne at vælge/foreslå komponenter.

3.1 Systemløsning

Anlægget i Gl-Holte er bygget efter systemløsningen vist i figur 3.1.A.

Lagertanken er VA-godkendt til solvarmeanlæg og har enkelt adskillelse mellem solfangervæske (vand og propylenglucol) og brugsvand. Solfangervæsken er tilsat røbestof, der er godkendt af Miljøministeriet.

På varmtvandssiden er indsat en termostatisk skoldningssikring, der kan indstilles i intervallet 40-75°C. Er brugsvandet varmere end indstillingstemperaturen iblandes koldt vand til den ønskede temperatur.

Ved to manuelle ventiler vælges mellem sommer- og vinterdrift. Om sommeren slukkes oliefyret, og brugsvandet føres uden om dette. Om vinteren bruges anlægget til forvarmning af brugsvandet, og alt brugsvand føres således via solvarmelageret til varmtvandsbeholderen i fyringsunit'en.

Herudover er der opsat en el-vandvarmer i køkkenet. Den er tænkt som et alternativ til el-varmelegemet i solvarmelageret. Den er med i dette projekt for at muliggøre en vurdering af hvilken eftervarmningsmetode, der er mest hensigtsmæssig.

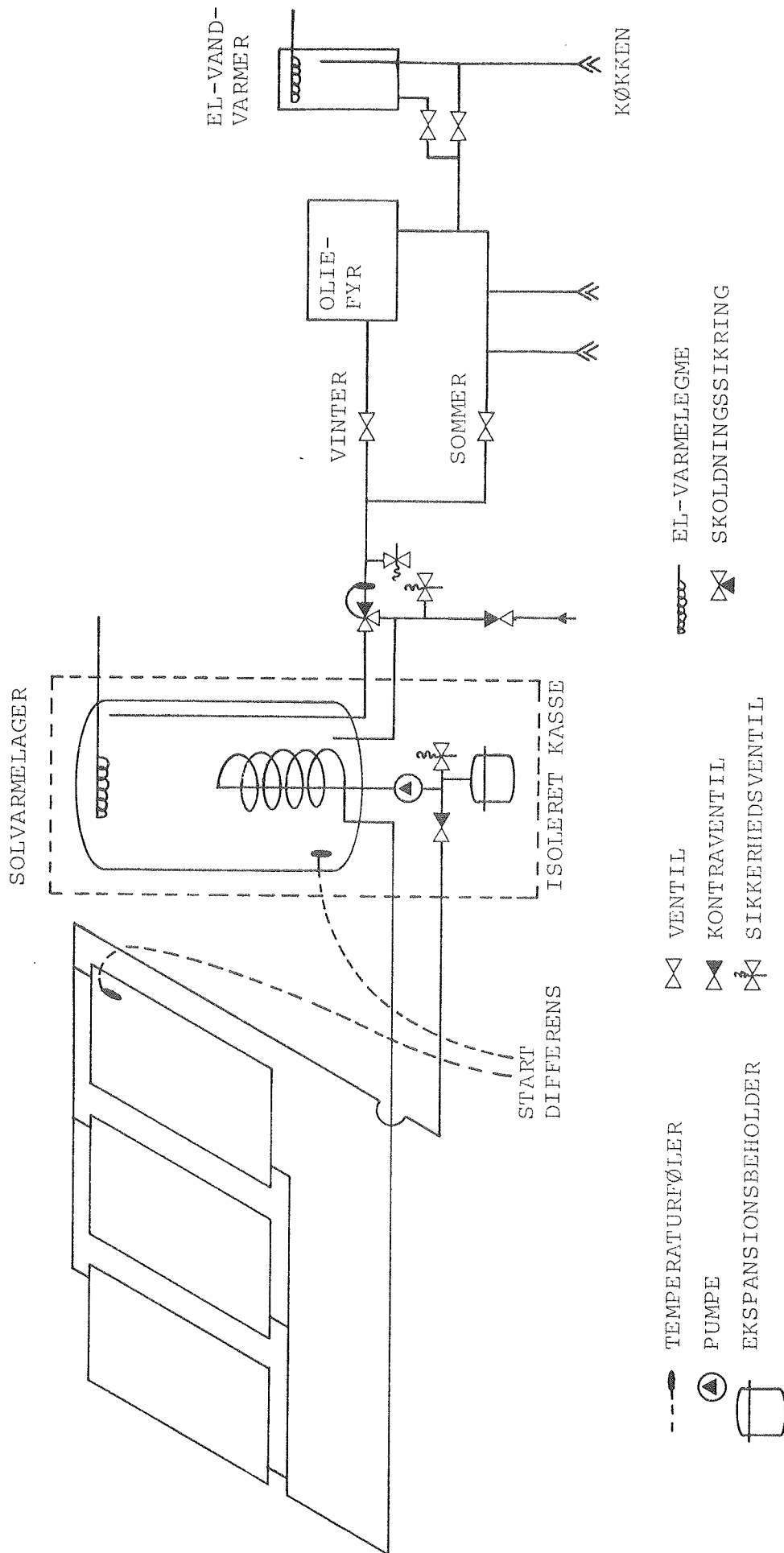


Fig. 3.1.A Systemløsning for anlægget i Gl-Holte

3.2 Komponenter

Dette afsnit indeholder en liste over de komponenter, der indgår i anlægget.

Solfanger:

3 stk. Sunline solfangerpaneler fra Solteknik, Bolbrovej 9, 2960 Rungsted. Solfangeren er effektivitetsprøvet på Laboratoriet for Varmeisolering under ID-nr. 141. (Rapport nr. 81-1). Det transparente areal er $4,71 \text{ m}^2$ ($3 \times 1,57 \text{ m}^2$). Absorberen er en kanalpladeabsorber af aluminium med selektiv belægning (Maxorb selektiv selvklæbende folie).

Solfangervæske:

PKL 300 (50% propylenglycol) med røbestof Brilliant Blue.

Rør i solfangerkreds:

3/4" sorte rør isoleret med SH/Armaflex Super.

Varmelager:

Metro Combi solvarmetank type 4. Lageret er en unit bestående af en isoleret kasse med følgende komponenter:

- 300 liter stålbeholder
- varmeveksler i lager: stål, 27/20 mm, varmefflade 1 m^2
- 3 kW elvarmelegeme øverst i beholderen (380 V vekselstrøm)
- pumpe: Grundfos UPS 20-35
- sikkerhedsventil i solfangerkredsen
- snavssamler i solfangerkredsen
- 4 liter trykekspressionsbeholder i solfangerkredsen
- aftapnings/påfyldningsventil i solfangerkredsen
- styreenhed for pumpe og elvarmelegeme

De ydre dimensioner er 183 x 60 x 60 cm. Lageret er afprøvet på Laboratoriet for Varmeisolering, Prøvestationen for Solvarmeanlæg og rapporteret i rapport nr. 82-38.

Rør i brugsvandskreds:

Præisolerede WICU-kobberrør.

Skoldningssikring:

TEMPTROL termostatisk 3-vejs ventil fra fa. Neerskov
(producent: ATROL ARMATUREN GMBH).

Sommer/vinter-ventiler:

TA kuglehaner.

Køkken-elvandvarmer:

Metro el-hurtigvandvarmer, 15 liter, 1200 W.

4. Målinger

4.1 Instrumentering

Målesystemet er vist på nedenstående figur 4.1.A.

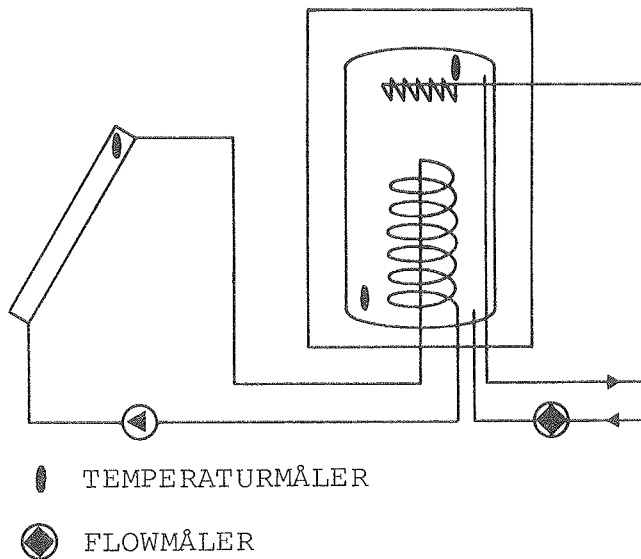
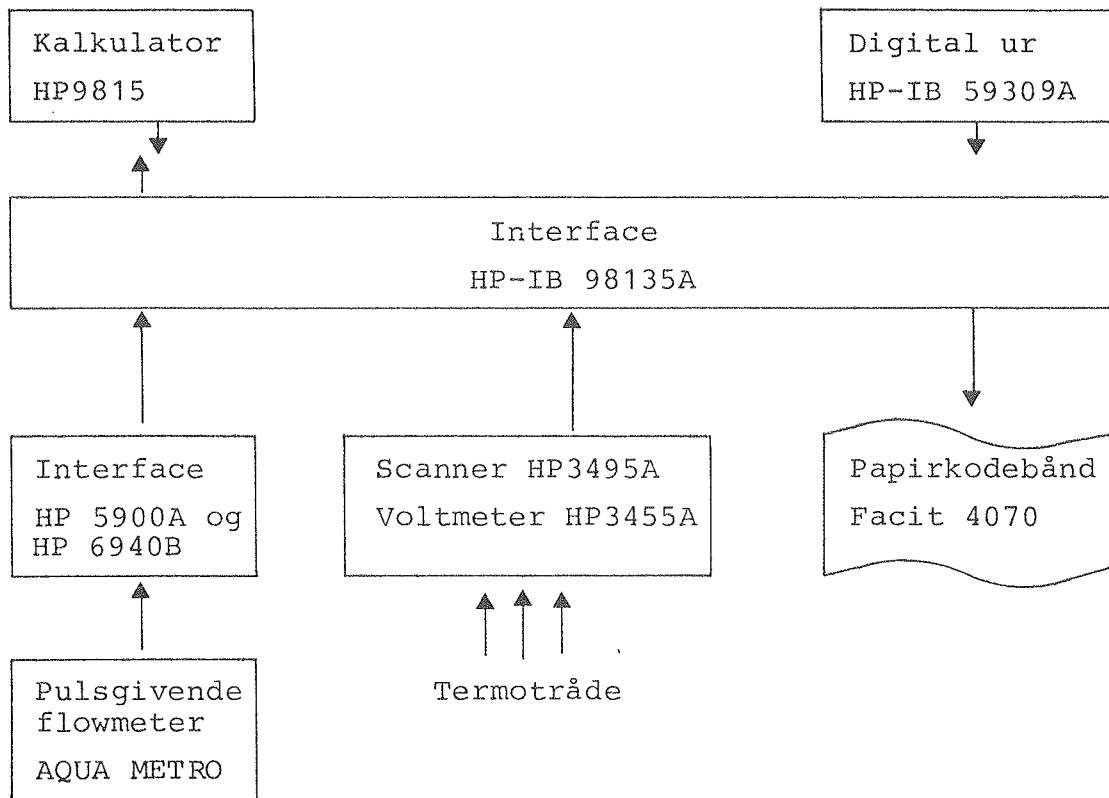


Fig. 4.1.A Målesystemet.

Det bemærkes, at der ikke er målt solindfald. Målesystemet er designet dels ud fra et ønske om at kunne holde løbende kontrol med anlæggets ydelse, dels at kunne beregne en årsydelse.

Målesystemets opbygning fremgår af figur 4.1.B. Systemet styres af en HP9815-kalkulator.



4.1.B Datalogger-udstyr

Temperaturerne er målt med termoelementtråd, som i forbindelse med præcisionsvoltmetret giver en nøjagtig temperaturbestemmelse. Den aftappede vandmængde blev målt med en Aqua Metro ringstempelmåler, ligeledes med god nøjagtighed. Den aftappede energimængde er målt med en nøjagtighed bedre end 2% inden for det aktuelle temperaturområde.

Dataloggeren scanner målepunkterne 4 gange pr. minut, og én gang i timen udskrives timesummer og -middelværdier på papirkodebånd. Måleresultaterne er indlæst på NEUCC, DTH's regnecenter, til en videre behandling sammen med vejrdata opsamlet på laboratoriets prøveareal på DTH, Lundtofte.

Den aftappede energimængde har primær interesse, de øvrige data er målt af kontrolhensyn.

4.2 Måleperioder

Målesystemet har fungeret tilfredsstillende i hele 1982. Der er således komplette målinger fra hele året på nær 2 dage i februar og 4 dage i november.

Målingerne grupperer sig efter driftsformen, som vist i figur 4.2.

| Periode | Eftervarmning med | | |
|------------|-------------------|------------------|-----------------|
| | oliefyr | elpatron i lager | køkken-elvarmer |
| 1/1-18/5 | x | - | - |
| 19/5- 2/6 | - | x | - |
| 3/6-28/6 | - | - | - |
| 29/6-11/8 | - | - | x |
| 12/8-29/9 | - | x | - |
| 30/9-31/12 | x | | - |

Fig. 4.2 Driftsformer i måleperioden

4.3 Måleresultater

Anlægget har fungeret tilfredsstillende i hele måleperioden. Årsydelsen er målt til 1502 kWh svarende til 319 kWh/m² solfangerareal/år. Denne ydelse skal ses i relation til det målte varmtvandsforbrug på 50.000 l/år svarende til 140 l/døgn. Anlægget er dimensioneret efter et forbrug på 200 l/døgn og en ydelse på ca. 1880 kWh/år. Når forbruget er lavere end dimensioneringsgrundlaget, må ydelsen tilsvarende forventes at falde. Den målte ydelse er derfor et tilfredsstillende resultat og i overensstemmelse med forventningerne. Se iøvrigt afsnit 5.3.

Ydelserne måned for måned fremgår af følgende tabel 4.3.A.

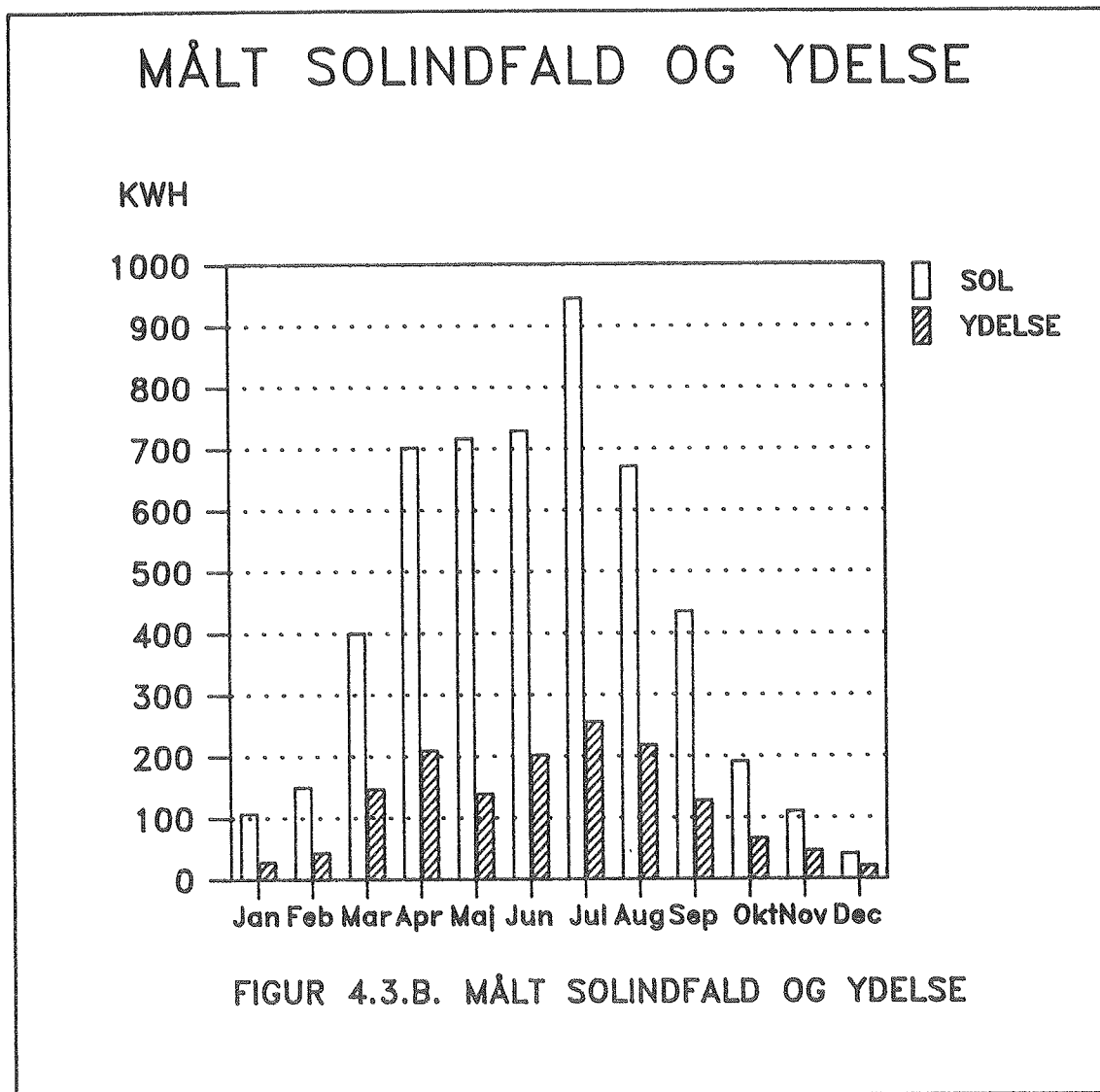
| Måned 1982 | Sol- ind- fald * kWh | Målt for- brug l | Behov kWh | Målt ydel- se kWh | Dæk- nings- grad % | Ydelse pr.m ² sol- fanger kWh/m ² |
|---------------|----------------------------------|---------------------------|--------------|----------------------------|-----------------------------|---|
| Jan. | 107 | 2989 | 125 | 28 | 22 | 5,9 |
| Feb | 150 | 2631 | 110 | 43 | 39 | 9,1 |
| Mar | 400 | 6241 | 267 | 147 | 55 | 31,2 |
| Apr | 702 | 5032 | 231 | 209 | 90 | 44,4 |
| Maj | 717 | 4139 | 175 | 139 | 79 | 29,5 |
| Jun | 729 | 5872 | 235 | 202 | 86 | 42,9 |
| Jul | 945 | 6426 | 294 | 256 | 87 | 54,4 |
| Aug | 671 | 4590 | 222 | 218 | 98 | 46,3 |
| Sep | 435 | 4383 | 160 | 128 | 80 | 27,2 |
| Okt | 191 | 3200 | 113 | 66 | 58 | 14,0 |
| Nov | 110 | 2622 | 97 | 46 | 47 | 9,8 |
| Dec | 41 | 3923 | 157 | 21 | 13 | 4,5 |
| 1982 | 5198 | 50048 | 2186 | 1503 | 69 | 318,9 |

* Solindfald målt i Lundtofte

Tabel 4.3.A Ydelser og dækningsgrad for anlægget i Gl-Holte.

