

PEDER VEJSIG PEDERSEN
SVEND ERIK MIKKELSEN

Solfangeres driftssikkerhed og holdbarhed

En vurdering af 22 solfangere på grundlag af afprøvninger

Solfangeres driftsikkerhed og holdbarhed

En vurdering af 22 solfangere på
grundlag af prøvninger

Peder Vejsig Pedersen

Svend Erik Mikkelsen

Laboratoriet for Varmeisolering
Danmarks Tekniske Højskole
Meddelelse nr. 133

Energiministeriets Solvarmeprogram-rapport nr. 20
Juli 1983

Indholdsfortegnelse

Side

FORORD	1
KONKLUSION	4
1. INDLEDNING	8
1.1 Hvad forstås ved driftssikkerhed og holdbarhed	8
1.2 Status for prøvning af solfangere og solfangermaterialers holdbarhed	11
2. PRØVNINGSPROCEDURER	15
2.1 Lufttæthedsprøvning	15
2.2 Procedurer for indendørs temperatur- prøvning og trykprøvning	16
2.3 Prøvning af solfangerens regntæthed med og uden simuleret vindpåvirkning	18
2.4 Prøvning af solfangerens bestandighed over for vindlast på dæklaget	19
2.5 Udendørs prøvningsprocedure	19
3. FORHOLD DER VURDERES UD FRA PRØVNINGERNE	20
3.1 Materialernes termiske udvidelser	21
3.2 Udgasning fra solfangerens konstruktions- materialer	22
3.3 Absorberen	24
3.4 Driftstryk	25
3.5 Udluftningsmuligheder for absorberen	25
3.6 Korrosions- og ældningsforhold for de anvendte materialer	25
3.7 Tæthed ved regnpåvirkning (slagregn)	26
3.8 Rørgennemførng i solfangerkassen	27
3.9 Ventilation af solfangeren	28
3.10 Dræning af solfangerkassen	29
3.11 Montering og inddækning	29
3.12 Mekanisk styrke	30
3.13 Mulighed for vedligeholdelse og reparation	30
3.14 Solfangerens effektivitet	31

4.	BESKRIVELSE AF PRØVNINGSRESULTATER	33
	RAPPORTERINGSJOURNAL - Solfanger 1	36
	Solfanger 2	40
	Solfanger 3	45
	Solfanger 5	50
	Solfanger 9	55
	Solfanger 10	59
	Solfanger 11	63
	Solfanger 12	68
	Solfanger 13	72
	Solfanger 16	76
	Solfanger 19	80
	Solfanger 21	84
	Solfanger 25+26	88
	Solfanger 29	96
	Solfanger 30	101
	Solfanger 31	105
	Solfanger 34	110
	Solfanger 35	116
	Solfanger 36	119
	Solfanger 37	123
5.	SAMMENFATNING AF PRØVNINGSRESULTATERNE	127
5.1	Samlet oversigt over hvordan solfangerne klarede prøvningerne	127
5.2	Placering af solfangerne i holdbarhedsgrupper	129
5.3	En analyse af forskellige forhold for solfangerne på grundlag af prøvningsresultaterne	131
5.4	Kondensdannelse i de prøvede solfangere	139
5.5	Gode detaljer som kan fremhæves for de prøvede solfangere	144
6.	LEVETIDENS BETYDNING FOR ØKONOMIEN I SOLVARMEANLÆG	148
7.	VURDERING AF PRØVNINGSPROCEDURENE	151
7.1	Lufttæthedsprøvning	151
7.2	Temperaturprøvning og trykprøvning	151

7.3	Regntæthedsprøvning	152
7.4	Vindbelastning	153
7.5	Opstilling af solfangere i udendørs stagnationstilstande gennem længere tid	153
7.6	Forslag til nye prøvninger	154
Referencer		156
Supplerende litteratur		156
Summary		159
Appendix 1 : Prøvningsudstyr		
2 : Inspektionsformat		
3 : Kondensproblemer i tagindbyggede solfangere		
4 : Energiministeriets solvarmeprogram.		

FORORD

Nærværende rapport markerer afslutningen på arbejdet med solfanger-prøvninger under projekterne "Prøvning af driftssikkerhed og holdbarhed af solfangere" og Accellerede prøvninger af solfangerens holdbarhed", der begge er projekter under energiministeriets solvarmeprogram.

I perioden juni 1979 til december 1980 blev alle solfangere på det danske marked effektivitetsprøvet på Laboratoriet for Varmeisolering. Nærværende projekt skal ses som en naturlig videreførelse heraf. Flertallet af disse solfangere er siden blevet afprøvet i et udstyr til indendørs prøvning af driftssikkerhed og holdbarhed, der er udviklet inden for samarbejdet angående solfangerens holdbarhed under det Internationale Energi Agentur (IEA).

Som en fortsættelse af de indendørs prøver er solfangerne opstillet udendørs i utilsluttet tilstand, dvs. udsat for det naturlige vejrlig og en varierende temperaturbelastning, som er noget hårdere end normal drift. Dette er et forsøg på at udføre egentlige accellerede prøver, uden at der dog kan gives korrelation mellem denne prøvning og virkeligheden. Samtidig vurderes de indendørs prøver ved at sammenligne en indendørs og udendørs afprøvet solfanger.

Der er foretaget kontinuerlige målinger af klimaparametre og solfangerens stagnationstemperaturer siden opsætningen udendørs i sommeren 1981. Hensigten er at få undersøgt om ændringer i solfangerens holdbarhed kan registreres ved en relativ ændring i stagnationstemperaturen i nedadgående retning. Denne problematik vil blive rapporteret ved en senere lejlighed, mens erfaringerne fra visuelle inspektioner af solfangerne bringes i nærværende rapport.

Skal solvarmeanlæg blive en attraktiv foranstaltning, er det helt nødvendigt at solvarmesystemer, herunder solfangeren, kan opnå en tilfredsstillende levetid med begrænsede udgifter til vedligeholdelse. I almindelighed antages en levetid på 20 år at være tilfredsstillende. Det er dog nødvendigt at sam-

menholde pris og levetid. Solfangere, som er omhandlet i denne rapport, er karakteriseret ved en relativ kompliseret opbygning ofte med dyre komponenter. Hvis solfangere ud fra dagens prisleje skal kunne tjene sig selv hjem igen, skal de kunne fungere problemfrit i mange år. Det vil være fordelagtigt at indbygge en mulighed for vedligeholdelse og reparation i solfangerkonstruktionen så enkeltdele, f.eks. absorber eller dæklag kan udskiftes, hvis det bliver nødvendigt. Det vil åbne mulighed for at opnå levetider på mere end 20 år for nogle dele af solfangerkonstruktionen, hvor enkeltdele, der har en kortere levetid, kan udskiftes hen ad vejen. En sådan strategi vil især være hensigtsmæssig i forbindelse med bygningsintegrerede solfangere. Her kunne man f.eks. tænke sig at satse på en levetid på linje med andre bygningskomponenter for dæklag, inddækninger, rammekonstruktion og isolering, mens absorberdelen med rørforbindelser vurderes på linie med almindelig VVS-teknologi.

Solfangere kan også tænkes konstrueret af mindre ædle og billigere plastmaterialer, samlet ved limning og andre samligsmetoder, der er velegnede for automatiseret produktion. Sådanne solfangere er ikke blevet produceret i Danmark, vel fordi markedet er for lille, men der har været beskrevet solfangere i udlandet baseret på sådanne principper, der kan produceres for 400 kr/m². Det vil måske ikke være muligt at skille en sådan solfanger ad, og pga de indgående materialer vil levetiden være mindre end de 20 år, men prisen væsentlig lavere.

Rapporten deler sig i 3 afsnit:

- 1) Beskrivelse af prøvningerne og de forhold, der har været genstand for overvejelser.
- 2) Prøvningsjournaler med beskrivelse af solfangerne, prøvningsresultater, omtale af specielle forhold og en sammenfattende vurdering for den enkelte solfanger.
- 3) Sammenfatning og konklusioner vedrørende prøvningsprocedurer, de enkelte problemområder og generelle forhold vedrørende solfangerholdbarhed.

Her gives også en oversigt over gode konstruktionsdetaljer fra de undersøgte solfangere.

Kun få af de undersøgte solfangere er på markedet i dag. Dels er antallet af solfangerfabrikanter væsentligt reduceret siden de første prøvninger blev foretaget, 7 fabrikanter er tilbage af 20 undersøgte, dels har fabrikanterne ændret deres produkter, heldigvis generelt til det bedre.

Nærværende rapport skal derfor ses som en beskrivelse af en række solfangere med en identifikation af de problemer, der knytter sig til de forskellige konstruktioner og materialevalg. Den vil som sådan have værdi som en konstruktionsvejledning og som et grundlag for det videre arbejde med problemer vedrørende solfangeres driftssikkerhed og holdbarhed.

Et andet væsentligt formål med projektet har været at afprøve prøvningsmetoderne og prøvningsprocedurerne. Som sådan har projektet haft stor værdi, idet det er lykkedes at identificere en række prøvninger, der har været egentlig selektive. (Udvælgende).

Som forlængelse heraf er det tanken, at prøvningerne skal standardiseres og indgå i en godkendelsesprocedure på linie med effektivitetsprøvning af solfangere, som også foretages på Laboratoriet for Varmeisolering, under prøvestationen for solvarmeanlæg.

I kapitel 7 er der på baggrund af de rapporterede erfaringer med brug af prøvningsprocedurerne foretaget en evaluering af disse og givet en række anbefalinger, som kan udnyttes af "Prøvestationen for solvarmeanlæg". Der forventes i øvrigt inden for det internationale samarbejde om solfangerholdbarhed i IEA og EF, at der bliver udarbejdet forslag til fælles prøvningsprocedurer på området på baggrund af erfaringer i deltagerlandene. På grund af forskelle i klimaforhold og traditioner i landene er det dog spørgsmålet, hvor omfattende man kan forvente af en sådan fælles prøvningsprocedure vil blive.

KONKLUSION

Der er gennemført indendørs prøvninger af godt 20 forskellige solfangere, som herefter er blevet inspiceret løbende over $1\frac{1}{2}$ år efter placering på sydvendte stativer udendørs.

For en del af solfangerne er der til sammenligning sket inspektioner af solfangere af samme fabrikat installeret i forbindelse med solvarmeanlæg i drift. På baggrund af erfaringer fra dette arbejde er det nærliggende at tage stilling til spørgsmålet om solfangerne generelt var gode nok eller om de generelt var for dårlige.

- Ca. 40% af solfangerne klarede prøvningerne indendørs uden problemer, og der var en tydelig tendens til, at det ved inspektioner udendørs og ved anlæg i drift var de samme, der stadig klarede sig godt. (2-5 år efter opsætning).
- Andre 40% af solfangerne udviste virkelig alvorlige problemer med holdbarheden, især pga. manglende regntæthed eller brug af ikke temperaturstabile materialer. Der var flere af disse, som ikke så godt ud efter "kun" $\frac{1}{2}$ års placering udendørs i stagnation. Erfaringerne for disse solfangere i alm. drift viser det samme. Dette er ikke enestående for de her prøvede solfangere, men er også erfaringer fra udlandet.
- De sidste 20% kan karakteriseres som solfangere med relativt alvorlige problemer, som imidlertid kan forbedres uden gennemgribende ændring af konstruktionen.

De alvorligste problemer, der er konstateret, knytter sig til 2 forhold. For det første fugtbelastning af absorber og absorberoverflade og for det andet temperaturbelastning af det indre af solfangeren.

Solfangere, som ikke er regntætte eller har problemer med kondens i lange perioder, kan ikke forventes at have nogen lang levetid. Et afgørende krav til solfangere i det våde nordeuropæiske klima er derfor et regntæt og passende ventileret design. Regntætheden er oftest et resultat af tejl

ved kasse/dæklag samling, rørgennemføring eller solfanger-hjørner. Ventilation skal være udført, så kondens dannet om natten kan opløses i varm ventilationsluft i solfangeren om dagen og ledes væk uden at afsætte kondensvand uønskede steder.

De efterhånden meget effektive selektive solfangere stiller ekstra krav til valg af materialer og konstruktive løsninger, som kan klare temperaturen som følge af stagnationstilstande, hvor absorbereren kan blive mere end 180°C varm. Skumisoleringsmaterialer klarer sjældent over 110-130°C uden at nedbrydes. Udgasninger fra temperaturlastede materialer nedsætter transmissionen og kan måske have en korrosiv effekt. Plast-dæklag risikerer at kollapse ved stagnation pga. en kombination af stor udvidelse og lav varmeledningsevne. Et forhold der bl.a. kan modvirkes ved en oppustning eller profilering af dæklaget.

Næsten alle solfangere var kendetegnet ved at være konstrueret med ofte flere gode detailløsninger, og med mange eksempler på heldig anvendelse af materialer. Det var desværre samtidig betegnende, at mange havde en eller flere fejl i konstruktionen, og at man i mange tilfælde ikke havde taget hensyn til alle de forhold en solfanger skal kunne klare.

De fleste af de prøvede solfangere talder ind under, hvad man kan kalde 1. generationsprodukter, hvor produktudviklingen endnu ikke er tilpasset erfaringen fra brug i mange år.

Samtidig er kun 6-7 af de prøvede solfangere stadig på markedet og disse er ændret i forhold til den afprøvede solfanger, oftest til det bedre. Prøvningsresultaterne er således ikke et udtryk for det nuværende marked. Siden prøvningerne er foretaget er der sket en gunstig udvikling således, at de solfangere, der er på markedet idag, gennemgående er mere effektive og har færre holdbarhedsproblemer.

Desværre har der ikke samtidig været et prisfald på solfangere, som nogen havde forventet. Dette sammen med de dårlige

driftserfaringer og de lave ydelser på 1. generation af solvarmeanlæg har medført et meget vigende marked.

Der er nu i flere sammenhænge dokumenteret tilfredsstillende ydelser og en mere problemfri drift med solvarmeanlæg. Solfangeren udgør i dag en væsentlig del af investeringen i solvarmeanlæg og et prisfald på solfangere kunne få afgørende betydning for interessen for solvarmeanlæg.

Et væsentligt prisfald på solfangere vil kun være muligt på basis af nye konstruktive løsninger, og det er en forudsætning at kravet om effektiviteten og specielt holdbarhed opretholdes.

Inden for det sidste års tid har der på forsøgsbasis været fremstillet solfangere, der ydelses- og holdbarhedsmæssigt er bedre end de bedste af de her afprøvede, og som vil kunne produceres til priser under 1000 kr/m². Der er eksperimenteret med udvikling af 2 solfangertyper, der konstruktionsmæssigt afviger en del fra de her afprøvede. Ved den ene type anvendes der plastmaterialer både til kasse og til dæklag. Disse solfangere er endvidere meget lettere end den traditionelle solfanger, hvilket letter transport og installation og muliggør fremstilling af større elementer, f.eks. et element på 5 m² til et brugsvandsanlæg.

Den anden type er en systemopbygget tagintegreret solfanger, som delvist opbygges på stedet. Denne er en videreudvikling af den ret almindeligt brugte på stedet opbyggede solfanger med drivhusglas eller glaslagsafdækning. Her benyttes en termolægteramme og et færdigt samlet glasafdækningsgitter som en del af konstruktionen, og der er ved udformningen taget hensyn til mulighed for nem reparation og vedligeholdelse.

Beregninger har vist, at systemopbyggede tagintegrerede solfangere kan udføres meget billigt i forbindelse med lidt større solvarmeanlæg til nybyggeri. Der kan her opnås en lav pris, især fordi udgifterne til inddækninger m.v. bliver reduceret ved store solfangerarealer, og fordi opbygning kan indpasses i byggeprocessen.

De førnævnte billige og lette plastbaserede solfangere vil sandsynligvis også kunne udvikles til brug ved større tagmonterede solfangere. Der kan t.eks. tænkes udviklet solfangerelementer, der er udformet som et tagelement således, at en del af taget udlægges som solfangere. Dette vil løse de inddækningsproblemer, det giver, når en firkantet kasse skal indbygges i en traditionel tagflade. Med de nye lette solfangere (under 15 kg/m²) er der ikke noget håndteringsmæssigt problem.

Med hensyn til meget store solfangerarealer der skal opstilles på stativer på en mark, vil en løsning med store elementer (5-15 m²) nok være at foretrække.

I den senere tid har der vist sig tendenser til lavere solfangerpriser. Således er der i Uppsala i Sverige opført et 4000 m² solvarmeanlæg (meget effektive solfangere) til en pris incl. rørsystem og montage på 1500 kr /m². I USA er der udviklet en plastsolfanger, der skulle kunne produceres for 400 kr/m², den er dog ikke markedsført. Herhjemme har der også været forskellige bud på solfangere med lave produktionsomkostninger.

Solvarmeanlæg er i forhold til traditionel varmforsyning relativt investeringstung, hvorimod driftsudgifterne er små. Det er derfor nødvendigt, at hensynet til driftssikkerhed og holdbarhed skærpes, således at mange års drift uden for mange driftsforstyrrelser opnås.

KAPITEL 1. INDLEDNING

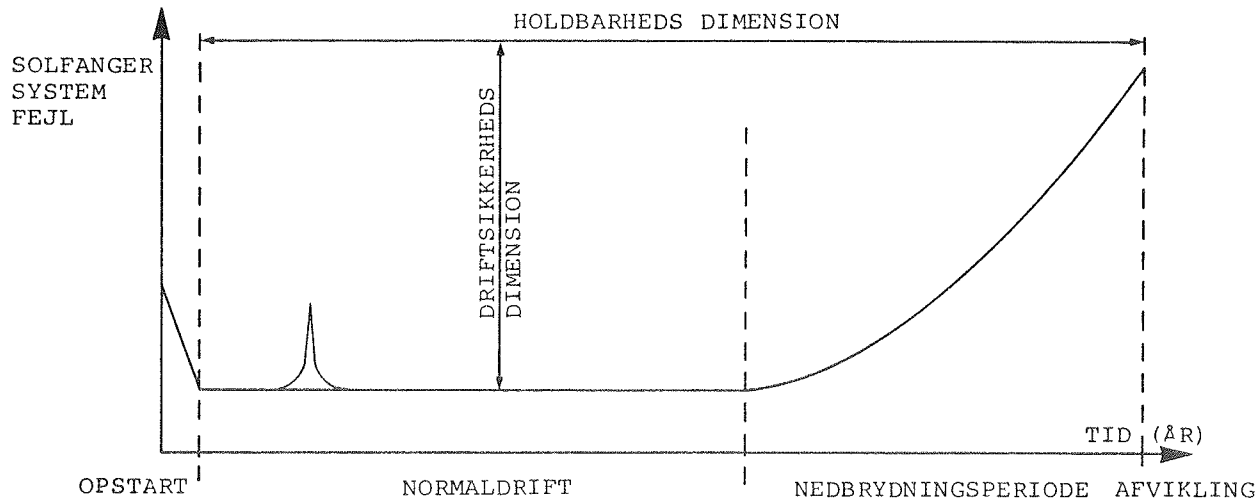
1.1 Hvad forstås ved driftsikkerhed og holdbarhed

Der er normalt 3 ting, som er af interesse, når en solfanger skal vurderes. Det er for det første effektiviteten eller nyttevirkningen, som er en relativ let forståelig og målbar størrelse, som f.eks. kan fremstilles ved en effektivitetskurve. Af lige så stor vigtighed men noget vanskeligere at sætte mål for er driftsikkerheden og holdbarheden. Der skal i det følgende gøres forsøg på at definere disse størrelser i en kvantitativ og forenklet sammenhæng.

Driftsikkerheden for et solfangersystem karakteriserer driften eller funktionen af systemet. Den er også lig med sandsynligheden for, at der over en bestemt tidsperiode under bestemte miljø- og driftsbetingelser kan opnås en tilfredsstillende kalkuleret nyttevirkning af systemet.

Holdbarhed for et solfangersystem karakteriserer det samlede tidsrum for en god funktion af systemet. Det er evnen for systemet til at opnå den forventede funktions-tid med en tilfredsstillende nyttevirkning under bestemte drifts- og miljøforhold, uden at der kræves større ikke planlagte indgreb. Der regnes her med at systemet afvikles, når udgifterne til at drive systemet er større end udbyttet.

Sammenhængen mellem driftsikkerhed og holdbarhed kan angives som i figur 1.1.



Figur 1.1

Figuren forsøger at fremstille hvordan et solfangersystems funktion kan karakteriseres ved begreberne driftssikkerhed og holdbarhed. Holdbarheden er tidsrummet for en tilfredsstillende nyttevirkning og driftssikkerheden er en tidsspecifik størrelse, som kan fremstilles som en sandsynlighed for at undgå uønskede driftshændelser.

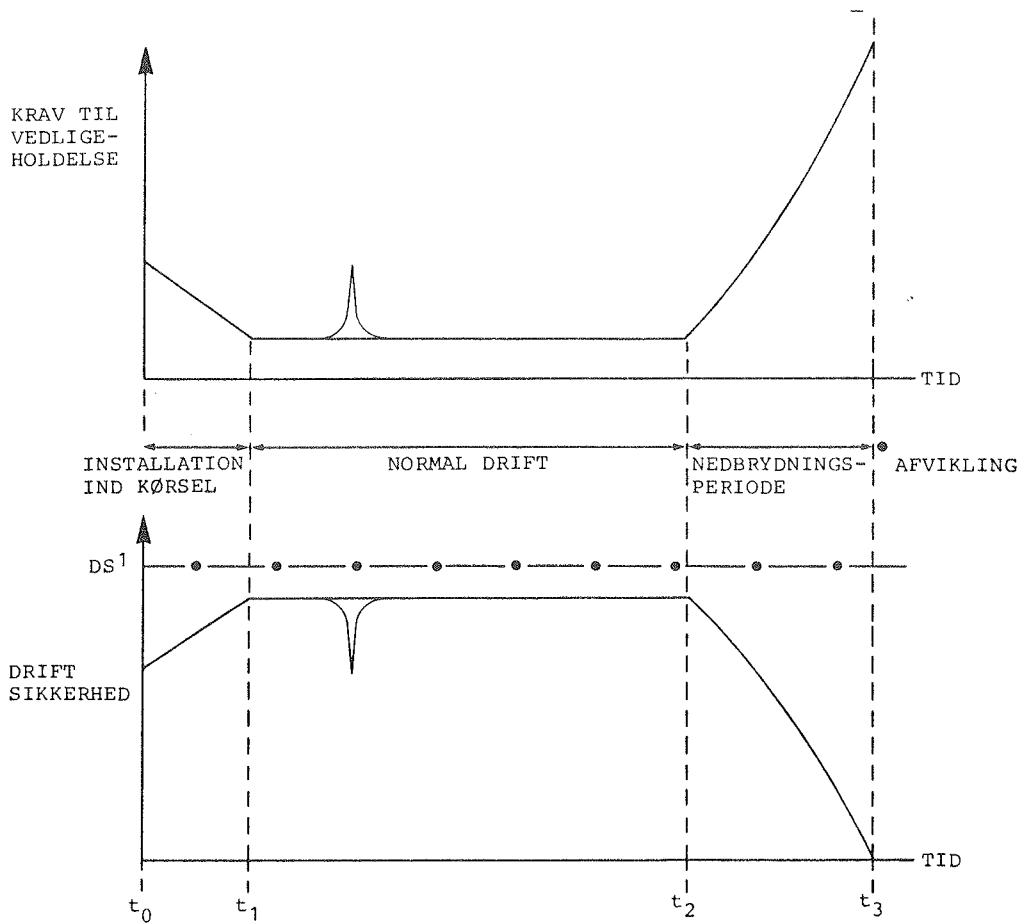


Fig. 1.2

Driftssikkerheden kan afspejles ved det løbende krav til vedligeholdelse og reparation, så længe det antages man kan reparere sig væk fra problemerne.

Driftsikkerhed som kvantitativ størrelse kan angives ud fra, hvor stort et krav til indgreb eller vedligeholdelse der er, f.eks. som:

$$DS = 1 - (\text{løbende krav til vedligeholdelse})$$

Holdbarhed kan kvantitativt angives som en tidslængde med en fastsat nyttevirkning. Den samlede holdbarhed af et solfangersystem kan derfor angives som:

$$HB = \sum HB_i$$

HB_i angiver de forskellige perioder med en bestemt holdbarhed for solfangersystemet som tal eller en funktion.

I figur 1.2 kan holdbarheden angives som:

$$HB = (t_2 - t_1) + a_1 (t_1 - t_0) + a_2 (t_3 - t_2) \text{ (år)}$$

a_1 og a_2 er konstanter mindre end 1, som angiver at systemet har en lidt mindre nyttevirkning i perioderne t_0-t_1 og t_2-t_3 end den normale.

Holdbarheden er bl.a. afhængig af

- system design
- materialer, miljø, konstruktion
- kvalitet af udførelse
- kvalitetskontrol ved produktion, installation og reparation
- fejlsikkerhed eller driftsikkerhed
- fejltolerance

1.2 Status for prøvning af solfangere og solfangermaterialers holdbarhed

Den mest omfattende indsats vedrørende udvikling af standarder for prøvninger af solfangeres holdbarhed er sket i USA, hvor man i 1978 nedsatte ASTM-komite nr. E-44, som skulle beskæftige sig med hele området "sol-energiudnyttelse". I figur 1.3 er vist en oversigt over eksisterende ASTM-standarder på solenergiområdet. De prøvninger, der findes her omfatter inden for solvarme, prøvninger af hele solfangere, anvisninger for solvarme-installation og en lang række prøvninger af solfangermaterialer. Det er typisk for næsten alle prøvninger, at de går ud på at udsætte prøveemnerne for en række veldefinerede påvirkninger, som gerne skulle kunne klares på tilfredsstillende vis. På den måde får man luget det værste fra. Men som det ofte er tilfældet, er der ikke etableret nogen beviselig sammenhæng mellem prøvningerne og virkeligheden, de gerne skulle afspejle. Derfor er det heller ikke muligt at komme med noget kvalificeret positivt udsagn om forventet levetid for en solfanger på grundlag af disse prøvninger.

Prøvningerne benytter sig ofte af en accelereret påvirkning af prøveemner, så det bliver muligt f.eks. at opnå en relativ hurtig udvikling af korrosion, som normalt ville have taget flere år. Der eksisterer heller ikke her nogen beviselig korrelation til nedbrydning af solfangere under normale driftsforhold.

Inden for det internationale samarbejde under det Internationale Energi Agentur, IEA er der planer for et ambitiøst samarbejdsprogram i perioden 1983-1986, hvor målsætningen skal være at opnå den nødvendige baggrund for at opstille krav til holdbarhed og opnå en kvalificeret levetidsvurdering af solfangersystemer.

CONTENTS

ASTM STANDARDS ON SOLAR ENERGY

Since the standards in this book are arranged in numeric sequence, no page numbers are given in this contents.

In the serial designations prefixed to the following titles, the number following the dash indicates the year of adoption as standard or, in the case of revision, the year of last revision. Thus, standards adopted or revised during the year 1980 have as their final number, 80. A letter following this number indicates more than one revision during that year, that is, 80a indicates the second revision in 1980, 80b the third revision, etc. Standards that have been reapproved without change are indicated by the year of last reapproval in parentheses as part of the designation number, for example (1980).

B 638 - 81	Spec. for Copper and Copper-Alloy Solar Heat Absorber Panels
D 3667 - 78	Spec. for Rubber Seals Used in Flat-Plate Solar Collectors
D 3771 - 79	Spec. for Rubber Seals Used in Concentrating Solar Collectors
D 3832 - 79	Spec. for Rubber Seals Contacting Liquids in Solar Energy Systems
D 3903 - 80	Spec. for Rubber Seals Used in Air-Heat Transport of Solar Energy Systems
D 3952 - 80	Spec. for Rubber Hose Used in Solar Energy Systems
E 408 - 71 (1980)	Test for Total Normal Emittance of Surfaces Using Inspection-Meter Techniques
E 424 - 71	Test for Solar Energy Transmittance and Reflectance (Terrestrial) of Sheet Materials
E 434 - 71 (1980)	Test for Calorimetric Determination of Hemispherical Emittance and the Ratio of Solar Absorptance to Hemispherical Emittance Using Solar Simulation
E 490 - 73a	Solar Constant and Air Mass Zero Solar Spectral Irradiance Tables
E 683 - 79	Practice for Installation and Service of Solar Space Heating Systems for One- and Two-Family Dwellings
E 712 - 80	Practice for Laboratory Screening of Metallic Containment Materials for Use with Liquids in Solar Heating and Cooling Systems
E 744 - 80	Practice for Evaluating Solar Absorptive Materials for Thermal Applications
E 745 - 80	Practice for Simulated Service Testing for Corrosion of Metallic Containment Materials for Use with Heat Transfer Fluids in Solar Heating and Cooling Systems
E 765 - 80	Practice for Evaluation of Cover Materials for Flat Plate Solar Collectors
E 772 - 80	Def. of Terms Relating to Solar Energy Conversion
E 781 - 81	Practice for Evaluating Absorptive Solar Receiver Materials When Exposed to Conditions Simulating Stagnation in Solar Collectors with Cover Plates
E 782 - 81	Practice for Exposure of Cover Materials for Solar Collectors to Natural Weathering Under Conditions Simulating Operational Mode
E 816 - 81	Calibration of Secondary Reference Pyrheliometers and Pyrheliometers for Field Use
E 822 - 81	Practice for Determining Resistance of Solar Collector Covers to Hail by Impact with Propelled Ice Balls
E 823 - 81	Practice for Nonoperational Exposure and Inspection of a Solar Collector
E 824 - 81	Transfer of Calibration from Reference to Field Pyranometers

Figur 1.3

Oversigt over eksisterende ASTM-standarder på solenergiområdet.

IEA-arbejdet angående solfangerholdbarhed, som er blevet delvist ledet fra dansk side siden 1980, er blevet opdelt i 3 forskellige dele:

1. Inspektioner af solfangersystemer i drift
2. Prøvning af solfangermaterialer
3. Prøvning af hele solfangere

Der skal udarbejdes en database for driftssikkerheds- og holdbarhedsproblemer for solfangere ved hjælp af udfyldte solfangerinspektionsrapporter fra deltagerlandene. En dansk udgave af det benyttede inspektionsformat findes i appendix 2. Nedbrydningsfaktorer og nedbrydningsmekanismer (korrosion ældning o.l.) skal identificeres og undersøges med henblik på udvikling af velegnede accelererede prøvningsmetoder og resultater fra driftssikkerhedsprøvninger skal sammenlignes med virkeligheden. Når det drejer sig om bestemmelse af nedbrydningsfaktorer for solfangere er især de udendørs klimaforhold, klimaet inde i solfangere, driftsforhold og kondens og udgasning af betydning. Korrosionsklasser kan være et nyttigt redskab her. Måling af temperatur og fugtighed i solfangere under forskellige forhold vil give mulighed for en bestemmelse af de korrosive forhold f.eks. udtrykt ved korrosionsklasse 1, 2 eller 3, som en absorberoverfladebehandling skal leve op til. Optimale ventilationsrater for at reducere kondens må identificeres sammen med metoder til at opnå ventilation uden regnutæthed. En vurdering af den brugbare levetid for en solfanger kan f.eks. baseres på:

- levetiden af dæklagsmaterialet
- levetiden af nødvendige tætningssystemer
kasse/dæklag samling, rørgennemføringer,
kassesamlinger evt. inddækningssystem)
- levetiden af absorberen (afhængig af solfangerens
indre klimaforhold angivet i korrosionsklasse)
- levetiden af rørsamlinger og rørsystem
- betydningen af kondens og udgasning
- muligheden for vedligeholdelse og reparation
(kan f.eks. dæklaget udskiftes?)

Her er det vigtigt at bemærke, at man ikke ønsker at begrænse sig til selve solfangeren, men også rørsamlinger, rørsystemer og varmelager eller varmeveksler, hele det begreb som dækkes af ordet "solfangersystem".

Det er også meningen, at man inden for IEA-samarbejdet skal beskæftige sig med de positive erfaringer på området solfangerholdbarhed. Der skal etableres en database over gode solfangerdesign, gode materialer og konstruktionsdetaljer med henblik på udarbejdelse af anvisninger på området solfangersystemer. Desuden skal der lægges særlig vægt på udveksling af erfaringer med brug af solfangere som integrerede dele af bygningsdesign. Den ideelle levetid bør her, forudsat den nødvendige vedligeholdelse sker, være nær den normale levetid for bygninger (som illustreret i kapitel 6). Betydningen af forskellige klimaforhold og bygningstraditioner vil også blive søgt belyst på dette område.