Energimængder og dækningsgrad er exclusive bidrag fra elpatronen øverst i lageret.

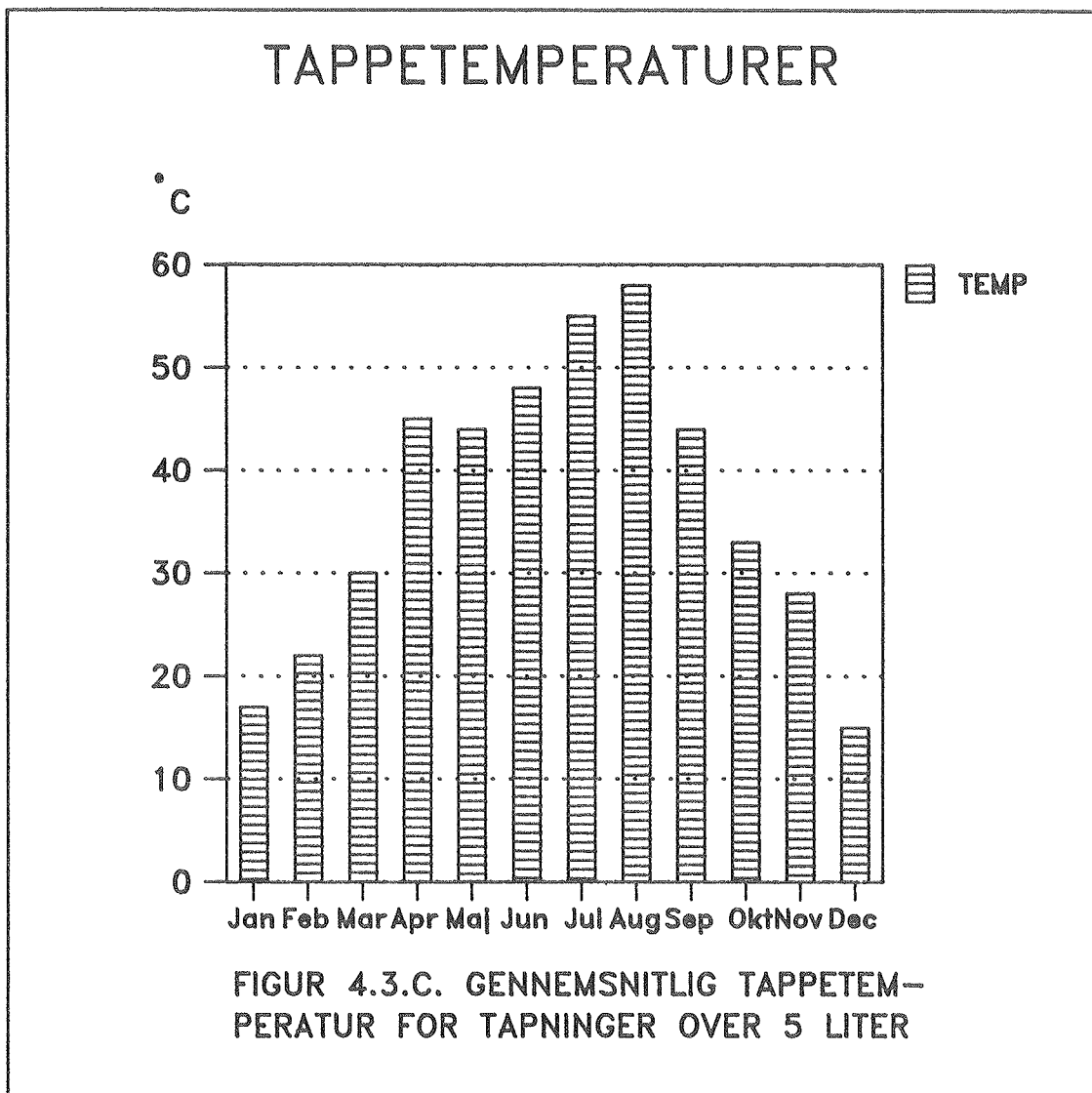
Behovet er opgjort som den målte tappede energimængde for tapninger over 45° og som energibehovet ved opvarmning fra indløbs-temperaturen til 45° for tapninger under 45°.



Figur 4.3.B viser solindfaldet på solfangerens plan og den målte ydelse. Solindfaldet er målt på Laboratoriet for Varmeisolering, DTH. Målehuller, ca. 5%, er udfyldt med data fra Hydroteknisk Laboratorium, Landbohøjskolen, Tåstrup. Overførslen af data er forbundet med en vis usikkerhed, der dog skønnes at være uden betydning for så vidt angår måneds- og årsværdier.

Systemets årseffektivitet (excl. elpatron i lageret) er 28,9% (nettoydelse/solindfald).

Nedenstående figur 4.3.C viser den gennemsnitlige tappetemperatur måned for måned for tapninger over 5 l.



4.4 Målte besparelser

I dette afsnit vurderes anlæggets energibesparelse.

Anlægget er installeret i forbindelse med en oliefyret kedelunit, som har været afbrudt i perioden 19/5 - 29/9, begge dage inklusive. I denne periode spares oliefyrets tomgangstab, som her er sat til 350 W (moderne kedelunit).

Eftervarmningsbehovet i perioden 29/6 - 11/8, hvor elpatronen i lageret var ude af drift og køkkenvandvarmeren var i gang, er beregnet ud fra vandvarmerens effekt (1,2 kW) samt en måling af antal driftstimer (76,4 timer for hele perioden). Energiforbruget er altså 92 kWh.

Energiregnskabet kommer til at se således ud:

| | | | |
|----|---------------------------------------|-------------|------------|
| Q1 | Nyttiggjort solvarme | 1502 | kWh |
| Q2 | Sparet tomgangstab 134 dage | <u>1126</u> | <u>kWh</u> |
| | | 2628 | kWh |
| | Fortrængt oliemængde | 340 | l |
| | ~ 67 l olie/m ² solfanger | | |
| Q3 | Elforbrug til pumpe i solfangerkreds | 63 | kWh |
| Q4 | Elforbrug til elpatron i lager | 36 | kWh |
| Q5 | Elforbrug til køkkenelvandvarmer | <u>92</u> | <u>kWh</u> |
| | | 191 | kWh |
| Q6 | Sparet elforbrug til oliefyr 134 dage | ÷ <u>15</u> | <u>kWh</u> |
| | Merforbrug til el | 176 | <u>kWh</u> |

Den fortrængte oliemængde er den mængde olie, der skulle have været anvendt, hvis oliefyret skulle have leveret den energimængde, der er sparet ved installation af solvarmeanlægget. Den fortrængte oliemængde beregnes som sparet kWh/(nyttevirkning · brændværdi for olie i kWh). Nyttevirkningen er sat til 0.85 og for olie er benyttet den nedre brændværdi: 9,85 kWh/l.

For at få et samlet overblik over den fortrængte oliemængde, skal merforbruget til el omregnes til ækvivalent oliemængde. Forholdet mellem primærenergiforbruget for olie og el sættes til 2, således at 176 kWh el svarer til 352 kWh olie eller 42 l olie.

Den fortrængte oliemængde (netto) er da 272 l eller $57,7 \text{ l/m}^2$ solfanger.

Det skal til slut bemærkes, at energiforbruget til varmt vand har ligget ca. 380 kWh eller 20% under det, anlægget er dimensioneret efter. Havde forbruget været 380 kWh større, havde den fortrængte oliemængde været 45 l/år større.

Elforbruget til elvarmelegeme plus køkkenvandvarmer er ikke helt typisk. Køkkenvandvarmeren har et stort tomgangstab i forhold til det, den skal yde og kan ikke anbefales. Elvarmelegemet har i en periode været ude af drift.

5. Beregninger

5.1 Edb-model

Måleresultaterne udtrykker det aktuelle anlægs ydelse på baggrund af det aktuelle vejr og den aktuelle belastning. For at kunne vurdere ydelsen under andre forudsætninger, f.eks. andre vejrforhold, er der opbygget en edb-model på basis af et programsystem udviklet ved Laboratoriet for Varmerisoleri. Modellen er valideret med måledata fra hele året 1982. Der er god overensstemmelse mellem de målte ydelser og ydelser beregnet med modellen. På årsbasis fås således:

| | |
|-----------------|----------|
| Målt ydelse | 1538 kWh |
| Beregnet ydelse | 1579 kWh |
| Afvigelse | 2,7 % |

Ovennævnte tal er inklusive bidrag fra elpatronen øverst i lageret (ialt 36 kWh).

5.2 Ydelse og besparelse henført til referenceåret

Ved hjælp af edb-modellen er der udført beregninger for forskellige vejrdata og forbrug. Af særlig interesse er en beregning med det såkaldte referenceår og et standardforbrug på 210 l vand pr. dag. Disse beregninger er nemlig sammenlignelige med målinger rapporteret i Energiministeriets solvarme-program, rapport nr. 16: "Solvarmeanlæg til varmt brugsvand", idet den tappede energimængde er den samme. I rapport 16 er tapningerne 200 l/døgn. Forskellene i tappevolumen skyldes, at kun den aktuelle edb-model medregner vands massefyldes temperaturafhængighed i modsætning til modellen anvendt i rapport nr. 16.

| Anlæg | Solindfald kWh/m ² /år | Forbrug kWh/år | Ydelse kWh/m ² /år | Dæknings- grad %/år |
|-------|--------------------------------------|-------------------|----------------------------------|---------------------------|
| Holte | 1189 | 3121 | 410 | 62 |
| BV300 | 1189 | 3123 | 391 | 68 |

Disse tal er i god overrensstemmelse med kurverne i figur 5.5 i rapport 16, idet forskellene i ydelse og dækning skyldes, at BV300 havde $5,4 \text{ m}^2$ solfanger (Gl-Holte: $4,70 \text{ m}^2$).

Henført til referenceåret og et forbrug på 210 l/d kan følgende energiregnskab opstilles:

| | | |
|----|--|-----------------|
| Q1 | Nyttiggjort solvarme | 1983 kWh |
| Q2 | Sparet tomgangstab 134 dage | <u>1126 kWh</u> |
| | | 3109 kWh |
| | Fortrængt oliemængde | 371 l |
| | ~ 79 l olie/ m^2 solfanger | |
| Q3 | Elforbrug til pumpe | 70 kWh |
| Q4 | Elforbrug til elpatron i lager | <u>89 kWh</u> |
| | | 159 kWh |
| Q6 | Sparet elforbrug til oliefyr 134 dage | ÷ <u>15 kWh</u> |
| | Merforbrug til el | 144 kWh |
| | Ækvivalent oliemængde svarende til 144 kWh el: 34 l | |

Netto fortrængt oliemængde 337 l svarende til $71,5 \text{ l/m}^2/\text{år}$.

5.3 Forbrugets betydning

Forbruget har afgørende betydning for solvarmeanlæggets ydelse. Dette forhold er belyst i "Rapport 16", figur 5.7, under forudsætningerne:

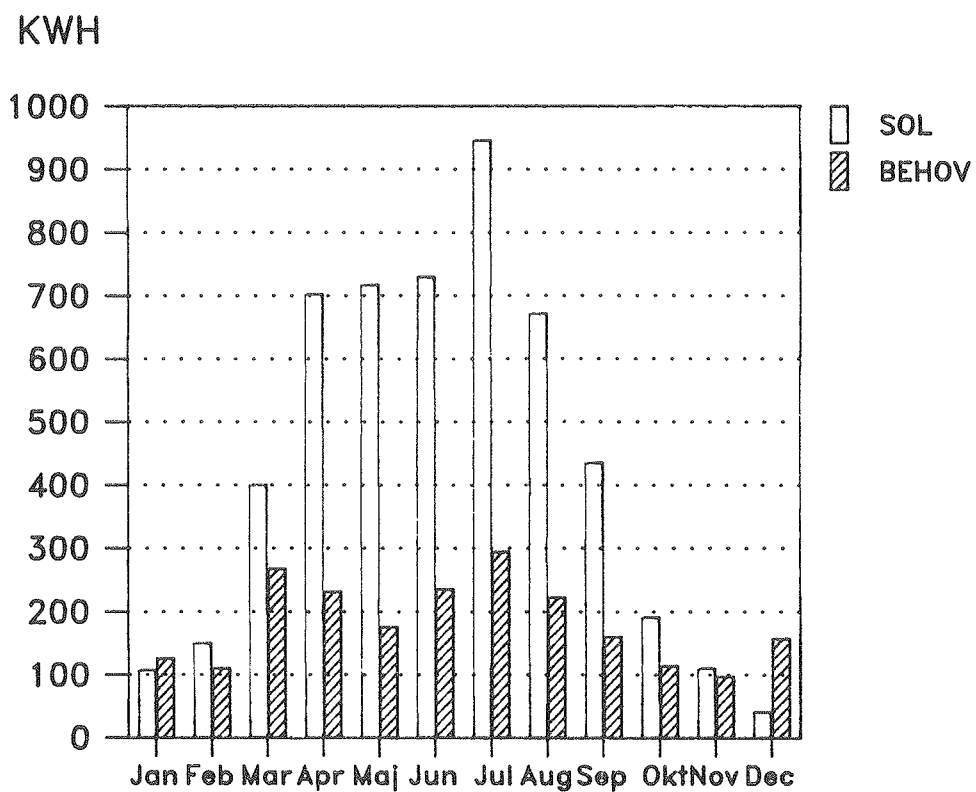
- tapninger alle årets dage
- opvarmning $8 - 45^\circ\text{C}$
- tapning af 40, 40, 80 og 40 l klokken 9, 13, 19 og 21 henholdsvis.

Beregningerne er udført for et anlæg med $5,4 \text{ m}^2$ selektiv solfanger og 300 l lager.

Forbrugsmønstret i Gl-Holte afviger meget fra dette, idet der dog også her er tappet alle årets dage (!), men

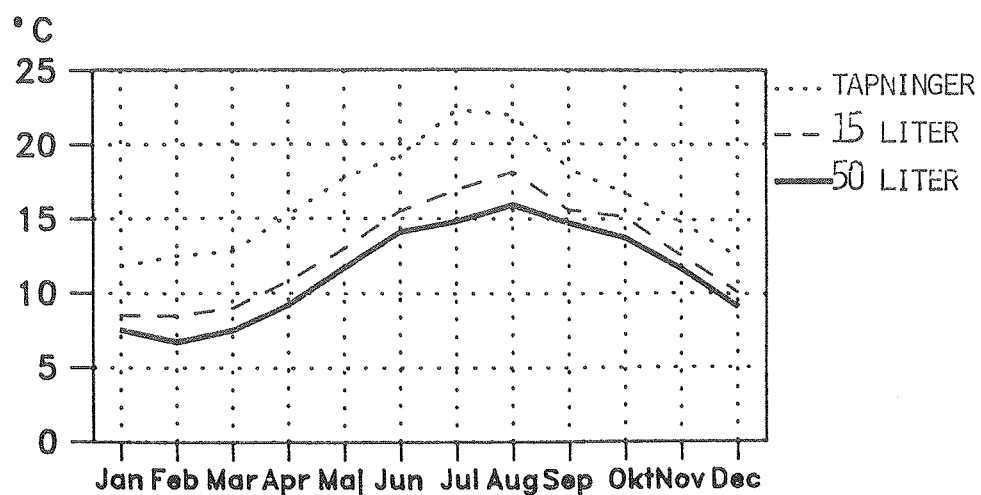
- indløbstemperaturen har varieret mellem $6,7^\circ\text{C}$ (februar) og $15,9^\circ\text{C}$ (august) (begge tal: månedsmiddel for tapninger over 50 l. Årsmiddel $11,4^\circ\text{C}$).
- der er mange tapninger af meget varierende størrelse.

SOLINDFALD OG VARMTVANDSBEHOV



FIGUR 5.3.A. SOLINDFALD OG VARMTVANDSBEHOV

INDLØBSTEMPERATURER



FIGUR 5.3.B. INDLØBSTEMPERATUR FOR
FORSKELLIGE TAPPEVOLUMINER

Ifølge rapport 16 skulle ydelsen med det aktuelle forbrug og den aktuelle indstråling have været $330 \text{ kWh/m}^2/\text{år}$. Dette tal ligger tæt på den faktiske, målte ydelse på $319 \text{ kWh/m}^2/\text{år}$. Dette stemmer også med konklusionen i rapport 16: At det er den totale belastning, der er betydende for anlæggets ydelse, ikke fordelingen af belastningen.

Bag denne overensstemmelse ligger imidlertid nogle forhold, som trækker hver sin vej i det samlede billede.

Af figur 5.3.A fremgår det, at forbruget afhænger af solindfaldet, idet stort solindfald falder sammen med stort forbrug. Det er naturligt og forventeligt at forbruget stiger, når solvarmeanlægget kan "følge med". Dette forhold tenderer til at øge udbyttet.

De høje indløbstemperaturer i sommermånederne trækker den modsatte vej. Figur 5.3.B viser månedsgennemsnit af indløbstemperaturer for forskellige tappevolumener. Ved små tapninger er alt det "kolde" vand blevet forvarmet i rørene i huset. Ved større tapninger bliver det kolde vand fra vejen opvarmet af koldtvandsrørenes kapacitative varmeindhold. Ved store tapninger får vi et udtryk for vandets temperatur "i vejen". Temperaturstigninger i forhold til "vejtemperatur" udtrykker altså, at vandet forvarmes i huset, inden det når op til lageret. Denne effekt er belyst i tabel 5.3.C., som viser antallet af tapninger samt tappet vand- og energimængde som funktion af tapningens størrelse. Det ses, at der er et overvældende stort antal små tapninger. Der er tappet (over 0 og) under 3 l i 28,9% af årets timer. Da målingerne foreligger som timeværdier, består mange større tapninger i virkeligheden af flere tapninger, der er summeret inden for timen. Denne effekt kan dog ikke kvantificeres på baggrund af det foreliggende datagrundlag.

Indløbstemperaturen ved små tapninger er meget høj, jvf. ovenstående. Ved små tapninger er den tappede energi pr. liter vand derfor mindre end ved store tapninger. Havde indløbstemperaturen været $11,4^\circ$ (middel over året for tapninger $> 50 \text{ l}$), ville den tappede energimængde have været 122 kWh for tapninger under 7 l mod nu $90,0 \text{ kWh}$.

| | 0 < VAND < 3 l | | | 3 ≤ VAND < 5 | | | 5 ≤ VAND < 7 | | | 7 ≤ VAND < 10 | | |
|-----|----------------|-------|------|--------------|-------|------|--------------|-------|------|---------------|-------|------|
| | η | ΣVAND | ΣQ | η | ΣVAND | ΣQ | η | ΣVAND | ΣQ | η | ΣVAND | ΣQ |
| Jan | 200 | 109 | 0,4 | 47 | 178 | 0,9 | 20 | 115 | 1,2 | 17 | 143 | 0,6 |
| Feb | 184 | 121 | 0,8 | 32 | 130 | 1,2 | 9 | 51 | 0,7 | 21 | 174 | 2,1 |
| Mar | 195 | 114 | 1,3 | 32 | 127 | 1,7 | 29 | 169 | 2,8 | 27 | 223 | 4,4 |
| Apr | 219 | 131 | 2,7 | 36 | 142 | 3,7 | 34 | 200 | 5,9 | 40 | 339 | 11,1 |
| Maj | 240 | 143 | 2,9 | 38 | 150 | 3,5 | 18 | 106 | 3,2 | 24 | 200 | 6,5 |
| Jun | 238 | 138 | 2,5 | 27 | 106 | 2,8 | 28 | 162 | 5,2 | 37 | 314 | 12,2 |
| Jul | 245 | 130 | 3,5 | 41 | 165 | 6,1 | 37 | 218 | 9,0 | 30 | 255 | 11,1 |
| Aug | 281 | 149 | 3,2 | 33 | 131 | 3,7 | 21 | 125 | 4,7 | 26 | 213 | 9,5 |
| Sep | 210 | 107 | 1,8 | 24 | 95 | 2,2 | 21 | 124 | 2,9 | 19 | 163 | 5,0 |
| Okt | 189 | 124 | 1,1 | 35 | 140 | 1,8 | 27 | 159 | 2,7 | 19 | 168 | 3,1 |
| Nov | 127 | 92 | 0,8 | 24 | 91 | 1,1 | 13 | 79 | 1,2 | 27 | 223 | 3,4 |
| Dec | 147 | 116 | 0,1 | 27 | 107 | 0,4 | 17 | 100 | 0,3 | 25 | 214 | 0,8 |
| | 2535 | 1474 | 21,1 | 396 | 1562 | 29,1 | 274 | 1608 | 39,8 | 312 | 2629 | 69,8 |

VAND: Tappet vandmængde. η : Antal tapninger. Q: Tappet energimængde (kWh)
 Antal mulige tapninger = antal timer i året = 8760. Antal timer med tapninger: 5080.
 Antal timer uden tapninger: 3680. Årets samlede tapning: 52050 l.

Tabel 5.3.C. Antal tapninger, tappet vand og energi afhængig af tappevolumen

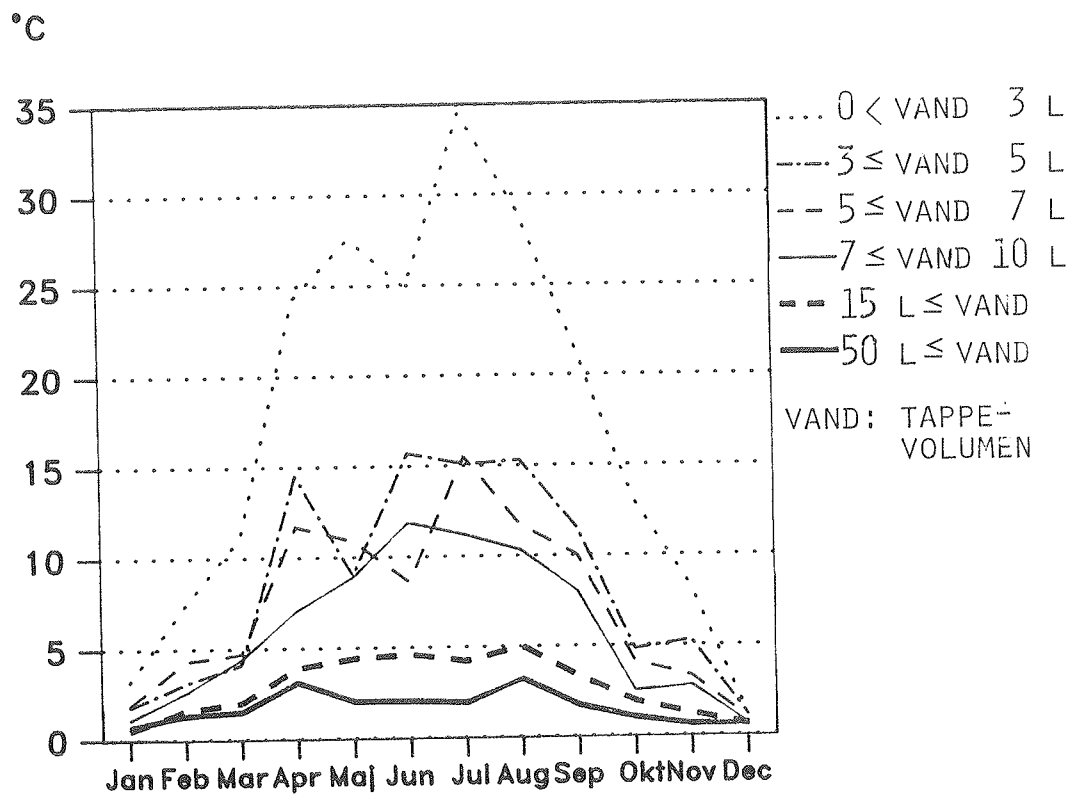
Store tapninger fører sædvanligvis ikke til væsentlige fald i tappetemperaturen. Kun i forårs- og efterårsmånederne, hvor temperaturlagdelingen i lageret kan være meget udpræget, kan tapninger på over 100 l føre til fald på op til 20°C på tappetemperaturen. Dette sker vel at mærke kun, hvis der ikke er sol i den pågældende time! Det kan altså konkluderes, at lageret er tilstrækkeligt stort til det aktuelle forbrugsmønster.

5.4 Brugsvandskredsens rørlængder

Der vil være tab i brugsvandskredsen dels på grund af afkølingen af rørenes vandindhold, dels i form af kapacitetstab i rørene. Tabene kan ikke udregnes, idet forbrugets fordeling på de forskellige tappesteder ikke er kendt.

Af tabel 5.4.C fremgår, at der er tappet 1274 l vand i form af tapninger under 3 l. 3 l svarer til 7,5 m 3/4" rør. Selv hvis rørene blev kølet ned til stuetemperatur efter hver af disse små tapninger, ville det samlede tab kun blive i størrelsesordenen 20 kWh/år. Dette peger på, at rørenes væskeindhold især udgør et komfortmæssigt problem.

AFKØLING I AFTAPNINGSRØR



FIGUR 6.3.A. AFKØLING I AFTAPNINGSRØR I LAGER
FOR FORSKELLIGE TAPPEVOLUMINER

6. Driftserfaringer

6.1 Komfort

Systemet i Gl-Holte er udformet med back-up for solvarmeanlægget. Herved opnås den ønskede komfort året rundt, og familien i Gl-Holte har også givet udtryk for deres tilfredshed med komforten. De har endog været meget tilfredse med de store mængder "gratis" varmt vand, som de i sommermånederne har brugt til lange og hyppige bade. Til gengæld er bryggerset blevet koldere i sommerperioden, hvor fyret er slukket, og dette har gjort det vanskeligere at få tørret tøj. Her er altså en marginal nyttevirkning af fyrets tomgangstab.

6.2 Eftervarmning af brugsvand

Anlægget i Gl-Holte er opbygget med tre eftervarmningsmuligheder:

- oliefyr
- elpatron i toppen af solvarme-lageret
- elvandvarmer i køkkenet.

Eftervarmning ved hjælp af oliefyret finder sted når dette alligevel er tændt dvs. i perioden med rumopvarmningsbehov.

Eftervarmning ved hjælp af elpatron i toppen af solvarme-lageret sikrer en tilstrækkelig høj temperatur ved alle tapsteder. Ulempen er, at termostatindstillingen må sættes efter den højeste temperatur, der er behov for, hvilket vil sige 45^o eller derover, som er den temperatur, der bruges i køkkenet til opvask m.m.

Ved bad og lignende bruger man en lavere temperatur, som ofte ville være tilstede i solvarmelageret, selvom dette ikke blev eftervarmet.

En anden løsning er derfor en eftervarmning lokalt ved køkken-tapstedet. Herved er i det aktuelle hus endvidere opnået den fordel, at det varme vand er tilstede straks ved aftapningens start, idet det ikke skal bevæge sig hele vejen fra lagerbeholderen. Som det ses i afsnit 4.4, har køkkenvandvarmeren imidlertid brugt langt mere el end elpatronen (92 kWh i en periode på 44 dage mod 36 kWh i en samlet periode på 62 dage).

Det store elforbrug må skyldes tomgangstab fra køkkenvandvarmeren samt muligvis den omstændighed, at mange tapninger i køkkenet har været så små, at det solvarmede vand fra lagertanken kun er trukket ud i rørsystemet, men ikke helt ned til køkkenet.

Det må altså i dette tilfælde konkluderes, at elpatronen har været den mest hensigtsmæssige løsning.

6.3 Aftapningsrør i lager

Tapning af varmt vand fra lageret foregår fra toppen af lageret via et stålrør, der uisolaret er ført ned gennem det indre af lageret og munder ud i bunden af dette. Herved opnås ganske vist, at der ikke er kuldebroer i toppen af lageret, men det varme vand udsættes for en vis afkøling inden det forlader lageret. Dette har følgende uheldige virkninger:

- forbrugeren tapper ved lavere end potentielt mulige temperaturer.
- der tappes mindre energi end potentielt muligt, dvs belastningen på anlægget daler.
- der transporteres varme fra toppen af lageret nedad mod bunden. Der sker altså en vis opblanding, der virker imod lagerets naturlige og ønskværdige lagdeling.

Forholdet er belyst ved temperaturmåling dels i toppen af lageret, dels i varmtvandsrøret lige efter lageret. Forskellen på de to temperaturer repræsenterer afkølingen i lagerets aftapningsrør. Denne afkøling afhænger meget af tappevolumenet. Figur 6.3.A giver en grafisk fremstilling af afkølingen for forskellige tappevolumener.

Ved store tapninger opstår næsten stationære tilstande med en afkøling på $2-3^{\circ}$ til følge. Forholdet er mest udpræget i april og august, hvor temperaturlagdelingen i lageret er størst. Ved små tapninger ligger afkølingen på $5-35^{\circ}\text{C}$.

Den energi, der under tapninger overføres fra toppen til bunden af lageret, medregnes naturligvis ikke i anlæggets ydelse. Energien er jo rent faktisk også stadigvæk i lageret! Men for tappetemperaturer under 45° repræsenterer den energimængde et energibehov, som ikke er blevet dækket.

Hvis alle tapninger, for hvilke tappetemperaturen var under 45° , var blevet tappet ved den temperatur, der var i toppen af beholderen (dog max 45°), var årsydelsen blevet 74 kWh større end aktuelt.

Betydningen af den dårligere temperaturlagdeling på grund af varmetransporten nedad i lageret kan ikke kvantificeres ud fra målingerne. Her skal blot bemærkes, at når bunden af lageret bliver varmere, reduceres den tid, hvori solfangerkredsen kører. Herved reduceres også anlæggets ydelse. Problemet kan løses, som anført i afsnit 7.2.

6.4 Kogning i lageret

Højeste målte lagertemperatur er $100,2^{\circ}\text{C}$, målt 31/5-82 kl. 16 efter 5 dage med lavt forbrug og stort solindfald. Da der er vandværkstryk i lagertanken, koger vandet ikke ved denne temperatur. Kogning som sådan medfører iøvrigt blot expansion ud gennem sikkerhedsventilen på koldtvandstilførslen til lageret. Til gengæld brændte sikringen til elpatronen øverst i lageret af, da temperaturen passerede 100° . Dette blev først konstateret en måned senere under en periode med lille solindfald og normalt forbrug. Elpatronen burde da holde lageret oppe på 45° , men der er målt lagertemperatur helt ned til $24,4^{\circ}$, målt 25/6-82 kl. 06. Sikringen er besværlig at skifte; den kan kun skiftes af en fagmand.

Problemet er ikke løst. I den aktuelle situation nøjedes vi med at sætte en ny sikring i. En bedre løsning er at benytte en sikring, der først brænder af ved omkring 120°C .

6.5 Kogning i solfangeren

Ved kogning i solfangeren koger solfangervæsken ud gennem en sikkerhedsventil ned i et kar. Efterfølgende påfyldning kræver brug af en pumpe.

Der har ikke været konstateret kogning i solfangeren på noget tidspunkt, men der har også været tappet fra lageret hver eneste dag i måleperioden.

6.6 Skoldningssikring

Anlægget er forsynet med en automatisk skoldningssikring i form af en termostatisk trevejsventil. Ventilen kan indstilles i området 40-75°C og iblander koldt vand til indstillings-temperaturen, hvis tappetemperaturen er over denne.