KAPITEL 2. PRØVNINGSPROCEDURER

Først gennemgås prøvningsproceduren for de indendørs prøvninger og herefter i afsnit 2.5 et forslag til udendørs prøvningsprocedure.

Prøvningsproceduren for indendørs prøvning af solfangeres driftssikkerhed og holdbarhed omfatter følgende prøvninger:

- LUFTTÆTHEDSPRØVNING FOR SOLFANGERE
- INDENDØRS TEMPERATURPRØVNING OG TRYKPRØVNING AF SOLFANGERE, HERUNDER:
 - Stagnation og herefter prøvning af bestandighed over for temperaturchok - afkøling af absorber
 - Trykprøvning af absorber og bestandighed over for høje temperaturer - tørkogning og stagnation
 - Prøvning af bestandighed over for temperaturchok - afkøling af dæklag
 - Prøvning af bestandighed over for termisk cykling ved høje temperaturer - efterfulgt af stagnation
- PRØVNING AF SOLFANGERENS REGNTÆTHED MED OG UDEN SIMULERET VINDPÅVIRKNING
- PRØVNING AF SOLFANGERENS BESTANDIGHED OVER FOR VINDLAST PÅ DÆKLAGET

Prøvningerne rapporteres ved udfyldning af en prøvningsjournal, som vist i kapitel 4.

2.1 Lufttæthedsprøvning

Solfangeren forsynes med 2 huller i siden mellem absorberen og glasset. Via det ene hul tilsluttes en kreds med blæser og flow. Til det andet hul tilsluttes et u-rørsmanometer. Hvis solfangeren er beregnet på indbygning i tagflader, og derfor har en utæt bund, lægges der lufttæt plastfolie over bunden. Plastfolien klæbes fast på solfangerens sider. Ved passende overtryk og undertryk i

intervallet -500 Pa til 500 Pa bestemmes solfangerens utæthed i intervaller på 100 Pa.

Resultatet af målingen angives i et diagram med flow som funktion af under- og overtryk. Hældningen af kurverne siger noget om solfangerens utæthedsgrad f.eks. angivet i liniariseret form som $\frac{m^3/h}{100 \text{ Pa}}$

Denne størrelse ligger normalt i området 0,5 - 20.

2.2 Procedurer for indendørs temperaturprøvning og trykprøvning

Der skal i dette afsnit omtales procedurer, som udføres i forbindelse med den i appendix 1 beskrevne temperaturprøvnings-solsimulator. Prøvningerne kan normalt udføres på 2 dage, hvor prøvning 2.1 og 2.2 laves på en dag. Efter hver enkelt prøvning slukkes solsimulatoren og solfangeren undersøges visuelt for skader. Temperaturer registreres kontinuert ved hjælp af en 12 kanal skriver.

a) Stagnation og herefter prøvning af solfangeres bestandighed over for temperaturchok - afkøling af absorber

Solfangeren anbringes vandret i en solsimulator, hvor middelintensiteten er ca. 1300 W/m².

Solfangerens ene tilslutning kobles til et lodret rør placeret med udløbet 1,5 m over solfangeren, og dens anden tilslutning kobles til en slange via en afspærringsventil, så den pludselig kan fyldes med koldt vand ved 10°C.

Solfangeren er tom til at starte med. Solsimulatoren tændes og varmer solfangeren op til stagnationstemperaturen, og simulatoren er tændt i 4 timer. Derefter fyldes solfangeren pludseligt med koldt vand (1,0 m³/h). Der sendes vand igennem i ca. ½ minut svarende til 10 liter.

- b) Trykprøvning af absorber og prøvning af solfangeres bestandighed over for høje temperaturer - tørkogning og stagnation

Absorberen udsættes for et tryk på 1,3 x maksimalt angivet driftstryk i 30 minutter. Herefter tændes solsimulatoren, hvor solfangeren stadig er anbragt i 6 timer ialt, så absorberen koger tør. Stagnationstemperaturen nås på et tidspunkt inden for de 6 timer, alt afhængigt af solfangerkonstruktionen.

- c) Prøvning af solfangerens bestandighed over for temperaturchok - afkøling af dæklag

Solfangeren tømmes for vand og udsættes nu i tom tilstand for stråling. Når den har nået stagnationstemperaturen, sprøjtes glasset over med koldt vand (10°C) i 1 minut ($0,36 \text{ m}^3/\text{h}$). Dette gøres i alt 3 gange, hvor 90% stagnation nåes ind imellem. Efter forsøget tørres dæklaget af og solfangeren undersøges for eventuel vandindtrængen eller kondensdannelse. Hvis der er sket vandindtrængning i solfangeren kan kondensdannelse på indersiden af glasset ved den samtidige afkøling af dette være et udtryk for, at der er en høj fugtighed i solfangeren.

- d) Prøvning af solfangerens bestandighed over for termisk cykling ved høje temperaturer - efterfulgt af stagnation

Efter de foregående prøvninger i solsimulatoren sørges der for, at solfangeren er tømt for væske og med åbne tilslutninger, inden forsøget med cyklisk påvirkning af solfangeren kan starte.

Solsimulatoren skal være tændt og slukket skiftevis således, at absorbertemperaturen veksler mellem lufttemperaturen og stagnationstemperaturen, uden dog nødvendigvis at nå helt op eller helt ned på disse temperaturer. Temperaturvariationen skal være mindst 50% af forskellen mellem stagnations- og lufttemperaturen. Der gennemføres

5-8 komplette cykler på denne måde.

2.3 Prøvning af solfangerens regntæthed med og uden simuleret vindpåvirkning

Solfangeren anbringes med en hældning på 30° fra vandret i en slagregnmaskine (app. 1). Her udættes solfangeren for kraftig vandpåsprøjtning forfra og fra siden. De dele af solfangeren, som f.eks. ved indbygning i en tagflade ikke bliver udsat for regnvejr under virkelige forhold, afskærmes inden prøvningen. Hvis der er tale om en uafskærmet bund, kan den dækkes med plastfolie, som fastgøres til solfangerens sider. For bedre at kunne registrere en eventuel vandindtrængning ved prøvningen bores et 8 mm hul i solfangerens nedadvendte side. Dette forsynes med en prop, som kan aftages efter prøvningen. Solfangeren udsættes først for vandpåsprøjtning i en time, hvorpå der foretages visuel inspektion. Derefter udsættes den for vandpåsprøjtning, samtidig med at trykket i solfangerkassen sænkes med 500 Pa (ca. 50 mmVs) i forhold til atmosfæretrykket. Dette er et forsøg på at skabe betingelser, som kendes fra vindpåvirkning af solfanger, hvor der kan måles en trykforskel mellem solfangerens indre og udeluften, dog af en noget mindre størrelse. Samtidigt skal prøvningen forstærke eventuelle tendenser til vandindtrængen, så de bedre kan registreres ved visuel inspektion. Tryksænkningen udføres ca. hvert andet minut, og undertrykket holdes i ca. 30 sekunder. Efter forsøget, der varer i ca. 20 minutter, undersøges solfangeren igen for eventuel vandindtrængen. Til sidst udsættes solfangeren for vandpåsprøjtning i en time med et undertryk på 500 Pa. Det undersøges, om der nu er trængt vand ind og dæklaget tørrer grundigt af. Der tages stilling til, om en eventuel regntæthed kan henføres til glas/kasse samling, hjørner eller rørgennemføringer.

2.4 Prøvning af solfangerens bestandighed over for vindlast på dæklaget

Denne prøvning udføres efter regntæthedsprøvningen, mens solfangeren endnu ligger i slagregnmaskinen. Solfangeren udsættes 5 gange efter hinanden for et overtryk på 1000 Pa i et halvt minut, med et halvt minuts mellemrum. Herefter foretages samme procedure, men denne gang med et undertryk på 1000 Pa. Solfangeren undersøges visuelt, og da det er den sidste prøvning, tages der nu stilling til, om den eventuelt skal skilles ad, f.eks. om kasse/dæklag samlingen skal undersøges.

2.5 Udendørs prøvningsprocedure

Solfangeren placeres på et sydvendt stativ, som har en hældning på 30° fra vandret. Solfangeren er tom for væske og med åbne tilslutninger. Hvis solfangeren kun er beregnet til indbygning afskærmes rørgennemføringen og bagside på samme måde, som det ville være tilfældet ved indbygningen. Prøvningen kan gennemføres med måling af stagnationstemperaturen på bagsiden af absorberen i en periode lige efter opsætning og tilsvarende efter 1 år. Stagnationstemperaturer kan her registreres midt på dagen på en dag med helt klar sol og en udetemperatur på omkring 20°C, så et eventuelt fald kan identificeres. Der bør foretages visuel inspektion af solfangeren med en månedes mellemrum, hvor eventuelle ændringer skal registreres ved brug af inspektionsformatet i appendix 2, som også vil være velegnet at bruge som prøvningsjournal. Solfangeren skal være placeret udendørs i 1-2 år, hvis der skal foretages en troværdig holdbarhedsvurdering, men afsløring af deciderede driftssikkerhedsproblemer kræver kun ½ års udendørs placering, så både sommer og vinter forhold er dækket ind.

KAPITEL 3. FORHOLD DER VURDERES UD FRA PRØVNINGERNE

På forhånd havde vi opstillet en liste over 14 forhold, som skulle vurderes for den enkelte solfanger. Vurderingen af de fleste af disse forhold bygger på en kombination af prøvningsresultaterne og en konstruktiv vurdering af solfangeren. Da der er tale om en ikke destruktiv prøvning, er solfangeren ikke blevet adskilt for inspektion. Det har således ikke altid været muligt præcist at konstatere, hvor f.eks. vandindtrængning har fundet sted. Endvidere har det ikke altid været muligt at få præcise oplysninger om solfangernes konstruktive opbygning og de indgående materialer.

De 14 forhold er som følger:

- 1) Materialernes termiske udvidelser
- 2) Udgasning fra solfangerens konstruktionsmaterialer
- 3) Absorberen: Konstruktion, materialer og overfladebehandling
- 4) Driftstryk
- 5) Udluftningsmuligheder (absorberen)
- 6) Korrosions- og ældningsforhold for de anvendte materialer
- 7) Tæthed ved regnpåvirkning (slagregn)
- 8) Rørgennemføring i solfangerkassen
- 9) Ventilation af solfangeren
- 10) Dræning af solfangerkassen
- 11) Montering og inddækning
- 12) Mekanisk styrke
- 13) Mulighed for vedligeholdelse og reparation
- 14) Solfangerens effektivitet

Dette kapitel behandler de 14 punkter med generelle kommentarer til de enkelte punkter baseret på de erfaringer, der er indhentet ved prøvningerne og ved den konstruktive vurdering. I kapitel 4 gennemgås den enkelte solfanger, idet der kun omtales forhold, som er specielle for den enkelte solfanger. I kapitel 5 bringes en opsummering af resultaterne og en samlet og sammenlignende vurdering.

3.1 Materialernes termiske udvidelser

Ved opvarmning til stagnationstemperaturer vil de i solfangeren indgående materialer udvide sig afhængig af deres udvidelseskoefficient og temperaturniveauet, som kan variere fra måske 30°C på rammen til 180°C på absorberen. De termiske bevægelser der opstår herved kan i nogle tilfælde deformere de indgående komponenter eller solfangeren som sådan.

Stagnation for en solfanger er identisk med den termiske balancetilstand en solfanger vil være i, afhængig af de givne klimaforhold, når den ikke køles af en væske- eller luftkreds. En selektiv solfanger som f.eks. opsættes utilsluttet om sommeren kan ved stærk sol midt på dagen opnå en temperatur midt på den øverste del af absorberen på nær 200°C. Samtidigt vil dæklaget ud for kunne opnå temperaturer på 80-100°C.

Som omtalt i kapitel 2 bliver solfangeren udsat for en stagnationsprøve af 6 timers varighed samt en termisk cykling bestående af gentagne opvarmninger og afkølinger. Under forudsætning af at solfangeren ikke bliver skadet ved den første opvarmning til stagnationstemperatur, vil en senere ødelæggelse af solfangeren f.eks. ved den termiske cykling normalt bevirke, at solfangerens stagnationstemperatur vil være lavere end første gang solfangeren var i stagnation. En sådan reduktion er kun blevet konstateret med en enkel solfanger, hvor stagnationstemperaturen tilmed var konstant faldende under den første stagnationsprøve. Denne opførsel kunne også skyldes en nedbrydning af isolationsmaterialet ved varmepåvirkning. Om det ene eller andet er tilfældet kan bedst bestemmes ud fra en konstruktiv vurdering.

I en solfanger revnede glasset ved stagnationsprøven. I to andre solfangere med dæklag af acryl (kuppelformet) deformeredes dæklaget ved opvarmning, i det ene tilfælde rettede det sig ud igen. I en solfanger med dæklag af glasfiberarmeret polyester bulede dæklaget kraftigt ud, men rettede sig igen ved afkøling.

Når glasset revner skyldes det normalt, at glasset når en ret høj temperatur på midten, mens glaskanten køles af solfangerkassen. Herved opstår der spændinger, som kan starte et brud f.eks. ved en lille kær. Temperaturforskellen mellem midten og kanten må derfor helst ikke overstige 30-40°C. Nedbuling af plastdæklag skyldes, at plast har en ret lav varmelednings- evne, så temperaturforskellen mellem overside og underside af dæklaget kan være ret stor, omkring 10-20°C. Derved udvider undersiden sig mere end oversiden.

3.2 Udgasning fra solfangerens konstruktionsmaterialer

Udgasning kan komme fra bindematerialet i mineraluld fra træ og ikke mindst fra plast- og gummimaterialer, der ikke er stabile over for temperaturpåvirkninger og påvirkninger fra UV-lys. Det viser sig som en belægning indvendigt på glasset, enten som en fedtet hinde, som små dråber eller ligefrem som brune eller hvide pletter eller striber. I almindelighed viser udgasningen sig først som en klar hinde eller klare dråber, der så senere binder snavs og støv til sig, hvis sådant forefindes.

Der er konstateret udgasning fra næsten alle solfangere, omkring halvdelen af væsentligt omfang. Det almindeligste, og alvorligste, er udgasning fra PUR-skum anvendt som isoleringsmateriale. I næsten alle solfangere med PUR-skum er der konstateret alvorlig udgasning. Vi har set, at det ikke forholder sig sådan, at en kortvarig påvirkning af høj temperatur svarer til en langvarig påvirkning ved en mere moderat temperatur. Solfangere med PUR-skum, der har været rimeligt termisk isoleret fra absorberen, har ikke vist kraftig udgasning selv efter et år i stagnation. Hvorimod solfangere med PUR-skum i direkte forbindelse med absorberen fremviser kraftige belægnings efter få timer i stagnation. Dette tyder på, at PUR-skum kun giver udgasning når en vis temperatur, afhængig af skumtypen, overskrides. En solfanger skal imidlertid konstrueres, så at den kan tåle stagnationstemperatur, da den evt. ved oplægning eller ved pumpevigt vil komme i stagnation. Det er derfor ikke muligt at have PUR-skum i direkte forbindelse med

absorberen, med mindre skummet er indkapslet og indbygget, så at udgasningsprodukterne ikke kan komme ind i rummet mellem absorber og glas. PUR-skummet er desuden ikke termisk stabilt ved de høje temperaturer (180°C) og vil nedbrydes, det forkuller og skrumper. Dette er imidlertid knapt så kritisk som udgasningen, da processen går meget langsommere, således at solfangeren normalt ikke nedbrydes blot efter en enkelt dag i stagnation.

Udgasningen er et tegn på, at der er materialer, der ikke er temperaturstabile til stede. For så vidt udgasningen skyldes varmepåvirkning er prøvningen en ekstrem situation af meget hårdere karakter end normal drift. Udgasningen bevirker at glassets transmission nedsættes og ifølge ref (1) kan udgasningsstofferne i kombination med fugt starte en nedbrydning af glasset med yderligere faldende transmission til følge.

Erfaringer på Laboratoriet for Varmeisolering med brug af PUR-skum i solfangere med selektiv folie viser, at man kan opnå en meget uheldig udvikling på grund af PUR-skums udgasningsprodukter. Forløbet er, at der i sommerperioden sker udgasning til dæklaget, som viser sig som en hinde eller direkte som brune klumper. I fugtige perioder om efteråret og om vinteren opløses udgasningsprodukterne i kondens på inder-siden af dæklaget. Når foråret kommer kan der registreres en hel række cirkelrunde pletter på størrelse med en femøre på absorberen langs kanten. Hvor disse pletter først er set, opstår der på et senere tidspunkt direkte korrosionsangreb med forskellig farve (hvid, grøn, gul). Det er vores teori, at kondens/udgasningsopløsningen i særlige, fugtige perioder har dryppet ned på absorberen. En undersøgelse af korrosionspletterne i folien foretaget på Afdelingen for Overfladebehandling på Teknologisk Institut viser, at der er tale om ætsningshuller.

Der er også konstateret udgasning fra olierester på absorberen som følge af dårlig rensning og udgasning af harpiks fra fyrretræ, som er anvendt i en solfanger.

For at følge observerede udgasningsproblemer op i forbindelse med prøvningerne er der for en del solfangermaterialer blevet foretaget forsøg i en specielt konstrueret udgasningskasse, som består af en termostattyret varmeplade med kasse med glaslåg placeret ovenpå. (se appendix 2).

3.3 Absorberen

Ved temperaturprøvninger i den kunstige sol kan absorberens termiske stabilitet og evne til at klare de termiske udvidelser undersøges. Endvidere kan det konstateres, om absorberoverfladen kan tåle de termiske udvidelser. Vurderingen af disse forhold er kun foretaget visuelt efter prøvningerne. Der er ikke i nogen tilfælde konstateret skader på absorberen eller absorberoverfladen, men i flere tilfælde blev der observeret en udbuling af absorberen, sandsynligvis fordi den har været for hårdt spændt op. De indendørs driftsikkerhedsprøvninger siger sådan set ikke noget direkte om absorberens vigtigste opgave: En god langtidsholdbarhed med uændrede optiske egenskaber. Hertil er de direkte materialeprøvninger af overfladebehandlede absorbermaterialer et vigtigt middel, resultater fra prøvning af 14 absorbere omtales i kapitel

De tilknyttede udendørs stagnationsprøvninger over lang tid giver også basis for en vurdering af absorberes korrosionsforhold i de mere eller mindre regntætte solfangere, under noget som godt kan kaldes en accelleret prøvning, selv om korrelationen i virkeligheden ikke kendes på nuværende tidspunkt.

3.4 Driftstryk

En trykprøvning har indgået i disse undersøgelser. En del absorbere kan maksimalt (ifølge fabrikantens opgivelser) tåle et tryk, der er væsentligt mindre end det almindelige vandværkstryk. I så fald bør det klart fremgå af et skilt på solfangeren. Absorberne udsættes for 1,3 gange det maksimalt tilladte tryk i $\frac{1}{2}$ time. Alle solfangerne klarede denne prøve.

3.5 Udluftningsmuligheder for absorberen

En almindelig og alvorlig driftforstyrrelse for solvarmeanlæg sker når der i et absorberelement danner sig en luftlomme, der forhindrer strømning gennem elementet. Det er et forhold der under drift kan konstateres ved en tydelig forskel mellem glastemperaturen for solfangerne. Problemet opstår hovedsageligt i forbindelse med bagudvendte studse, hvor der ved almindelig hældning kan dannes en luftlomme øverst i elementet. Ca. 1/4 af de undersøgte solfanger har bagudvendte studse.

Kanalsystemet kan også være udformet, så der kan opstå luftlommer, der standser strømmingen gennem en del af absorberen. Dette er ikke undersøgt nærmere.

3.6 Korrosions- og ældningsforhold for de anvendte materialer

På baggrund af eksisterende viden vurderes disse ting for de i solfangerne indgående materialer. En sådan vurdering er især vigtig for absorberen og absorberens overfladebehandling. Der er sideløbende med de i nærværende rapport beskrevne prøvninger foretaget accelererede materialeprøvninger af en række absorberoverflader på Teknologisk Instituts afdeling for Overfladebehandling. Dette er delvist sket som led i IEA-samarbejdet angående solfangerholdbarhed. Det har i den forbindelse været muligt at rubricere absorberoverfladerne i korrosionsklasser fra 0 til 4, svarende til at de kan klare påvirkninger varierende fra et typisk indendørs klima til udendørs udsat

for vejr og vind. Som det fremgår af kapitel 5 var der ved disse prøvninger en tendens til at de selektive overflader kun kan klare korrosionsklasse 1 til 2, mens de bedste af de sorte overflader, f.eks. sort polyester på stål blev placeret i korrosionsklasse 3 eller 4. Det er ikke på nuværende tidspunkt sikkert, hvilken korrosionsklasse en absorber placeret i en god solfangerkasse skal kunne klare. Det har f.eks. vist sig, at nogle af de selektive overflader som kunne klare korrosionsklassen fra 1-2 under prøvningerne klarede sig uden synlig nedbrydning i 3-4 år under almindelig drift. Men samtidigt er det også erfaringen, at en vedvarende fugtbelastning, f.eks. i forbindelse med stærk kondensdannelse kan have en stærkt nedbrydende effekt på kun et par år, sådan at man kunne argumentere for at styrken mod korrosion skulle være så stor, at en vis fejlmargen mht. regntæthed kunne klares. Dette gælder især, hvor det ikke kun er overfladebehandlingen, der nedbrydes men tillige absorbermaterialet.

3.7 Tæthed ved regnpåvirkning (slagregn)

Der er i ref (1) påvist at tæthed overfor regn er af afgørende betydning for en solfangers langtidsholdbarhed. Der er i ref (1) under demontering foretaget en grundig undersøgelse af 4 solfangere, der har været udsat for det naturlige vejrlig under kontrollerede, realistiske driftsforhold igennem 3 år. Det er herudfra bl.a. fastlagt hvilken korrosionsklasse, man kunne henføre klimaet i de enkelte solfangere til. To solfangere, hvor miljøet kunne henføres til korrosionsklasse 2, var ikke regntætte, hvorfor det indre af solfangeren var udsat for varierende fugtbelastning. Ved adskillelsen var der betydelige rustangreb på absorberne (stål) og mineraluldisoleringen var meget fugtig. De to andre solfangere var regntætte, på solfangeren med en ansat korrosionsklasse 0 var der på absorberen afskallede områder med blotlagt stål uden korrosionsangreb.

Manglende regntæthed fører til ødelagt isoleringsevne, forøget korrosionsangreb på absorberen og i kassen, kondensdannelse og angreb på glasset. Derfor må absolut regntæthed

være helt nødvendigt, såfremt en fornøden langtidsholdbarhed skal opnås. Det er dog samtidig erfaringen, at der er stor forskel på, hvad konsekvenserne af den manglende regntæthed bliver afhængigt af om der er dræn og ventilationsmulighed indbygget. Med den nævnte baggrund er det klart, at prøvning i slagregnmaskine er en af de vigtigste prøvninger, der skal foretages. At en solfanger viser sig tæt ved slagregnprøven er ikke ensbetydende med, at den vedbliver at være tæt. En konstruktiv vurdering og en vurdering af materialer og holdbarhed af anvendte fugebånd er derfor også nødvendig.

Omkring 1/3 af de undersøgte solfangere viste utætheder ved slagregnprøven. Utæthederne viste sig ved glas/kassesamlingen ved rørgennemføringen og i hjørnesamlinger, nævnt i rækkefølge af betydning. For de solfangere, hvor det var muligt at skabe undertryk, er der også foretaget slagregnprøve med varierende over- og undertryk i solfangeren. Ved denne prøve var det muligt at "suge" vand ind i en stor del af de prøvede solfangere.

3.8 Rørgennemføring i solfangerkassen

I forbindelse med rørgennemføringerne er der specielle tæthedsproblemer. Ved bagudvendte studse er problemet mindre, men til gengæld er der så som nævnt problemet med udluftning.

I en del solfangere er tætheden udført med gummityller, dette har vist sig at være en rimelig god løsning mht. tæthed. Derimod viste der sig utætheder ved nogle solfangere, hvor tætningen var udført med fugemasse, da denne ofte arbejder sig løs pga. de store termiske bevægelser mellem rør og kasse. Ved en enkelt solfanger var der overhovedet ingen tætning.

3.9 Ventilation af solfangeren

Erfaringer har vist, at der på mange solfangere dannes kondens på indersiden af dæklaget ved bestemte vejrforhold. Det er især ved afkøling af solfangerens dæklag om natten i forbindelse med udstråling til himmelen, idet himmelstrålingstemperaturen normalt er lavere end udetemperaturen. Det er almindeligt, at der f.eks. er dannet kondens i solfangere tidligt om morgenen, men at den så forsvinder, når solfangeren opvarmes op ad dagen. Kondensdannelsen må ikke være så kraftig, at der dannes dråber, der falder ned på absorberen.

Kondensdannelsen kan normalt reguleres til et passende lavt niveau ved en kontrolleret ventilation af solfangeren. Om vinteren i meget fugtige og regnfulde perioder, er der dog erfaring for, at selv en kraftig ventilation kan være utilstrækkelig, og at kondensen først forsvinder, når der kommer lidt sol igen.

Man kunne også reducere kondensdannelse i solfangere ved at gøre dem helt lufttætte, men dette er vanskeligt at opnå i praksis over længere tid, og betyder, at man vil have meget svært ved at få fugt ud af solfangeren, hvis det først er kommet ind.

Ventilation i solfangere kan opnås gennem specielle udluftningshuller eller ved ventilation gennem en mineraluldisolering eller en ikke tæt bagside. Undersøgelser tyder på, at ventilationen skal være meget stor for at det går ud over det termiske udbytte. (10 luftskifter i timen forøger normalt ikke solfangerens varmetab med mere end 1 %).

Er solfangeren ikke helt regntæt vil en passende ventilation også kunne hjælpe til at tørre solfangeren ud og kan sandsynligvis også bortskaffe en del af diverse udgasningsprodukter.

Omkring 1/3 af de undersøgte solfangere havde specielle huller til ventilation, endvidere var en del solfangere lufttætte ved rørgennemføringerne.

Ved inspektion af solfangerne udendørs er der især konstateret alvorlige kondensdannelser i de solfangere, der ikke er regntætte. Især i sommerhalvåret skiller de regnutætte solfangere sig ud og kan i flere tilfælde fremvise kondens selv på dage med sol.

Betydningen af ventilation for kondensdannelse i solfangere undersøges i et sideløbende projekt på Laboratoriet for Varmeisolering, og det er meningen, at de målte ventilationskurver skal være en hjælp i denne forbindelse. Emnet, kondensproblemer i tagindbyggede solfangere, er detaljeret behandlet i Appendix (3).

3.10 Dræning af solfangerkassen

Solfangere skal være regntætte, men det er samtidigt en fordel, at der er et dræningshul i bunden af solfangeren således at vand, der kommer ind, hvis uheldet er ude, kan komme ud igen.

Kun nogle få af de undersøgte solfangere havde et sådant dræningshul eller mulighed for dræning i det hele taget. En af de undersøgte solfangere med kombineret dræn- og ventilationshul var ikke helt regntæt. Det er opfattelsen, at drænmuligheden reducerede korrosionsbelastningen ved denne solfanger betydeligt.

3.11 Montering og inddækning

Nogle få solfangere var udført på en måde, så det vil være vanskeligt at fastgøre dem. Dette er dog ikke et forhold, der er systematisk undersøgt. En del solfangere er forberedt for inddækning i taget. Dette gøres normalt ved, at der er en fals langs solfangerkassen, som inddækningen kan fastgøres i. Ved flere solfangere var denne fals dog ikke bred nok til at sikre en regntæt inddækning.

3.12 Mekanisk styrke

Solfangerens evne til at klare vind- og snelastpåvirkninger undersøges ved at skabe under- og overtryk i solfangeren. Ved en del solfangere var det pga. utætheder ikke muligt at opnå over- og undertryk i solfangeren, hvorfor denne prøve ikke kunne foretages.

Solfangerne er afprøvet ved et tryk på op til + 500 Pa. Der blev forsøgsvis anvendt et tryk på 1000 Pa på en solfanger, der gennem flere år havde vist, at den kunne klare almindelig vind- og snebelastning. Da glasset på denne solfanger revnede efter 10 min på 1000 Pa blev prøvetrykket sat ned til 500 Pa.

Ingen af de prøvede solfangere viste svagheder ved dette prøvetryk, og ingen af de solfangere, der er sat op udendørs, har vist manglende mekanisk styrke over for vindbelastning.

Det må da konkluderes, at de prøvede solfangere har haft tilstrækkelig (i mange tilfælde rigelig) mekanisk styrke.

Det er umuligt at vurdere prøvningen ud fra dette materiale, men det er givet, at virkelighedens vindbelastning foregår ved pludselige kortvarige vindstød, som ikke kan simuleres med det anvendte udstyr.

3.13 Mulighed for vedligeholdelse og reparation

Dette er et område, der normalt kun tages meget lidt hensyn til ved konstruktion af solfangere. Af hensyn til en rimelig levetidsøkonomi for et solfangersystem er det afgørende, at der kan foretages reparationer, når og hvis det er nødvendigt. Glasdæklag kan gå itu, der kan ske absorberlæk eller en solfanger kan vise sig ikke at være regntæt. Derfor bør solfangere udføres så dæklaget kan tages af uden større problemer og efter reparation monteres igen. Hvis solfangerelementerne er inddækket i et tag, bør inddækningssystemet være udført, så solfangerne kan nedtages relativt nemt. Erfaringen har vist, at manglende hensyn til reparationsmulighed kan føre

til meget store og uforudsete ekstra omkostninger. Hvis solfangere skal opnå levetider på 20-30 år, er det vigtigt, at enkelte dele kan udskiftes let og billigt. En forøget levetid pga. øget mulighed for vedligeholdelse og reparation vil f.eks. ved fastholdt levetidsøkonomi betyde at ret store årlige midler kan afsættes til vedligeholdelse og udskiftning af enkeltdele (se eksempel i kapitel 6).

3.14 Solfangerens effektivitet

Alle de undersøgte solfangere er effektivitetsprøvet på Laboratoriet for Varmeisolering. Der findes ingen sammenhæng som tyder på at forsøg på at gøre en solfanger holdbar til gengæld gør den mindre effektiv. Det ser snarere ud som om de solfangere, der har en dårlig holdbarhed heller ikke er særlig effektive. Det væsentlige både mht. holdbarhed og effektivitet er en gennemarbejdet konstruktion og rigtige materialevalg.

Under beskrivelsen af de enkelte solfangere er der angivet en ligning for solfangerens effektivitet. For at kunne sammenligne umiddelbart er kurven angivet lineært. Linien er konstrueret ud fra den målte effektivitet ved en temperaturdifferens mellem væske i solfangeren og den omgivende luft på hhv. 0°C og 30°C. Effektiviteten er således angivet ved

$$n = n_0 - k(T_m - T_l)/E$$

hvor

- | | |
|-------|--|
| n | er den brøkdel af solindfaldet der overføres til væsken |
| n_0 | er effektiviteten når solfangerens temperatur er lig omgivelsernes |
| k | er varmetabskoefficienten i W/°C pr m ² solfanger |
| T_m | er middelvasketemperaturen °C |
| T_l | er den omgivende lufts temperatur °C |
| E | er solindfaldet i W/m ² |

Da det er svært at sammenligne solfangerens effektivitetskurver med henblik på en vurdering, er der i tabel 5.3 vist en enkel metode, hvor man simpelthen indsætter en værdi for $(T_m - T_l)/E$ på $0.05^\circ\text{C m}^2/\text{W}$. Baggrunden for dette tal er en tænkt driftstilstand, hvor T_m er 30°C højere end udeluften T_l og indstrålingen er 600 W/m^2 . Alt afhængigt af hvilket formål man ønsker at bruge solfangeren til og hvornår på året en god effektivitet er mest nødvendigt, kan man selv vælge den værdi for $(T_m - T_l)/E$, der skal bruges ved en sammenligning.