Det er væsentligt, at skoldningssikringen er indstillet til en højere temperatur end elvarmelegemet i toppen af beholderen. Ellers risikerer man, at brugsvandet først varmes op med el for derefter at afkøles i skoldningssikringen med det resultat, at en del af brugsvandet ikke ledes gennem lageret, altså at belastningen falder.

7. Systemudformning og komponentvalg

Dette kapitel indeholder en gennemgang af de vigtigste komponenter i et solvarmeanlæg. Herunder diskuteres dels mulige forbedringer af Gl-Holte-anlægget, dels nye ideer og alternativer til de benyttede komponenter.

7.1 Solfangeren

Solfangeren kan opbygges som ét element. Herved reduceres rørtabene i solfangerkredsen væsentligt, idet fordelerrør på tagfladens yderside undgås. Større elementer kan være (eller blive) billigere pr. m² og rørarbejdet reduceres. Til gengæld er store moduler vanskeligere at håndtere end små. Udviklingen går imidlertid i retning af lettere solfangerkonstruktioner. Dette muliggør håndtering af større elementer. I nybyggeriet kan der opnås en besparelse (af tagplader/tegl) ved at indbygge solfangeren i tagfladen.

7.2 Lageret

Ideen med at føre aftapningsrøret for varmt brugsvand ned gennem lageret er for så vidt god nok, idet man undgår en potentiel kuldebro i toppen af lageret. Vælges denne løsning, bør røret udføres af plast, hvis varmeledningsevne er i størrelsesordenen 50 gange mindre end ståls. Tabet ved benyttelse af et uisolaret stålør i Gl-Holte-anlæggets lager er beregnet til mindst 74 kWh for 1982.

Alternativt kan aftapningsrøret føres ned langs ydersiden af lageret og samisoleres med dette. Røret skal føres ned omkring 1 m for at forhindre naturlig cirkulation af varmt vand ud i røret.

I stedet for varmeveksleren med spiral kan anvendes kappebeholdere til lageret. I efteråret 1983 findes kappebeholdere, der er VA-godkendte til solvarmeanlæg, i størrelser fra 75 l til 500 l (VVSNR 37 1285). Kappebeholdere er billige. Hvorvidt de er velegnede til solvarmeanlæg er endnu ikke undersøgt til bunds. Det selvcirkulerende demonstrationsanlæg, der er sat i drift september 1983, har en 150 l kappebeholder som lager. Dette anlægs ydelser vil bl.a. give et indtryk af kappens varmevekslereffektivitet.

For at imødegå kogning i perioder, hvor anlægget er ubelastet (bortrejse i sommerferien) kan man måske indrette isoleringen således, at man kan fjerne noget af den oppe oven på lageret. Lageret vil da tabe varmen, så kogning undgås. Ved hjemkomst lægges "låget" på igen, og lageret er atter i drift.

Sikringen for elpatronen i lageret bør kunne tåle mindst 120°C og skal helst kunne udskiftes uden faglig ekspertise.

7.3 Pumpe og styresystem

Det samlede antal driftstimer for pumpen i solfangerkredsen i Gl-Holte 1982 er beregnet til 2098. Med en pumpeeffekt på 55 W (mellemste indstilling) svarer dette til et energiforbrug på 115 kWh for 1982. Det skønnes, at omkring halvdelen af energien overgår til lageret. Der tabes altså omkring 60 kWh. Hvis anlægget var lavet med naturlig cirkulation i solfangerkredsen, kunne denne energimængde have været sparet. Samtidig spares pumpe og styresystem samt installation af disse enheder. Forudsætningen for naturlig cirkulation er, at lageret kan placeres højere end solfangeren.

7.4 Rør i solfangerkredsen

Varmetabet i rørene i solfangerkredsen udgjorde i Gl-Holte-anlægget 164 kWh i 1982. Den samlede rørlængde er 5,75 m på loftet plus 2 x 1 m fordelerrør på taget. Varmetabet er tilfredsstillende lille. Der ville kun kunne opnås en beskeden reduktion ved brug af kobberrør eller ved kraftigere isolering.

Isoleringen bør udføres omhyggeligt uden kuldebroer og i en tykkelse svarende til 20-30 mm mineraluld. Dette har været tilfældet på Gl-Holte-anlægget.

7.5 Dimensionering af anlæg

Det fremgår af kapitel 4, 5 og 6, at anlæggets effektivitet og økonomi er meget afhængig af, om det er dimensioneret efter det faktiske forbrug. Skønt anlægget i Gl-Holte er dimensioneret efter et målt forbrug, er det alligevel 25% over-

dimensioneret. Generelt må man nok forvente, at forbruget falder i samme øjeblik der sættes focus på det: Ressourcebevidsthed medfører sparsommelighed. Endvidere må forbruget i et vist omfang forventes at følge solindfaldet (tilgængeligheden af "gratis" energi), som det ses i Gl-Holte. Dette tenderer også mod, at anlægget kan gøres mindre end årsforbruget indicerer.

Normalt er det ikke hensigtsmæssigt at måle forbruget inden dimensionering af anlægget. Erfaringerne fra Gl-Holte tyder imidlertid på, at den hidtidige tommelfingerregel med ca. 50 l vand pr. person pr. dag kan ligge noget i overkanten, ligesom en gennemsnitlig koldtvandstemperatur på 11-12°C nok er mere realistisk end 8°C.

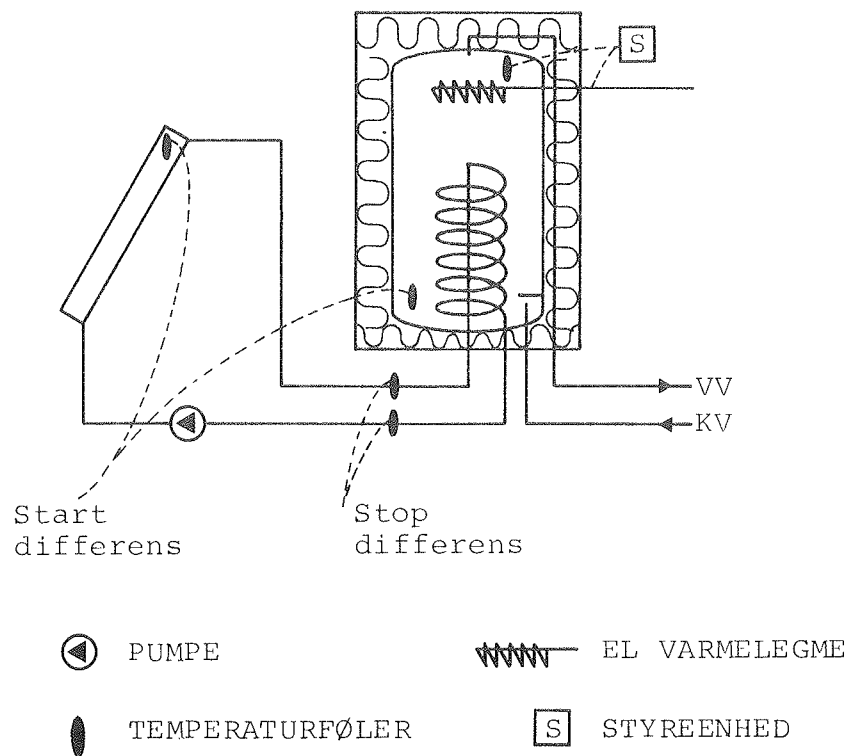
Appendix 1. BV400-anlægget

Dette appendix beskriver et solvarmeanlæg, der blev opført som et forsøgsanlæg på forsøgsarealet ved Laboratoriet for Varmeisolering. Der er målt på anlægget i perioden 1/7-81 til 12/5-82. Anlægget er konstrueret som BV300-anlægget, der er rapporteret i Energiministeriets Solvarmeprogram, rapport nr. 16, med følgende ændringer:

- der er benyttet en mindre solfanger (4,71 m². På BV300: 5,4 m²)
- der er indsat et elvarmelegeme øverst i lageret.

Formålet med forsøget var at undersøge, i hvilket omfang solvarmeanlæggets ydelse bliver påvirket, når eftervarmningsbehovet dækkes af en elpatron i toppen af varmelageret.

Ifølge rapport 16 kan der forventes en reduktion på 5-6% af udbyttet. For at undersøge dette opbyggedes BV400-anlægget, som vist på figur A.1.1.



Figur A.1.1

Solfangeren er mage til den i Gl-Holte men med jernfrit glas, hvorved dens effektivitet forbedres.

Lageret er en 300 l stålbeholder med indvendig spiral-varmeveksler.

Elvarmelegemet er på 3000 W anbragt 90 cm over lagerets bund. Det holder således 75 l vand oppe på operationstemperaturen.

Målesystemet har været konfigureret som på Gl-Holte-anlægget. Styreenheden, en HP9815-computer, har på BV400-anlægget foruden målingerne også styret tapninger. Følgende data er målt:

- koldtvandstemperatur
- tappetemperatur
- tappet energimængde
- elforbrug til el-varmelegemet
- solindfald
- vindhastighed
- udetemperatur

Herudover er der målt en række temperaturer af kontrolhensyn.

Ved hjælp af et kølearrangement er koldtvandstemperaturen holdt på ca. 8°C.

Tappeprofilet har været: 200 l/dag fordelt på 4 tapninger á 50 l kl. 08, 13, 19 og 21. Tapninger alle ugens dage. Når tappetemperaturen har været over 45°C, er der tappet en energimængde på ca. 2,15 kWh svarende til 50 l vand opvarmet fra 8°C til 45°C.

Der er opstillet en beregningsmodel for anlægget, og modellen er valideret med måledata fra april 1982. Tabel A.1.2 viser nogle hovedtal fra valideringen.

| April 1982 | Målt | Beregnet | Afvigelse |
|---------------|------|----------|-----------|
| Solindfald | 695 | - | - |
| Tappet energi | 249 | 254 | 2,0% |
| Elforbrug | 14 | 14,5 | 3,6% |
| Tab fra lager | - | 61 | - |
| Tab fra rør | - | 23 | - |
| Enhed | kWh | kWh | % |

Tabel A.1.2 BV400. Validering af edb-model

Det ses, at der er en nøje overensstemmelse mellem målte og beregnede værdier.

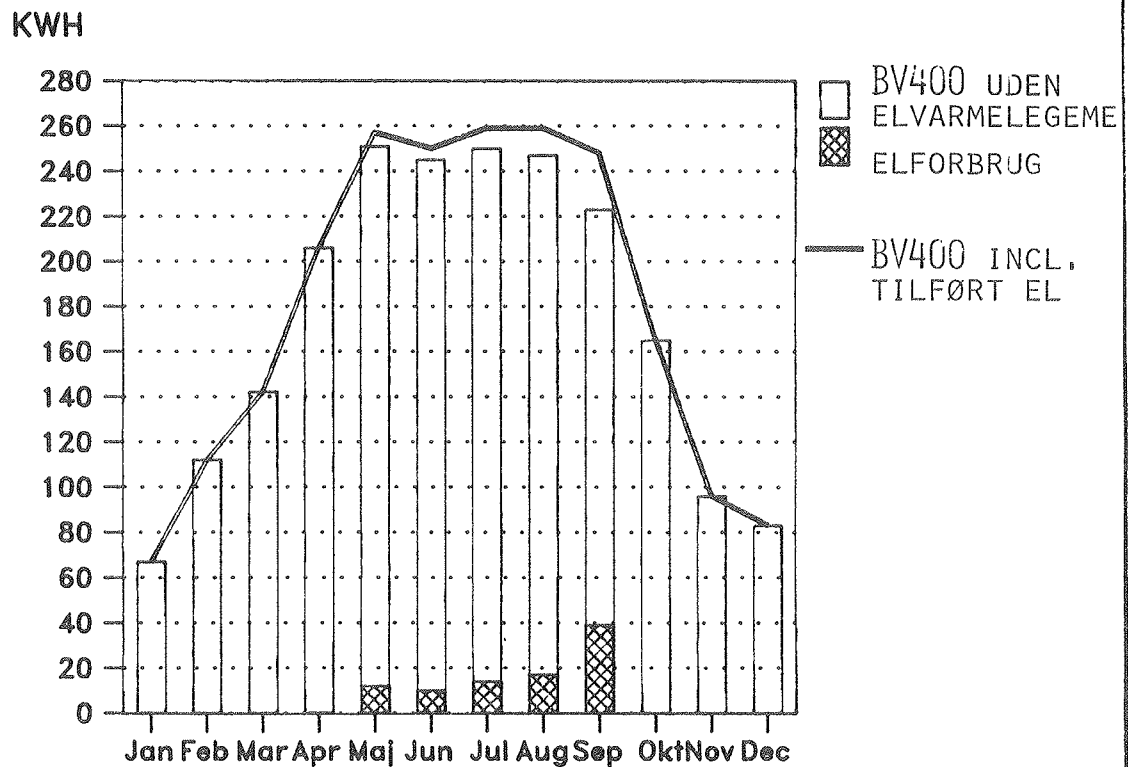
Ved hjælp af edb-modellen er der udført beregninger med referenceårets vejrdato. I beregningerne sættes driftsperioden for el-varmelegemet til 15/5-30/9. I denne periode vil man normalt kunne klare sig uden rumopvarmning.

Resultatet af beregningerne fremgår af figur A.1.3, hvor månedsydelse er vist for to systemer, Systemet "BV400" har el-varmelegeme i toppen af lageret. Systemet "UDEN" er BV400-systemet uden el-varmelegeme. Kurven ELF viser elforbruget i sommerperioden.

Resultaterne er sammenfattet i tabel A.1.4. Det fremgår, at solvarmeanlæggets ydelse kun falder fra 2082 til 2052 kWh/år eller 2,7%, når eftervarmningsbehovet i perioden 15/5-30/9 dækkes med et elvarmelegeme øverst i lageret. Dækningsgraderne måned for måned er vist i figur A.1.5. Heraf ses, at systemet med elvarmelegeme har fuld dækning i sommerperioden, mens systemet uden har utilstrækkelig dækning specielt i september måned.

Anlægget har ydet 436 kWh/m^2 solfanger pr. år. Med en dækningsgrad på 66% og en systemeffektivitet på 37% er det meget tilfredsstillende og i overensstemmelse med forventningerne.

YDELSE OG ELFORBRUG



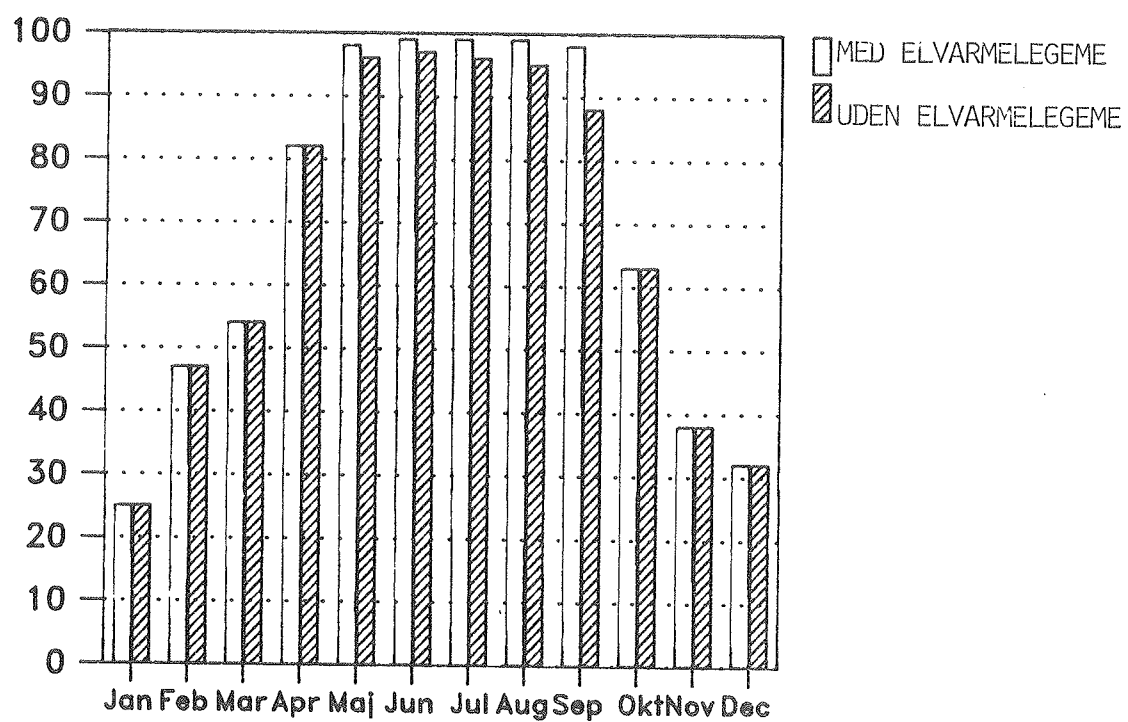
FIGUR A.1.3. BV400 MED OG UDEN ELPATRON

| Referenceåret | Med elpatron | Uden elpatron | Enhed |
|--|--------------|---------------|--------------------|
| Solindfald | 5606 | 5606 | kWh |
| Heraf absorberet | 2278 | 2300 | kWh |
| Solfangereffektivitet | 40,6 | 41,0 | % |
| Tab fra lager | 283 | 271 | kWh |
| Rørtab | 162 | 160 | kWh |
| Energibehov | 3084 | 3084 | kWh |
| Tappet energi | 2144 | 2087 | kWh |
| Elforbrug | 92 | - | kWh |
| Tappet energi excl. el | 2052 | 2087 | kWh |
| Ydelse pr. m ² solfanger pr. år | 436 | 443 | kWh/m ² |
| Systemeffektivitet (excl. el) | 36,6 | 37,2 | % |
| Dækningsgrad (solenergi) | 66,5 | 67,7 | % |

Tabel A.1.4 Beregninger med referenceåret

DÆKNINGSGRAD MED OG UDEN ELPATRON

D-GR (%)



FIGUR A.1.5. DÆKNINGSGRADER BV400

Hvis elpatronen havde været i drift hele året, ville årsydelsen have været 1900 kWh, hvilket er 9% mindre end anlægget helt uden elpatron. Elforbruget er beregnet til 1087 kWh for hele året. I bebyggelser, hvor rumopvarmningen klares med fjernvarme, som stoppes i sommerperioden, benyttes ofte elopvarmning af brugsvand i sommerperioden eller hele året. I sådanne bebyggelser vil et BV400-anlæg med elpatron kørende året rundt udgøre en økonomisk særdeles attraktiv løsning.

Ifølge rapport 16 skulle nedgangen i solvarmeanlæggets ydelse være 5-6% under forudsætning af

- driftsperiode for elpatron 1/4-30/9
- opvarmning til 45°C.

Under disse forudsætninger ville BV400-anlægget have ydet 2029 kWh pr. år svarende til en reduktion i ydelsen på 2,5% i forhold til et anlæg uden elpatron. Tidligere beregninger har indiceret reduktioner på 5-6%. Disse beregninger har imidlertid været udført med en simplere model, der ikke i samme grad var i stand til at tage højde for lagerets temperaturlagdeling. De tidligere beregninger var rent teoretiske, mens BV400-beregningerne er baseret på en model, der er valideret med måledata.

Ud fra forsøget med BV400-anlægget kan det derfor konkluderes, at beregningerne i rapport 16 er for pessimistiske: Dækkes eftervarmningsbehovet i sommerperioden med en elpatron øverst i lageret, reduceres solvarmeanlæggets ydelse 2-3% afhængigt af driftstemperaturer og sommerperiodens længde. Det skal bemærkes, at disse beregninger er baseret på et lodretstående varmelager, der giver god mulighed for temperaturlagdeling.

Appendix 2. VV150-anlægget

Dette appendix beskriver et solvarmeanlæg, der blev opført som et forsøgsanlæg på forsøgsarealet ved Laboratoriet for Varmeisolering. Der er målt på anlægget i perioden marts 1982 - maj 1983.

Formålet med forsøget var at undersøge, i hvilket omfang solvarmeanlæggets ydelse bliver påvirket, når lageret reduceres til mindre end et døgn's vandforbrug.

Anlægget er konstrueret som BV300-anlægget, dog med en 150 l lagertank. Figur A.1.1 i BV400-appendix'et viser princippet i anlægget bortset fra, at der ikke er noget elvarmelegeme i lageret på VV150-anlægget.

Solfangeren er en $5,5 \text{ m}^2$ kanalpladeabsorber af stål med selektiv overflade (BV300: $5,4 \text{ m}^2$ selektiv). Den består af 3 paneler, der er sat i serie. Rørforbindelser mellem panelerne fremgår af figur A.2.1. Arrangementet med flow nedad i det midterste panel giver korte rørføringer på taget.

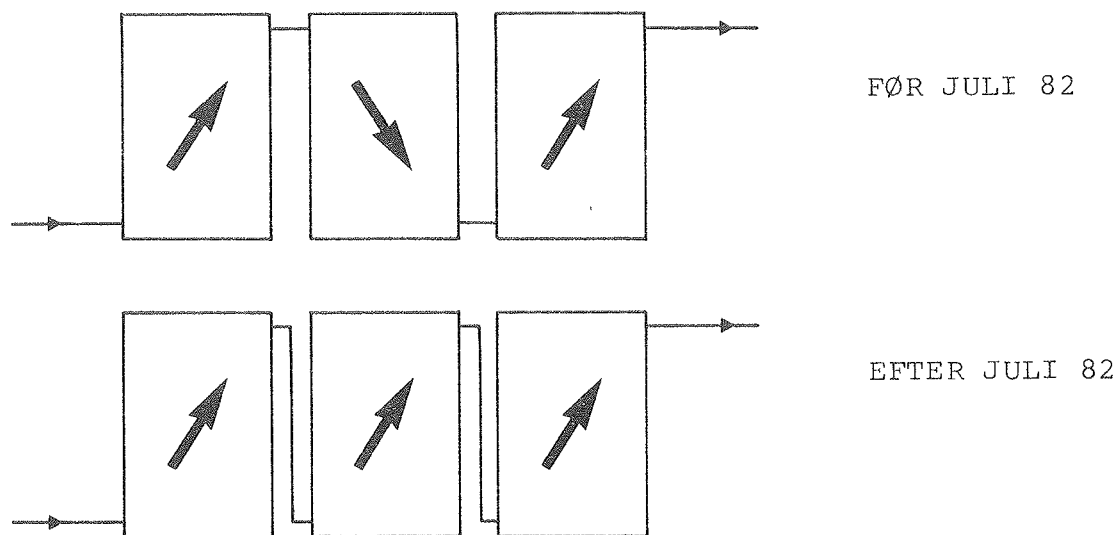


Fig. A.2.1 Sammenkobling af solfangerelementer for VV150-anlægget.

Løsningen fungerer imidlertid kun ved rimeligt stort flow i solfangerkredsen. Sættes flowet ned til 0,25-0,50 l/min/m² solfanger vil en del af det midterste panel gå i stagnation, idet væskens opvarmning vil få den til at søge opad, altså mod pumperetningen for det midterste panels vedkommende. Det kritiske flow afhænger blandt andet af trykmodstanden i stigrørene i absorberen og er derfor individuelt for individuelle solfangerarrangementer. I sommeren 1982 blev tappeprogrammet forsøgsvis stoppet i tre sammenhængende dage med stort solindfald. Lageret kom op på omkring 100°C, og solfangerkredsen starter derfor først ved denne temperatur. Den solfangervæske, der stod i rørene, var imidlertid kun ca. 20°C, og da den kom op i de varme absorbere, sprang punkt-svejsningerne i alle tre absorbere. I forbindelse med reparation af absorberne vendtes rørforbindelserne mellem solfangerpanelerne svarende til nederste billede på figur A.2.1.

Målingerne er udført med samme måleudstyr som BV400-målingerne. Se appendix 1 for yderligere information. Også på VV150-anlægget har computeren styret tappeprogrammet, som også her har været 200 l/døgn fordelt på 4 tapninger á 50 l klokken 08, 13, 19 og 21, alle ugens dage, hele året. Når tappetemperaturen har været over 45°C, er der tappet en energimængde på ca. 2,15 kWh svarende til 50 l vand opvarmet fra 8°C til 45°C. Koldtvandstemperaturen har været holdt på ca. 8°C ved et kølearrangement.

Følgende data er målt:

- koldtvandstemperatur
- tappetemperatur
- tappet energimængde
- solindfald
- vindhastighed
- udetemperatur
- flow i solfangerkredsen
- energi tilført lager fra solfanger

Herudover er der målt en række temperaturer m.m. af kontrolhensyn.

Der er opstillet en beregningsmodel for anlægget, og modellen er valideret med måledata fra april 1982 - samme måned som BV400-valideringen, se appendix 1. Tabel A.2.2 viser nogle hovedtal fra valideringen. Det ses, at der er nøje overensstemmelse mellem målte og beregnede værdier.

| April 1982 | Målt | Beregnet | Afvigelse |
|-----------------------------------|------|----------|-----------|
| Solindfald | 812 | - | - |
| Tappet energi | 214 | 210 | 1,9 |
| Energi tilført lager fra solf. | 285 | 279 | 2,4 |
| Tab fra lager | 69 | 67 | 2,8 |
| Tab fra rør i solfangerkredsen | - | 43 | - |
| Enhed | kWh | kWh | % |

Tabel A.2.2 VV150. Validering af edb-model

Ved hjælp af edb-modellen er der udført beregninger med referenceårets vejrdata. Årsydelsen er beregnet til 1930 kWh ved en dækningsgrad på 64%. Dette svarer til 350 kWh/m^2 solfanger/år. BV400-anlæggets årsydelse var 435 kWh/m^2 solfanger/år. Forskellen i ydelse ligger hovedsagelig i, at solfangerarealet på VV150-anlægget er større og solfangeren knap så effektiv.

Edb-modellen har herudover været brugt til at lave en række parametervariationer. I det følgende fremstilles resultaterne af disse variationer, idet årsydelse og dækningsgrad er vist i relation til de relevante parametre. Alle beregningerne er baseret på referenceårets vejrdata.

Betydningen af isoleringen af lager og rør i solfangerkredsen (udtrykt gennem varmetabskoefficienter) er belyst i tabel A.2.4. Både lager og rør er moderat godt isoleret overalt, uden væsentlige kuldebroer. Beregningerne viser, at gevinsten ved yderligere isolering er marginal. Til gengæld skal det pointeres, at lageret og solfangerkredsens rør - herunder også ventiler m.m. - er isoleret med omhu, uden kuldebroer.

Betydningen af flowet i solfangerkredsen fremgår af tabel A.2.5.

Ifølge beregningerne er flowet praktisk taget uden betydning inden for det aktuelle variationsområde. Det skal dog bemærkes, at beregningerne forudsætter, at solfangerens temperatureffektivitet er uafhængig af flowet. Om denne forudsætning holder afhænger af absorberens geometri. Det ville være hensigtsmæssigt om dette blev belyst ved effektivitetsprøvning af solfangere. Se også bemærkningerne om rørføringen i solfangerkredsen i starten af dette appendix.

Betydningen af en elpatron, der dækker eftervarmningsbehovet i perioden 15/5-30/9 er belyst i tabel A.2.6. Nedgangen i solvarme-andelen af årsudbyttet er 88 kWh eller 4,5%. Dette tal ligger noget over de tal, der angives i konklusionen i appendix 1 om BV400-anlægget. Dette skyldes hovedsageligt, at lagerets varmetab fordeler sig forskelligt i de to anlæg. I VV150-anlægget sker hovedparten af varmetabet fra den øverste halvdel af lageret, mens det hovedsageligt sker fra den nederste halvdel af BV400-anlæggets lager. Dette skyldes, at alle kuldebroer i BV300-anlægget er placeret i lagerets (kolde) bund, hvilket ikke helt er tilfældet i VV150-anlæggets lager. Når der eftervarmes med elpatron i lageret er det altså særligt vigtigt, at toppen af lageret er velisolert og uden kuldebroer. Formålet med forsøget med VV250-anlægget var at undersøge, om 150 l er tilstrækkeligt til et lille brugsvandsanlæg. Konklusionen er, at dette er tilfældet. Anlægget har fungeret

| Varmetabskoeff. | | Behov | Ydelse | Dækn. grad | Ydelse pr. m ² |
|---|--------|-------|--------|---------------|------------------------------|
| Lager | rør | | | | |
| 4,1 *) | 0,2 | 3000 | 1930 | 64,3 | 351 |
| 2,0 | 0,2 | 3000 | 1952 | 65,1 | 355 |
| 4,1 | 0,1 | 3000 | 1946 | 64,9 | 354 |
| W/°C | W/°C/m | kWh | kWh | % | kWh/m ² |
| Øvrige parametre: Lagervolumen 150 l Lagerhøjde 175 cm Flow solf.kreds 1,0 l/min/m ² solfanger Forbrug 4x50 l/døgn hele ugen og året | | | | | |
| *) VV150-systemet | | | | | |

Tabel A.2.4 Varmetabskoefficienten for lager samt for rør i solfangerkredsen. VV150-anlægget.

| Flow | Behov | Ydelse | Dækn. grad | Ydelse pr. m ² |
|--|-------|--------|---------------|------------------------------|
| 1,0 | 3000 | 1927 | 64,2 | 350 |
| 0,5 | 3000 | 1927 | 64,2 | 350 |
| 0,25 | 3000 | 1919 | 64,0 | 349 |
| l/min/m ² | kWh | kWh | % | kWh/m ² |
| Øvrige parametre: Lagervolumen 150 l Lagerhøjde 175 cm Varmetabskoeff. lager 2,0 W/°C m. rør " " rør 0,2 W/°C Forbrug 4x50 l/døgn hele ugen og året | | | | |

Tabel A.2.5 Flow i solfangerkredsen. VV150-anlægget.

tilfredsstillende og haft stort set samme ydelse, som man kunne forvente at et tilsvarende anlæg med 300 l lager. Lagerstørrelsen i et kommercielt anlæg kan derfor inden for rimelige grænser fastlægges ud fra økonomi og pladshensyn. Det skal dog bemærkes, at beregningerne er baseret på et lodretstående varmelager og et regelmæssigt forbrugsmønster. Et anlæg med lille lager må forventes at være mere følsomt over for skævheder i forbrugsmønsteret end et anlæg med et større varmelager. Ved dimensionering af solvarmeanlæg må det derfor fortsat anbefales at anvende et lager, der indeholder det gennemsnitlige døgnforbrug plus 50 l.

| Elpatron 15/5-31/9 | Behov | Ydelse | Dækn. grad | Ydelse pr.m ² |
|---|-------|--------------------|---------------|-----------------------------|
| 0 | 3000 | 1952 | 65,1 | 355 |
| 3000 | 3000 | 1864 ^{*)} | 62,1 | 339 |
| W | kWh | kWh | % | kWh/m ² |
| ^{*)} Exclusive elforbrug i perioden (162 kWh). Øvrige parametre: Lagervolumen 150 l Lagerhøjde 175 cm Varmetabskoeff. lager 2,0 W/°C - " - rør 0,2 W/°C m. rør Flow i solfangerkreds 1,0 l/min/m ² Forbrug 4x50 l/døgn hele ugen og året | | | | |

Tabel A.2.6 Eftervarmning med elpatron i lager (2/3 oppe). VV150-anlægget.

Summary

This report contains the results from one year of measuring on a small solar system for domestic hot water. The system has been installed in an existing single family dwelling in Gl-Holte which is a suburb north of Copenhagen.

The solar collector is $4,71 \text{ m}^2$ with one layer of glass and selective coating on the absorber plate. The storage is a water tank containing 300 litres.

The system has been operating very well for the whole period. The thermal performance is measured to be 320 kWh/m^2 solar collector.

The solar fraction of the domestic hot water has been 69%. The system has been dimensioned for a domestic hot water consumption of 200 litres per day while the actual consumption has been 140 litres per day. For a load of 200 litres per day and with weather data from the Danish test reference year the thermal performance would have been $410 \text{ kWh/m}^2/\text{year}$ with a solar fraction of 62%.

The energy saving consisting both of the solar used and the no-load loss from the oilburner in the summer months would be 337 litres oil per year.