KAPITEL 4. BESKRIVELSE AF PRØVNINGSRESULTATER

Dette kapitel indeholder rapporteringsjournaler for alle prøvede solfangere. I journalerne findes en beskrivelse af den enkelte solfanger og af prøvningsresultaterne samt kommentarer og en sammenfattende vurdering.

Fig. 4.1 viser en oversigt over de prøvede solfangere mht. til opbygning og materialevalg.

Rapporteringsjournalen er opbygget af 4 dele:

- 1) Beskrivelse af solfanger: Størrelse, opbygning, materialevalg.
- 2) Prøvningsresultater:
 - a) Lufttæthedsprøvning og utæthedstal defineret ved utætheden i m³/h ved et overtryk i solfangeren på 100 Pa.
 - b) Temperaturprøvning i den kunstige sol med tilhørende visuel inspektion
 - c) Kommentarer til prøven for regntæthed
- 3) Figurer og foto. For hver solfanger er der et snit, der viser det væsentlige i solfangerens opbygning mest omkring kasse/dæklag samlingen. Desuden er der foto, dels til illustration af solfangerens opbygning, dels til illustration af de konstaterede problemer. En del af disse foto er taget efter at solfangeren har stået i stagnation udendørs i et år og illustrerer således ikke solfangeren umiddelbart efter de indendørs prøver. Alle illustrationer hørende til de enkelte solfangere er samlet her under dette pkt. i journalen.

- 4) Vurdering af solfangeren. Her kommenteres specielt de problemer, der er konstateret vedr. den enkelte solfanger. I nogle tilfælde er der angivet forslag til forbedringer. Desuden gives en sammenfattende vurdering af solfangeren. En sammenfattende kommentar vedr. de enkelte problemer fremgår af kapitel 5.

Oversigt over de prøvede solfangere

		Solfan- gerkas- se				Bagside- isole- ring		Absorber					Dæklag				Vægt		Effek- tivitet (se afsn. 3.14)	
	Trans- parent areal m ²	Alum. Stål	Galv.stål	Plast	Træ	Min.uld PUR-skum Tykkelse mm		Sort Selektiv	Alum	Stål	Plast	Kobber	Glas Plast	Et lag	To lag	kg/m ²	eta _O	K		
1	0,65		x			x 20		x		x			x x			14	0,73	8,8		
2	0,92			x		x 50		x		x			x x			39	0,88	8,6		
3	2,03	x				x x 45		x		x			x	x		21	0,79	6,9		
5	1,54	x				x 28		x x					x x			19	0,74	7,5		
9	0,95	x				x 20		x					x x			18	0,78	12,0		
10	1,49				x	x 50		x x					x x			30	0,78	8,3		
11	1,96	x				x 35		x		x			x x			37	0,82	7,3		
12	1,97		x			x 60		x x		x			x x			41	0,66	5,1		
13	2,06	x				x 37		x			x		x x			28	0,74	5,6		
16	1,57	x				x 70		x x					x x			27	0,83	8,0		
19	1,38	x				x 50		x			x		x x			25	0,74	6,0		
21	2,00		x			x 50		x			x		x x			15	0,73	5,4		
25	1,81	x				x 55		x x					x x			23	0,80	7,8		
26	1,81	x				x 55		x x					x x			23	0,79	4,9		
29	1,92		x	x		x 35		x		x			x x			31	0,63	7,3		
30	1,82			x		x 50		x		x			x x			23	0,82	7,5		
31	1,25		x	x		x 37		x x			x		x x			24	0,73	5,8		
34	1,70		x			x 30		x		x			x x			33	0,84	9,2		
35	1,00		x			x 45		x		x			x x			33	0,65	6,3		
36	1,94			x		x 40		x		x			x x			37	0,82	7,7		
37	1,86		x			x 42		x x			x		x x			27	0,84	10,0		

Fig. 4.1 Oversigt over de prøvede solfangere mht. materiale, vægt og effektivitet.

RAPPORTERINGSJOURNAL - Indendørs prøvning af solfangeres
driftssikkerhed og holdbarhed

SOLFANGER: 1

Ydre dimensioner (L x B x H).....: 1,15x0,7x0,12 m

Transparant areal.....: 0,63 m²

Vægt, tom: 9 kg - 14 kg/m²

Væskeindhold: 3,1 l - 4,9 l/m²

Solfangerkasse: Hul ramme af sort polypropylen

Bagside: Al-folie

Bagsideisolering: 20 mm PUR-skum pålimet alu-folie
på begge sider

Kantisolering: Hul ramme

Absorber: Kanalplade, sort polypropylen

Forbindelsesteknik:

Absorberoverflade: Indfarvet polypropylen

Max. tryk/anb.højeste driftstryk...: 1000 kPa/200 kPa

Dæklag: 3 mm dækplade af acryl

Afstand inderste dæklag/absorber ..: 20-70 mm

Kasse/dæklag samling: Fugemasse på begge sider af acryl
plade. Glasliste af grå PVC pop-
nippet til ramme

Placering af tilslutninger/tætning: Gummislanger Ø19 mm midt for
enderne/gummityller

Anbefalet inddækning/placering ...: Uden på tag

Ventilationsmulighed: Ingen udluftningshuller

Effektivitetskurve, lineariseret ..: 0,73-8,8 (T_m-T_l)/E

PRØVNINGSRESULTATER solfanger nr. 1

LUFTTÆTHEDSPRØVNING

Meget utæt

utæthedstal
> 20 m³/h pr. 100 Pa

TEMPERATURPRØVNING

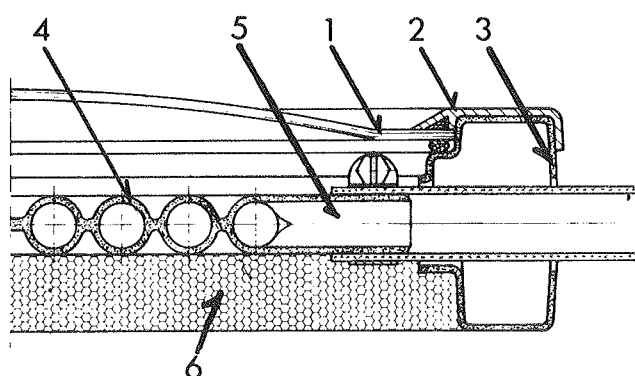
Opvarmningstid (90% af stagnationstemperatur) ...	105 min
Absorbertemperatur minus lufttemp., midt	117 °C
Dæklagstemperatur minus lufttemp., midt	49 °C
Dæklagstemperatur minus lufttemp., v. glasliste..	39 °C
Temperatur på glasliste minus lufttemp.....	31 °C
Lufttemp. i simulator	33 °C

Visuel inspektion efter temperaturprøvning:

REGNTÆTHED

Solfangeren var regntæt ved den udendørs prøvning

FIGURER Solfanger nr. 1



1. Dæklag, 3mm acryl
2. Glasliste af PVC
3. Ramme, polypropylen
4. Absorber, sort polypropylen
5. Studs, gummislange
6. Bagsideisolering, PUR-skum

Fig. S1.1 Snit i solfanger.

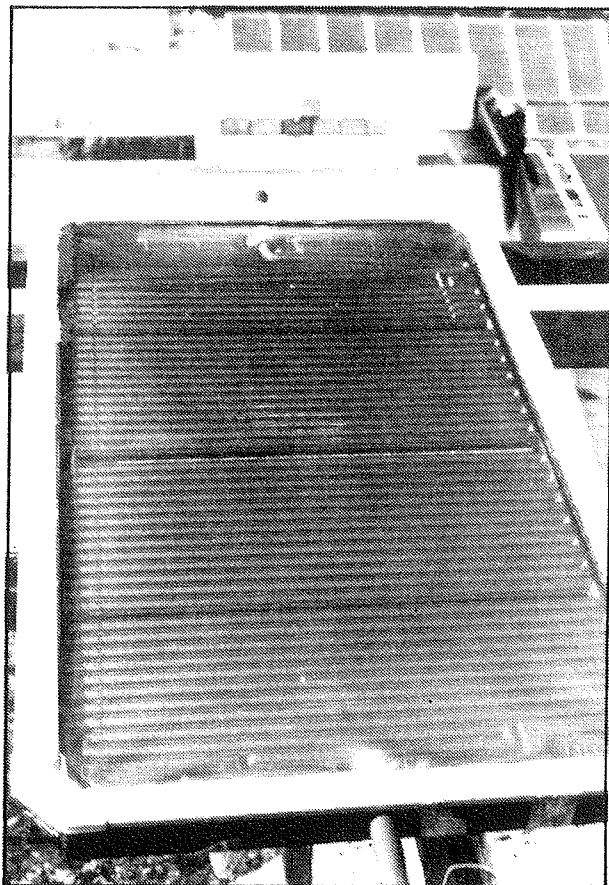


Fig. S1.2
Foto af solfanger.

VURDERING AF SOLFANGEREN

Solfanger nr. 1

Bemærkninger til specielle forhold

Denne solfanger er som den eneste af de prøvede solfangere fremstillet helt i plast. Absorberen af polypropylen har klaret temperaturen op til 140°C uden problemer. Solfangeren har klaret indendørs regntæthedsprøvning uden problemer, men efter placering udendørs i stagnation i $1\frac{1}{2}$ år kan en forøget tendens til kondensdannelse tyde på, at der måske er kommet lidt vand ind med tiden. Dæklagslisterne fornedet har en stor kant, der kan opsamle vand, så den måske bliver utæt med tiden. Dette kan eventuelt være årsagen til vandindtrængen, da kondensdannelsen netop observeres ved bunden af solfangeren.

Sammenfattende vurdering af solfangeren

Solfangeren har klaret prøvningerne uden problemer og har også fungeret relativt godt gennem længere tids stagnation udendørs. Solfangerens størrelse er dog urealistisk lille (0.63 m^2), der skal mindst bruges omkring 10 moduler til et lille brugsvandsanlæg.

RAPPORTERINGSJOURNAL - Indendørs prøvning af solfangeres
driftssikkerhed og holdbarhed

SOLFANGER: 2

Ydre dimensioner (L x B x H).....: 1,38x0,98x0,008 m

Transparant areal.....: 0,92 m²

Vægt, tom: 36 kg - 39 kg/m²

Væskeindhold: 3,4 l - 3,7 l/m²

Solfangerkasse: Helstøbt kasse af glasfiberarme-
ret polyester, sort.

Bagside: Kasse og bund ud i et

Bagsideisolering: 50 mm mineraluld

Kantisolering: 40 mm mineraluld med sortmalet
al-folie

Absorber: Stål, kanalplade

Forbindelsesteknik: Rulle og punktsvejsning

Absorberoverflade: Sort maling

Max. tryk/anb.højeste driftstryk...: 400 kPa/250 kPa

Dæklag: 1 lag 3,8 mm glas

Afstand inderste dæklag/absorber ..: 16 mm

Kasse/dæklag samling: glas anbragt i et spor i rammen,
tætnet og fastholdt med sort sili-
konemasse

Placering af tilslutninger/tætning: 4 stålrør ud af siden/sort sili-
konefugemasse

Anbefalet inddækning/placering: Uden på tagbeklædning

Ventilationsmulighed: Gennem huller i bagpladen

Effektivitetskurve, lineariseret ..: 0,88-8,6 (T_m-T_l)/E

PRØVNINGSRESULTATER solfanger nr. 2

LUFTTÆTHEDSPRØVNING

Meget utæt

utæthedstal

>20 m³/h pr. 100 Pa

TEMPERATURPRØVNING

Opvarmningstid (90% af stagnationstemperatur) ...	135 min
Absorbertemperatur minus lufttemp., midt	103 °C
Dæklagstemperatur minus lufttemp., midt	50 °C
Dæklagstemperatur minus lufttemp., v. glasliste..	47 °C
Temperatur på glasliste minus lufttemp.....	51 °C
Lufttemp. i simulator	37 °C

Visuel inspektion efter temperaturprøvning:

Intet at bemærke

REGNTÆTHED

Ingen vandindtrængning ved påsprøjtning uden sug.

FIGURER Solfanger nr. 2

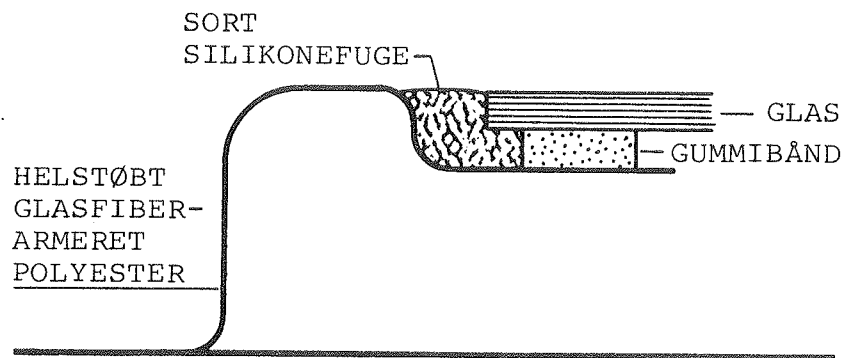


Fig. S2.1 Snit i solfanger.

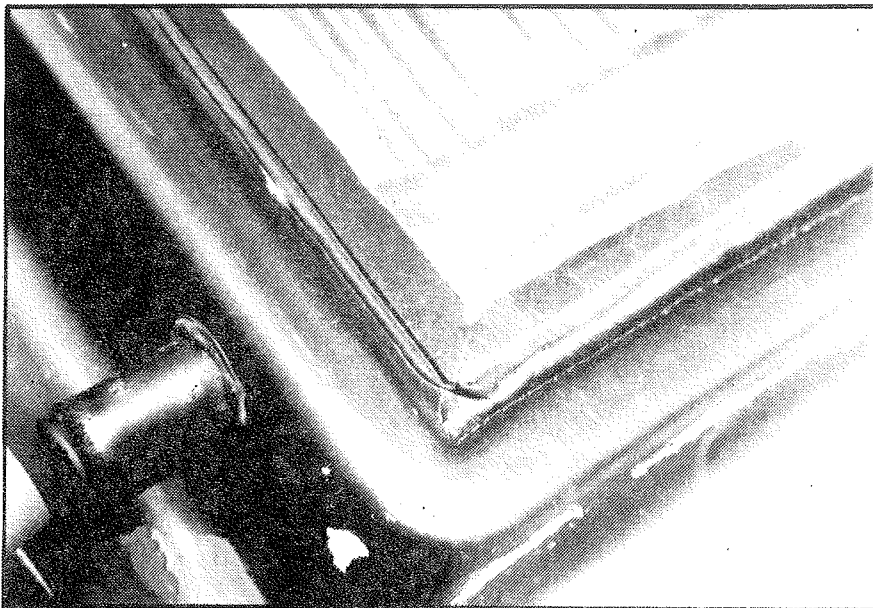
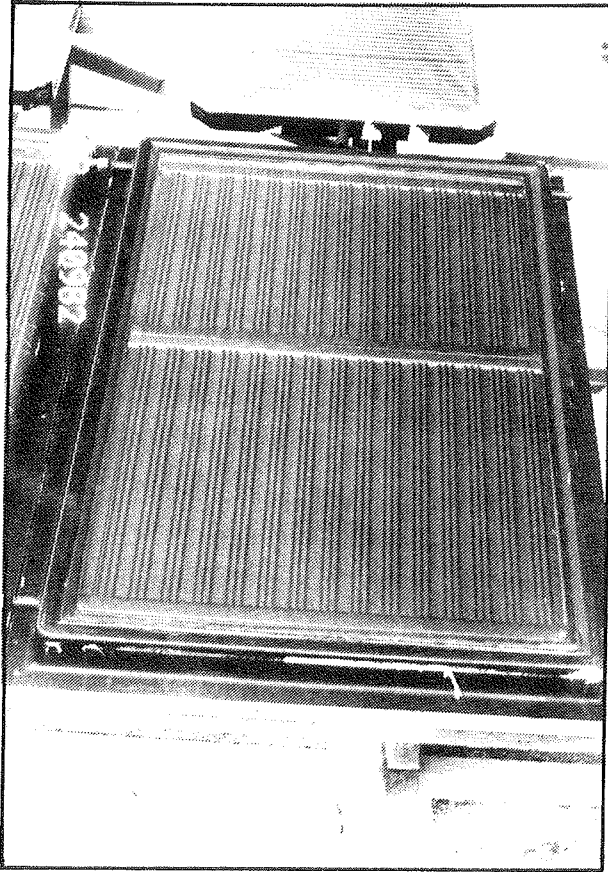


Fig. S2.2 Hjørne af solfanger nr. 2.

Fig. S2.3
Solfanger nr. 2



VURDERING AF SOLFANGEREN

Solfanger nr. 2

Bemærkninger til specielle forhold

Denne solfanger er, som det også fremgår af figurene, opbygget ud fra en helstøbt solfangerkasse af glasfiberarmeret polyester. Kassen har fire huller til rørgennemføring i siderne og fire ventilationshuller i bagsiden samt en indbygget fals foroven til placering af glasdæklag. Rørgennemføringerne er tætnet med sort silicone fugemasse og er tilsyneladende stadig velfungerende med hensyn til at optage termiske bevægelser og afvise regnindtrængning efter at solfangeren har været placeret i udendørs stagnation i 1½ år. Det ville dog med hensyn til langtidsholdbarhed være en fordel om samlingen mellem rør og kasse var beskyttet med sollys og direkte regnpåvirkning. Endelig må det også påpeges, at det tilsyneladende ved denne konstruktion vil være umuligt at udskifte en absorber eller komme til i solfangerkassen. Kasse/dæklagssamlingen sker som vist på fig. S2.1 ved at glasset hviler på et gummibånd og afstanden til kassens sidetop er tætnet med silicone. Dette er en samling, som i praksis har vist sig ganske god; dog kunne udførelsen være bedre, så man undgik, at der opsamles vand i siliconefugen. Nogle glasholderbeslag ville også være en fordel, f.eks. to langs hver side, så det ikke kun er siliconefugen, der fastholder glasdæklaget.

Sammenfattende vurdering

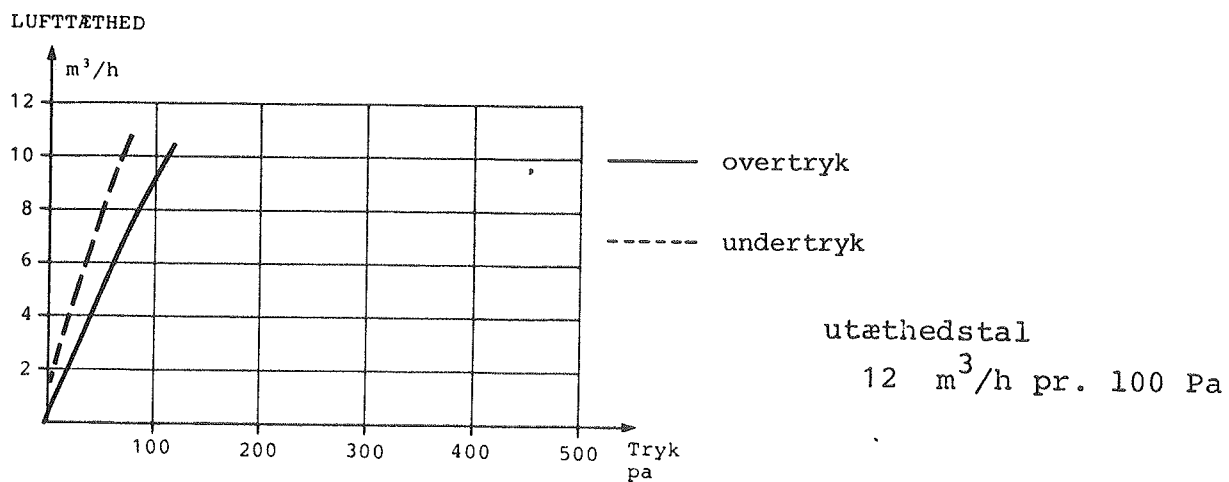
Solfangeren indeholder flere gode konstruktionsdetaljer og er et fint eksempel på et nyt og spændende materialevalg til brug i en solfangerkasse. Der er påpeget en række småting ved konstruktionen, som burde rettes. Bl.a. vil det være vigtigt, at absorberen i givet fald kan udskiftes. Men alt i alt er det et solfang, som har klaret sig meget fint med hensyn til driftssikkerhedsprøvningen og som efter opstilling udendørs i 1½ år i stagnation stadig virker holdbar og regntæt.

RAPPORTERINGSJOURNAL - Indendørs prøvning af solfangeres
driftssikkerhed og holdbarhed

SOLFANGER	3
Ydre dimensioner (L x B x H)	2,08x1,14x0,13 m
Transparant areal	2,03 m ²
Vægt, tom	42 kg - 21 kg/m ²
Væskeindhold	3,5 l - 1,7 l/m ²
Solfangerkasse	Ekstruderet alu-profil svejst i hjørnerne
Bagside	
Bagsideisolering	25 mm mineraluld+20mm polyurethan-
Kantisolering	skum med alu-folie 20 mm mineraluld
Absorber	Stål, kanalplade
Forbindelsesteknik	Rulle og punktsvejsning
Absorberoverflade	Sort maling
Max. tryk/anb.højeste driftstryk...	350 kPa/250 kPa
Dæklag	3 mm acryl + 0,1 mm polyester
Afstand inderste dæklag/absorber ..	Ca.20 mm
Kasse/dæklag samling	Glaslister popnittet til rammen, gummitætningsliste
Placering af tilslutninger/tætning:	4 bagudvendte studse
Anbefalet inddækning/placering	Kan indbygges
Ventilationsmulighed	Udluftningshul i hvert hjørne
Effektivitetskurve, lineariseret ..	0,79-6,9 (T _m -T _l)/E

PRØVNINGSRESULTATER solfanger nr. 3

LUFTTÆTHEDSPRØVNING



TEMPERATURPRØVNING

Opvarmningstid (90% af stagnationstemperatur) ... 33 min
Absorbertemperatur minus lufttemp., midt 137 °C
Dæklagstemperatur minus lufttemp., midt 49 °C
Dæklagstemperatur minus lufttemp., v. glasliste.. 39 °C
Temperatur på glasliste minus lufttemp..... 13 °C
Lufttemp. i simulator 35 °C

Visuel inspektion efter temperaturprøvning:

Intet at bemærke

REGNTÆTHED

Ingen vandindtrængning ved påsprøjtning uden sug.

FIGURER Solfanger nr. 3

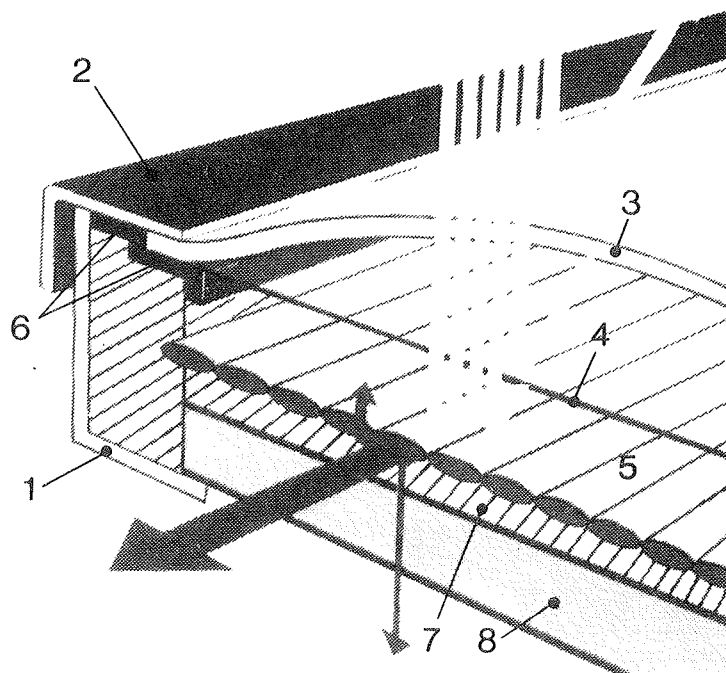


Fig. S3.1

Snit i solfanger.

- 1. Aluminium profil
- 2. Glasliste
- 3. Dæklag 3mm acryl
- 4. Dæklag 0,1mm polyester
- 5. Absorber
- 6. Gummiliste
- 7. Mineraluld, 25mm
- 8. PUR-skum, 20mm

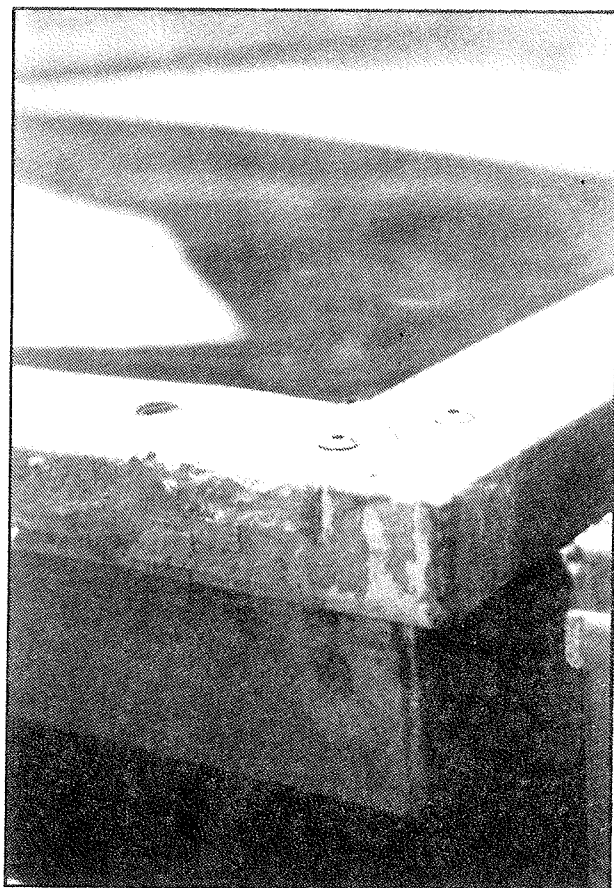


Fig. S3.2

Foto af et hjørne af
olfangeren.



Fig. S3.3

Foto der viser det
kuppelformede dæklag.

VURDERING AF SOLFANGEREN

Solfanger nr. 3

Bemærkninger til specielle forhold (se oversigt fig.)

Det kuppelformede dæklag af acryl har ikke lidt overlast, temperaturen under stagnationsprøven nåede her 49°C over lufttemperaturen ialt omkring 90°C, hvilket acryl kan tåle i tør tilstand.

Der opsamles vand forneden foran kantlisten. Dette kan give problemer ved frost/tø påvirkninger, samt ved den langvarige påvirkning med vand af kantliste og gummipakning. Fugemasse bag ved gummipakning giver dog ekstra sikkerhed mod vandindtrængningen, og drænhuller i konstruktionen er et plus, hvis vand først er kommet ind. Ved 100 Pa undertryk i solfangeren kom der vand ind ved kantlisten, men vandpåsprøjtning alene gav ikke problemer, ligesom solfangeren stadig ser regntæt ud efter placering i udendørs stagnation i 1 år. Et tætningsbånd mellem folie og acryldæklag er dog løsnet et par steder (fig.). Solfangerens glasliste er ombøjet med en passende stor afstand til solfangerkassen, så der opnås god mulighed for inddækning.

Solfangeren indeholder PUR-skum. Når der ikke har været problemer med udgasning skyldes det, at der over PUR-skummet ligger 25 mm mineraluld, således at der ikke opnås så høje temperaturer i skummet.

Sammenfattende vurdering af solfangeren

Solfangeren er veludført og godt konstrueret. Dette hænger måske sammen med, at det er en meget solgt solfanger i det meste af Europa. En virkelig gennemtænkt og produktudviklet solfanger med en effektivitet, som er rimelig god men alligevel ikke kan måle sig med selektive solfangere.

RAPPORTERINGSJOURNAL - Indendørs prøvning af solfangeres
driftssikkerhed og holdbarhed

SOLFANGER: 5

Ydre dimensioner (L x B x H).....: 2,05x0,84x0,06 m

Transparant areal.....: 1,54 m²

Vægt, tom: 29 kg - 19 kg/m²

Væskeindhold: 1,3 l - 0,8 l/m²

Solfangerkasse: Bukket alu-profil, samlet i hjør-
nerne med vinkelbeslag og pop-
nitter.

Bagside: 0,7 mm alu-plade

Bagsideisolering: 28 mm PUR-skum

Kantisolering: 28 mm PUR-skum

Absorber: Aluminium, kanalplade

Forbindelsesteknik: Roll-bond

Absorberoverflade: Sort maling

Max. tryk/anb.højeste driftstryk...: 250 kPa/250 kPa

Dæklag: 1 lag 4 mm glas

Afstand inderste dæklag/absorber ..: Ca. 20 mm

Kasse/dæklag samling: Glasset hviler på en gummiliste,
tætnet og fastholdet med en si-
likonefuge

Placering af tilslutninger/tætning: To studse i siden/ingen tætning

Anbefalet inddækning/placering ...: Uden på tagbeklædning

Ventilationsmulighed: Gennem isoleringen

Effektivitetskurve, lineariseret ..: 0,74 - 7,5 (T_m-T_l)/E

PRØVNINGSRESULTATER solfanger nr. 5

LUFTTETHEDSPRØVNING

Meget utæt

utæthedstal
>20 m³/h pr. 100 Pa

TEMPERATURPRØVNING

Opvarmningstid (90% af stagnationstemperatur) ...	34 min
Absorbertemperatur minus lufttemp., midt	100 °C
Dæklagstemperatur minus lufttemp., midt	45 -
Dæklagstemperatur minus lufttemp., v. glasliste..	35 -
Temperatur på glasliste minus lufttemp.....	25 -
Lufttemp. i simulator	40 -

Visuel inspektion efter temperaturprøvning:

Svag udgasning på dæklag.

REGNTETHED

Ved påsprøjtning uden sug vandindtrængning adskillige steder.

FIGURER Solfanger nr. 5



Fig. S5.2

Hjørne af
solfangeren.
Solfangeren har
stået i stagnation
udendørs et år.

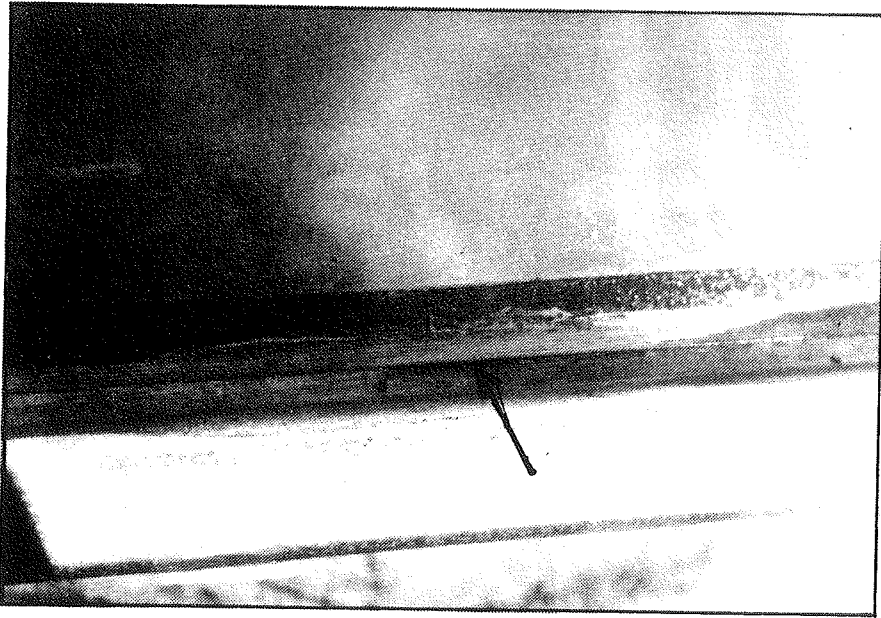
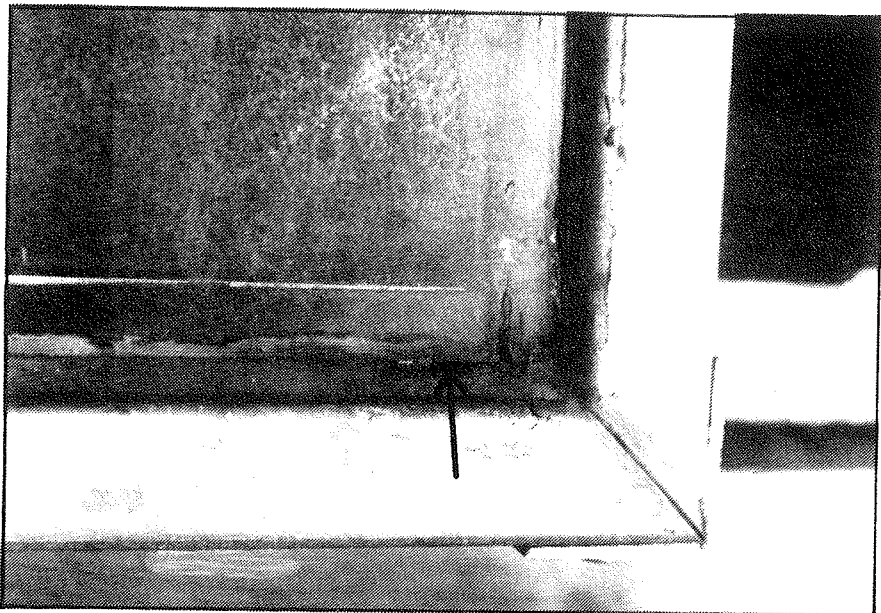


Fig. S5.3

Silikonefugen har løsnet sig, således at vand kan løbe lige ned i solfangeren.