In the report is also described two experiments on the laboratory, one with a solar system containing a immersion heater at the top of the storage and one with a solar system using a storage of only 150 litres. Neither the immersion heater nor the small storage seem to have had any significant influence on the thermal performance of the system.

```
*****  
ANLAEGSPARAMETRE (INDDATA)  
*****
```

| SOLFANGER | | |
|---|-------------------|-------|
| SOLFANGERS MAX. EFFEKTIVITET.....: | 0.85000 | P(1) |
| SOLFANGERS VARMETABSKOEFF. 1.KONSTANT.....: | 4.50000 W/(M2*C) | P(2) |
| SOLFANGERS VARMETABSKOEFF. 2.KONSTANT.....: | 0.01500 W/(M2*C2) | P(3) |
| SOLFANGERAREAL.....: | 4.71000 M2 | P(4) |
| SOLFANGERS VARMEKAP. PR. M2, EXCL. VAESKE.....: | 9.34000 KJ/M2 | P(5) |
| VAESKEINDHOLD PR. M2.....: | 0.89000 L/M2 | P(6) |

| ***** | | FORDELERROER | ***** | | |
|---------------|------------------------------------|--------------|-----------|--------|--|
| FORDELERROERS | VARMETABSKOEFF. PR. M2 SOLF (IND): | 0.12000 | W/(C*M2) | P(7) | |
| FORDELERROERS | VARMETABSKOEFF. PR. M2 SOLF (UD): | 0.12000 | W/(C*M2) | P(8) | |
| FORDELERROERS | VARMEKAPACITET PR. M2 SOLF (IND): | 0.01000 | KJ/(C*M2) | P(9) | |
| FORDELERROERS | VARMEKAPACITET PR. M2 SOLF (UD): | 0.01000 | KJ/(C*M2) | P(10) | |
| VAESKEINDHOLD | I FORDELERROER PR. M2 SOLF.....: | 0.17000 | L/M2 | P(11) | |

| ***** | | ROER TIL OG FRA SOLFANGER | ***** | |
|--|---------|---------------------------|--------|--|
| METER ROER TIL OG FRA SOLFANGER.....: | 9.40000 | M | P(12) | |
| BROEKDEL HERAF FREM INDE.....: | 0.10000 | | P(13) | |
| BROEKDEL HERAF FREM LOFT.....: | 0.51000 | | P(14) | |
| BROEKDEL HERAF RETUR INDE.....: | 0.10000 | | P(15) | |
| BROEKDEL HERAF RETUR LOFT.....: | 0.29000 | | P(16) | |
| VARMETABSKOEFF. FOR ROER TIL OG FRA SOLF.(PR.M): | 0.20000 | W/(C*M) | P(17) | |
| VARMEKAPACITET FOR ROER TIL OG FRA SOLF.(PR.M): | 0.01000 | KJ/(C*M) | P(18) | |
| VAESKEINDHOLD I DISSE ROER PR. METER.....: | 0.11000 | L/M | P(19) | |

| ***** SOLFANGERVAESKE ***** | | ***** | |
|---|--|------------|--------------------|
| FLOW I SOLFANGERKREDS.....: | | 1.00000 | L/(MIN*M2) P (20) |
| MASSEFYLDE AF CIRKULATIONSVAESKE 1.KONSTANT.....: | | 1049.00000 | KG/M3 P (21) |
| MASSEFYLDE AF CIRKULATIONSVAESKE 2.KONSTANT.....: | | -0.55600 | KG/(M3*C) P (22) |
| MASSEFYLDE AF CIRKULATIONSVAESKE 3.KONSTANT.....: | | -0.00150 | KG/(M3*C2) P (23) |
| VARMEFYLDE AF CIRKULATIONSVAESKE 1.KONSTANT.....: | | 3541.00000 | J/(KG*C) P (24) |
| VARMEFYLDE AF CIRKULATIONSVAESKE 2.KONSTANT.....: | | 2.44000 | J/(KG*C2) P (25) |
| VARMEFYLDE AF CIRKULATIONSVAESKE 3.KONSTANT.....: | | 0.00856 | J/(KG*C3) P (26) |

***** LAGER *****

| | | | |
|----|---|----------------------|--------|
| 7 | INDVENDIG LAGERRADIUS VED AFPROEVNING.....: | 0.27200 M | P(27) |
| 11 | INDV. LAGERHOEJDE (MIDDEL) VED AFPROEVNING.....: | 1.34000 M | P(28) |
| 13 | AKTUEL INDVENDIG LAGERRADIUS.....: | 0.27200 M | P(29) |
| 15 | AKTUEL LAGERHOEJDE.....: | 1.34000 M | P(30) |
| 17 | ANTAL LAG I LAGER.....: | 6.00000 | P(31) |
| 19 | HOEJDE AF LAG 1 (BROEKDEL AF TOTAL HOEJDE).....: | 0.17000 | P(32) |
| 21 | HOEJDE AF LAG 2 (BROEKDEL AF TOTAL HOEJDE).....: | 0.17000 | P(33) |
| 23 | HOEJDE AF LAG 3 (BROEKDEL AF TOTAL HOEJDE).....: | 0.16000 | P(34) |
| 25 | HOEJDE AF LAG 4 (BROEKDEL AF TOTAL HOEJDE).....: | 0.16000 | P(35) |
| 27 | HOEJDE AF LAG 5 (BROEKDEL AF TOTAL HOEJDE).....: | 0.17000 | P(36) |
| 29 | HOEJDE AF LAG 6 (BROEKDEL AF TOTAL HOEJDE).....: | 0.17000 | P(37) |
| 31 | HOEJDE AF LAG 7 (BROEKDEL AF TOTAL HOEJDE).....: | 0.0 | P(38) |
| 33 | HOEJDE AF LAG 8 (BROEKDEL AF TOTAL HOEJDE).....: | 0.0 | P(39) |
| 35 | HOEJDE AF LAG 9 (BROEKDEL AF TOTAL HOEJDE).....: | 0.0 | P(40) |
| 37 | HOEJDE AF LAG 10 (BROEKDEL AF TOTAL HOEJDE).....: | 0.0 | P(41) |
| 39 | LAGERS VARMEKAPACITETSKOEFFICIENT.....: | 2.90000 W/C | P(42) |
| 41 | ANDEL AF DENNE I LAG 1.....: | 0.40000 | P(43) |
| 43 | ANDEL AF DENNE I LAG 2.....: | 0.11000 | P(44) |
| 45 | ANDEL AF DENNE I LAG 3.....: | 0.11000 | P(45) |
| 47 | ANDEL AF DENNE I LAG 4.....: | 0.11000 | P(46) |
| 49 | ANDEL AF DENNE I LAG 5.....: | 0.11000 | P(47) |
| 51 | ANDEL AF DENNE I LAG 6.....: | 0.16000 | P(48) |
| 53 | ANDEL AF DENNE I LAG 7.....: | 0.0 | P(49) |
| 55 | ANDEL AF DENNE I LAG 8.....: | 0.0 | P(50) |
| 57 | ANDEL AF DENNE I LAG 9.....: | 0.0 | P(51) |
| 59 | ANDEL AF DENNE I LAG 10.....: | 0.0 | P(52) |
| 61 | VARMEKAPACITET*MASSEFYLDE AF LAGERMATERIALE.....: | 3788.50000 KJ/(C*M3) | P(53) |
| 63 | VARMELEDNINGSEVNE FOR LAGERMATERIALE.....: | 50.00000 W/(C*M) | P(54) |
| 65 | GØDSTYKKELSE.....: | 3.00000 MM | P(55) |

***** VARMEVEKSLENER *****

| | | | |
|---|---|----------------|--------|
| 1 | AFSTAND FRA BUND TIL VARMEVEKSLENER.....: | 0.02000 M | P(56) |
| 3 | HOEJDE AF VARMEVEKSLENER.....: | 0.58000 M | P(57) |
| 5 | VARMEVEKSLENER VARMEOVERFØRINGSKOEFF. 1.KONST...: | 180.00000 W/C | P(58) |
| 7 | VARMEVEKSLENER VARMEOVERFØRINGSKOEFF. 2.KONST...: | 2.90000 W/C**2 | P(59) |
| 9 | VARMEVEKSLENER VARMEKAPACITET EXCL. VÆSKER.....: | 10.10000 KJ/C | P(60) |

***** VARMEVEKSLENER *****

| | | | |
|----|---|----------------|--------|
| 1 | AFSTAND FRA BUND TIL VARMEVEKSLENER.....: | 0.02000 M | P(56) |
| 3 | HOEJDE AF VARMEVEKSLENER.....: | 0.58000 M | P(57) |
| 5 | VARMEVEKSLENER VARMEOVERFØRINGSKOEFF. 1.KONST...: | 180.00000 W/C | P(58) |
| 7 | VARMEVEKSLENER VARMEOVERFØRINGSKOEFF. 2.KONST...: | 2.90000 W/C**2 | P(59) |
| 9 | VARMEVEKSLENER VARMEKAPACITET EXCL. VÆSKER.....: | 10.10000 KJ/C | P(60) |
| 11 | VÆSKERINDHOLD I VARMEVEKSLENER.....: | 3.70000 L | P(61) |
| 13 | ANTAL LAG I KAPPE.....: | 0.0 | P(62) |

***** VARMTVANDSBEHOLDER *****

| | | | |
|---|------------|-----------|--------|
| INDV. BEHOLDERRADIUS.....: | 0.0 | M | P(63) |
| INDV. BEHOLDERHOEJDE.....: | 0.0 | M | P(64) |
| ANTAL LAG I VARMTVANDSBEHOLDER.....: | 0.0 | | P(65) |
| HOEJDE AF LAG 1 (BROEKDEL AF TOTAL HOEJDE).....: | 0.0 | | P(66) |
| HOEJDE AF LAG 2 (BROEKDEL AF TOTAL HOEJDE).....: | 0.0 | | P(67) |
| HOEJDE AF LAG 3 (BROEKDEL AF TOTAL HOEJDE).....: | 0.0 | | P(68) |
| HOEJDE AF LAG 4 (BROEKDEL AF TOTAL HOEJDE).....: | 0.0 | | P(69) |
| HOEJDE AF LAG 5 (BROEKDEL AF TOTAL HOEJDE).....: | 0.0 | | P(70) |
| HOEJDE AF LAG 6 (BROEKDEL AF TOTAL HOEJDE).....: | 0.0 | | P(71) |
| HOEJDE AF LAG 7 (BROEKDEL AF TOTAL HOEJDE).....: | 0.0 | | P(72) |
| HOEJDE AF LAG 8 (BROEKDEL AF TOTAL HOEJDE).....: | 0.0 | | P(73) |
| HOEJDE AF LAG 9 (BROEKDEL AF TOTAL HOEJDE).....: | 0.0 | | P(74) |
| HOEJDE AF LAG 10 (BROEKDEL AF TOTAL HOEJDE).....: | 0.0 | | P(75) |
| VARMEKAPACITET*MASSEFYLDE AF BEHOLDERMATERIALET: | 3788.50000 | KJ/(C*M3) | P(76) |
| VARMELEDNINGSEVNE FOR BEHOLDERMATERIALET.....: | 50.00000 | W/(C*M) | P(77) |
| GODSTYKKELSE | 3.00000 | MM | P(78) |
| AFSTAND FRA LAGERBUND TIL BEHOLDERBUND.....: | 0.15000 | M | P(79) |

***** DIVERSE DATA *****

| | | | |
|---|-----------|-------|--------|
| EFFEKT TILFOERT FRA PUMPE.....: | 30.00000 | W | P(80) |
| STARTDIFFERENS.....: | 3.00000 | C | P(81) |
| STOPDIFFERENS.....: | 0.0 | C | P(82) |
| DAGLIG TAPNING.....: | 200.00000 | L | P(83) |
| TAPPEHASTIGHED.....: | 7.00000 | L/MIN | P(84) |
| VARMTVANDS TEMPERATUR.....: | 45.00000 | C | P(85) |
| KOLDTVANDSTEMPERATUR.....: | 10.00000 | C | P(86) |
| RUMTEMPERATUR.....: | 20.00000 | C | P(87) |
| NOEJAGTIGHED PAA TEMPERATURERNE.....: | 0.50000 | C | P(88) |
| ANTAL VARIABLE I SOLFANGERKREDS.....: | 4.00000 | | P(89) |
| ABSORBER SELEKTIV (JA=1,NEJ=0).....: | 1.00000 | | P(90) |
| ANTAL DAEKLAG.....: | 1.00000 | | P(91) |
| FOELERPLACERING I LAGER (LAG NR.).....: | 2.00000 | | P(92) |
| STOPDIFFERENSFOELERE VED LAGER (JA=1,NEJ=0).....: | 0.0 | | P(93) |
| VALIDERING MED MAALTE VAERDIER (JA=1,NEJ=0).....: | 1.00000 | | P(94) |

***** DATA FOR ELPATRON *****

| | | | |
|-------------------------------------|-------------|---|--------|
| ELPATRONENS EFFEKT.....: | 3000.00000 | W | P(95) |
| PLACERING AF PATRON (LAG NR.).....: | 5.00000 | | P(96) |
| FOELERPLACERING (LAG NR.).....: | 6.00000 | | P(97) |
| STARTTEMPERATUR.....: | 45.00000 | C | P(98) |
| STOPTEMPERATUR.....: | 50.00000 | C | P(99) |
| FOERSTE PERIODE.....: | 19/ 5- 2/ 6 | | P(100) |
| ANDEN PERIODE.....: | 12/ 8-29/ 9 | | P(101) |
| FERIEMAANED.....: | 0.0 | | P(102) |

```

*****      TIDSSKRIDT, BEREGNINGSPERIODE, M.M.      *****
39  TIDSSKRIDT I SEKUNDER (3600 EL. 1800).....: 3600.00000 S      P(103)
41  STARTDATO.....: 1.01000      P(104)
43  ANTAL DAGE.....: 365.00000      P(105)
45  UDSKRIVNING AF DAGSSUMMER (JA=1,NEJ=0).....: 0.0      P(106)
47

49  *****      DAGE MED UDSKRIFT AF HALVTIME/TIME-VÆRDIER      *****
51  DATO MED FULD UDSKRIFT.....: 0.0      P(107)
53  DATO MED FULD UDSKRIFT.....: 0.0      P(108)
55  DATO MED FULD UDSKRIFT.....: 0.0      P(109)
57  DATO MED FULD UDSKRIFT.....: 0.0      P(110)
59  DATO MED FULD UDSKRIFT.....: 0.0      P(111)
61  DATO MED FULD UDSKRIFT.....: 0.0      P(112)
63  DATO MED FULD UDSKRIFT.....: 0.0      P(113)
65  DATO MED FULD UDSKRIFT.....: 0.0      P(114)
67  DATO MED FULD UDSKRIFT.....: 0.0      P(115)
69  DATO MED FULD UDSKRIFT.....: 0.0      P(116)

```

LAB. F. VARMEISOLERING, PROGRAM BSOL (JUNI 1983) R-12-1983

 *
 * BEREGNING AF: BV400-ANLÆGGET. VALIDERING. *
 *
 * INPUT DATA: NAALEDATA. 1/4-82 TIL 26/4-82. *
 *

ANLÆGSPARAMETRE (INDDATA)

SOLFANGER

| | | |
|--|-------------------|--------|
| SOLFANGERS MAX. EFFEKTIVITET.....: | 0.90000 | P1(1) |
| SOLFANGERS VARMETABSKOEFF. 1.KONSTANT.....: | 5.20000 W/(M2*C) | P1(2) |
| SOLFANGERS VARMETABSKOEFF. 2.KONSTANT.....: | 0.00500 W/(M2*C2) | P1(3) |
| SOLFANGERAREAL.....: | 4.71000 M2 | P1(4) |
| SOLFANGERS VARMEKAP. PR. M2, EXCL. VÆSKE.....: | 8.80000 KJ/M2 | P1(5) |
| VÆSKEINDHOLD PR. M2.....: | 0.90000 L/M2 | P1(6) |
| ANTAL DÅKLÆG.....: | 1.00000 | P1(7) |
| SOLFANGERHJØJNING MED VANDRET.....: | 45.00000 GRADER | P1(8) |
| SOLFANGERAZIMUT (SYD=0,MOD VEST +,MOD ØST -).....: | 0.0 GRADER | P1(9) |
| JORDREFLEKTION.....: | 0.20000 | P1(10) |

FORDELERRØR OG RØR TIL OG FRA SOLFANGER

| | | |
|---|-------------------|--------|
| FORDELERRØRERS VARMETABSKOEFF. PR. M2 SOLF (IND): | 0.15000 W/(C*M2) | P2(1) |
| FORDELERRØRERS VARMETABSKOEFF. PR. M2 SOLF (UD): | 0.15000 W/(C*M2) | P2(2) |
| FORDELERRØRERS VARMEKAPACITET PR. M2 SOLF (IND): | 0.20000 KJ/(C*M2) | P2(3) |
| FORDELERRØRERS VARMEKAPACITET PR. M2 SOLF (UD): | 0.20000 KJ/(C*M2) | P2(4) |
| VÆSKEINDHOLD I FORDELERRØRER PR. M2 SOLF.....: | 0.20000 L/M2 | P2(5) |
| METER RØR TIL OG FRA SOLFANGER.....: | 5.20000 M | P2(6) |
| BRØKDEL HERAF FRA INDE.....: | 0.15000 | P2(7) |
| BRØKDEL HERAF FRA LOFT.....: | 0.35000 | P2(8) |
| BRØKDEL HERAF RETUR INDE.....: | 0.15000 | P2(9) |
| BRØKDEL HERAF RETUR LOFT.....: | 0.35000 | P2(10) |
| VARMETABSKOEFF. FOR RØR TIL OG FRA SOLF.(PR.M): | 0.17000 W/(C*M) | P2(11) |
| VARMEKAPACITET FOR RØR TIL OG FRA SOLF.(PR.M): | 0.20000 KJ/(C*M) | P2(12) |
| VÆSKEINDHOLD I DISSE RØR PR. METER.....: | 0.20000 L/M | P2(13) |

SOLFANGERVÆSKE

| | | |
|--|---------------------|--------|
| FLOW I SOLFANGERKREDSE.....: | 3.00000 L/(MIN*M2) | P3(1) |
| MASSEFYLDE AF CIRKULATIONSVÆSKE 1.KONSTANT.....: | 1049.00000 KG/M3 | P3(2) |
| MASSEFYLDE AF CIRKULATIONSVÆSKE 2.KONSTANT.....: | -0.55600 KG/(M3*C) | P3(3) |
| MASSEFYLDE AF CIRKULATIONSVÆSKE 3.KONSTANT.....: | -0.00150 KG/(M3*C2) | P3(4) |
| VARMEFYLDE AF CIRKULATIONSVÆSKE 1.KONSTANT.....: | 3541.00000 J/(KG*C) | P3(5) |
| VARMEFYLDE AF CIRKULATIONSVÆSKE 2.KONSTANT.....: | 2.44000 J/(KG*C2) | P3(6) |
| VARMEFYLDE AF CIRKULATIONSVÆSKE 3.KONSTANT.....: | 0.00860 J/(KG*C3) | P3(7) |

| | | | | |
|----|--|----------------------|--------|--|
| 23 | ***** | LAGER | ***** | |
| 25 | LAGERVOLUMEN..... | 0.30000 M3 | P4(1) | |
| 27 | INDV. LAGERHØJDE (MIDDEL) VED AFPROEVNING..... | 1.21500 M | P4(2) | |
| 29 | AKTUELT LAGERVOLUMEN..... | 0.30000 M3 | P4(3) | |
| 31 | AKTUEL LAGERHØJDE..... | 1.21500 M | P4(4) | |
| 33 | ANTAL LAG I LAGER..... | 6.00000 | P4(5) | |
| 35 | HØJDE AF LAG 1 (BROEKDEL AF TOTAL HØJDE)..... | 0.0 | P4(6) | |
| 37 | HØJDE AF LAG 2 (BROEKDEL AF TOTAL HØJDE)..... | 0.0 | P4(7) | |
| 39 | HØJDE AF LAG 3 (BROEKDEL AF TOTAL HØJDE)..... | 0.0 | P4(8) | |
| 41 | HØJDE AF LAG 4 (BROEKDEL AF TOTAL HØJDE)..... | 0.0 | P4(9) | |
| 43 | HØJDE AF LAG 5 (BROEKDEL AF TOTAL HØJDE)..... | 0.0 | P4(10) | |
| 45 | HØJDE AF LAG 6 (BROEKDEL AF TOTAL HØJDE)..... | 0.0 | P4(11) | |
| 47 | HØJDE AF LAG 7 (BROEKDEL AF TOTAL HØJDE)..... | 0.0 | P4(12) | |
| 49 | HØJDE AF LAG 8 (BROEKDEL AF TOTAL HØJDE)..... | 0.0 | P4(13) | |
| 51 | HØJDE AF LAG 9 (BROEKDEL AF TOTAL HØJDE)..... | 0.0 | P4(14) | |
| 53 | HØJDE AF LAG 10 (BROEKDEL AF TOTAL HØJDE)..... | 0.0 | P4(15) | |
| 55 | LAGERS VARMEFØRERKOEFFICIENT..... | 3.00000 W/C | P4(16) | |
| 57 | ANDEL AF DENNE I LAG 1 (FL.SIDE-/BUNDISOLERING): | 0.30000 | P4(17) | |
| 59 | ANDEL AF DENNE I LAG 2..... | 0.12000 | P4(18) | |
| 61 | ANDEL AF DENNE I LAG 3..... | 0.12000 | P4(19) | |
| 63 | ANDEL AF DENNE I LAG 4..... | 0.12000 | P4(20) | |
| | ANDEL AF DENNE I LAG 5..... | 0.12000 | P4(21) | |
| | ANDEL AF DENNE I LAG 6..... | 0.22000 | P4(22) | |
| 1 | ANDEL AF DENNE I LAG 7..... | 0.0 | P4(23) | |
| 1 | ANDEL AF DENNE I LAG 8..... | 0.0 | P4(24) | |
| 5 | ANDEL AF DENNE I LAG 9..... | 0.0 | P4(25) | |
| 7 | ANDEL AF DENNE I LAG 10..... | 0.0 | P4(26) | |
| 9 | VARMEKAPACITET*MASSEFYLDE AF LAGERMATERIALE..... | 3700.50000 KJ/(C*M3) | P4(27) | |
| | ANDEL AF DENNE I LAG 6..... | 0.22000 | P4(22) | |
| 1 | ANDEL AF DENNE I LAG 7..... | 0.0 | P4(23) | |
| 2 | ANDEL AF DENNE I LAG 8..... | 0.0 | P4(24) | |
| 5 | ANDEL AF DENNE I LAG 9..... | 0.0 | P4(25) | |
| 7 | ANDEL AF DENNE I LAG 10..... | 0.0 | P4(26) | |
| 9 | VARMEKAPACITET*MASSEFYLDE AF LAGERMATERIALE..... | 3700.50000 KJ/(C*M3) | P4(27) | |
| 11 | VARMEFØRERKOEFFICIENT FOR LAGERMATERIALE..... | 50.00000 W/(C*M) | P4(28) | |
| 13 | GOØSTYKKELSE | 3.00000 MM | P4(29) | |
| 15 | FØJLERPLACERING I LAGER (HØJDE OVER BUND)..... | 0.30000 M | P4(30) | |
| 17 | ***** | DATA FOR ELPATRON | ***** | |
| 19 | ELPATRONENS EFFEKT..... | 3000.00000 W | P4(31) | |
| 21 | PLACERING AF PATRON HØJDE OVER LAGERBUND..... | 0.90000 M | P4(32) | |
| 23 | FØJLERPLACERING HØJDE OVER LAGERBUND..... | 1.20000 M | P4(33) | |
| 25 | STARTTEMPERATUR..... | 42.00000 C | P4(34) | |
| 27 | STOPTEMPERATUR..... | 43.00000 C | P4(35) | |
| 29 | STARTDATO 1.PERIODE..... | 1.01000 | P4(36) | |
| 31 | STOPDATO 1.PERIODE..... | 31.12000 | P4(37) | |
| 33 | STARTDATO 2.PERIODE..... | 0.0 | P4(38) | |
| 35 | STOPDATO 2.PERIODE..... | 0.0 | P4(39) | |

| | | | | |
|----|---|----------------------|-----------|--------|
| 39 | ***** | VARMTVANDSBEHOLDER | ***** | |
| 41 | AFSTAND FRA LAGERBUND TIL BEHOLDERBUND.....: | 0.0 | M | P4(40) |
| 43 | BEHOLDERVOLUMEN.....: | 0.0 | M3 | P4(41) |
| 45 | INDV. BEHOLDERHOEJDE.....: | 0.0 | M | P4(42) |
| 47 | ANTAL LAG I VARMTVANDSBEHOLDER.....: | 0.0 | | P4(43) |
| 49 | ANTAL LAG OVER VVB.....: | 0.0 | | P4(44) |
| 51 | HOEJDE AF LAG 1 (BROEKDEL AF TOTAL HOEJDE).....: | 0.0 | | P4(45) |
| 53 | HOEJDE AF LAG 2 (BROEKDEL AF TOTAL HOEJDE).....: | 0.0 | | P4(46) |
| 55 | HOEJDE AF LAG 3 (BROEKDEL AF TOTAL HOEJDE).....: | 0.0 | | P4(47) |
| 57 | HOEJDE AF LAG 4 (BROEKDEL AF TOTAL HOEJDE).....: | 0.0 | | P4(48) |
| 59 | HOEJDE AF LAG 5 (BROEKDEL AF TOTAL HOEJDE).....: | 0.0 | | P4(49) |
| 61 | HOEJDE AF LAG 6 (BROEKDEL AF TOTAL HOEJDE).....: | 0.0 | | P4(50) |
| 63 | HOEJDE AF LAG 7 (BROEKDEL AF TOTAL HOEJDE).....: | 0.0 | | P4(51) |
| | HOEJDE AF LAG 8 (BROEKDEL AF TOTAL HOEJDE).....: | 0.0 | | P4(52) |
| | HOEJDE AF LAG 9 (BROEKDEL AF TOTAL HOEJDE).....: | 0.0 | | P4(53) |
| 1 | HOEJDE AF LAG 10 (BROEKDEL AF TOTAL HOEJDE).....: | 0.0 | | P4(54) |
| 3 | VARMEKAPACITET*MASSEFYLDE AF BEHOLDERMATERIALET: | 3788.50000 | KJ/(C*M3) | P4(55) |
| 5 | VARMEFØDNINGSEVNE FOR BEHOLDERMATERIALET.....: | 50.00000 | W/(C*M) | P4(56) |
| 7 | GODSTYKKELSE | 3.00000 | MM | P4(57) |
| 9 | ***** | VARMEVEKSLER | ***** | |
| 11 | AFSTAND FRA BUND TIL VARMEVEKSLER.....: | 0.05000 | M | P4(58) |
| 13 | HOEJDE AF VARMEVEKSLER.....: | 0.55000 | M | P4(59) |
| 15 | VARMEVEKSLERS VARMEOVERFØRINGSKOEFF. 1.KONST.: | 115.00000 | W/C | P4(60) |
| 17 | VARMEVEKSLERS VARMEOVERFØRINGSKOEFF. 2.KONST.: | 3.00000 | W/C2 | P4(61) |
| 19 | VARMEVEKSLERS VARMEKAPACITET EXCL. VAESKE.....: | 10.00000 | KJ/C | P4(62) |
| 21 | VAESKEINIHOLD I VARMEVEKSLER.....: | 1.80000 | L | P4(63) |
| 23 | KAPPE? (JA=1).....: | 0.0 | | P4(64) |
| 25 | ***** | STYRESYSTEM OG PUMPE | ***** | |
| 27 | EFFEKT TILFØRT FRA PUMPE.....: | 30.00000 | W | P5(1) |
| 31 | STARTDIFFERENS.....: | 3.00000 | C | P5(2) |
| 33 | STOPDIFFERENS.....: | 0.0 | C | P5(3) |
| 35 | STOPDIFFERENSFOELERE VED LAGER (JA=1,NEJ=0).....: | 1.00000 | | P5(4) |
| 37 | ***** | FORBRUGSDATA | ***** | |
| 39 | DAGLIG TAPNING.....: | 200.00000 | L | P6(1) |
| 41 | TAPPEHASTIGHED.....: | 7.00000 | L/MIN | P6(2) |
| 43 | VARMTVANDSTEMPERATUR.....: | 45.00000 | C | P6(3) |
| 45 | KOLDTVANDSTEMPERATUR.....: | 8.00000 | C | P6(4) |
| 47 | RUMTEMPERATUR.....: | 20.00000 | C | P6(5) |
| 49 | FERIEPERIODE 1 -STARTDATO.....: | 0.0 | | P6(6) |
| 51 | FERIEPERIODE 1 -STOPDATO.....: | 0.0 | | P6(7) |
| 53 | FERIEPERIODE 2 -STARTDATO.....: | 0.0 | | P6(8) |
| 55 | FERIEPERIODE 2 -STOPDATO.....: | 0.0 | | P6(9) |

```

59  ***** TIDSSKRIFT, BEREGNINGSPERIODE, NØJAGTIGHED, M.M. *****
61  VALIDERING ? (NEJ=0, ANLÆG=1, LAGER=2).....:      1.00000      P7( 1)
63  NØJAGTIGHED PÅ TEMPERATURERNE.....:      0.50000 C      P7( 2)
    TIDSSKRIFT I SEKUNDER (1800 FL. 3600).....:  3600.00000 S      P7( 3)
    STARTDATO.....:      1.04000      P7( 4)
1   ANTAL DAGE.....:      30.00000      P7( 5)
3   UDSCRIVNING PÅ FILER (NEJ=0&1, ELLERS SE VEJL.):      0.0      P7( 6)

5   ***** DAGE MED UDSCRIFT AF HALVTIME/TIME-VÆRDIER *****
7   DATO MED FULD UDSCRIFT.....:      1.04000      P7( 7)
9   DATO MED FULD UDSCRIFT.....:      2.04000      P7( 8)
    STARTDATO.....:      1.04000      P7( 4)
1   ANTAL DAGE.....:      30.00000      P7( 5)
3   UDSCRIVNING PÅ FILER (NEJ=0&1, ELLERS SE VEJL.):      0.0      P7( 6)

5   ***** DAGE MED UDSCRIFT AF HALVTIME/TIME-VÆRDIER *****
7   DATO MED FULD UDSCRIFT.....:      1.04000      P7( 7)
9   DATO MED FULD UDSCRIFT.....:      2.04000      P7( 8)
11  DATO MED FULD UDSCRIFT.....:      23.04000      P7( 9)
13  DATO MED FULD UDSCRIFT.....:      24.04000      P7(10)
15  DATO MED FULD UDSCRIFT.....:      25.04000      P7(11)
17  DATO MED FULD UDSCRIFT.....:      26.04000      P7(12)
19  DATO MED FULD UDSCRIFT.....:      27.04000      P7(13)
21  DATO MED FULD UDSCRIFT.....:      28.04000      P7(14)
23  DATO MED FULD UDSCRIFT.....:      29.04000      P7(15)
25  DATO MED FULD UDSCRIFT.....:      30.04000      P7(16)

```

LAI. F. VARMFISOLERING. PROGRAM BSOL (JUNI 1983) 7-12-1983

 *
 * BEPEGNING AF: VV150-ANLÆGGET VALIDERING *
 *
 * INPUT DATA: APRIL 1982 *
 *

ANLÆGSPARAMETRE (INDATA)

SOLFANGER

| | | |
|---|-------------------|--------|
| SOLFANGERS MAX. EFFEKTIVITET.....: | 0.84000 | P1(1) |
| SOLFANGERS VARMETAFSKOEFF. 1.KONSTANT.....: | 4.10000 W/(M2*C) | P1(2) |
| SOLFANGERS VARMETAFSKOEFF. 2.KONSTANT.....: | 0.01000 W/(M2*C2) | P1(3) |
| SOLFANGERBETAL.....: | 5.50000 M2 | P1(4) |
| SOLFANGERS VARMEKAP. PR. M2, EXCL. VÆSKE.....: | 15.00000 KJ/M2 | P1(5) |
| VÆSKEINDHOLD PR. M2.....: | 3.35000 L/M2 | P1(6) |
| ANTAL DÆKLAGE.....: | 1.00000 | P1(7) |
| SOLFANGERHÆLNING MED VANDRET.....: | 45.00000 GRADER | P1(8) |
| SOLFANGERAZIMUT (SYD=0, MOD VEST +, MOD ØST -)....: | 0.0 GRADER | P1(9) |
| JORDREFLEKTION.....: | 0.20000 | P1(10) |

FORDELEPÆR OG FØR TIL OG FRA SOLFANGER

| | | |
|---|-------------------|--------|
| FORDELEPÆRS VARMETAFSKOEFF. PR. M2 SOLF (IND): | 0.20000 W/(C*M2) | P2(1) |
| FORDELEPÆRS VARMETAFSKOEFF. PR. M2 SOLF (UD): | 0.20000 W/(C*M2) | P2(2) |
| FORDELEPÆRS VARMEKAPACITET PR. M2 SOLF (IND): | 0.61000 KJ/(C*M2) | P2(3) |
| FORDELEPÆRS VARMEKAPACITET PR. M2 SOLF (UD): | 0.61000 KJ/(C*M2) | P2(4) |
| VÆSKEINDHOLD I FORDELEPÆR PR. M2 SOLF.....: | 0.20000 L/M2 | P2(5) |
| METER RØR TIL OG FRA SOLFANGER.....: | 20.00000 M | P2(6) |
| BROBKDEL HERAF FREM INDE.....: | 0.35000 | P2(7) |
| BROBKDEL HERAF FREM LOFT.....: | 0.0 | P2(8) |
| BROBKDEL HERAF RETUR INDE.....: | 0.10000 | P2(9) |
| BROBKDEL HERAF RETUR LOFT.....: | 0.0 | P2(10) |
| VARMETAFSKOEFF. FOR RØR TIL OG FRA SOLF.(PR.M): | 0.20000 W/(C*M) | P2(11) |
| VARMEKAPACITET FOR RØR TIL OG FRA SOLF.(PR.M): | 0.61000 KJ/(C*M) | P2(12) |
| VÆSKEINDHOLD I DISSE RØR PR. METER.....: | 0.20000 L/M | P2(13) |