VURDERING AF SOLFANGEREN

Solfanger nr. 5

Bemærkninger til specielle forhold

Silikone fugen er særdeles dårligt udført og vedhæftningen dårlig, således at vand kan løbe direkte ned i solfangeren. Specielt er der problemer omkring hjørnerne, hvor profilerne, der bærer glasset, ikke er i samme niveau.

Der er ingen form for tætning omkring rørgennemføringerne. Endvidere er der ingen monteringsbeslag. Solfangeren må betegnes som utæt over for regnpåvirkning.

Udgasning på glasset var ret svag på trods af, at der er anvendt PUR-skum. Dette skyldes nok anvendelse af den mere temperaturbestandige PUR-skum og en stagnationstemperatur, som kun er 135°C.

Sammenfattende vurdering

Solfangeren er præget af manglende konstruktionsdetaljer samt en meget dårlig udførelse. Iøvrigt må de benyttede materialer siges at være fornuftige. Det må formodes, at solfangeren relativt hurtigt bliver nedbrudt som følge af den dårlige tæthed over for regn.

RAPPORTERINGSJOURNAL - Indendørs prøvning af solfangeres
driftssikkerhed og holdbarhed

SOLFANGER: 9

Ydre dimensioner (L x B x H).....: 1,65x0,60x0,0058 m

Transparant areal.....: 0,95 m²

Vægt, tom: 17 kg 18 kg/m²

Væskeindhold: 0,8 R 0,8 l/m²

Solfangerkasse: Ekstruderet alu-profil samlet
med popnitter

Bagside: 4 mm oliehardt masonit

Bagsideisolering: 20 mm mineraluld

Kantisolering: Ingen

Absorber: Aluminium, kanalplade

Forbindelsesteknik: Roll bond

Absorberoverflade: Sort maling

Max. tryk/anb.højeste driftstryk...: 400/80 kPa

Dæklag: 1 lag 3 mm glas

Afstand inderste dæklag/absorber ..: Ca. 15 mm

Kasse/dæklag samling: Glasset anbragt i et spor i
rammen tætnet med fugemasse

Placering af tilslutninger/tætning: Midt for de korte ender/fugemasse

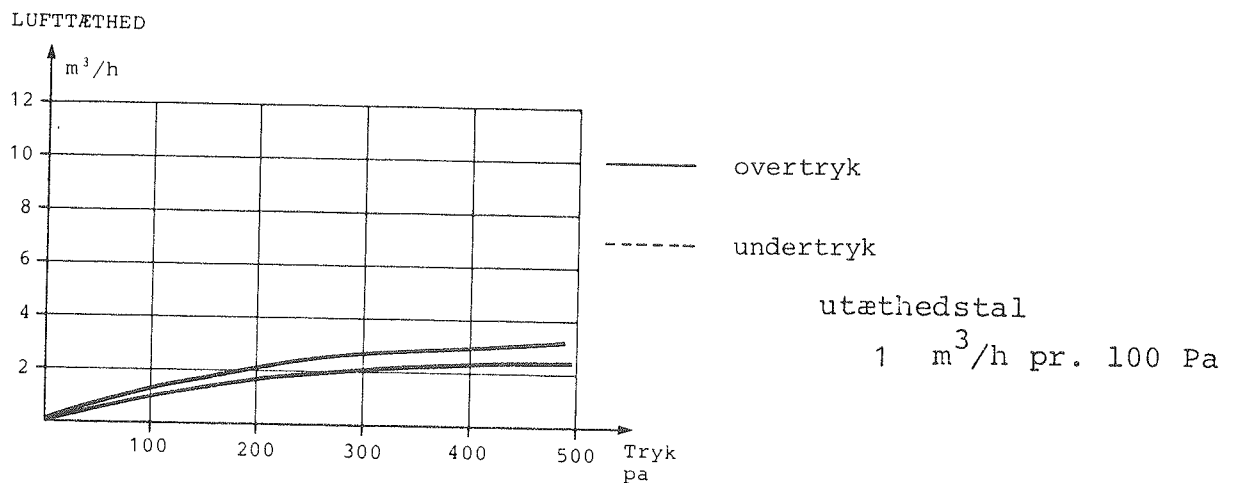
Anbefalet inddækning/placering ...: Uden på tag

Ventilationsmulighed: 4 stk. 6 mm huller forned

Effektivitetskurve, lineariseret ..: 0,78 - 12 (T_m-T₁)/E

PRØVNINGSRESULTATER solfanger nr. 9

LUFTTÆTHEDSPRØVNING



TEMPERATURPRØVNING

Opvarmningstid (90% af stagnationstemperatur) ...	33 min
Absorbertemperatur minus lufttemp., midt	88 °C
Dæklagstemperatur minus lufttemp., midt	24 -
Dæklagstemperatur minus lufttemp., v. glasliste..	32 -
Temperatur på glasliste minus lufttemp.....	26 -
Lufttemp. i simulator	40 -

Visuel inspektion efter temperaturprøvning:

Svag udgasning på dæklag

REGNTÆTHED

Ved vandpåsprøjtning vandindtrængning ved det ene hjørne.

FIGURER Solfanger nr. 9

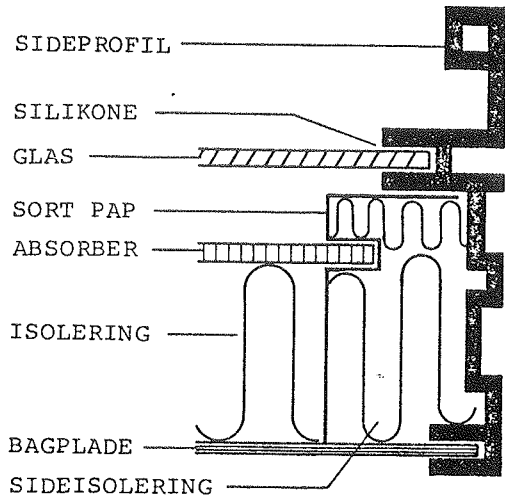


Fig. S9.2
Snit i solfanger.

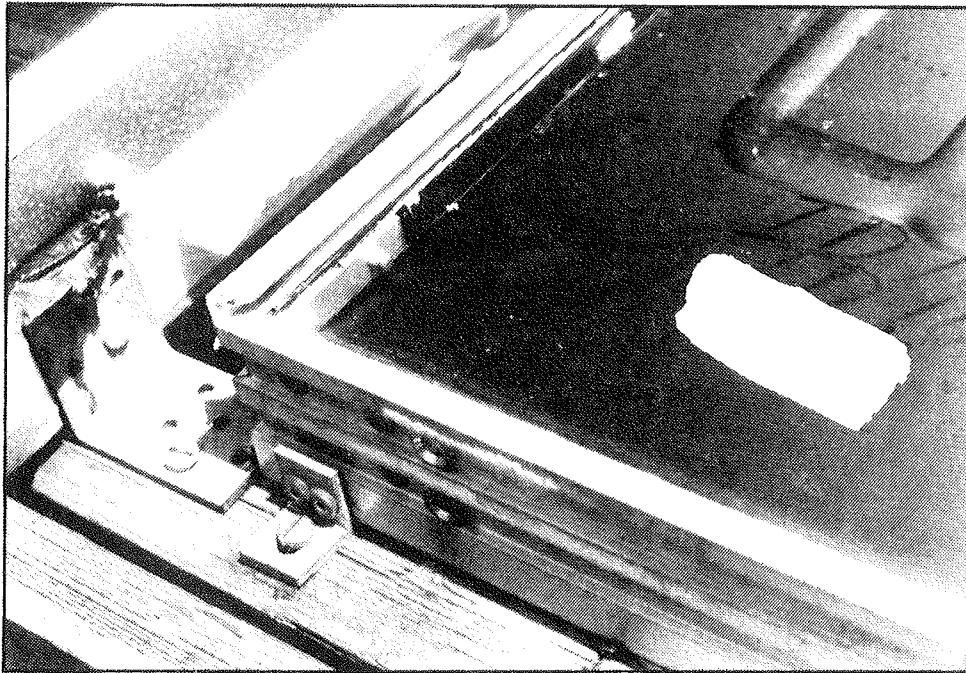


Fig. S9.2
Hjørne af solfanger.

VURDERING AF SOLFANGEREN

Solfanger nr. 9

Bemærkninger til speciele forhold

Denne solfanger har et meget stort varmetab. Dette skyldes de's, at bagsideisoleringen er for tynd, kun 20 mm, dels at der ingen kantisolering er, og at afstanden mellem absorber og dæklag (15 mm) er i underkanten. Målingerne viser da også en meget lav stagnationstemperatur samt en høj temperatur på glaslisten.

Tætningen mellem glasset og sporet i aluminiumprofilet er svær at udføre med den anvendte konstruktion. Der blev da også konstateret indtrængning af vand ved det ene hjørne ved a'mindelig vandpåsprøjtning. Der er ingen tætning mellem glas og aluminiumprofil. Dette kan pga. kapilær virkning føre til regnutæthed.

Sammenfattende vurdering

Materialevalget er i orden, men solfangerens konstruktion med den vanskelige tætning mellem glas og ramme er diskutabel. Solfangeren har et helt uakseptabelt stort varmetab, alene af den grund bør konstruktionen laves om.

RAPPORTERINGSJOURNAL - Indendørs prøvning af solfangeres
driftssikkerhed og holdbarhed

SOLFANGER	10
Ydre dimensioner (L x B x H)	220x0,86x0,12 m
Transparent areal	1,49
Vægt, tom	45 kg - 30 kg/m ²
Væskeindhold	1,3 l - 0,9 l/m ²
Solfangerkasse	Imprægneret fyrretræ (20x120 mm), de korte sider dobbelte med 50 mm spalte
Bagside	4 mm træfiberplade
Bagsideisolering	50 mm mineraluld
Kantisolering	Ingen ud over rammen af træ
Absorber	Aluminium, kanalplade
Forbindelsesteknik	Roll-bond
Absorberoverflade	Sort maling
Max. tryk/anb.højeste driftstryk...	300 kPa/100 kPa
Dæklag	1 lag 4 mm glas
Afstand inderste dæklag/absorber ..	Ca. 35 mm
Kasse/dæklag samling	Glasset hviler på indvendig liste, fastholdes af glaslister af træ, tætnet med fugebånd. Afdækket med alu-kapsel. Forneden er glas- set ført ud.
Placering af tilslutninger/tætning:	2 stk. gennem lange sider
Anbefalet inddækning/placering	Indbygget eller uden på tag
Ventilationsmulighed	Ingen udluftningshuller
Effektivitetskurve, lineariseret ..	$0,78 \div 8,3 (T_m - T_1) / E$

PRØVNINGSRESULTATER solfanger nr. 10

LUFTTÆTHEDSPRØVNING

Meget utæt

utæthedstal
>20 m³/h pr. 100 Pa

TEMPERATURPRØVNING

Opvarmningstid (90% af stagnationstemperatur) ...	33 min
Absorbertemperatur minus lufttemp., midt	104 °C
Dæklagstemperatur minus lufttemp., midt	54 °C
Dæklagstemperatur minus lufttemp., v. glasliste..	52 °C
Temperatur på glasliste minus lufttemp.....	34 °C
Lufttemp. i simulator	36 °C

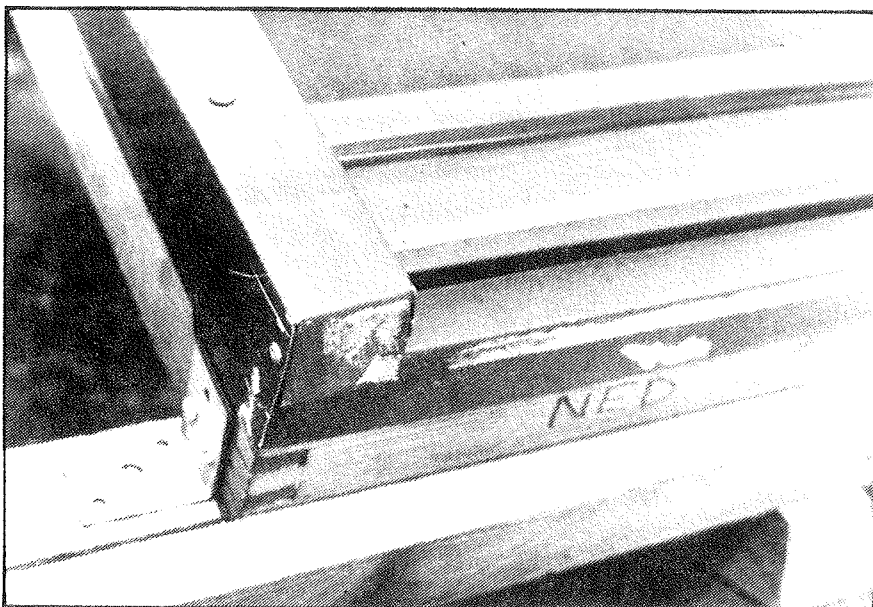
Visuel inspektion efter temperaturprøvning:

Intet at bemærke

REGNTÆTHED

Ingen vandindtrængning ved påsprøjtning.

FIGURER Solfanger nr. 10



← glas hertil

FIG. S10.2

Hjørne nederst på solfangeren. Glasset fortsætter ned til pilen.

VURDERING AF SOLFANGEREN

Solfanger nr. 10

Bemærkninger til specielle forhold

Solfangeren er opbygget af impregneret fyrretræ, dette kan ved varmepåvirkning afgive harpiks, der i forbindelse med fugt over lang tid kan danne en ret tæt belægning på glasset. Dette er ikke konstateret ved afprøvningen, hvilket nok skyldes den ringe fugtbelastning. Ved de udendørs prøver der har været udført disse har der efter et år dannet sig en mindre hinde, men det virker ikke slemt i forhold til andre solfangere.

Solfangeren har en uheldig glasholderliste for neden, hvor vand kan opsamles i kanten og kapilært kan ledes ind i solfangeren. Det sidste kan konstateres på solfangeren, der har været placeret i udendørs stagnation i 1 år. Hvis man anser det for nødvendigt med noget til at holde på glasset forneden, ville et par smalle stopklodser være nok. Glaslistens ombøjede inddækningskant i siden er meget smal. (fig. S10.2).

Solfangeren har drænhuller. Solfangeren var regntæt ved regntætningsprøvningen, og ser næsten ud som ny efter 1 års placering udendørs.

Sammenfattende vurdering

Solfangeren er veludført med gennemtænkte konstruktionsdetaljer. Dog kunne den nederste glasholderliste undværes og evt. erstattes med et par smalle stopklodser.

RAPPORTERINGSJOURNAL - Indendørs prøvning af solfangeres
driftssikkerhed og holdbarhed

SOLFANGER: 11

Ydre dimensioner (L x B x H).....: 2,07x1,04x0,08

Transparant areal.....: 1,96

Vægt, tom: 72 kg - 37 kg/m²

Væskeindhold: 4,4 l - 2,3 l/m²

Solfangerkasse: 1 mm alu-plade samlet med vinkel-
beslag og popnitter. Kantskinne
til glasset popnittet til rammen

Bagside: PUR-skummet?

Bagsideisolering: 35 mm PUR-skum

Kantisolering: 25 mm PUR-skum

Absorber: Stål, kanalplade

Forbindelsesteknik: Rulle og punktsvejsning

Absorberoverflade: Sort maling

Max. tryk/anb.højeste driftstryk...: 1000 kPa/60 kPa

Dæklag: 1 lag 4 mm glas

Afstand inderste dæklag/absorber ..: Ca. 20 mm

Kasse/dæklag samling: Glasset hviler på gummiliste.
Tætnet og fastholdt med silikone-
fuge

Placering af tilslutninger/tætning: 4 studse gennem den korte side/
tætnet med PUR-skum

Anbefalet inddækning/placering: Indbygget eller uden på tag

Ventilationsmulighed: 3 mm hul i korte sider

Effektivitetskurve, lineariseret ..: 0,82-7,3 (T_m-T_l)/E

PRØVNINGSRESULTATER solfanger nr. 11

LUFTTÆTHEDSPRØVNING

Meget utæt

utæthedstal
>20 m³/h pr. 100 Pa

TEMPERATURPRØVNING

Opvarmningstid (90% af stagnationstemperatur) ...	58 min
Absorbertemperatur minus lufttemp., midt	105 °C
Dæklagstemperatur minus lufttemp., midt	51 °C
Dæklagstemperatur minus lufttemp., v. glasliste..	42 °C
Temperatur på glasliste minus lufttemp.....	22 °C
Lufttemp. i simulator	36 °C

Visuel inspektion efter temperaturprøvning:

Kraftig belægning på indersiden af dæklag.

REGNTÆTHED

Ingen vandindtrængning ved påsprøjtning.

FIGURER Solfanger nr. 11

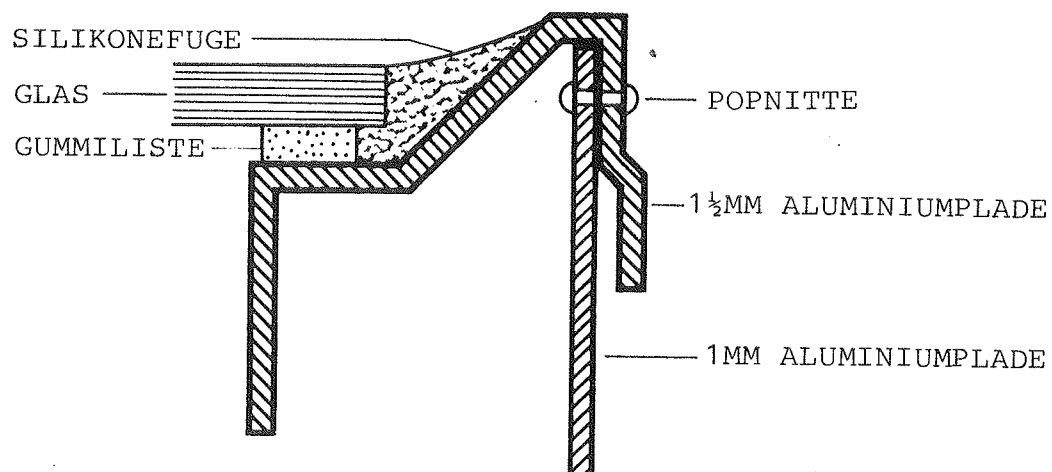


Fig. S11.1

Snit der viser kasse/dæklag samlingen.

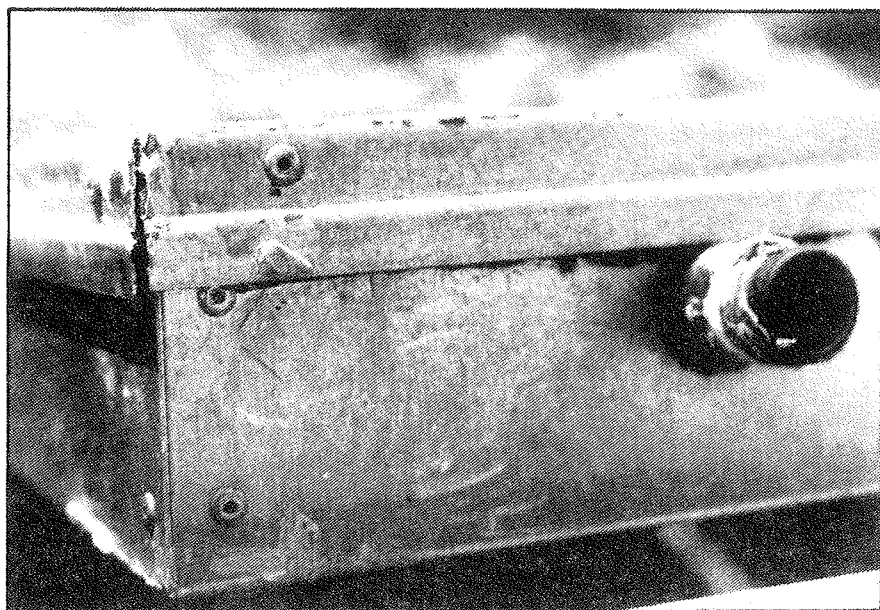


Fig. S11.2

Hjørne af solfangeren.

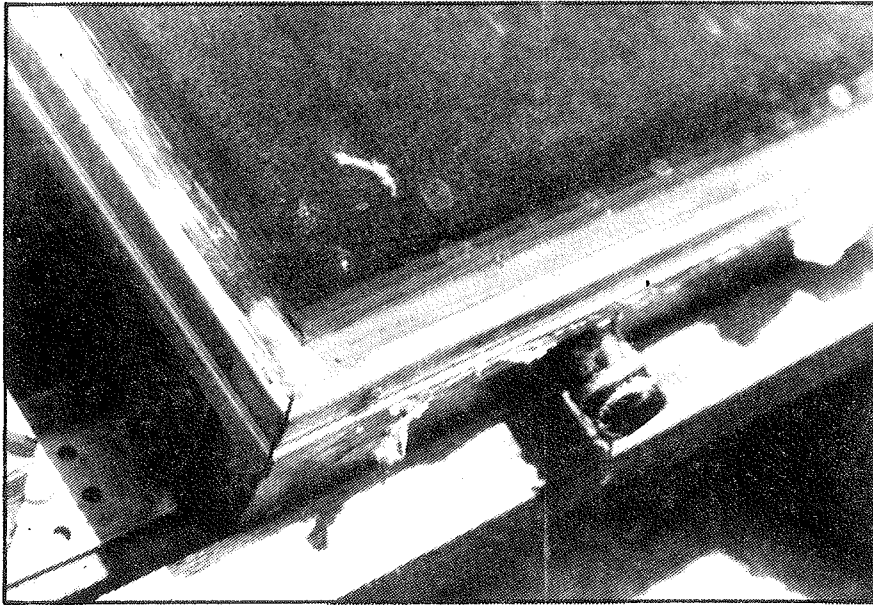


Fig. S11.3

Hjørne af solfangeren der viser kasse/dæklag samlingen med silikonefugen.

VURDERING AF SOLFANGEREN

Solfanger nr. 11

Bemærkninger til specielle forhold

Bagsideisoleringen udgøres af PUR-skum. Dette gav anledning til kraftige udgasninger på indersiden af glasset ved stagnationsprøven. Udgasningen havde allerede vist sig ved den forudgående effektivitetsprøvning, men blev forværret.

Tætningen mellem glas og kasse er udført som med solfanger nr. 5, men mere omhyggeligt, og der blev ikke konstateret vandindtrængning ved prøvningerne. Efter et år udendørs, er der dog enkelte steder tegn på dårlig vedhæftning mellem glas og silikone (fugen kan trækkes af), og det er et spørgsmål om løsningen er langtidsholdbar med de store krav, der stilles til regntæthed. Der er ingen mekanisk fastholdelse af glasset, hvilket er risikabelt, da siliconefugen alene skal holde igen ved vindsug. To smalle beslag på hver side af solfangeren ville være tilstrækkeligt.

Sammenfattende vurdering

Solfangeren fremtræder veludført. Nedbrydningen af PUR-skummet og den tilhørende udgasning er et alvorligt problem. Endvidere er langtidsholdbarheden af tætningen mellem glas og kasse tvivlsom.

RAPPORTERINGSJOURNAL - Indendørs prøvning af solfangeres
driftssikkerhed og holdbarhed

SOLFANGER: 12

Ydre dimensioner (L x B x H).....: 2,08x1,07x0,11

Transparant areal.....: 1,97

Vægt, tom: 80 kg - 41 kg/m²

Væskeindhold: 4,5 l - 2,3 l/m²

Solfangerkasse: 0,9 mm galvaniseret stål, samlet
med vinkelbeslag og popnitter.
T-formet alu-profil til glasset
popnettet til siden af kassen

Bagside: 0,9 mm galvaniseret-jernplade

Bagsideisolering: 60 mm mineraluld

Kantisolering: 25 mm hård mineraluld, afdækket
med alu-folie

Absorber: Stål, plade-rør

Forbindelsesteknik: Klemning

Absorberoverflade: Selektiv, sort nikkel

Max. tryk/anb.højeste driftstryk...: 600 kPa/250 kPa

Dæklag: 1 lag 4 mm glas

Afstand inderste dæklag/absorber ..: Ca. 20 mm

Kasse/dæklag samling: Glasset hviler på gummilister.
Glasliste af alu-profil, skruet
fast. Gummiliste mellem glas og
glasliste, stødt sammen i hjør-
nerne.

Placering af tilslutninger/tætning: 4 studse i de lange sider/fuge-
masse. (Silicone)

Anbefalet inddækning/placering: Uden på tag

Ventilationsmulighed: Ingen ventilationshuller

Effektivitetskurve, lineariseret ..: 0,66 - 5,1 (T_m-T₁)/E

PRØVNINGSRESULTATER solfanger nr. 12

LUFTTÆTHEDSPRØVNING

Meget utæt

utæthedstal

20 m³/h pr. 100 Pa

TEMPERATURPRØVNING

Opvarmningstid (90% af stagnationstemperatur) ...	75 min
Absorbertemperatur minus lufttemp., midt	135 °C
Dæklagstemperatur minus lufttemp., midt	44 °C
Dæklagstemperatur minus lufttemp., v. glasliste..	35 °C
Temperatur på glasliste minus lufttemp.....	17 °C
Lufttemp. i simulator	37 °C

Visuel inspektion efter temperaturprøvning:

Kraftig belægning på indersiden af dæklag.

REGNTÆTHED

Ved vandpåsprøjtning vandindtrængning ved hjørner og tilslutningsstudse. Vand løber gennem utætheder ved tætningsliste ned i sideisolering.

FIGURER Solfanger nr. 12

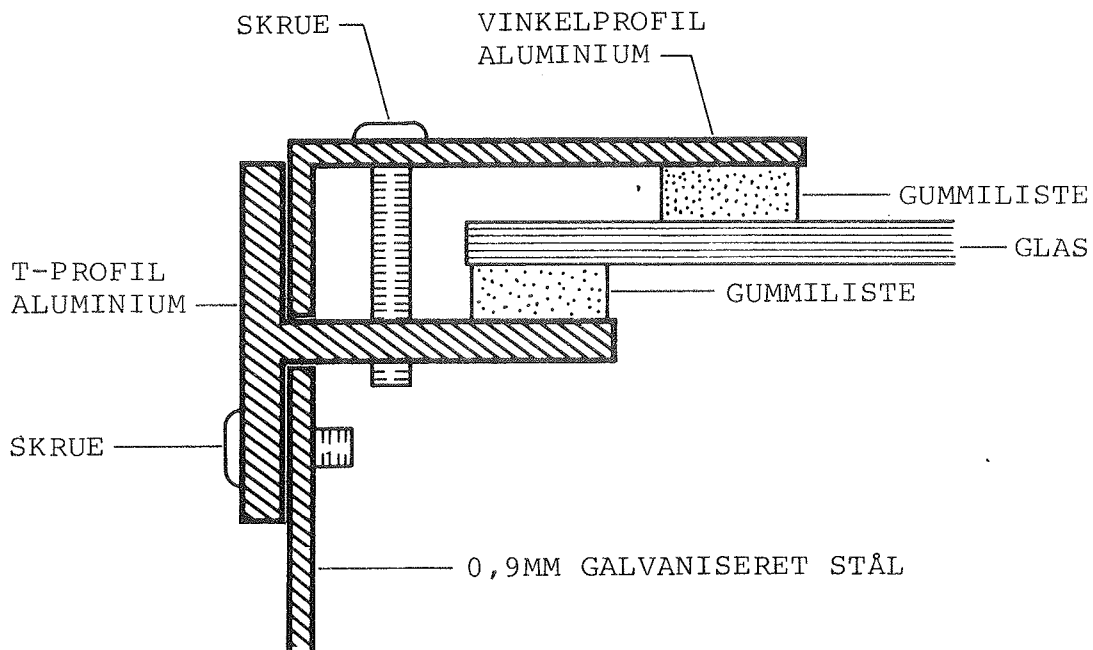


Fig. S12.1

Snit der viser kasse/dæklag samlingen

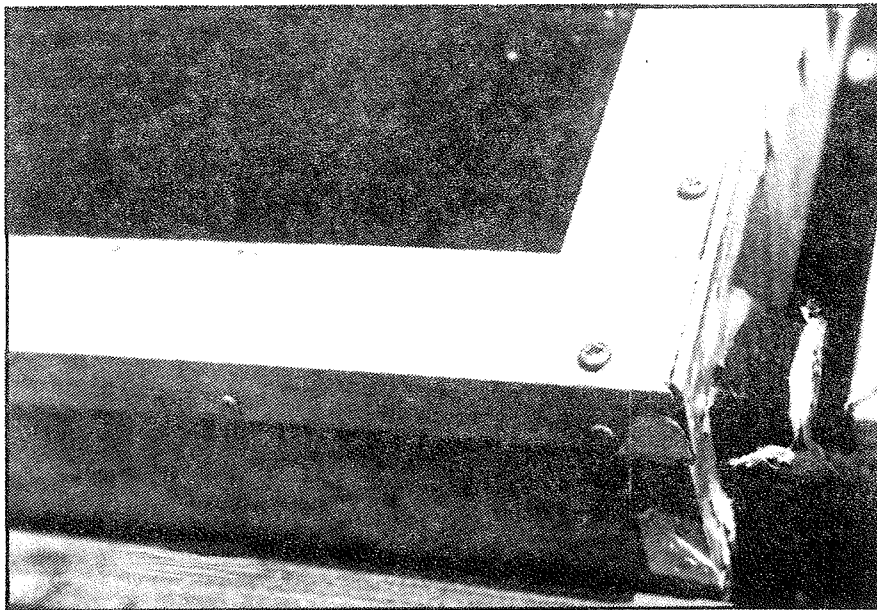


Fig. S12.2

Hjørne af solfangeren

VURDERING AF SOLFANGEREN

Solfanger nr. 12

Bemærkninger til specielle forhold

Der blev konstateret kraftige udgasninger på glasset. Ud fra en vurdering af de indgående materialer må det formodes, at udgasningen stammer fra en oliering af absorbereren, da materialerne i sig selv er stabile.

Glaslisten er skruet fast til rammen. Afstanden mellem skruerne er stor (cm) og løsningen med de forskudte gummlister uheldig. Dette har givet en dårlig komprimering, og da der heller ikke er nogen topforsejling er solfangeren meget utæt over for regn. Endvidere bevirker den dårlige komprimering, at der kan opstå åbninger i hjørnerne ved gummi-båndets krympning. Ved vandpåsprøjtning opsamles vand tydeligvis ved den nederste glaslistekant.

Tilslutningsstudsene er kun tætnet imod kassen med en silikonefuge, hvilket ikke er en holdbar løsning. Efter et år udendørs er denne silikonefuge flere steder faldet helt af, da den ikke binder på det delvist korroderede rør.

Sammenfattende vurdering

Solfangeren er dårligt udført og dårligt konstrueret og må formodes at være nedbrudt efter få års drift.

RAPPORTERINGSJOURNAL - Indendørs prøvning af solfangeres
driftssikkerhed og holdbarhed

SOLFANGER	13
Ydre dimensioner (L x B x H).....	1,93x1,24x0,09 m
Transparant areal.....	2,06
Vægt, tom	58 kg - 28 kg/m ²
Væskeindhold	4,5 l - 2,2 l/m ²
Solfangerkasse	Ramme af ekstruderet alu-profil samlet med vinkelbeslag og pop- nitter
Bagside	ABS-plast
Bagsideisolering	37 mm PUR-skum og alu-folie luft- lag mellem folie og absorber
Kantisolering	25 mm PUR-skum
Absorber	Kobber, plade-rør
Forbindelsesteknik	Klemning
Absorberoverflade	Selektiv
Max. tryk/anb.højeste driftstryk...	600 kPa/600 kPa
Dæklag	1 lag 4 mm glas,3 delt
Afstand inderste dæklag/absorber ..	25 mm
Kasse/dæklag samling	U-formet EPDM gummiliste skubbet ind over glassets kant. Glasliste af stålplade, skruet fast.
Placering af tilslutninger/tætning:	4 studse gennem lange sider/ gummiklodser
Anbefalet inddækning/placering	Uden på tag
Ventilationsmulighed	2 stk. 18 mm huller i den ene af de korte sider
Effektivitetskurve, lineariseret ..	0,74 - 5,6 (T _m -T _l)/E

PRØVNINGSRESULTATER solfanger nr. 13

LUFTTÆTHEDSPRØVNING

utæthedstal

>20 m³/h pr. 100 Pa

TEMPERATURPRØVNING

Opvarmningstid (90% af stagnationstemperatur) ...	105 min
Absorbertemperatur minus lufttemp., midt	131 °C
Dæklagstemperatur minus lufttemp., midt	50 °C
Dæklagstemperatur minus lufttemp., v. glasliste..	
Temperatur på glasliste minus lufttemp.....	
Lufttemp. i simulator	33 °C

Visuel inspektion efter temperaturprøvning:

Intet at bemærke

REGNTÆTHED

Ved påsprøjtning vandindtrængning ved gummiliste, dråber kunne ses flere steder på absorber. Ved undertryk og påsprøjtning stor vandindtrængning.

FIGURER Solfanger nr. 13

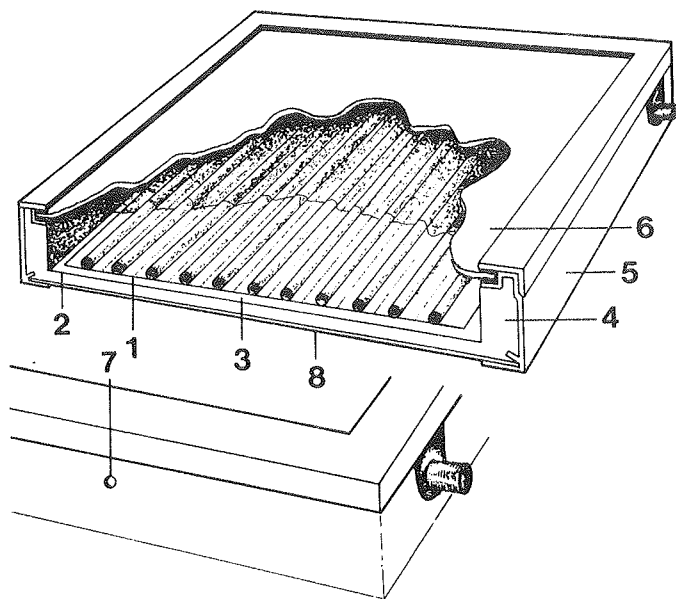


Fig. S13.1

Snit i solfangeren.

1. Absorber
2. Aluminiumsfolie
3. Luftmellemrum
4. PUR-skum
5. Profil af aluminium
6. Glas
7. Kondenshul
8. Bagside, plast

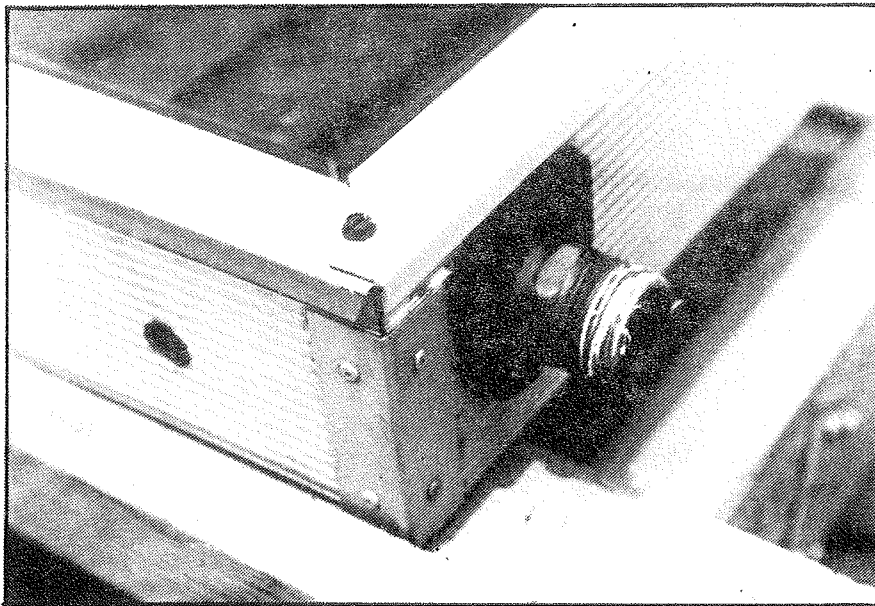


Fig. S13.2

Hjørne af solfangeren. Bemærk gummibåndets krympning.

VURDERING AF SOLFANGEREN

Solfanger nr. 13

Bemærkninger til specielle forhold

Tætningen mellem glas og kasse med det U-formede gummiprofil ført ubrudt rundt om hjørnerne, er ikke regntæt, således som den er udført med en svag glassliste. Solfangeren er fuget med silicone i hjørnerne mellem glas og glasliste. Selv om solfangeren ikke er regntæt, betyder 2 store drænhuller i den nederste solfangerside og en stor ventilation, at det indtrængende vand bliver et kort bekendskab. Der er da også kun en ringe korrosionpåvirkning af absorberen efter 1 års placering udendørs, når man tager regntætheden i betragtning (en smule ir ved rørlodninger). Rørgennemføringssklodsen er ikke regntæt.

Sammenfattende vurdering

Solfangeren indeholder mange gode konstruktionsløsninger. Den er imidlertid ikke regntæt, hvorfor langtidsholdbarheden ikke er sikret selv med drænhuller og god ventilation. Solfangeren er iøvrigt konstrueret til et andet klima end vores, hvor regntætheden ikke har samme betydning og hvor langtidsholdbarheden derfor sandsynligvis vil være i orden.

RAPPORTERINGSJOURNAL - Indendørs prøvning af solfangeres
driftssikkerhed og holdbarhed

SOLFANGER: 16

Ydre dimensioner (L x B x H).....: 2,03x0,83x0,11 m

Transparant areal.....: 1,57 m²

Vægt, tom: 42 kg - 27 kg/m²

Væskeindhold: 1,36 l - 0,9 l/m²

Solfangerkasse: 2 mm alu-profil med vinkelbeslag
og popnitter

Bagside: Asfaltinprægneret pap

Bagsideisolering: 70 mm mineraluld

Kantisolering: 15 mm mineraluld

Absorber: Aluminium, kanalplade

Forbindelsesteknik: Roll-bond

Absorberoverflade: Sort maling

Max. tryk/anb.højeste driftstryk...: 400/200 kPa

Dæklag: 1 lag 4 mm glas

Afstand inderste dæklag/absorber ..: 18 mm

Kasse/dæklag samling: Glasset hviler på gummiliste på
alu-profil. Silikonefuge bagved
gummiliste. Glaslister fastgjort
med skruer direkte oven på glas

Placering af tilslutninger/tætning: Diagonalt for enderne/gummipakning

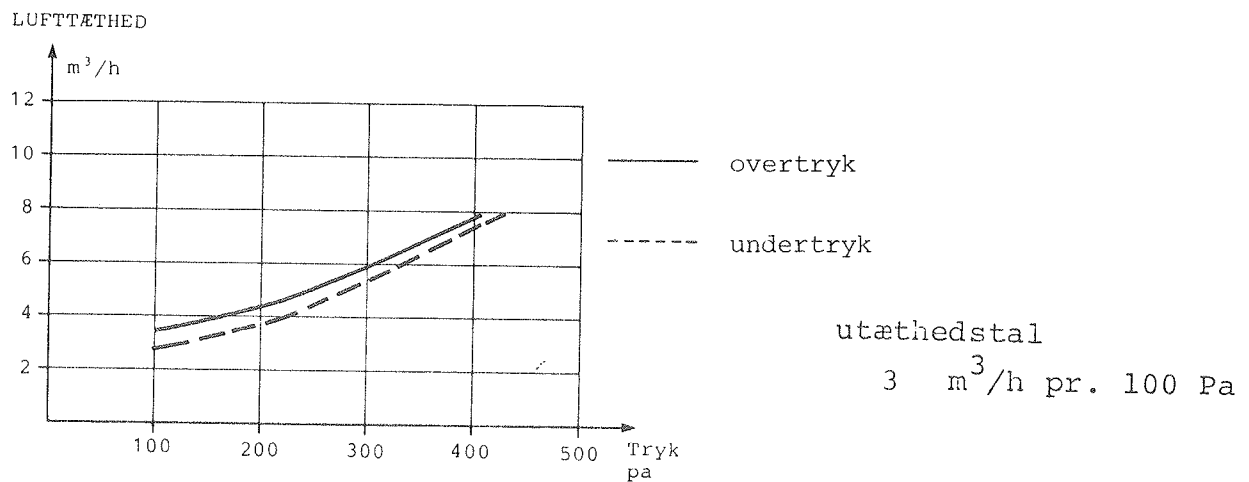
Anbefalet inddækning/placering ...: Uden på tag og indbygget

Ventilationsmulighed: Ingen huller, ventileres gennem
bagsideisoleringen.

Effektivitetskurve, lineariseret ..: 0,83 - 8,0 (T_m-T_l)/E

PRØVNINGSRESULTATER solfanger nr. 16

LUFTTÆTHEDSPRØVNING



TEMPERATURPRØVNING

Opvarmningstid (90% af stagnationstemperatur) ...	
Absorbertemperatur minus lufttemp., midt	105°C
Dæklagstemperatur minus lufttemp., midt	68°C
Dæklagstemperatur minus lufttemp., v. glasliste..	42°C
Temperatur på glasliste minus lufttemp.....	35°C
Lufttemp. i simulator	36°C

Visuel inspektion efter temperaturprøvning:

Solfangeren blev først prøvet med Albarino glas med lavt jernindhold, det sprang ved stagnationsprøvningen.

Svag belægning på indersiden af dæklag efter temperaturprøvning med almindeligt glas.

REGNTÆTHED

Ved vandpåsprøjtning vandindtrængning ved den ene tilslutningsstuds, isoleringen våd.

FIGURER Solfanger nr. 16

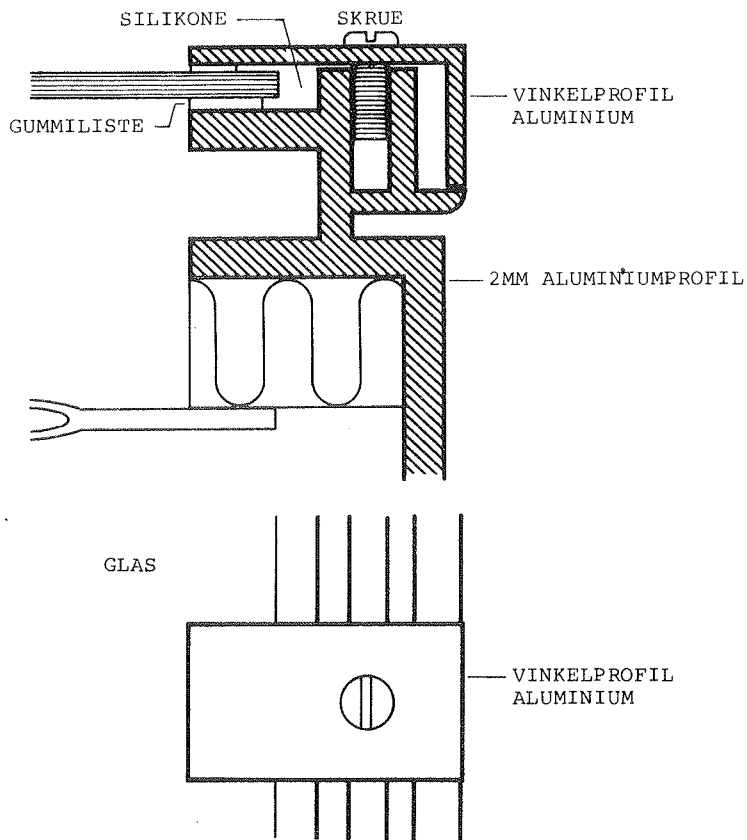


Fig. S16.1 Snit i solfangeren.

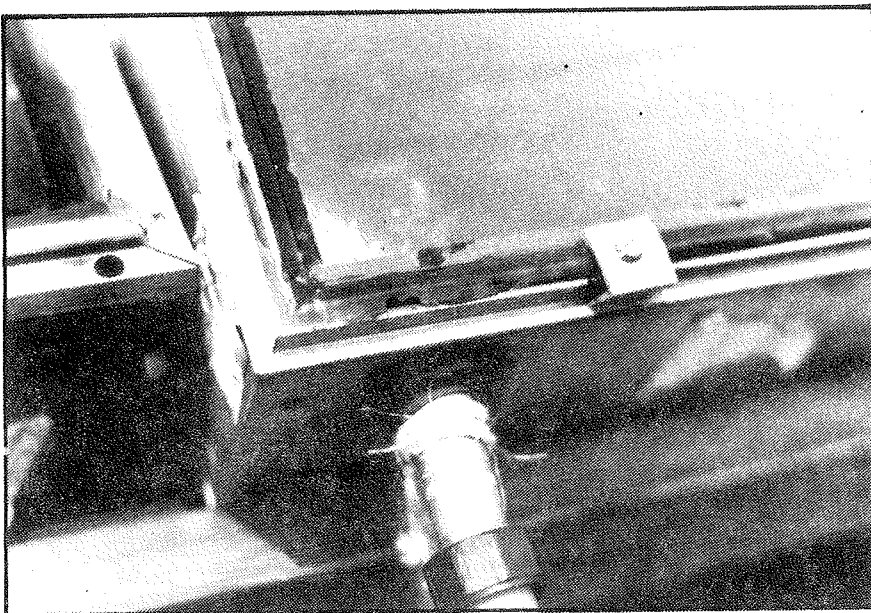


Fig. S16.2

Hjørne af solfangeren. I den afprøvede model var glasset anbragt direkte på profilet.

VURDERING AF SOLFANGEREN

Solfanger nr. 16

Bemærkninger til specielle forhold

Glasset hviler direkte på en kant på alu-profilet. Dette bevirker, at glassets kant køles kraftigt, hvilket forøger solfangerens varmetab og gør den mere udsat for vindpåvirkninger, specielt pludselige vindstød, da glasset ikke kan bevæge sig i lodret retning. Endvidere forøger det risikoen for brud på dæklaget som følge af de relativt store temperaturforskelle fra midten af dæklaget til kanten. Dette fremgik tydeligt af, at temperaturprøvninen med Albarinoglas betød, at glasset knækkede. Det er dog en fordel, at dæklaget ikke ligger i spænd.

Den nederste glasliste bør erstattes af smalle glasholderbeslag på den nye udgave af solfangeren. Inddækningen af solfangeren er vanskelig og kan give utæthed pga. meget kort afstand mellem inddækningsliste og sideprofilet.

Der blev observeret en udbuling op mod glasset af absorberen ved stagnation. Grunden er nok, at absorberen bliver varmere på midten end langs med kanten, og at den kun er $1\frac{1}{2}$ mm tyk.

Tætningen omkring rørgennemføringerne er udført med en gummitylle i rammeprofilet. Der blev konstateret vandindtrængning her. Der blev også konstateret en smule udgasning. Det kan ikke afgøres med sikkerhed, hvor den kommer fra, men må nok tilskrives mineraluldens bindermateriale. Solfangeren blev udsat for vindlastprøvning på det dobbelte af almindeligt, 1000 Pa, uden at der var problemer.

Sammenfattende vurdering

Solfangeren fremtræder veludført. Efter en løsning af problemet med rørgennemføringerne og glassets understøtning har man en god solfanger. Problemet med glassets understøtning er løst i en nyere udgave.

RAPPORTERINGSJOURNAL - Indendørs prøvning af solfangeres
driftssikkerhed og holdbarhed

SOLFANGER: 19

Ydre dimensioner (L x B x H).....: 1,80x0,80x0,10 m

Transparant areal.....: 1,38 m²

Vægt, tom: 35 kg - 25 kg/m²

Væskeindhold: 1,4 l - 1,0 l/m²

Solfangerkasse: 1 mm bukket alu-plade samlet med
vinkelbeslag og popnitter. Pladen
er bukket så den både udgør under-
lag til glas og glasliste.

Bagside: ?

Bagsideisolering: 50 mm mineraluld

Kantisolering: Ingen

Absorber: Kobber, plade-rør

Forbindelsesteknik: Lodning

Absorberoverflade: Selektiv, sort kobberoxyd

Max. tryk/anb.højeste driftstryk...: 800 kPa/250 kPa

Dæklag: 1 lag 4mm glas

Afstand inderste dæklag/absorber ..: Ca. 35 mm

Kasse/dæklag samling: Fugebånd på begge sider af glas.
Komprimeret ved klemning

Placering af tilslutninger/tætning: Udragende fordelerrør

Anbefalet inddækning/placering: Indbygning og uden på tag

Ventilationsmulighed: Ingen ventilationshuller

Effektivitetskurve, lineariseret ..: 0,74 - 6,0 (T_m-T_l)/E

FIGURER Solfanger nr. 19

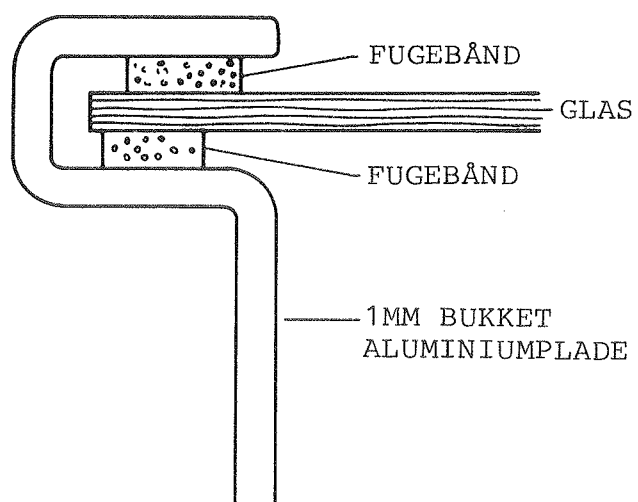


Fig. S19.1
Snit der viser
kasse/dæklag
samling.

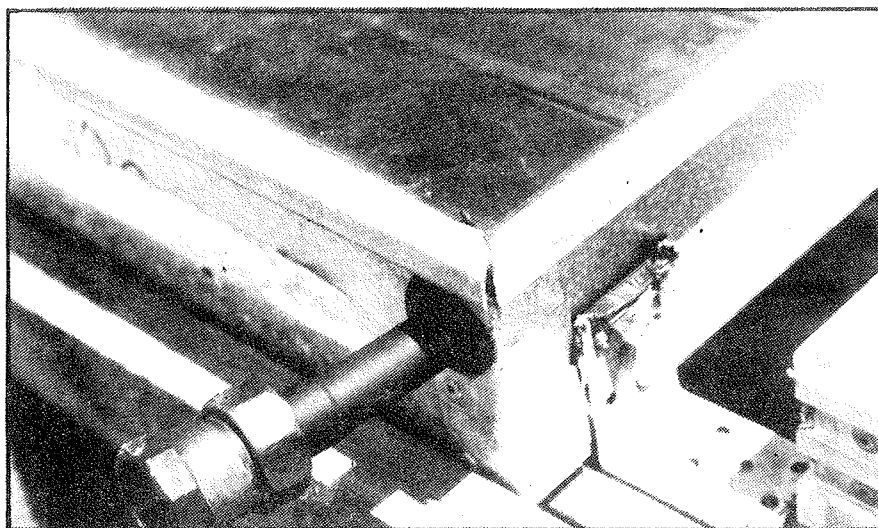


Fig. S19.2
Hjørne af
solfanger.

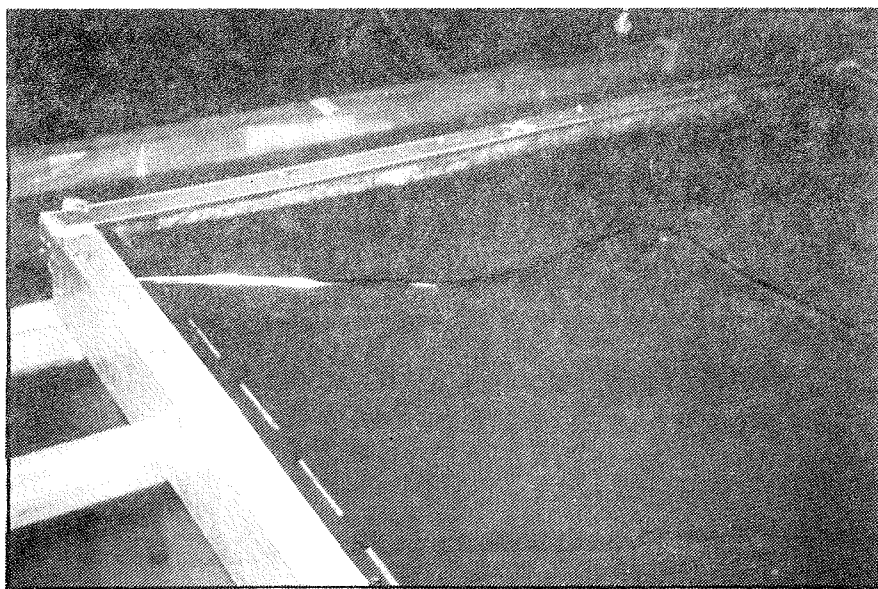
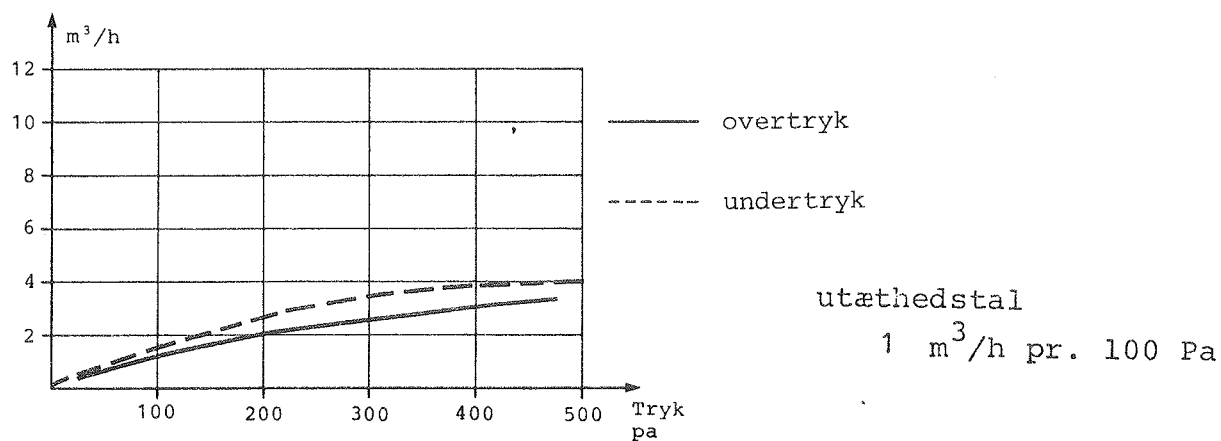


Fig. S19.3
Glasset knækkede
under temperatur
-prøvning.

PRØVNINGSRESULTATER solfanger nr. 19

LUFTTÆTHEDSPRØVNING

LUFTTÆTHED



TEMPERATURPRØVNING

Opvarmningstid (90% af stagnationstemperatur) ...	30 min
Absorbertemperatur minus lufttemp., midt	124 °C
Dæklagstemperatur minus lufttemp., midt	36 °C
Dæklagstemperatur minus lufttemp., v. glasliste..	44 °C
Temperatur på glasliste minus lufttemp.....	17 °C
Lufttemp. i simulator	36 °C

Visuel inspektion efter temperaturprøvning:

Glasset knækket

REGNTÆTHED

Ingen vandindtrængning ved påsprøjtning.

VURDERING AF SOLFANGEREN

Solfanger nr. 19

Bemærkninger til specielle forhold

Ved stagnationsprøven knækkede glasset på langs. (se fig.S19.3). Glasset er monteret med fugebånd på begge sider komprimeret ved klemning om alu-profilet. Der har ikke været tale om særlig store temperaturforskelle mellem midten af glasset og kanten. Glasset kan være revnet som følge af den uensartede komprimering ved klemning og/eller fordi det har været for fastspændt. Et tilsvarende element men noget mindre, har været placeret udendørs i et år, her er glasset ikke revnet. Den valgte løsning for dæklagssamlingen betyder at dæklaget ikke vil kunne skilles fra solfangerkassen ved behov for reparation.

På det lille element har gummibåndene nogle steder arbejdet sig løs og er blevet skubbet frem. Komprimeringen ved klemning har bevirket, at der er vandrette kræfter på gummibåndene, idet "glaslisten" ikke er helt i plan med glasset.

Solfangeren er utæt ved rørgennemføringerne, hvor der ingen tætning er.

Sammenfattende vurdering

Det er usikkert om glasset ville revne under en udendørs stagnation, alligevel er kasse/dæklag samlingen kritisk på grund af, at fugebåndene arbejder sig løs. Iøvrigt er solfangeren god.

RAPPORTERINGSJOURNAL - Indendørs prøvning af solfangeres
driftssikkerhed og holdbarhed

SOLFANGER	21
Ydre dimensioner (L x B x H)	2,05x1,05x0,07 m
Transparant areal	2,00 m ²
Vægt, tom	30 kg - 15 kg/m ²
Væskeindhold	2,7 l - 1,3 l/m ²
Solfangerkasse	0,7 mm galvaniseret stålplade, samlet med flige og popnitter. Tre tværstivere
Bagside	
Bagsideisolering	50 mm mineraluld
Kantisolering	Ingen
Absorber	Kobber, plade-rør
Forbindelsesteknik	Lodning
Absorberoverflade	Selektiv, sort krom
Max. tryk/anb.højeste driftstryk...	400 kPa/300 kPa
Dæklag	1 lag 1 mm glasfiberarmeret polyester med UV-beskyttelseslag
Afstand inderste dæklag/absorber ..	Ca. 20 mm
Kasse/dæklag samling	U-formet glasliste af plastbelagt stål trykket ind over en flig i rammen og polyestereren. Tætning m. tape mellem flig og polyester.
Placering af tilslutninger/tætning:	2 stk. studse gennem korte sider, gummityller.
Anbefalet inddækning/placering	Indbygget eller uden på tag
Ventilationsmulighed	4 stk. 8 mm huller i hver af de lange sider
Effektivitetskurve, lineariseret ..	0,73 - 5,4 (T _m -T _l)/E (meget krum)

PRØVNINGSRESULTATER solfanger nr. 21

LUFTTÆTHEDSPRØVNING

Meget utæt

utæthedstal
>20 m³/h pr. 100 Pa

TEMPERATURPRØVNING

Opvarmningstid (90% af stagnationstemperatur) ...	15 min
Absorbertemperatur minus lufttemp., midt	116 °C
Dæklagstemperatur minus lufttemp., midt	57 -
Dæklagstemperatur minus lufttemp., v. glasliste..	37 -
Temperatur på glasliste minus lufttemp.....	34 -
Lufttemp. i simulator	35 -

Visuel inspektion efter temperaturprøvning:

Dæklaget bulede ud, men rettede sig igen ved afkøling

REGNTETHED

Ingen vandindtrængning ved påsprøjtning.

FIGURER Solfanger nr. 21

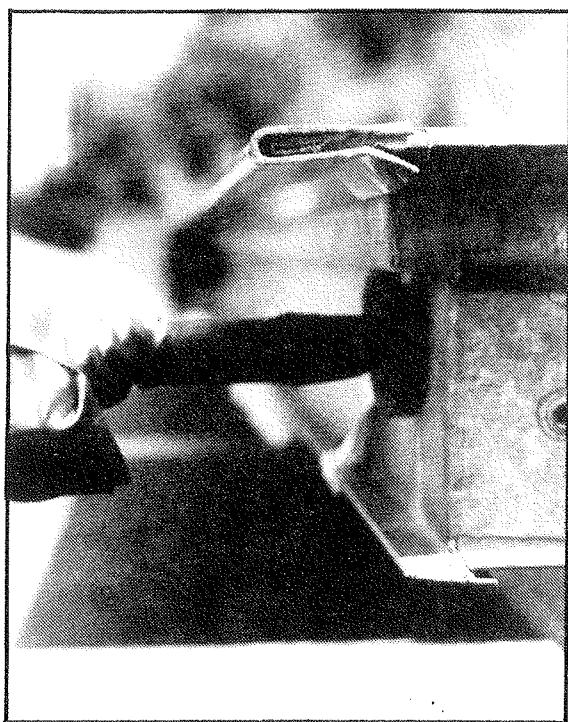
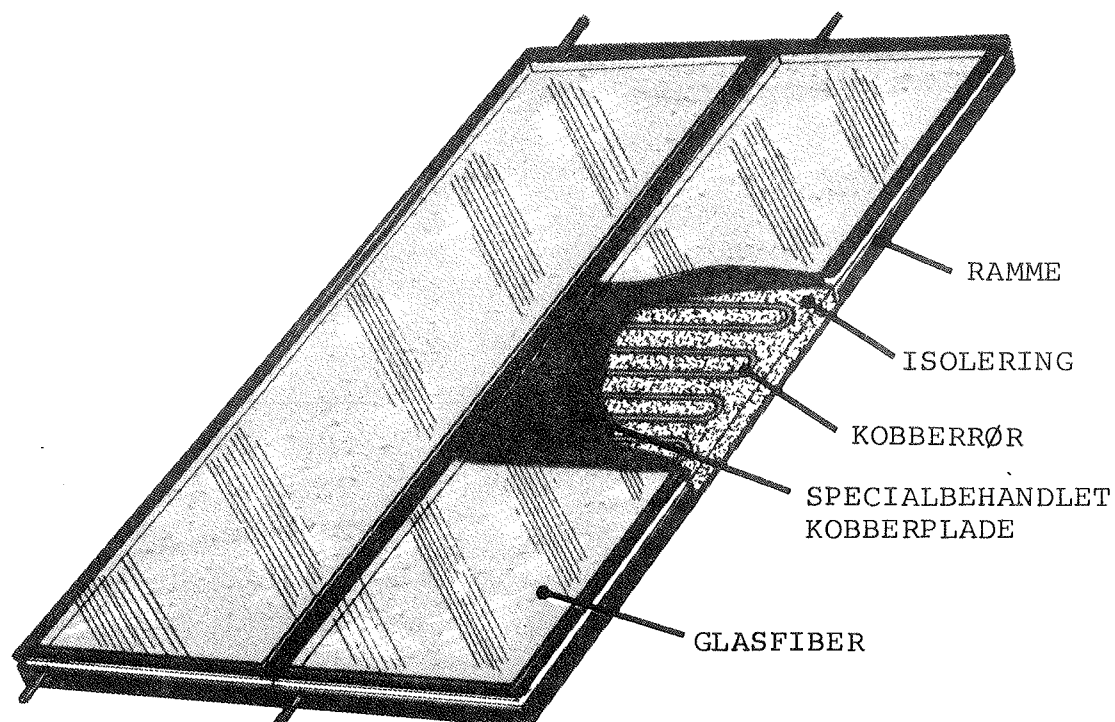


Fig. S21.2 Hjørne.
Glaslisten klemmt om dæklaget.