SOLFANGERVÆSKE

| | | |
|--|---------------------|--------|
| FLOW I SOLFANGERVÆSKES.....: | 0.50000 L/(MIN*M2) | P3(1) |
| MASSEFYLDE AF CIRKULATIONSVÆSKE 1.KONSTANT.....: | 1049.00000 KG/M3 | P3(2) |
| MASSEFYLDE AF CIRKULATIONSVÆSKE 2.KONSTANT.....: | -0.55600 KG/(M3*C) | P3(3) |
| MASSEFYLDE AF CIRKULATIONSVÆSKE 3.KONSTANT.....: | -0.00150 KG/(M3*C2) | P3(4) |
| VARMEFYLDE AF CIRKULATIONSVÆSKE 1.KONSTANT.....: | 3541.00000 J/(KG*C) | P3(5) |
| VARMEFYLDE AF CIRKULATIONSVÆSKE 2.KONSTANT.....: | 2.44000 J/(KG*C2) | P3(6) |
| VARMEFYLDE AF CIRKULATIONSVÆSKE 3.KONSTANT.....: | 0.00860 J/(KG*C3) | P3(7) |

| | | | |
|-----|---|----------------------|----------|
| 23 | ***** | LAGER | ***** |
| 25 | LAGERVOLUMEN.....: | 0.15000 M3 | P4 (1) |
| 27 | INDV. LAGERHØJDE (MIDDEL) VED AFPROEVNING.....: | 1.75000 M | P4 (2) |
| 29 | AKTUELT LAGERVOLUMEN.....: | 0.15000 M3 | P4 (3) |
| 31 | AKTUEL LAGERHØJDE.....: | 1.75000 M | P4 (4) |
| 33 | ANTAL LAG 1 LAGER.....: | 4.00000 | P4 (5) |
| 35 | HØJDE AF LAG 1 (BROKDEL AF TOTAL HØJDE).....: | 0.25000 | P4 (6) |
| 37 | HØJDE AF LAG 2 (BROKDEL AF TOTAL HØJDE).....: | 0.25000 | P4 (7) |
| 39 | HØJDE AF LAG 3 (BROKDEL AF TOTAL HØJDE).....: | 0.25000 | P4 (8) |
| 41 | HØJDE AF LAG 4 (BROKDEL AF TOTAL HØJDE).....: | 0.25000 | P4 (9) |
| 43 | HØJDE AF LAG 5 (BROKDEL AF TOTAL HØJDE).....: | 0.0 | P4 (10) |
| 45 | HØJDE AF LAG 6 (BROKDEL AF TOTAL HØJDE).....: | 0.0 | P4 (11) |
| 47 | HØJDE AF LAG 7 (BROKDEL AF TOTAL HØJDE).....: | 0.0 | P4 (12) |
| 49 | HØJDE AF LAG 8 (BROKDEL AF TOTAL HØJDE).....: | 0.0 | P4 (13) |
| 51 | HØJDE AF LAG 9 (BROKDEL AF TOTAL HØJDE).....: | 0.0 | P4 (14) |
| 53 | HØJDE AF LAG 10 (BROKDEL AF TOTAL HØJDE).....: | 0.0 | P4 (15) |
| 55 | LAGERS VARMETAPSKOEFFICIENT.....: | 4.10000 W/C | P4 (16) |
| 57 | ANDEL AF DENNE I LAG 1 (FL.SIDE - ZONEISOLERING): | 0.15000 | P4 (17) |
| 59 | ANDEL AF DENNE I LAG 2.....: | 0.20000 | P4 (18) |
| 61 | ANDEL AF DENNE I LAG 3.....: | 0.30000 | P4 (19) |
| 63 | ANDEL AF DENNE I LAG 4.....: | 0.35000 | P4 (20) |
| 65 | ANDEL AF DENNE I LAG 5.....: | 0.0 | P4 (21) |
| 67 | ANDEL AF DENNE I LAG 6.....: | 0.0 | P4 (22) |
| 69 | ANDEL AF DENNE I LAG 7.....: | 0.0 | P4 (23) |
| 71 | ANDEL AF DENNE I LAG 8.....: | 0.0 | P4 (24) |
| 73 | ANDEL AF DENNE I LAG 9.....: | 0.0 | P4 (25) |
| 75 | ANDEL AF DENNE I LAG 10.....: | 0.0 | P4 (26) |
| 77 | VAREKAPACITET/MASSEFYLDE AF LAGERMATERIALE.....: | 3741.50000 KJ/(C*M3) | P4 (27) |
| 79 | VARELØBETINGSFØRSEL FOR LAGERMATERIALE.....: | 50.00000 W/(C*M) | P4 (28) |
| 81 | GØDSTYKKELSE.....: | 3.00000 MM | P4 (29) |
| 83 | FØJLERPLACERING I LAGER (HØJDE OVER PUND).....: | 0.20000 M | P4 (30) |
| 85 | ***** | DATA FOR ELPATRØN | ***** |
| 87 | ELPATRØNENS EFFEKT.....: | 0.0 W | P4 (31) |
| 89 | PLACERING AF PATRØN HØJDE OVER LAGERGRUND.....: | 0.0 M | P4 (32) |
| 91 | FØJLERPLACERING HØJDE OVER LAGERGRUND.....: | 0.0 M | P4 (33) |
| 93 | STARTTEMPERATUR.....: | 0.0 C | P4 (34) |
| 95 | STOPTEMPERATUR.....: | 0.0 C | P4 (35) |
| 97 | STARTDATO 1.PERIODE.....: | 0.0 | P4 (36) |
| 99 | STOPDATO 1.PERIODE.....: | 0.0 | P4 (37) |
| 101 | STARTDATO 2.PERIODE.....: | 0.0 | P4 (38) |
| 103 | STOPDATO 2.PERIODE.....: | 0.0 | P4 (39) |

| | | | | |
|----|--|--|-----------|--------|
| 30 | ***** | VARMTVANDSBEHOLDER | ***** | |
| 41 | AFSTAND FRA LAGERBUND TIL BEHOLDERBUND.....: | 0.0 | M | P4(40) |
| 43 | BEHOLDERVOLUMEN.....: | 0.0 | M3 | P4(41) |
| 45 | INDV. BEHOLDERHOEJDE.....: | 0.0 | M | P4(42) |
| 47 | ANTAL LAG I VARMTVANDSBEHOLDER.....: | 0.0 | | P4(43) |
| 49 | ANTAL LAG OVER VVR.....: | 0.0 | | P4(44) |
| 51 | HOEJDE AF LAG 1 (PROKDEL AF TOTAL HOEJDE).....: | 0.0 | | P4(45) |
| 53 | HOEJDE AF LAG 2 (PROKDEL AF TOTAL HOEJDE).....: | 0.0 | | P4(46) |
| 55 | HOEJDE AF LAG 3 (PROKDEL AF TOTAL HOEJDE).....: | 0.0 | | P4(47) |
| 57 | HOEJDE AF LAG 4 (PROKDEL AF TOTAL HOEJDE).....: | 0.0 | | P4(48) |
| 59 | HOEJDE AF LAG 5 (PROKDEL AF TOTAL HOEJDE).....: | 0.0 | | P4(49) |
| 61 | HOEJDE AF LAG 6 (PROKDEL AF TOTAL HOEJDE).....: | 0.0 | | P4(50) |
| 63 | HOEJDE AF LAG 7 (PROKDEL AF TOTAL HOEJDE).....: | 0.0 | | P4(51) |
| | HOEJDE AF LAG 8 (PROKDEL AF TOTAL HOEJDE).....: | 0.0 | | P4(52) |
| | HOEJDE AF LAG 9 (PROKDEL AF TOTAL HOEJDE).....: | 0.0 | | P4(53) |
| 1 | HOEJDE AF LAG 10 (PROKDEL AF TOTAL HOEJDE).....: | 0.0 | | P4(54) |
| 3 | VARMEKAPACITET*MASSEFYLDT AF BEHOLDERMATERIALET: | 3786.50000 | KJ/(C*M3) | P4(55) |
| 5 | VARMELEDNINGSEVNE FOR BEHOLDERMATERIALET.....: | 50.00000 | W/(C*M) | P4(56) |
| 7 | GODSTYKKELSE.....: | 3.00000 | MM | P4(57) |
| 9 | ***** | VARMEVEKSLER | ***** | |
| 11 | AFSTAND FRA BUND TIL VARMEVEKSLER.....: | 0.05000 | M | P4(58) |
| 13 | HOEJDE AF VARMEVEKSLER.....: | 0.40000 | M | P4(59) |
| 15 | VARMEVEKSLERS VARMEOVERFØRINGSKOEFF. 1.KONST.: | 140.00000 | W/C | P4(60) |
| 17 | VARMEVEKSLERS VARMEOVERFØRINGSKOEFF. 2.KONST.: | 0.0 | W/C2 | P4(61) |
| 19 | VARMEVEKSLERS VARMEKAPACITET EXCL. VAESKE.....: | 0.0 | KJ/C | P4(62) |
| 21 | VAESKEINDHOLD I VARMEVEKSLER.....: | 1.50000 | L | P4(63) |
| 23 | KAPPE? (JA=1).....: | 0.0 | | P4(64) |
| 25 | ***** | STYRESYSTEM OG PUMPE | ***** | |
| 27 | ***** | STYRESYSTEM OG PUMPE | ***** | |
| 29 | EFFEKT TILFØRT FRA PUMPE.....: | 40.00000 | W | P5(1) |
| 31 | STARTDIFFERENS.....: | 10.00000 | C | P5(2) |
| 33 | STOPDIFFERENS.....: | 0.50000 | C | P5(3) |
| 35 | STOPDIFFERENSFOLEPE VED LAGER (JA=1,NEJ=0).....: | 0.0 | | P5(4) |
| 37 | ***** | FORRUGSDATA | ***** | |
| 39 | ***** | FORRUGSDATA | ***** | |
| 41 | DAGLIG TAPNING.....: | 200.00000 | L | P6(1) |
| 43 | TAPPEHASTIGHED.....: | 7.00000 | L/MIN | P6(2) |
| 45 | VARMTVANDSTEMPERATUR.....: | 45.00000 | C | P6(3) |
| 47 | KOLDTVANDSTEMPERATUR.....: | 9.00000 | C | P6(4) |
| 49 | RUMTEMPERATUR.....: | 20.00000 | C | P6(5) |
| 51 | FERIEPERIODE 1 -STARTDATO.....: | 0.0 | | P6(6) |
| 53 | FERIEPERIODE 1 -STOPDATO.....: | 0.0 | | P6(7) |
| 55 | FERIEPERIODE 2 -STARTDATO.....: | 0.0 | | P6(8) |
| 57 | FERIEPERIODE 2 -STOPDATO.....: | 0.0 | | P6(9) |
| 59 | ***** | TIDSSKRIFT, BEREGNINGSPERIODE, NØJAGTIGHED, M.M. | ***** | |
| 61 | VALIDERING ? (NEJ=0, ANLÆG=1, LAGER=2).....: | 1.00000 | | P7(1) |
| 63 | NØJAGTIGHED PAA TEMPERATURERNE.....: | 0.50000 | C | P7(2) |
| | TIDSSKRIFT I SEKUNDER (1000 EL. 3600).....: | 3600.00000 | S | P7(3) |

| | | | |
|----|--|----------|--------|
| 1 | STARTDATO.....: | 1.04000 | P7(4) |
| 2 | ANTAL DAGE.....: | 30.00000 | P7(5) |
| 3 | UDSKRIVNING PÅ FILER (NEJ=0&1, FLLERS SE VEJL.): | 0.0 | P7(6) |
| 5 | ***** DAGE MED UDSKRIFT AF HALVTIME/TIME-VARDIER ***** | | |
| 7 | DATO MED FULD UDSKRIFT.....: | 1.04000 | P7(7) |
| 9 | DATO MED FULD UDSKRIFT.....: | 2.04000 | P7(8) |
| 11 | DATO MED FULD UDSKRIFT.....: | 3.04000 | P7(9) |
| 13 | DATO MED FULD UDSKRIFT.....: | 4.04000 | P7(10) |
| 15 | DATO MED FULD UDSKRIFT.....: | 5.04000 | P7(11) |
| 17 | DATO MED FULD UDSKRIFT.....: | 6.04000 | P7(12) |
| 19 | DATO MED FULD UDSKRIFT.....: | 7.04000 | P7(13) |
| 21 | DATO MED FULD UDSKRIFT.....: | 8.04000 | P7(14) |
| 23 | DATO MED FULD UDSKRIFT.....: | 9.04000 | P7(15) |
| 25 | DATO MED FULD UDSKRIFT.....: | 10.04000 | P7(16) |

ENERGIMINISTERIETS SOLVARMEPROGRAM

Styregruppe:

Energiministeriet har fra september 1981 udpeget følgende styregruppe for solvarmeprogrammet:

V. Korsgaard, professor, Laboratoriet for Varmeisolering,
DTH, (formand)
P. Ahrenst, kontorchef, Boligselskabernes Landsforening
P. Alling, direktør, Dansk Solvarme K/S
E. Christoffersen, afdelingsleder, Statens Byggeforsknings-
institut
P. Dirks, afdelingsingeniør, Dansk Kedelforening
P. Dorph-Petersen, Energiministeriet
K. Hallgreen, ingeniør, Danfoss A/S
E. Jerking, Byggestyrelsen, Energikontoret
N.I. Meyer, professor, Fys.Lab. III, DTH
J.S.R. Nielsen, civilingeniør, Birch og Krogboe
V.S. Pejtersen, civilingeniør, Risø
E. Petersen, lektor, Kem.Lab. I. H.C. Ørstedts Instituttet
P. Steensen, civilingeniør, Teknologisk Institut
P.J. Snare, civilingeniør, Energistyrelsen

Projektmedarbejdere:

Laboratoriet for Varmeisolering:

N.B. Andersen, civilingeniør
O. Balslev-Olesen, civilingeniør
O. Dyrnum, civilingeniør
K. Ellehauge, civilingeniør
S. Furbo, civilingeniør, stud.lic.techn.
K. Kielsgaard Hansen, akademiingeniør, lic.techn.
S. Østergård Jensen, civilingeniør

S. Melson, civilingeniør
S.E. Mikkelsen, civilingeniør
L. Olsen, civilingeniør, stud.lic.techn.
P. Vejsig Pedersen, civilingeniør
V. Ussing, civilingeniør

Teknologisk Institut:

B. Bøhm, civilingeniør, lic.techn., HD
P. Engkjær, ingeniør
M. Grimmig, arkitekt, m.a.a.
L. Hallgreen, ingeniør, lic.techn.
M. Lange, ingeniør
h. Lawaetz, akademiingeniør, lic.techn., HD
O. Paulsen, civilingeniør, lic.techn.
E. Petersen, civilingeniør, lic.techn.
P. Steensen, civilingeniør.

I forbindelse med demonstrationsanlæggene har endvidere medvirket de pågældende byggeriers arkitekt og rådgivende ingeniør.

Adresser

Laboratoriet for Varmeisolering, Bygning 118, Danmarks tekniske Højskole, 2800 Lyngby - Telf. 02-883511.

Teknologisk Institut, Varmeteknik, Gregersensvej, 2630 Tåstrup - Telf. 02-996611.

Oversigt over udsendte rapporter

1. Kombineret solvarme-varmepumpeanlæg.
Beregning af et anlæg til en mindre bebyggelse.
2. Solvarme-fjernvarmeanlæg.
Beregning af et centralt anlæg med og uden varmelager.
3. Solvarmeanlæg i Gentofte.
Målinger på anlæg til rumopvarmning og varmt brugsvand.
Årsrapport.
4. Beregningsprogram til solvarmeanlæg.
For TI59 programmerbar lommeregnermaskine.
5. Solvarmeanlæg i Herfølge.
Brugsvand, $\frac{1}{2}$ års målinger.
6. Solvarmeanlæg i Greve.
Målinger på anlæg til rumopvarmning og varmt brugsvand.
Årsrapport.
7. Solfangeres langtidsholdbarhed.
Erfaringer med solfanger udsat for det naturlige vejr-
lig under kontrollerede, realistiske, ens driftsfor-
hold i 3 år på prøvestand.
8. Solvarmesystemprøvestand.
Resultater fra det første projekt på prøvestanden.
9. Solvarmeanlæg på Juelsminde campingplads.
Brugsvand, 3 års målinger.
10. Energiministeriets solvarmeprogram.
Statusrapport, august 1980.
11. Energiministeriets solvarmeprogram.
Projektforslag - langtidsplanlægning, oktober 1980.
12. To solvarmeanlæg til varmt brugsvand.
En beskrivelse og vurdering efter 4 måneders drift af
anlæggene.
13. To solvarmeanlæg til varmt brugsvand.
En beskrivelse og vurdering efter 4 måneders drift af
anlæggene.

14. Solvarmeanlæg i Blovstrød.
2½ års målinger på 10 m² brugsvandsanlæg.
15. Solvarmeanlæg til rumopvarmning.
En udredning baseret på 2 års målinger på anlæg i
Greve og Gentofte.
16. Solvarmeanlæg baseret på 1 års målinger på 2 anlæg.
17. Solvarmeanlæg i Herfølge.
Varmtvandsanlæg i tæt-lav byggeri.
18. Korrosion i solfangerabsorbere.
En undersøgelse af korrosionsforholdene i solfangeres
væskekanaler.
19. Fokuserende solfanger med klimaskærm.
Forundersøgelse.
20. Solfangeres driftssikkerhed og holdbarhed.
21. Solvarme - fjernvarmeanlæg.
Teknisk - økonomisk analyse af systemkombinationer.
22. Solfangerabsorberes overfladebestandighed.
23. Solvarmeanlæg i Rødovre.
24. Solvarmeanlæg til varmt brugsvand i Gl-Holte.
En vurdering efter et års målinger.