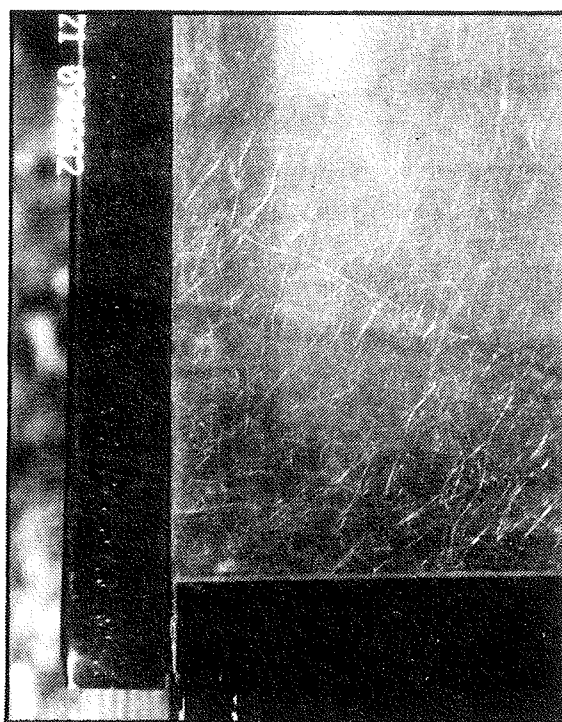


Fig. S21.2
Dæklaget. Glasfiberarmeret
polyester (GPR).

VURDERING AF SOLFANGEREN

Solfanger nr. 21

Bemærkninger til specielle forhold

Ved stagnationsprøven bulede dæklaget (glasfiberarmeret polyester) en del ud, det rettede sig imidlertid helt ud ved afkøling, og der var ikke opstået skader.

Kasse/dæklag samlingen har vist sig tæt, også efter et år udendørs. Samlingen opnås ved en meget hård klemning af en tynd jernplade omkring dæklagskanten, som kan tåle dette, fordi den er af plast. Absorberens tilstand er svær at vurdere, fordi dæklaget næsten er umuligt at se igennem. På solfangeren som er placeret udendørs kan dog ses lidt ir i enderne af tværstiverne.

Sammenfattende vurdering

Solfangeren har klaret de indendørs afprøvninger uden bemærkninger.

RAPPORTERINGSJOURNAL - Indendørs prøvning af solfangeres
driftssikkerhed og holdbarhed

SOLFANGER: 25

Ydre dimensioner (L x B x H).....: 2,17x0,92x0,10 m

Transparant areal.....: 1,81 m²

Vægt, tom: 42 kg - 23 kg/m²

Væskeindhold: 1,2 l - 0,7 l/m²

Solfangerkasse: Ekstruderet alu-profil, samlet med
skrue, tætnet med lim. Lange si-
der holdt sammen af 3 stag
PUR-skum udstøbt i kassen

Bagside: PUR-skum

Bagsideisolering: 50-60 mm PUR-skum

Kantisolering: 35 mm PUR-skum

Absorber: Aluminium, kanalplade

Forbindelsesteknik: Roll-bond

Absorberoverflade: Sort maling

Max. tryk/anb.højeste driftstryk...: 250 kPa/250 kPa

Dæklag: 1 lag 4 mm glas

Afstand inderste dæklag/absorber ..: 45 mm

Kasse/dæklag samling: Glasliste af aluminium skruet fast
Glasset hviler på fugebånd på ram-
men. Fugebånd mellem glas og glas-
liste.

Placering af tilslutninger/tætning: 2 stk. gennem korte sider/gummi-
tyller

Anbefalet inddækning/placering ...: Indbygget og uden på tag

Ventilationsmulighed: 6 stk. 6 mm huller nederst

Effektivitetskurve, lineariseret ..: 0,80 - 7,8 (T_m-T_l)/E

RAPPORTERINGSJOURNAL - Indendørs prøvning af solfangeres
driftssikkerhed og holdbarhed

SOLFANGER: 26, som nr. 25, men med selektiv
folie

Ydre dimensioner (L x B x H).....:

Transparant areal.....:

Vægt, tom:

Væskeindhold:

Solfangerkasse:

Bagside:

Bagsideisolering:

Kantisolering:

Absorber:

Forbindelsesteknik:

Absorberoverflade: Påklæbet selektiv folie
Max. tryk/anb.højeste driftstryk...: sort nikkel (Maxorb)

Dæklag:

Afstand inderste dæklag/absorber ..:

Kasse/dæklag samling:

Placering af tilslutninger/tætning:

Anbefalet inddækning/placering:

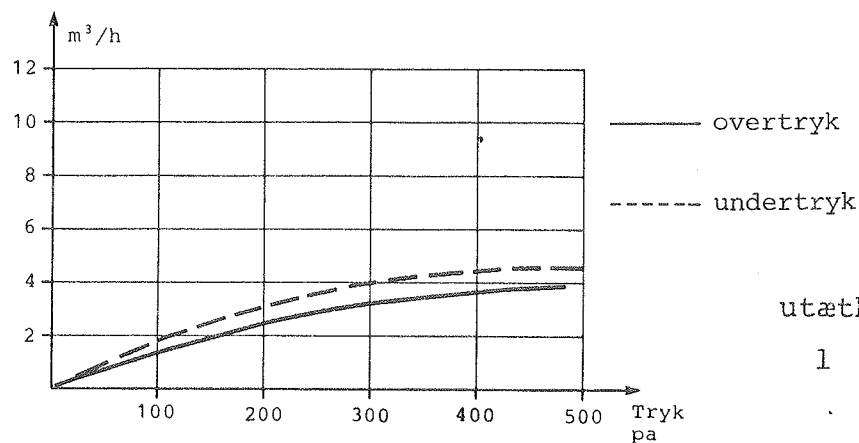
Ventilationsmulighed:

Effektivitetskurve, lineariseret .: $0,79 - 4,9 (T_m - T_l) / E$

PRØVNINGSRESULTATER solfanger nr. 25

LUFTTETHEDSPRØVNING

LUFTTETHED



TEMPERATURPRØVNING

Opvarmningstid (90% af stagnationstemperatur) ...	35 min
Absorbertemperatur minus lufttemp., midt	105 °C
Dæklagstemperatur minus lufttemp., midt	58 -
Dæklagstemperatur minus lufttemp., v. glasliste..	36 -
Temperatur på glasliste minus lufttemp.....	19 -
Lufttemp. i simulator	37 -

Visuel inspektion efter temperaturprøvning:

Kraftig belægning på indersiden af dæklag.

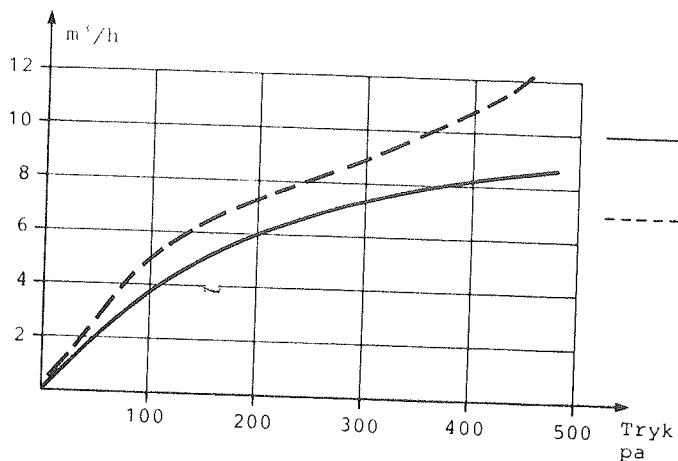
REGNTETHED

Ingen vandindtrængning ved påsprøjtning.

PRØVNINGSRESULTATER solfanger nr. 26

LUFTTÆTHEDSPRØVNING

LUFTTÆTHED



utæthedstal

4 m³/h pr. 100 Pa

TEMPERATURPRØVNING

Opvarmningstid (90% af stagnationstemperatur) ...	75 min
Absorbertemperatur minus lufttemp., midt	153 °C
Dæklagstemperatur minus lufttemp., midt	52 -
Dæklagstemperatur minus lufttemp., v. glasliste..	25 -
Temperatur på glasliste minus lufttemp.....	17 -
Lufttemp. i simulator	33 -

Visuel inspektion efter temperaturprøvning:

som 25

REGNTÆTHED

som 25

FIGURER Solfanger nr. 25 og 26

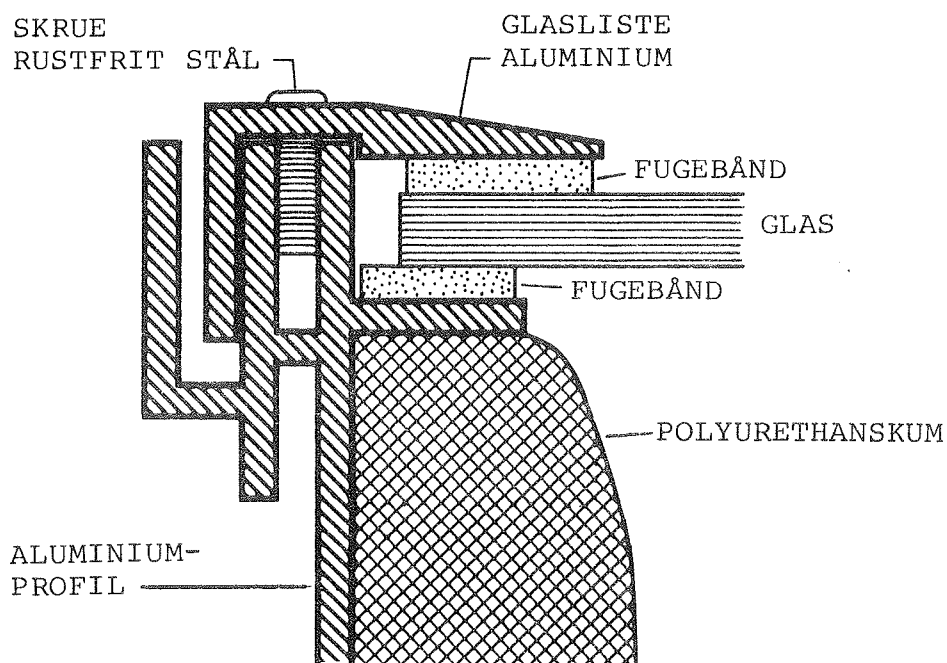


Fig. S25.1

Snit der viser kasse/dæklag samlingen.

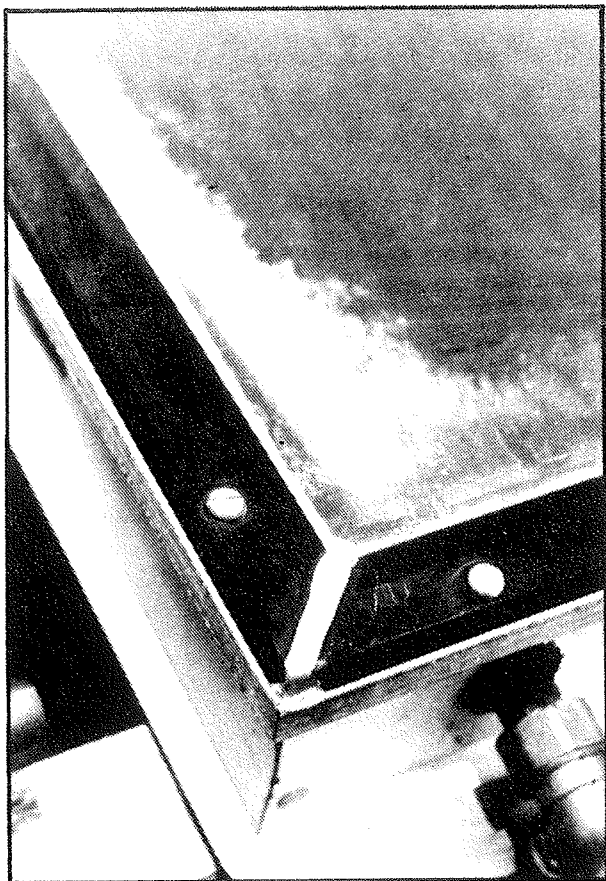


Fig. S25.2

Hjørne af solfanger.

Billedet er taget en dag hvor der var kondensdannelser.

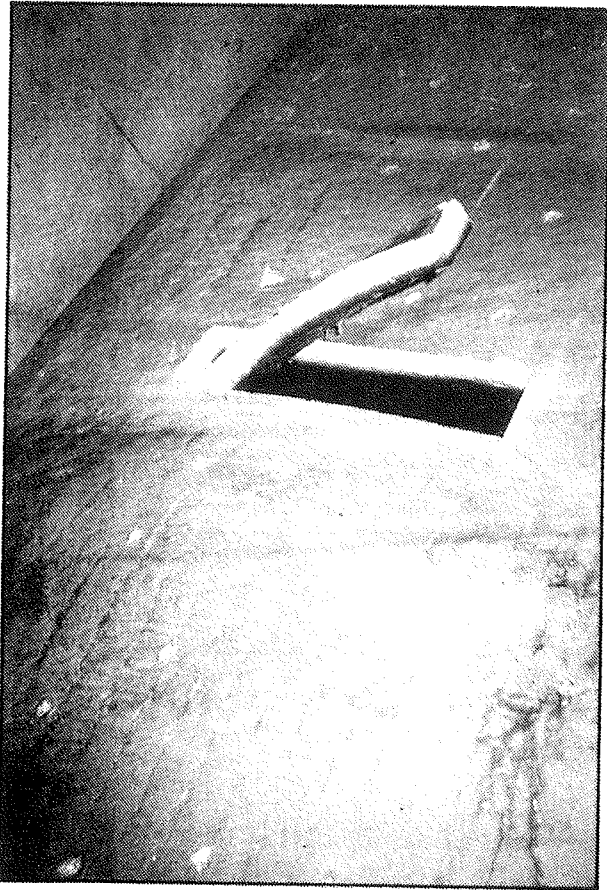


Fig. S25.3

Bagsiden af solfangeren hvor der var anvendt brandhæmmende PUR-skum. Skummet er bulet ud og stærkt forkullet.

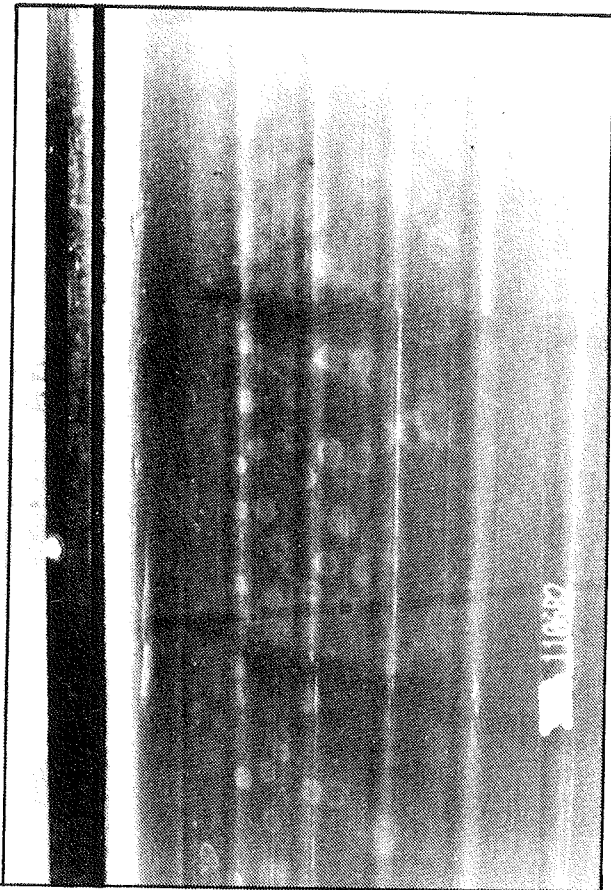


Fig. S25.4

Misfarvning på den selektive folie der er klæbet på absorberen på solfanger nr. 26.

VURDERING AF SOLFANGER

Solfanger nr. 25 og 26

Bemærkninger til specielle forhold

Der blev konstateret kraftig udgasning på glassets inderside fra PUR-isoleringen, der er udstøbt i kassen. Udgasningsprodukterne har endvidere vist sig aggressive (ætsning) over for den anvendte selektive folie i solfanger nr. 26. (se afsnit 3.2).

Kantisoleringen (PUR-skum) er ikke beskyttet mod solens lys. Den revnede adskillige steder. Bagsiden af solfangeren bulede kraftigt ud og blev misfarvet.

Den anvendte PUR-skum er således uegnet til de høje temperaturer, der opstår. Det har vist sig, at man har anvendt brændhæmmende PUR-skum der er mindre temperaturstabil end almindelig PUR-skum, som kan klare op til 110°C eller mere i kortere tid. I forbindelse med de udendørs prøver er der anvendt en tilsvarende solfanger med en anden skumtype, som ikke er brændhæmmende. Det er dog sådan, at der i forbindelse med brug af selektive belægningsrør nås så høje stagnationstemperaturer som 180°C , så denne skumtype også må melde pas. Den bliver ikke helt så beskadiget som den gamle type, men giver kraftig udgasning.

Der er løbende blevet konstateret stor kondensdannelse i solfangeren, som er placeret udendørs. En del af grunden hertil er nok en uheldig placering af to ventilationshuller i den nedadvendte side af solfangerkassen. Disse føres igennem en spalte beregnet til placering af inddækningsskinne. Der står meget tit vand i denne spalte, således at ventilationsluften, som kommer ind i solfangeren, er meget fugtig.

Det er blevet konstateret, at udgasningsprodukterne på dæklaget opløses i den megen kondens i fugtige perioder. Nogle måneder senere er der blevet observeret ringformede misfarvninger på absorberfolien, hvor der senere opstår korrosionshuller (mest nær kantisoleringen). (Afsnit 3.2).

Inddækningsspalten er i øvrigt for smal, så der ikke er plads nok til fugemasse.

Sammenfattende vurdering

Solfangeren virker sådan set gennemtænkt og godt konstrueret. Problemet med udgasning og nedbrydning af PUR-skummet er dog så alvorligt, at der bør vælges en konstruktion med en anden type sideisolering og varmebestandigt materiale nær absorberens bagside. Inddækningskanten bør gøres bredere og undlades i det nedadvendte sideprofil.

RAPPORTERINGSJOURNAL - Indendørs prøvning af solfangeres
driftssikkerhed og holdbarhed

SOLFANGER	29
Ydre dimensioner (L x B x H)	2,04x1,04x0,075 m
Transparant areal	1,92 m ²
Vægt, tom	60 kg - 31 kg/m ²
Væskeindhold	2,7 l - 1,4 l/m ²
Solfangerkasse	f-formet galvaniseret stålprofil samlet ved svejsning. PUR-skum udstøbt i rammen. Afstandskrans af træ mellem absorber og dæklag
Bagside	PUR-skum
Bagsideisolering	20-50 mm PUR-skum
Kantisolering	25 mm træ og PUR-skum
Absorber	Stål, plade-rør
Forbindelsesteknik	Punktsvejsning/klemning
Absorberoverflade	Sort maling
Max. tryk/anb.højeste driftstryk...	1000 kPa/200 kPa
Dæklag	1 lag 4 mm glas
Afstand inderste dæklag/absorber ..	Ca. 16 mm
Kasse/dæklag samling	Glasset understøttet af afstands- krans, fastholdt af rammens øver- ste del tætnet med fugebånd
Placering af tilslutninger/tætning:	2 stk. bagudvendt diagonalt
Anbefalet inddækning/placering	Indbygget og uden på tag
Ventilationsmulighed	8 mm ventilationskanal bag absorberen
Effektivitetskurve, lineariseret ..	0,63 - 7,3 (T _m -T _l)/E

PRØVNINGSRESULTATER solfanger nr. 29

LUFTTÆTHEDSPRØVNING

Meget tæt

utæthedstal

< 1 m³/h pr. 100 Pa

TEMPERATURPRØVNING

Opvarmningstid (90% af stagnationstemperatur) ...

Absorbertemperatur minus lufttemp., midt

Dæklagstemperatur minus lufttemp., midt

Dæklagstemperatur minus lufttemp., v. glasliste..

Temperatur på glasliste minus lufttemp.....

Lufttemp. i simulator

Visuel inspektion efter temperaturprøvning:

Kraftig belægning på indersiden af dæklag

REGNTÆTHED

Ingen vandindtrængning ved påsprøjtning.

FIGURER Solfanger nr. 29

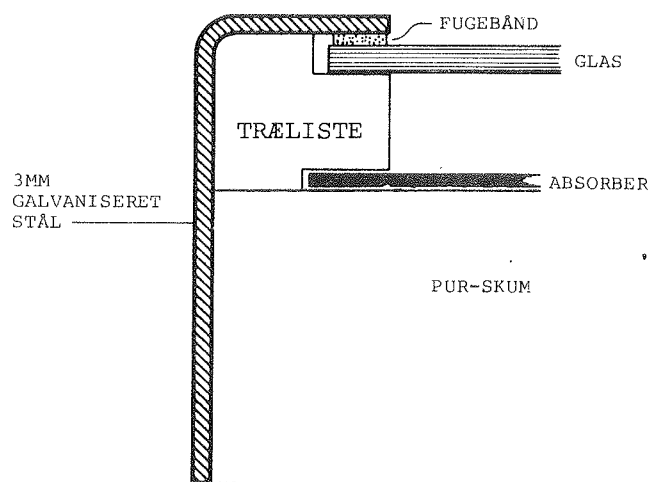


Fig. S29.1
Snit i solfanger.

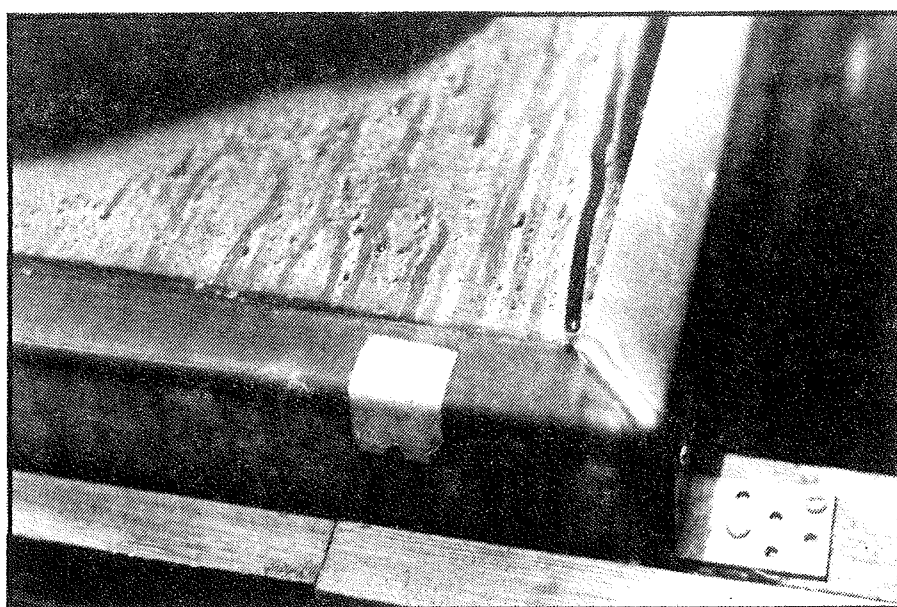


Fig. S29.2
Hjørne af solfanger. Solfangeren har stået udendørs i stagnation et år. Der ses kraftig kondensdannelse.

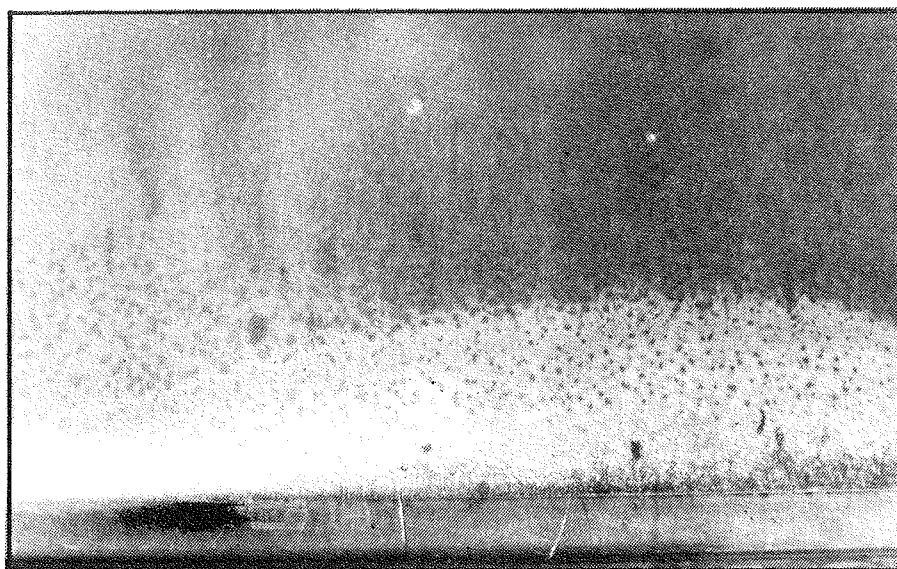


Fig. S29.3
Udgasningsprodukter har gjort glasset næsten uigennemsigtigt.

VURDERING AF SOLFANGEREN

Solfanger nr. 29

Bemærkninger til specielle forhold

Der blev konstateret kraftig udgasning stammende fra PUR-isoleringen, olierester i solfangeren og udgasninger fra afstandskransen (af træ). Efter et år udendørs i stagnation er belægningerne på glasset ualmindeligt kraftige, absorberer kan dårligt nok ses. Der blev observeret kondens i solfangeren, som har været placeret udendørs i 1 år ved inspektion i tørvejr og sol. Et stort fugtindhold i trækassen kan måske være årsagen.

Ved en indendørs afprøvning var solfangeren regntæt, efter et år udendørs er den ret utæt. Det kan måske skyldes, at PUR-isoleringen er skrumpet og afstandskransen har sænket sig således, at der ikke er nogen kompression på fugebåndet. Der er også en uheldig glaslistekant forneden i solfangeren, hvor der opsamles vand. En silicone topforsejling her ville sikkert hjælpe. Under almindelig drift var solfangeren ikke blevet nedbrudt så hurtigt.

Sammenfattende vurdering

Udgasningsproblemet er alvorligt. Det er meget kritisk, hvis solfangerens tæthed overfor regn er baseret på, at PUR-skummet holder sin form.

Det er vigtigt at være opmærksom på, at regntæthed er ekstra vigtigt, når solfangeren, som her, indeholder materialer, som kan suge vand. Herved kan skabes et konstant fugtigt klima i solfangeren, som bl.a. afsløres ved kondensdannelse selv i varme perioder. Glaslistekanten forneden bør tættes med en silicone topforsejling.

Solfangeren er iøvrigt ikke særlig effektiv. Mest pga. absorberens F' værdi, der er lav som følge af dårlig forbindelse mellem rør og plade.

RAPPORTERINGSJOURNAL - Indendørs prøvning af solfangeres
driftssikkerhed og holdbarhed

SOLFANGER: 30

Ydre dimensioner (L x B x H).....: 2,09x1,08x0,15 m

Transparant areal.....: 1,82 m²

Vægt, tom: 48 kg - 23 kg/m²

Væskeindhold: 2,0 l - 1,1 l/m²

Solfangerkasse: Formstøbt glasfiberarmeret poly-
ester

Bagside: Kasse og bagside i et

Bagsideisolering: 50 mm mineraluld

Kantisolering: 25-50 mm mineraluld

Absorber: Stål, kanalplade

Forbindelsesteknik: Rullesvejsning

Absorberoverflade: Sort maling

Max. tryk/anb.højeste driftstryk...: 1500 kPa/250 kPa

Dæklag: 1 lag 4 mm acryl. 3-delt kuppel-
formet nedragende sider

Afstand inderste dæklag/absorber ..: 40 - 90 mm

Kasse/dæklag samling: Tætningsliste mellem kuppel og
kasse. Fastgjort med skruer og
fjedrende underlagsskiver

Placering af tilslutninger/tætning: 4 stk. studse gennem korte
sider/gummiklods

Anbefalet inddækning/placering ...: Uden på tag

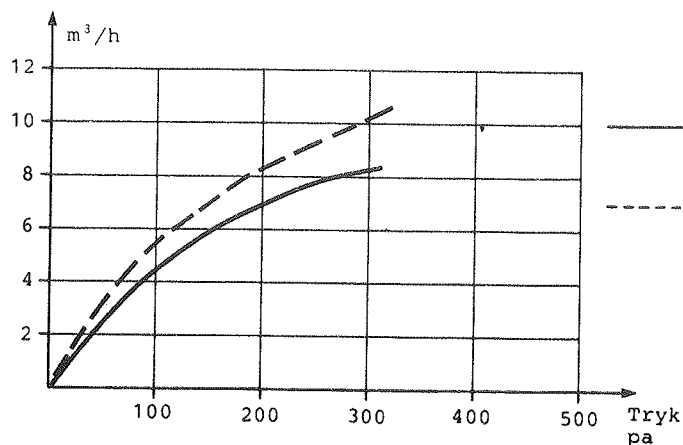
Ventilationsmulighed: Ingen ventilationshuller

Effektivitetskurve, lineariseret ..: 0,82 - 7,5 (T_m-T_l)/E

PRØVNINGSRESULTATER solfanger nr. 30

LUFTTETHEDSPRØVNING

LUFTTETHED



— overtryk

- - - undertryk

utæthedstal

5 m³/h pr. 100 Pa

TEMPERATURPRØVNING

Opvarmningstid (90% af stagnationstemperatur) ...	35 min
Absorbertemperatur minus lufttemp., midt	121 °C
Dæklagstemperatur minus lufttemp., midt	65 -
Dæklagstemperatur minus lufttemp., v. glasliste..	60 -
Temperatur på glasliste minus lufttemp.....	
Lufttemp. i simulator	37 -

Visuel inspektion efter temperaturprøvning:

Midterste kuppel på det tredelte dæklag kraftigt deformeret. Deformationen forsvandt ikke ved afkøling.

REGNTETHED

Ingen vandindtrængning ved vandpåsprøjtning.

FIGURER Solfanger nr. 30

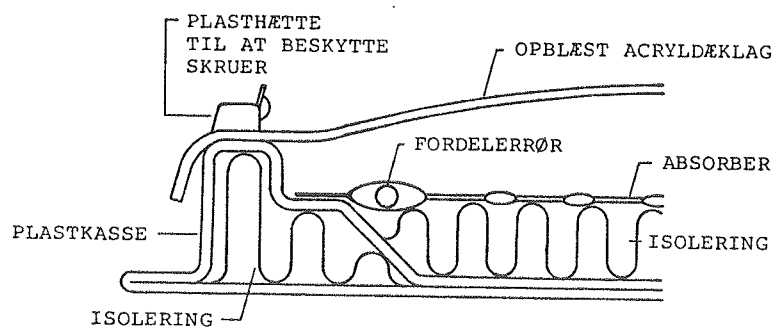


Fig. S30.1

Snit i solfanger.

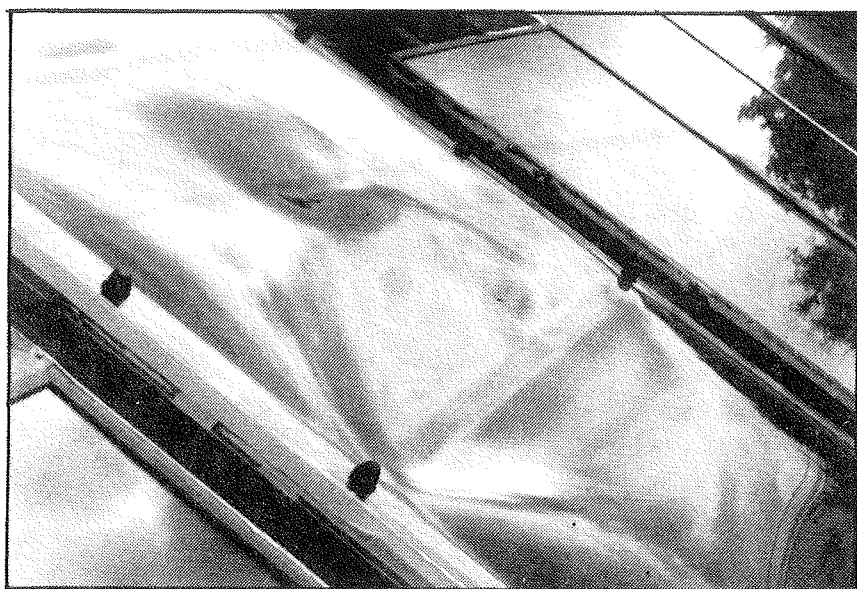


Fig. S30.2

Dæklaget blev
deformeret under
temperaturprøvningen.

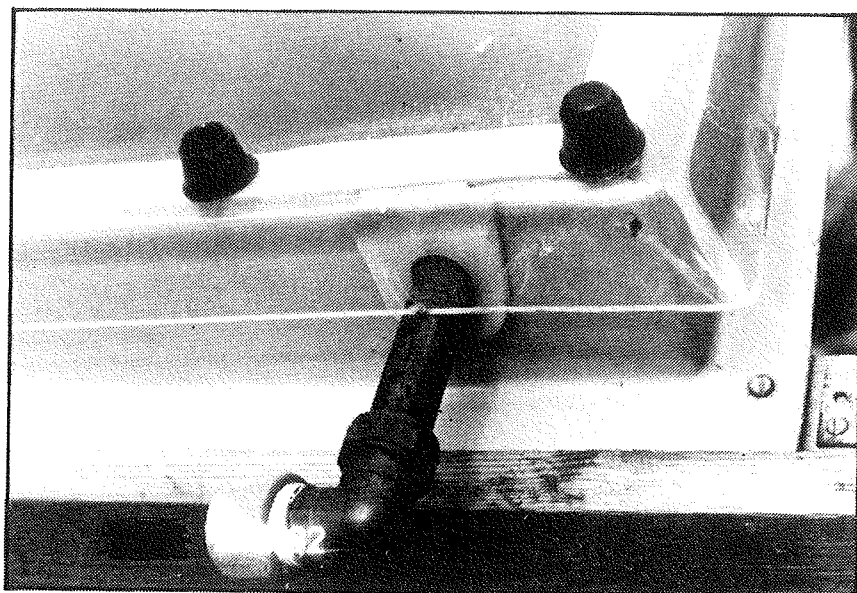


Fig. S30.3

Hjørne af
solfangeren.

VURDERING AF SOLFANGEREN

Solfanger nr. 30

Bemærkninger til specielle forhold

Under stagnationsprøven blev den midterste af de tre kupler på acryldæklaget kraftigt deformeret, det rettede sig ikke ud ved afkøling. Temperaturen på dæklaget nåede op på 60°. En forværring af deformationen er ikke konstateret udendørs.

Tilslutningsstudsene er ført gennem nogle gummiklodser og løsningen har vist sig tæt. Efter et år udendørs er der dog opstået revner overalt i gummiklodsens overflade, endvidere har der vist sig en misfarvning af acrylpladen de steder, hvor den berøres af gummi. Der er altså anvendt en forkert gummitype.

Bortset fra nedbulingen ser acrylpladen efter et år udendørs stadig fin ud.

Sammenfattende vurdering

So fangeren er en utraditionel og spændende konstruktion, der har gennemgået prøvningen fint bortset fra dæklagets udbuling. Især løsningen med at lade et acryl dæklag gå ud over solfangerkassens sider er god og giver stor sikkerhed for regntæthed. At udbuling af dæklaget kan undgås ved at udføre dæklaget kuppelformet viser f.eks. solfanger nr. 3, her er der benyttet 4 udbulinger mod 3 for nærværende solfanger.

RAPPORTERINGSJOURNAL - Indendørs prøvning af solfangeres
driftssikkerhed og holdbarhed

SOLFANGER	31
Ydre dimensioner (L x B x H)	2,39x0,59x0,10
Transparant areal	1,25 m ²
Vægt, tom	30 kg - 24 kg/m ²
Væskeindhold	2,2 l - 1,8 l/m ²
Solfangerkasse	Profil af 0,5 mm plastbelagt stål
Bagside	3 mm oliehardt hård træfiberplade
Bagsideisolering	37 mm mineraluld
Kantisolering	15 mm mineraluld
Absorber	Kobber/aluminium plade-rør
Forbindelsesteknik	Valsning
Absorberoverflade	Selektiv, anodiseret og farvet med nikkel
Max. tryk/anb.højeste driftstryk...	400 kPa/120 kPa
Dæklag	1 lag 4 mm glas
Afstand inderste dæklag/absorber ..	54-57 mm
Kasse/dæklag samling	Glasset anbragt i ramme af truderet alu-profil tætnet med fugebånd og silikone. Alu-profile skruet til stålrammen tætnet m. skumgummi
Placering af tilslutninger/tætning:	Fordelerrør ført ud gennem siden/ gummibulg
Anbefalet inddækning/placering	Indbygget og uden på tag
Ventilationsmulighed	Ved rørtilslutninger. Kun tætnet med aluminium dæksel.
Effektivitetskurve, lineariseret ..	0,73 - 5,8 (T _m -T _l)/E

PRØVNINGSRESULTATER solfanger nr. 31

LUFTTÆTHEDSPRØVNING

Meget utæt

utæthedstal
> 20 m³/h pr. 100 Pa

TEMPERATURPRØVNING

Opvarmningstid (90% af stagnationstemperatur) ...	
Absorbertemperatur minus lufttemp., midt	131°C
Dæklagstemperatur minus lufttemp., midt	
Dæklagstemperatur minus lufttemp., v. glasliste..	
Temperatur på glasliste minus lufttemp.....	
Lufttemp. i simulator	35°C

Visuel inspektion efter temperaturprøvning:

Intet at bemærke

REGNTÆTHED

Ingen vandindtrængning ved påsprøjtning.

FIGURER Solfanger nr. 31

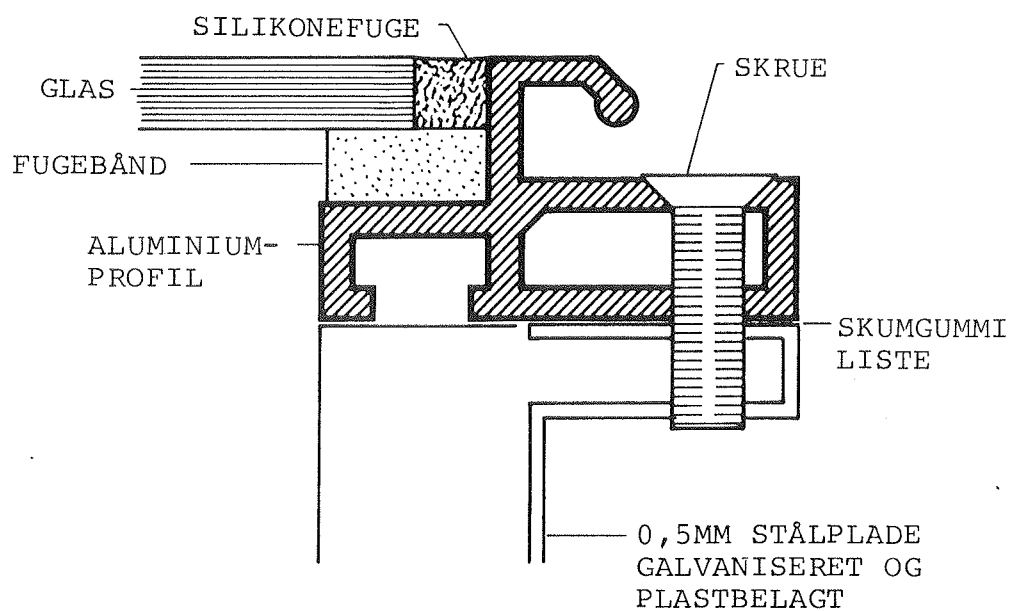


Fig. S31.1

Snit i solfanger.

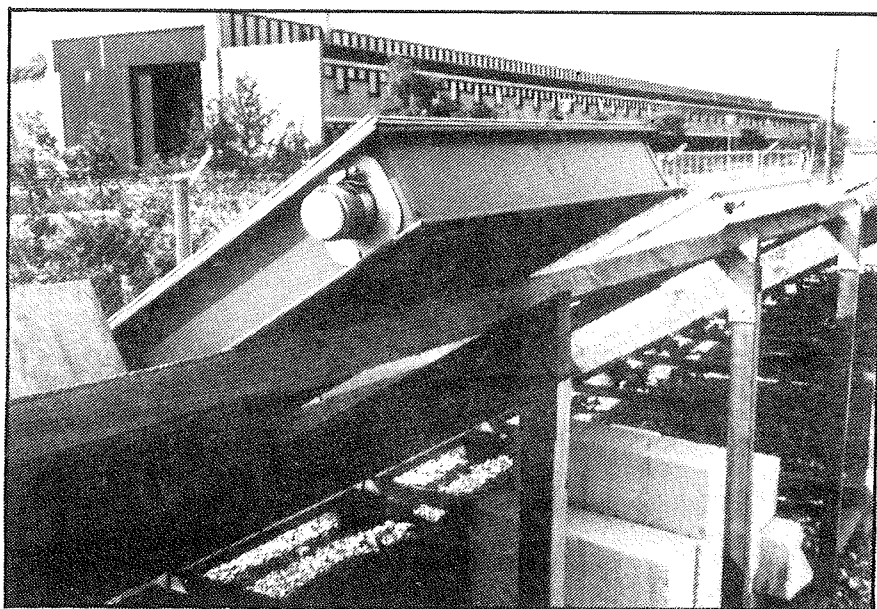


Fig. S31.2

Hjørne af solfanger. Solfangerens rørtilslutning er placeret i siden og trukket ind så elementerne kan placeres ret tæt.

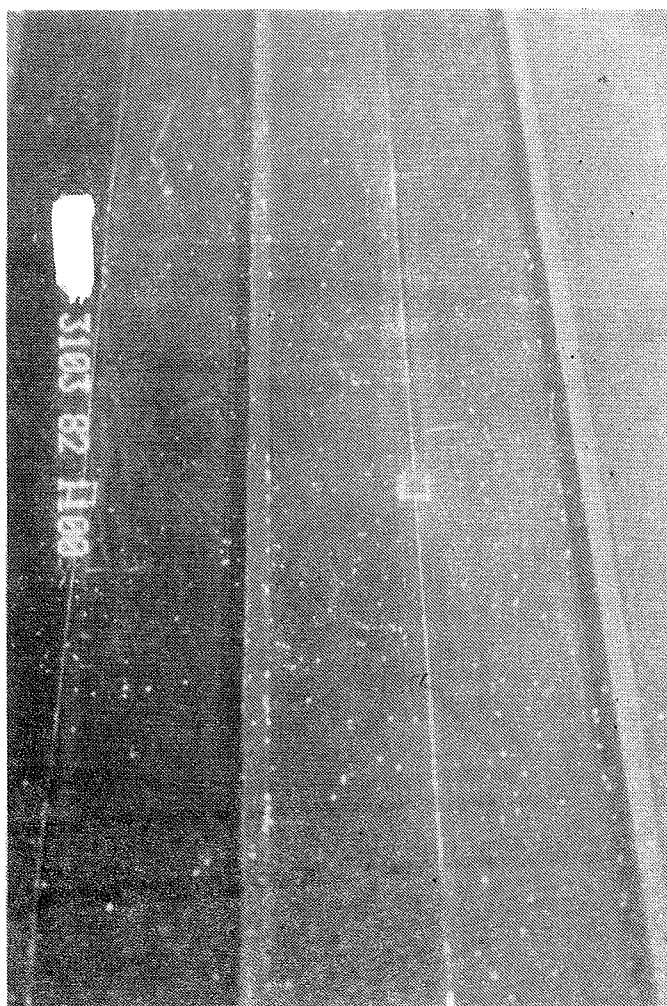


Fig. S31.4

Foto af solfanger 31's absorber efter placering udendørs i 1 år med et meget lav ventilationsgrad og stor kondens dannelse. Der ses tydeligt små hvide korrosions pletter.

VURDERING AF SOLFANGEREN

Solfanger nr. 31

Bemærkninger til specielle forhold

Glasdæklaget hviler på et butylbånd med en silicone-topforsejling. Solfangeren var regntæt ved prøvningen.

Det vil være vanskeligt at opnå en helt regntæt inddækning med den anvendte inddækningsflig. Der har været en vis fugtpåvirkning inde i solfangeren opstillet udendørs pga. en del kondensdannelse. Sandsynligvis som følge heraf er der blevet konstateret små korrosionspletter på absorberpladen. Grunden til den megen kondensdannelse er uden tvivl, at denne solfanger er blevet ekstra tætnet med tape ved rørgennemføringerne med heraf følgende forringet ventilation.

Sammenfattende vurdering

Denne solfanger er veludført og gennemtænkt konstrueret. Sporet i sideprofilet, som skal bruges ved inddækning, bør dog være bredere.

RAPPORTERINGSJOURNAL - Indendørs prøvning af solfangeres
driftssikkerhed og holdbarhed

SOLFANGER	34
Ydre dimensioner (L x B x H).....	1,93x0,95x0,07
Transparant areal.....	1,70 m ²
Vægt, tom	57 kg - 33 kg/m ²
Væskeindhold	5,6 - 3,3 l/m ²
Solfangerkasse	U-profil af 2 mm sortlakeret stål, svejst.
Bagside	Mineraluld med alu-folie
Bagsideisolering	30 mm mineraluld
Kantisolering	20 mm svampegummi
Absorber	Stål. kanalplade
Forbindelsesteknik	Rulle- og punktsvejsning
Absorberoverflade	Sort maling
Max. tryk/anb.højeste driftstryk...	130 kPa/130kPa
Dæklag	1 lag 4 mm glas
Afstand inderste dæklag/absorber ..	25-30 mm
Kasse/dæklag samling	Glasset hviler på svampegummiliste fastholdt af glasliste af stål. Silikone mellem glas og glasliste
Placering af tilslutninger/tætning:	4 bagudvendte studse
Anbefalet inddækning/placering	Indbygget og uden på tag
Ventilationsmulighed	Sprække mellem absorber og ramme
Effektivitetskurve, lineariseret ..	0,84 - 9,2 (T _m -T _l)/E

PRØVNINGSRESULTATER solfanger nr. 34

LUFTTÆTHEDSPRØVNING

Meget utæt

utæthedstal
> 20 m³/h pr. 100 Pa

TEMPERATURPRØVNING

Opvarmningstid (90% af stagnationstemperatur) ...	
Absorbertemperatur minus lufttemp., midt	94°C
Dæklagstemperatur minus lufttemp., midt	
Dæklagstemperatur minus lufttemp., v. glasliste..	
Temperatur på glasliste minus lufttemp.....	
Lufttemp. i simulator	34°C

Visuel inspektion efter temperaturprøvning:

Kraftig belægning på indersiden af dæklag.

REGNTÆTHED

Ingen vandindtrængning.

FIGURER Solfanger nr. 34

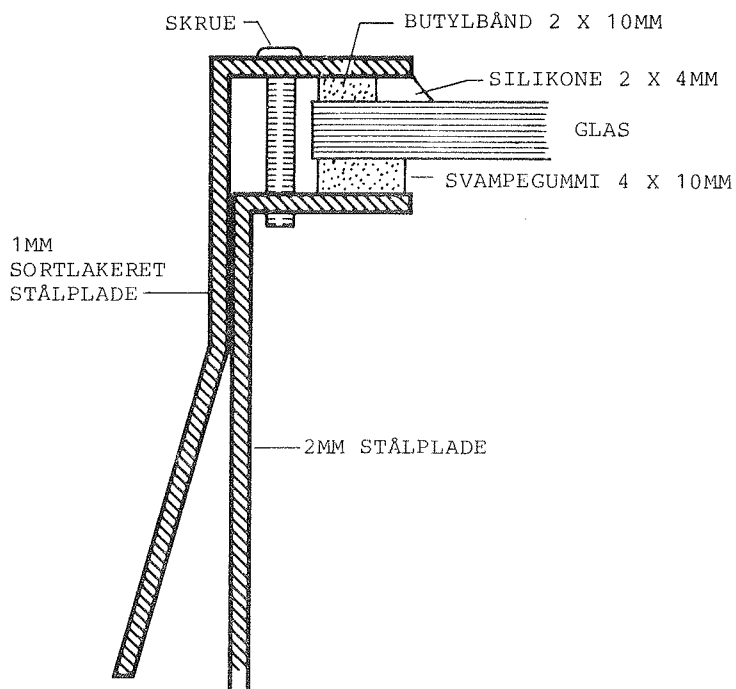


Fig. S34.1

Snit der viser kasse/dæklag samlingen.

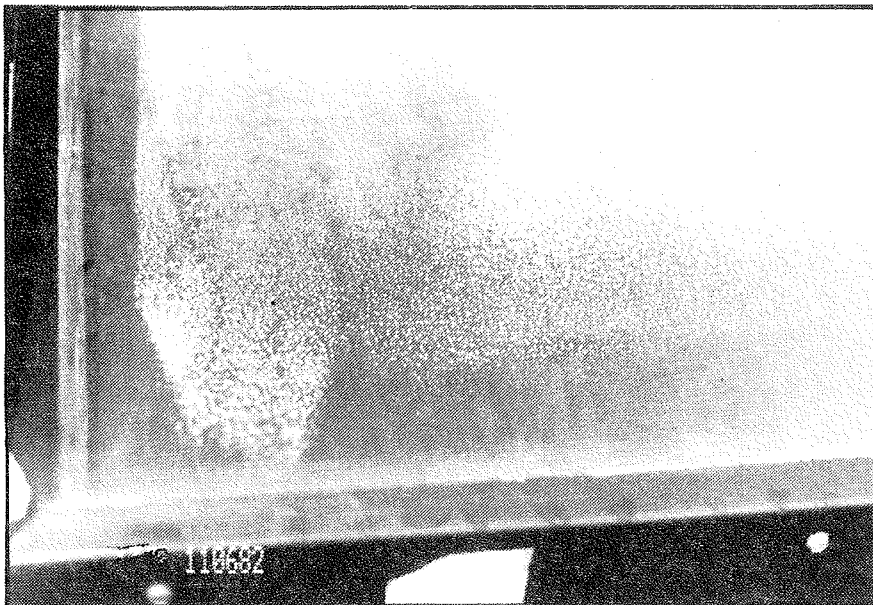


Fig. S34.2

Kraftig udgasning på glasset efter et år udendørs i stagnation.

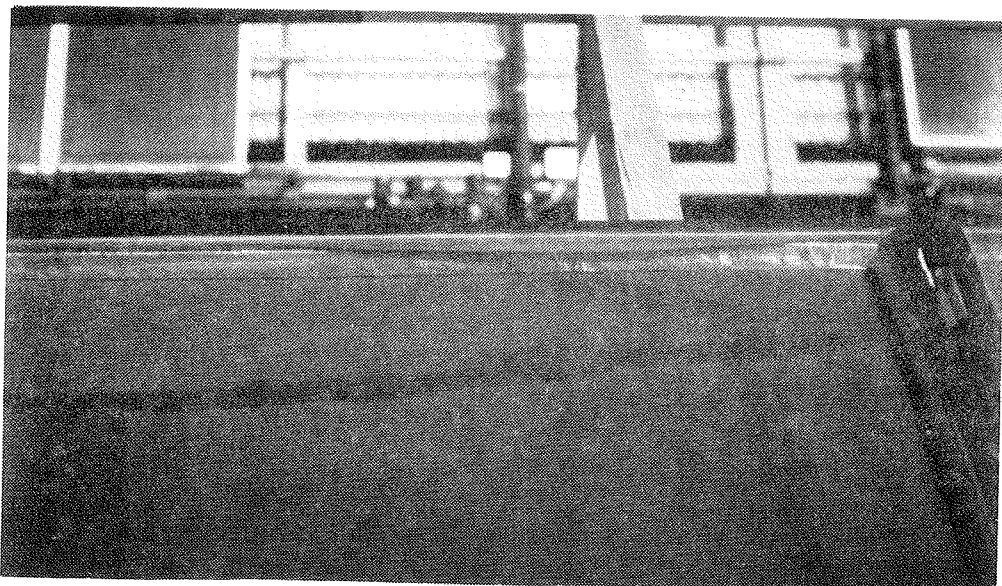


Fig. S34.3 Solfanger 34 placeret udendørs med ny glas/hane samling. Fuge-båndet har arbejdet sig løs.

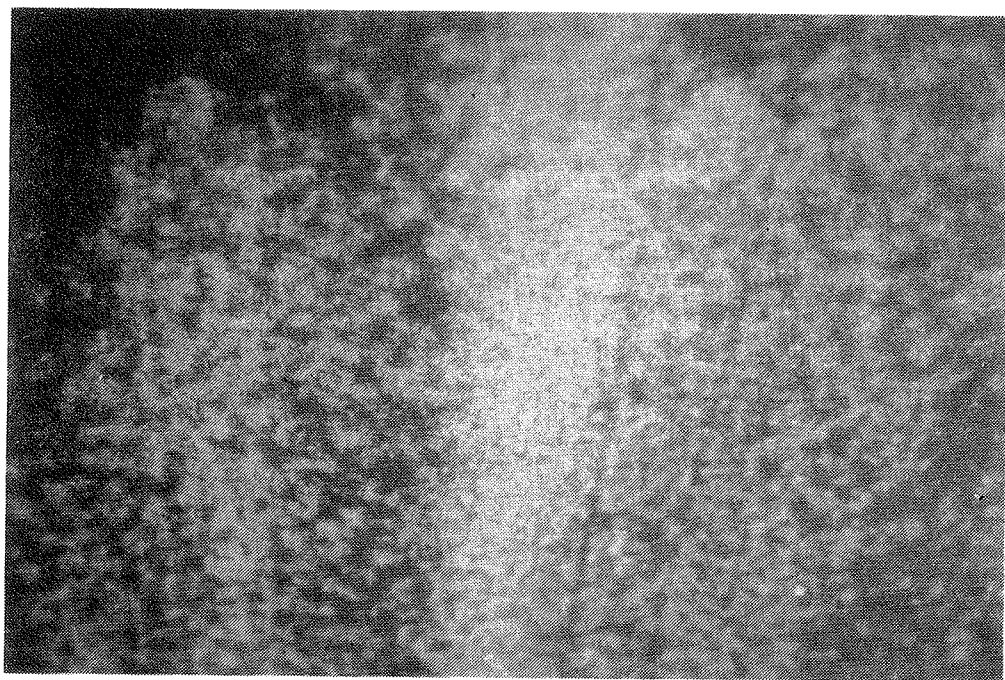


Fig. S34.4 Eksempel på korrosion i solfangeren efter flere års drift i et system. Det er tydeligvis regntætheden som er gået sig en tur.

VURDERING AF SOLFANGEREN

Solfanger nr. 34

Bemærkninger til specielle forhold

Der blev konstateret kraftig belægning indvendigt på glasset. Det formodes, at udgasningerne stammer fra stålabsorberen, der ikke er blevet affedt. Udendørs er konstateret en mindre udgasning, som sandsynligvis stammer fra mineraluldsbindermateriale. Solfangeren var regntæt ved prøvningen, men der kan med tiden opstå problemer med komprimeringen af dæklagssamlingen, da glaslisten er meget tynd. Ved hjørnerne er der tætnet med en klump silicone, som med tiden kan blive mindre elastisk og slippe vedhæftningen. Gummibåndene på den udendørs opstillede solfanger er da også gået løs flere steder i løbet af det 1. år. Det skyldes sandsynligvis den svage glasliste. Silicone-topforsejlingen er også slået fra nogle steder.

En ældre udgave af denne solfanger er nærmere undersøgt og beskrevet i forbindelse med et projekt på Teknologisk Institut (ref. solfanger C), hvor den viste gode egenskaber mht. langtidsholdbarhed. I modsætning til den her afprøvede var der ikke gummibånd under glaslisten men kun silicone. Der bør endelig nævnes erfaringer fra et solfangeranlæg, der er blevet inspiceret for nylig, hvor 8 ud af 10 solfangere af denne type (men købt i 1979) var stærkt korroderede på absorberoverfladen. Grunden til dette er nok en kombination af en dårlig udført malebehandling og fugtpåvirkning. Endelig er en bagsideisolering på kun 30 mm utilstrækkelig, og bagudvendte studse kan give problemer med luft i solfangerkredsen.

Sammenfattende vurdering

Den prøvede solfanger var regntæt ved den indendørs prøve, men kasse/dæklag samlingen er ikke holdbar i længden sandsynligvis pga. den svage glasliste, der bruges.

Hvis absorberens malebehandling er den samme, som blev brugt i 1979, bør den helt sikkert forbedres.

Solfangerens varmetab er, som følge af en relativ begrænset bagsideisolering og måske kuldebroer mellem absorber og ramme, uacceptabel stor.

RAPPORTERINGSJOURNAL - Indendørs prøvning af solfangeres
driftssikkerhed og holdbarhed

SOLFANGER: 35

Ydre dimensioner (L x B x H).....: 1,28x0,86x0,10

Transparant areal.....: 1,00 m²

Vægt, tom: 33 kg - 33 kg/m²

Væskeindhold: 1,2 l - 1,0 l/m²

Solfangerkasse: L-profil af 1 mm sortlakeret stål
plade samlet med popnitter. PUR-
skum stødt ud i rammen.

Bagside: PUR-skum

Bagsideisolering: 45 mm PUR-skum

Kantisolering: 15 mm PUR-skum

Absorber: Stål, plade-rør(rørslynge)

Forbindelsesteknik: Punktsvejsning

Absorberoverflade: Sort emalje 0,3 mm

Max. tryk/anb.højeste driftstryk...: 1000 kPa/1000 kPa

Dæklag: 1 lag 3 mm glas

Afstand inderste dæklag/absorber ..: 50 - 32 mm

Kasse/dæklag samling: Glaslister af 1 mm sortlakeret
stål, Z-formet, fastgjort med
skruer. Cellegummilister på begge
sider af glas. Silikone mellem
glaskant og ramme.

Placering af tilslutninger/tætning: 3 rørstudse gennem den ene korte
side

Anbefalet inddækning/placering: Uden på tag

Ventilationsmulighed: Ingen ventilationshuller

Effektivitetskurve, lineariseret ..: 0,65 - 6,3 (T_m-T_l)/E

PRØVNINGSRESULTATER solfanger nr. 35

LUFTTÆTHEDSPRØVNING

Helt tæt

utæthedstal

0 m³/h pr. 100 Pa

TEMPERATURPRØVNING

Opvarmningstid (90% af stagnationstemperatur) ...	47 min
Absorbertemperatur minus lufttemp., midt	106 °C
Dæklagstemperatur minus lufttemp., midt	52 -
Dæklagstemperatur minus lufttemp., v. glasliste..	50 -
Temperatur på glasliste minus lufttemp.....	28 -
Lufttemp. i simulator	36 -

Visuel inspektion efter temperaturprøvning:

Fedtet gennemsigtig hinde på indersiden af dæklag.

REGNTÆTHED

Helt tæt.

VURDERING AF SOLFANGEREN

Solfanger nr. 35

Bemærkninger til specielle forhold

På trods af at såvel bagsideisoleringen som kantisoleringen består af PUR-skum, er der ikke konstateret væsentlig udgasning med denne solfanger. Ialt fald har det ikke sat sig som en uigennemsigtig hinde på glasset. Dette skyldes nok mest, at solfangeren er helt tæt og ikke indeholder støvende materialer som mineraluld, samtidig med at fugtbelastningen er lav. Udgasningen vil da forblive gennemsigtig. Elementet har været placeret udendørs et år nu og er stadig tæt og med god transmission.

En medvirkende årsag til den gode tæthed er, at elementet er ret lille, således at fugerne bliver korte og de termiske bevægelser små.

Solfangeren er nærmere undersøgt og beskrevet i forbindelse med et projekt på Teknologisk Institut (ref. solfanger D). Her blev der dog konstateret kraftige belægninger på glas stamende fra PUR-skummet. Kassen var her ikke 100% regnvandstæt.

Sammenfattende vurdering

Solfangeren er gået igennem prøvningerne uden anmærkninger. Effektiviteten af solfangeren er dog ret lav som følge af varmemodstand mellem rørslynge og absorberplade.

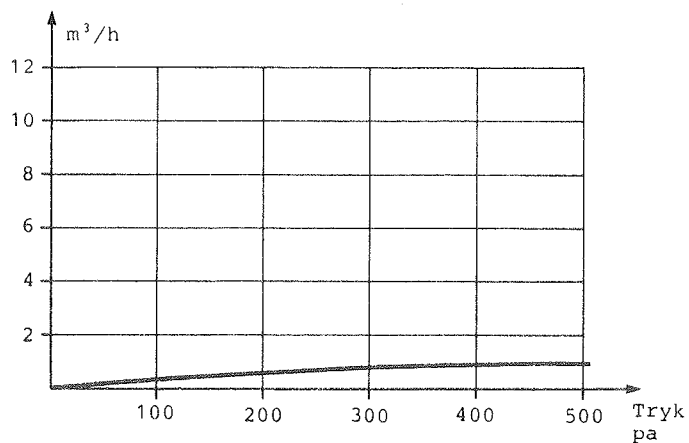
RAPPORTERINGSJOURNAL - Indendørs prøvning af solfangeres
driftssikkerhed og holdbarhed

SOLFANGER	: 36
Ydre dimensioner (L x B x H).....	: 2,04x1,04x0,065 m
Transparant areal.....	: 1,94 m ²
Vægt, tom	: 72 kg - 37 kg/m ²
Væskeindhold	: 4,6 l - 2,4 l/m ²
Solfangerkasse	: U-profil bukket i 1,5 mm galva- niseret stål, svejsning. Vinkel- profil forneden. PUR-skum støbt i rammen
Bagside	: 0,5 mm galvaniseret stålplade
Bagsideisolering	: 40 mm PUR-skum
Kantisolering	: 15 mm PUR-skum
Absorber	: Stål, kanalplade
Forbindelsesteknik	: Rullesvejsning
Absorberoverflade	: Sort maling
Max. tryk/anb.højeste driftstryk...	: 150 kPa/150 kPa
Dæklag	: 1 lag 4 mm glas
Afstand inderste dæklag/absorber ..	: 15 mm
Kasse/dæklag samling	: Glasliste af 1 mm galvaniseret og sortlakeret stål, fastgjort med studser. Tætnet med svampegummi på begge sider og silikone.
Placering af tilslutninger/tætning:	: 4 stk. bagudvendte
Anbefalet inddækning/placering	: Uden på tag
Ventilationsmulighed	: Ingen ventilationshuller
Effektivitetskurve, lineariseret ..	: 0,82 - 7,7 (T _m -T _l)/E

PRØVNINGSRESULTATER solfanger nr. 36

LUFTTÆTHEDSPRØVNING

LUFTTÆTHED



utæthedstal
0,5 m³/h pr. 100 Pa

TEMPERATURPRØVNING

Opvarmningstid (90% af stagnationstemperatur) ...	
Absorbertemperatur minus lufttemp., midt	
Dæklagstemperatur minus lufttemp., midt	105°C
Dæklagstemperatur minus lufttemp., v. glasliste..	
Temperatur på glasliste minus lufttemp.....	
Lufttemp. i simulator	33°C

Visuel inspektion efter temperaturprøvning:

En del belægning på indersiden af dæklag.

REGNTÆTHED

Vandindtrængning ved påsprøjtning

FIGURER Solfanger nr. 36

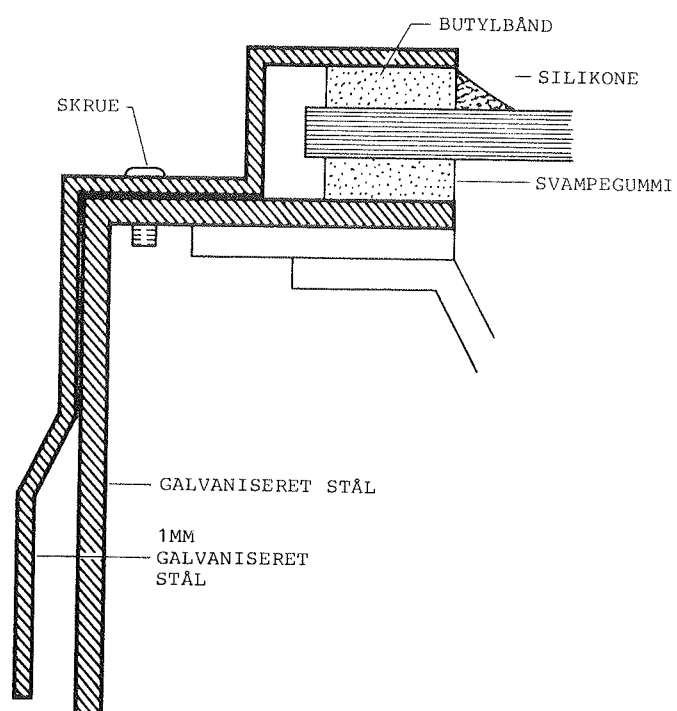


Fig. S36.1 Snit i solfanger.

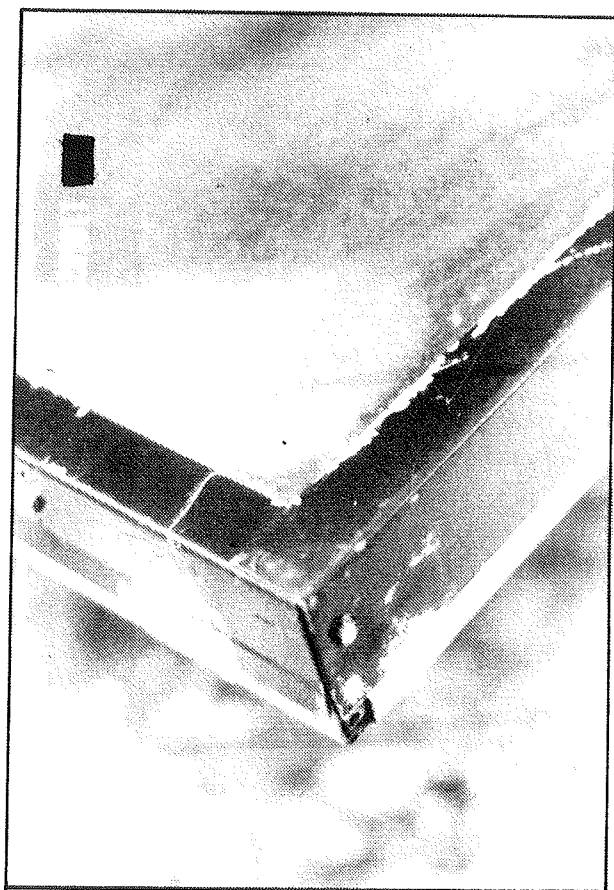


Fig. S36.2
Hjørne af solfanger.

VURDERING AF SOLFANGEREN

Solfanger nr. 36

Bemærkninger til specielle forhold

Der blev konstateret en del udgasning stammende fra PUR-skumisoleringen.

Der er en revne ved glaslisten ved den nedadvendte side af solfangeren, som vil opsamle vand. En silicone-topforsegling her ville lysne på dette forhold.

Solfangeren var ikke regntæt ved regntæthedsprøvningen indendørs. Det skyldes enten utætte hjørnesamlinger eller utilstrækkelig kompression ved kasse/dæktag samlingen. Den benyttede samlingsmetode sætter en fast grænse for komprimeringen, så der ikke kan gøres noget, hvis den ret tynde glasliste giver sig. Solfangeren udendørs har kondens på dæktaget i meget store dele af året, hvilket tyder på en våd atmosfære i kassen, som den ret lave ventilationsgrad ikke har nogen stor indflydelse på.

Endelig skal det nævnes, at absorbereren har bagudvendte studse, som dog ikke er et problem her, da der er separat udluftningsventil til absorberens samlerør.

Sammenfattende vurdering

Solfangeren er ikke regntæt og har problemer med udgasning fra PUR-skum isoleringen. Der skal anvendes en bedre kasse/-dæktag samling med en stærkere glasliste og bedre hjørnesamlinger.

RAPPORTERINGSJOURNAL - Indendørs prøvning af solfangeres
driftssikkerhed og holdbarhed

SOLFANGER	37
Ydre dimensioner (L x B x H)	2,00x1,05x0,09
Transparant areal	1,86
Vægt, tom	51 kg - 27 kg/m ²
Væskeindhold	4,3 l - 2,3 l/m ²
Solfangerkasse	Bukket op af 0,8 mm galv. og malet stålplade
Bagside	
Bagsideisolering	42 mm PUR-skum, præfab.
Kantisolering	35 - - -
Absorber	Ribbe-rør, ribber af alu-rør, rør af Cu
Forbindelsesteknik	Klemning
Absorberoverflade	Sort maling
Max. tryk/anb.højeste driftstryk...	1200/600 kPa
Dæklag	1 lag 3 mm glas, 2 delt
Afstand inderste dæklag/absorber ..	5 mm (overside ribber)
Kasse/dæklag samling	Glasset hviler på kassen fast- holdtaf glaslister, skruet fast.
Placering af tilslutninger/tætning:	Gennem sider/gummitylle
Anbefalet inddækning/placering ...:	Uden på tag
Ventilationsmulighed	Ingen huller
Effektivitetskurve, lineariseret ..:	0,84 - 10,0 (T _m -T _l)/E

PRØVNINGSRESULTATER solfanger nr. 37

LUFTTÆTHEDSPRØVNING

Meget utæt

utæthedstal
> 20 m³/h pr. 100 Pa

TEMPERATURPRØVNING

Opvarmningstid (90% af stagnationstemperatur) ...	120 min
Absorbertemperatur minus lufttemp., midt	91 °C
Dæklagstemperatur minus lufttemp., midt	48 -
Dæklagstemperatur minus lufttemp., v. glasliste..	45 -
Temperatur på glasliste minus lufttemp.....	30 -
Lufttemp. i simulator	35 -

Visuel inspektion efter temperaturprøvning:

REGNTÆTHED

Ved påsprøjtning kom enkelte dråber ind.

FIGURER Solfanger nr. 37

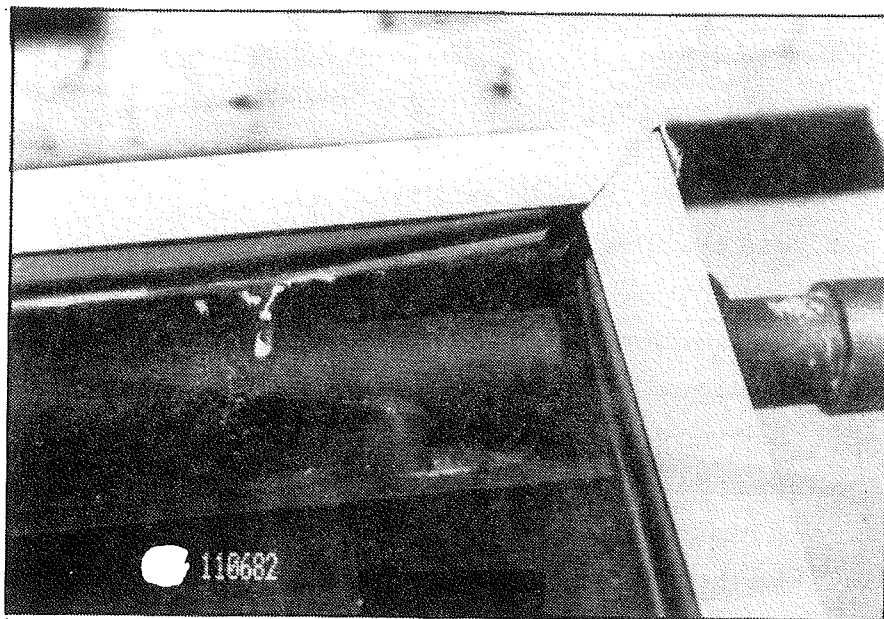


Fig. S37.1 Hjørne af solfanger nr. 37

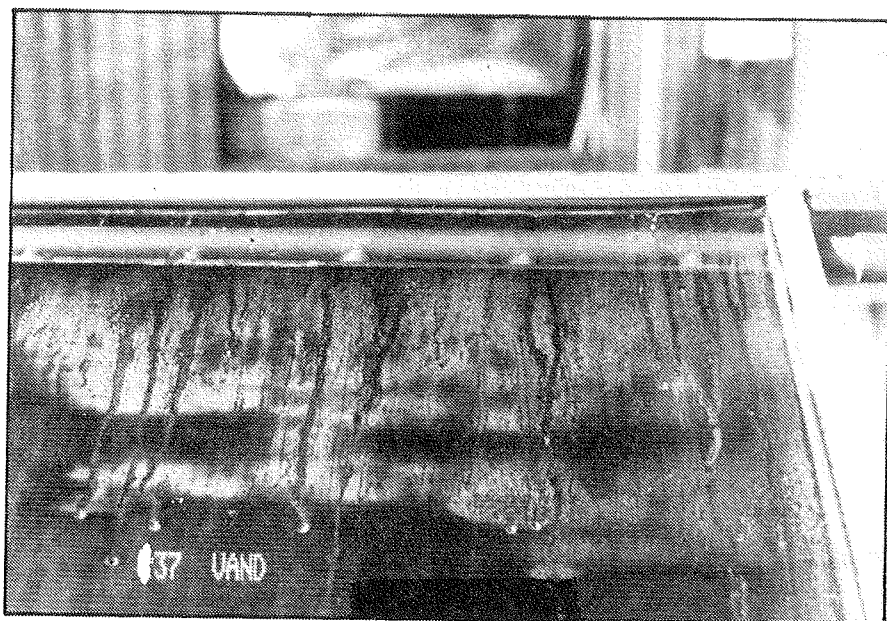


Fig. S37.2 Kondensdannelse indvendigt på glasset efter vandpåsprøjtning (haveslange) på en varm solfanger.

VURDERING AF SOLFANGEREN

Solfanger nr. 37

Bemærkninger til specielle forhold

Denne solfanger er opbygget med en absorber, hvor samlerør og stigerør af kobber og varmeribber af aluminium, er fastgjort på tværs af stigerørene. En del korrosion i form af ir, især ved loddesamlingerne på absorberen er observeret efter placering udendørs i 1½ år i stagnation. Dette tyder på, at solfangeren ikke er helt regntæt. Dette var også resultatet af regntæthedsprøvningen. Det er sandsynligvis kasse/dæklagssamlingen, hvor der bruges et U-formet gummibånd, som opskæres halvt og knækkes i hjørnerne, som ikke holder tæt. Glaslisten, som skal sørge for komprieringen, virker heller ikke særlig stærk til dette formål. En god ventilering af solfanget er med til at reducere problemet med kondens. Alligevel er der i nogle perioder meget kondens på solfangerens dæklag, men dette må nok til dels tilskrives regnutætheden af kassen.

Kurven for solfangereffektiviteten tyder på, at de mange lodrette absorberribber virker positivt for absorption af solvarmen, men at varmetabet fra det ret store absorberareal er tilsvarende større og større, end det ville være ved en plan absorber. Solfangerens dæklag er delvist fedtet af udgasningsprodukter, som må forventes at stamme fra PUR-skum isoleringen.

Sammenfattende vurdering af solfangeren

Solfangeren er ikke helt regntæt, et problem der kan løses ved brug af en stærkere glasliste og ved ikke at bruge et U-formet gummibånd som glastætning, eller i hvert fald skære det helt op i hjørnerne, så enderne kan stødes sammen. Der bør vælges et andet isoleringsmateriale end PUR-skum af hensyn til udgasing på dæklaget.

KAPITEL 5 SAMMENFATNING AF PRØVNINGSRESULTATERNE

I det følgende opstilles først en oversigt over resultaterne fra de indendørs driftsikkerhedsprøvnings på grundlag af prøvningsjournalerne i kapitel 4. Der foretages en gruppeopdeling af solfangerne i 3 holdbarhedsgrupper. Herefter foretages en analyse af resultaterne, hvor der også sideløbende inddrages resultater fra 1 års udendørs placering i stagnationstilstande, og resultater fra holdbarhedsprøvning af absorberoverflader på Teknologisk Instituts afdeling for Overfladebehandling. Endelig skal der gøres forsøg på at give en samlet oversigt over gode materialeanvendelser og konstruktionsdetaljer.

5.1 Samlet oversigt over hvordan solfangerne klarede prøvningerne

I tabel 5.1 er vist en samlet oversigt over de i journalerne omtalte problemer opdelt på dæklag, absorber, isolering og mht til regntæthed, kasse/dæklag samling, rørgennemføring, hjørner og inddækning.

Kun 2 solfangere fik ødelagt dæklaget ved prøvningen. På en knækkede glasset og for en anden kollapsede plastdæklaget.

For 9 af de 22 solfangere var der tydelige tegn på udgasninger på indersiden af dæklaget efter temperaturprøvningserne. De indendørs prøvnings påviste ingen problemer for absorberkonstruktionerne, men for 12 solfangere er der observeret mere eller mindre begyndende tegn på korrosion efter 1 års udendørs placering på stativer. Især regnutæthed og kraftig kondensdannelse er årsagen til den begyndende korrosion og udgasning fra polyurethanskum har tydeligvis også haft en skadelig virkning. Disse ting må siges at være den holdbarhedsmæssige konsekvens af driftsikkerhedsmæssige problemer som regnutæthed samt dårlig ventilations- og drænmulighed og brug af ikke-temperaturstabile materialer. 8 solfangere var utætte over for regnpåsprøjtning ved prøvningen

PROBLEMOVERSIGT FOR SOLFANGERNE

	Dæk- lag	Absor- ber	Isole- ring	Kasse/ dæk- lag samling	Rørgen- nemfø- ring, hjørner	Inddæk- ning	I han- del d.d.
1				x			
2				x			
3							
5				x	x		
9	(x)	x		x		x	ny
10						x	
11	(x)		x	x			
12	(x)	x		x	x		ny
13		x		x	x		x
16		x			x	x	ny
19	x			x	x		
21		x					
25	(x)		x			x	
26	(x)	x	x			x	x
29	(x)	x	x	x			ny
30	x	x			x		
31		x				x	
34	(x)	x		x	x		
35			x				
36	(x)		x	x			
37	(x)	x		x			
41		x			x	x	ny

Tabel 5.1

Kommentarer i solfangerjournalerne angående problemer for de enkelte solfangerdele. Der henvises her både til erfaringer fra indendørs prøvning og udendørs opstilling i 1 års stagnations-tilstande.

(x) for dæk- lag står for udgasning på dæk- laget.

indendørs, mens næsten alle solfangere har kondensdannelse i større eller mindre grad i vinterperioden.

5.2 Placering af solfangerne i holdbarhedsgrupper

Ud fra det foregående er solfangerne forsøgt opdelt i 3 grupper. I gruppe 1 placeres de solfangere, som kom igennem de indendørs driftsikkerheds- og holdbarhedsprøvninger uden anmærkninger. I gruppe 2 placeres de solfangere, som har fået anmærkninger, der dog kan klares relativt nemt uden gennemgribende ændring af solfangerkonstruktionen. I gruppe 3 placeres resten af solfangerne, d.v.s. alle solfangere, som må siges at have alvorlige problemer, der ikke kan løses på en nem måde, men må kræve gennemgribende ændringer af materialer og konstruktion. Ved denne vurdering er absorberens korrosionsforhold ikke medtaget, fordi disse ikke er undersøgt for alle solfangere, og fordi det ikke uden videre kan fastsættes hvilken korrosionsklasse, det er nødvendigt at leve op til.

Resultatet af gruppeopdelingen fremgår af tabel 5.2. 8 solfangere kommer i gruppe 1, 5 i gruppe 2 og 8 i gruppe 3. Dette resultat siger ikke noget direkte om holdbarheden af solfangere, der eksisterer på markedet i dag, da kun 6 ud af de 21 undersøgte solfangerfabrikanter eksisterer i dag og 4 af disse 6 fabrikanter i dag sælger en helt ny solfangerkonstruktion. (Tabel 5.1).

De importerede solfangere ligger meget på linie med de danske i følge gruppeopdelingen, men udviser alligevel et par virkelig gode eksempler på gennemtænkte konstruktioner.

Som afslutning kan der med rimelighed konkluderes det positive, at de indendørs driftsikkerhedsprøvninger har været selektive (udvælgende) og har desuden vist, at det kan lade sig gøre at konstruere solfangere, der kan klare prøvningerne uden anmærkninger, og dermed har opnået en vigtig basis for en god langtidsholdbarhed.

Holdbarhedsgrupper

Solfanger	Holdbarhedsgruppe	Dansk produceret
1	1	
2	1	x
3	1	
5	3	x
9	3	x
10	1	x
11	2	x
12	3	x
13	2	
16	1	x
19	3	x
21	1	
25	3	x
26	3	x
29	3	x
30	1	x
31	1	x
34	2	x
35	2	x
36	2	
37	3	
41	1	x

Tabel 5.2

Solfangerne opdeles i 3 holdbarhedsgrupper:

- 1: Solfangere uden driftssikkerhedsproblemer
- 2: Solfangere med problemer som relativt nemt kan udbedres uden gennemgribende ændringer i konstruktionen
- 3: Solfangere med alvorlige driftssikkerhedsproblemer, som vil medføre kort levetid

Gruppe 1: 9 solfangere

- 2: 5 -
- 3: 8 -

5.3 En analyse af forskellige forhold for solfangerne på grundlag af prøvningsresultaterne

Stagnationstemperaturer

I tabel 5.3 er listet stagnationstemperaturer for de prøvede solfangere målt i temperaturprøvnings-solsimulatoren, og stagnationstemperaturer målt på sydvendte 30° hældende stativer udendørs på prøvningsarealet den 22-7-1982 kl. 13. Indstrålingen er her 912 W/m^2 og udetemperaturen 24°C . Der blev målt stagnationstemperaturer udendørs, som er $20\text{--}30^\circ\text{C}$ lavere end de indendørs målte stagnationstemperaturer. På 10 af de 22 indendørs prøvede solfangere, er der målt udendørs stagnationstemperaturer, kontinuert fra sommeren 1981. For 5 af disse måles der sideløbende på en solfanger, som ikke har været udsat for stagnationstilstande før. Herved er det målet at få sammenlignet indendørs og udendørs påvirkninger.

Der er også i tabel 5.3 vist stagnationstemperaturer for 4 andre solfangere, som der måles stagnationstemperatur på udendørs. Der er her tale om varianter af 26 og 31 og desuden en på stedet bygget tagintegreret solfanger, som på grund af en god bagsideisolering og reducerede absorber-tab, opnår den højeste af de målte stagnationstemperaturer, 181°C .

Udgasning

I tabel 5.4 er vist en oversigt over hvilke solfangere, der udviste udgasning på indersiden af dæklaget ved temperaturprøvningen. Til sammenligning fremgår en vurdering af de samme solfangere placeret $1\frac{1}{2}$ år i udendørs stagnation. Det ses, at især isolering med polyurethanskum giver meget udgasning i begge tilfælde. En enkelt solfanger havde også udgasning stammende fra olierester. Desuden er der i mange tilfælde udgasning fra mineraluldsisolering (binder materiale). Denne viser sig først efter nogen tid.

Efter 1 års stagnation udviste næsten alle solfangere

Stagnationstemperaturer og effektivitet

NR.	STAGNATIONSTEMPERATUR		SOLFANGER EFFEKTIVITET	T_{as}^* T_{au} (°C)	ΔT_K
	I SOLSIMULATOR T_{as} °C	UDENDØRS T_{au} °C	VED $\frac{\Delta T}{I} =$ $\frac{0.05 \frac{°C \cdot m^2}{W}}$		
1	152	121	0.29	31	
2	138	117	0.45	21	
3	172		0.45		26
5	135		0.37		10
9	117		0.18		6
10	137	120	0.37	17	18
11	136		0.46		20
12	173		0.41		18
13	158	134	0.46	24	2
16			0.43		
19	158		0.44		
21	150	130	0.46		3
25	138		0.41		17
26	192	167	0.55	25	8
29	126	117	0.27	9	19
30	149		0.45		46
31	166	147	0.44	19	9
32		134	-		
33		114	-		
34	128	112	0.38	16	18
35	142		0.34		23
36	138	119	0.44	19	20
37			0.29		
41		171			
PSB		181			

Tabel 5.3.

Stagnationstemperaturer målt i solsimulator og udendørs. Den udendørs måling er fra d. 22/7-82 kl.13 med en indstråling på 912 W/m^2 og en udetemperatur på 24°C , solfangerne har 30° hældning bortset fra 41 og PSB, som har 45° hældning fra vandret.

Der er angivet solfangereffektivitet ved $\frac{\Delta T}{I} = 0.05 \frac{°C \cdot m^2}{W}$.

F.eks. svarende til en solfanger udsat for en indstråling på 600 W/m^2 og med en temperaturforskel mellem indløb til solfanger og udetemperatur på 30°C . For en række solfangere er endvidere angivet forskellen i stagnationstemperatur i solsimulator og ved udendørs placering (ca. $10\text{-}30^\circ\text{C}$), og desuden temperaturforskellen mellem glasliste og dæklagskant, ΔT_K som udtryk for afkøling ved solfangerkanten.

udgasningsprodukter på dæklaget i større eller mindre grad.

Det er ikke muligt ud fra prøvningsresultaterne at finde nogen sammenhæng mellem ventilationsgraden og udgasningsproblemet.

Ventilation

I tabel 5.5 er de prøvede solfangeres ventilationsgrad vist. De er angivet med yderpunkterne meget utæt og lufttæt. Her imellem er 3 grupper med henholdsvis 10-20, 1-10 og under 1 m³/h pr. 100 Pa. i utæthedsgrad. Betydningen af ventilation af solfangerne mht. kondensdannelse omtales nærmere i afsnit 5.4. Den foreløbige konklusion er, at der bør anbefales ret høje ventilationsgrader svarende til gruppe 1 med en utæthed på 20 m³/h eller mere pr. 100 Pa.

Regnutæthed

I tabel 5.6 er vist en oversigt over hvilke solfangere, der var utætte ved den indendørs regntæthedsprøve, samt årsagen til utætheden.

Der er også angivet, hvordan solfangerne klarede det andet trin i regntæthedsprøvningen med undertryk samtidigt. Det ses, at en mindre regnutæthed skærpes væsentligt herved, og at solfangere, der ikke var regnutætte ved vandpåsprøjtning alene, i nogle tilfælde suger lidt vand ind. Dette forhold er væsentligt, fordi det gør identifikationen af vandindtrængen lettere. Tabellen viser endvidere resultatet af en inspektion af de uden-dørs opstillede solfangere foretaget efter at disse en dag med kraftigt solindfald blev påsprøjtet med koldt vand. Trænger der vand ind vil en del af det straks fordampe for igen at kondensere på dæklaget, der jo køles. En utæthed viser sig da ved en kraftig kondensdannelse, der opstår på sekunder. Det fremgår, at en del af de solfangere, der var under mistanke for at være utætte eller våde ved denne enkle prøve, straks viste kondensdannelse.

	Udgasning observeret ved temperatur prøvning i solsimulator.	Udgasning observeret ved inspektion udendørs efter 1 års stagnation.	Kommentar
1		lidt	
2		lidt	
3		lidt	mineraluld + PUR-skum
5		noget	
9	lidt	meget	
10		lidt	
11	meget	meget	PUR-skum
12	meget	meget	olie
13		lidt	
16		-	
19		lidt	
21		meget	
26	meget	meget	PUR-skum
29	meget	meget	PUR-skum og træ
30		noget	
31		lidt	
34	lidt	noget	
35		lidt	
36	meget	meget	PUR-skum
37	lidt	meget	
41		lidt	

Tabel 5.4

Sammenligning mellem udgasning observeret ved indendørs temperaturprøvning og udgasning observeret for de samme solfangere efter placering udendørs i 1 år.

Utæthed i $\frac{m^3}{h}$ 100 Pa	Meget utæt	10 - 20	1 - 10	Under 1	Lufttæt
Solfanger:					
1	x	(x)			
2	x			(x)	
3		x			
5	x				
9				x	
10	x				
11	x			(x)	
12	x				
13	x				
16			x		
19				x	
21	x				
25				x	
26			x		
29				x	
30			x		
31	x			(x)	
34	x				
35					
36					x
37	x			x	
41			x		
Gruppe	5	4	3	2	1

Tabel 5.5

Ventilationen for de prøvede solfangere er angivet i utæthed i m^3/h pr. 100 Pa. Solfangerne er opdelt i 5 grupper med varierende ventilationsgrad. Der ses at være stor variation.

(x) står for placering, hvis ventilationshuller eller utætheder er afdækket.

Regntæthed og kondens

	utæt ved inden- dørs regntest	årsag til utæthed	regnutæt ved undertryk	kondens ved kold påsprøjtning uden dørs	kondens ved in- spektion 10/2-82	korrosi- on på absorber	utætheds- grad
1					x		5
2			lidt				5(2)
3			lidt	lidt	x		4
5	meget	rørg.	meget	meget	x		5
9	meget	hjørne, rørg.	meget	noget	x	x	2
10					xx		5
11			lidt		x		5
12	meget	hjørne, rørg.	meget	lidt			5
13	meget	hjørne, rørg.	meget		x	x	5
16	lidt	rørg.	meget	-	-	-	3
19				lidt			2
21			lidt	lidt		x	5
24					x		
25			lidt		x		2
26			lidt		x	xx	3
29			lidt	en del			2
30			lidt	lidt	x		3
31			lidt		xx	x	5 (1)
33					xx		
34						(x)	5
35							1
36	lidt		meget	noget	xx		2
37	lidt	hjørner	meget	meget	x	x	5
41	lidt	rørg.	meget		x	(x)	3

Tabel 5.6

Regnutæthed for solfangerne er vist ved henholdsvis den almindelige regntæthedsprøvning og regntæthedsprøvning med kombineret undertryk i solfangeren. Der er også vist kondens, korrosionsforhold samt ventilationsgrad for solfangerne.

Det er også angivet i hvilke solfangere, der er blevet observeret kondens ved inspektion i foråret 1982, og ventilationsgraden for solfangerne er angivet.

Endelig er det vist for hvilke solfangere, der efter udendørs opsætning i 1 år kunne observeres begyndende korrosion på absorberen. Det drejede sig om ialt 7 solfangere varierende fra en enkelt korrosionsplet til et enkelt tilfælde af fremskreden korrosion.

Absorberholdbarhed

I tabel 5.7 er vist en oversigt over resultater fra holdbarhedsprøvningen af overfladebehandlede absorbermaterialer foretaget på Teknologisk Instituts afdeling for Overfladebehandling i midten af 1982. 5 af de her viste 8 kombinationer af materialer og overflader er fra samme solfangerabsorbere, som undersøges i nærværende rapport. Det er ud fra resultaterne forsøgt at inddele absorberne i holdbarhedsgrupper fra 1 til 4, som dækker fra "under middel" til "god".

Hvis absorberen skal kunne klare mere end svarende til korrosionsklasse 1, skal den helst op i holdbarhedsgruppe 3, svarende til "tilfredsstillende". Det viste sig ved prøvningerne at være svært for de undersøgte selektive overflader at klare mere end holdbarhedsgruppe 2 "middel". Erfaring fra brug i praksis viser dog eksempler på, at gruppe 2 placerede selektive absorbere efter flere års placering i gode solfangerkasser udendørs, ikke viser tegn på begyndende korrosion.

Samtidigt findes der erfaringer i udlandet mht. prøvning af selektive overflader, som viser eksempler på meget fin holdbarhed, især når der er tale om brug af sort chrom. Da selektive overflader efterhånden anerkendes at være alfa og omega for at opnå en god solfangereffektivitet, må det anbefales, at der foretages tilbunds-gående undersøgelser på området.

Korrosionstest

nr.	absorber type	absorber materiale	absorber overflade	kommetar fra 1.års stag-nation	Grup-pe
3	alm.sort.	stål, zink fosfatering	maling	ser pæn ud udendørs	1-2
9	alm.sort.	aluminium	alkydemalje	meget lille lagtykkelse, korrosion set ud	1
16	alm.sort.	aluminium	alkydemalje	-	4
26	selektiv	aluminium	maxorb-folie	korrosion set ude	2
31	selektiv	aluminium	anodiseret aluminium	enkelte korrosions pletter	2
A	selektiv	rustfri stålplade	skysorb	-	4
B	selektiv	stål	selektiv maling	-	3
C	alm.sort.	aluminium	polyester	-	4

Gruppe 1 under middel
 Gruppe 2 middel
 Gruppe 3 tilfredsstillende
 Gruppe 4 god

Tabel 5.7. Oversigt over hvordan 5 af solfangernes absorbere og 3 andre klarede de accelererede holdbarhedsprøvninger på Teknologisk Instituts afd. for overfladebehandling.

Gruppe 3 placerede kan leve op til en standard omkring korrosionsklasse 2, mens gruppe 2 placerede svarer til omkring korrosionsklasse 1. De fleste selektive behandlinger har svært ved at klare sig bedre end gruppe 2. Det stiller høje krav til regntæthed og reducerede kondensproblemer. På den anden side synes erfaringer fra praksis at vise, at gruppe 2 placerede absorbere efter flere års placering i gode solfangerkasser ikke viser tegn på begyndende korrosion.

5.4 Kondensdannelse i de prøvede solfangere

Kondensforhold er som sagt en af de ting, der undersøges nøje, fordi kondens ofte kan være et alvorligt problem. Inspektioner af solfangerne på forskellige tidspunkter af året og dagen har vist at alle solfangerne danner kondens i vinterhalvåret, mens kondensdannelsen om sommeren er relativt sjælden. Det er tydeligt, at de solfangere, der ikke er regntætte, er de der har størst problem med kondensdannelse, således er der nogle få der endda er observeret kondens i på varme sommerdage med sol.

Der er foretaget måling af temperatur og luftfugtighed inde i 2 solfangere over en uge i efteråret 1982. Der var her tale om typisk "våde" solfangere med en del kondensproblemer. For disse solfangere betød opvarmningen af absorberen til maksimumtemperaturer på 90-140°C ikke nogen udtørring af luften i solfangerne, som begge havde en lav ventilationsgrad. Den relative fugtighed ændrede sig typisk fra 90% om morgenen til 70% midt på dagen svarende til en forøgelse af vandindholdet i luften fra 9 gram vand/kg luft til 60 gram vand/kg luft. Dette svarer med et typisk luftvolumen til, at vandindholdet forøges fra 0.6 gram til 5 gram. Da et solfangerdækklag med kondens på indersiden kan indeholde op til 100 gram vand i form af tunge dråber, behøver den nævnte udvikling i den relative luftfugtighed ikke nødvendigvis at være udtryk for at solfangeren er våd i isoleringen, så fugten kommer derfra. Det kan også være udtryk for en for ringe ventilering af solfangeren. I det nævnte tilfælde sker udviklingen over 4 timer, således at der skulle kræves et luftskifte på 5 gange pr. time til at fjerne maksimum kondens på glasset, når det antages, at ændringen i vandindholdet er på 50 gram vand pr. kg luft svarende til 5 gram vand for 1 luftskifte.

En metode som har været meget brugt som forsøg på at reducere kondensproblemet i solfangere, har været at bore to 8 mm huller i bundsiden af solfangeren for

herved at forøge ventilationen. Der vil i forbindelse med denne løsning ske følgende, som vist i figur 5.1. Solfangeren med kondensdannelse på glasset om morgenen varmes op i løbet af formiddagen og udeluft med et ringe vandindhold suges ind i bunden, bl.a. som følge af en skorstenseffekt i solfangeren. Hvis der er luftutætheder i toppen af solfangeren f.eks. ud gennem bagsideisoleringen, vil skorstensvirkningen forøge ventilationen og presse luft ud her. Den ude fra kommende luft varmes først op langs absorberen og falder siden ned langs glasset, hvor den optager noget af kondensen i sig. Vandindholdet stiger herved i den stedse varmere luft, mens den relative luftfugtighed stort set bibeholdes.

Hvis solfangeren har fugt i isoleringsmaterialet, vil opvarmningen hjælpe med til at fordampe denne. Solfangeren indeholder derfor op af formiddagen en varm luft med et stort vandindhold, som helst skal ventileres væk.

Hvis solfangeren har luftutætheder i toppen gennem isoleringsmaterialet, kan det med de nævnte forudsætninger være meget uheldigt. Den varme fugtige luft vil nemlig herved kondensere på sin vej ud af solfangeren og efterlade fugt i isoleringsmaterialet eller på indersiden af solfangerkassen. Resultatet heraf er en mere fugtig solfanger, som i næste kondensperiode skaber endnu mere kondens, dette vil i det lange løb have en klart nedbrydende effekt på absorberen.

Problemet kan f.eks. løses ved at sørge for, at udluftningen af solfangeren sker gennem relativt store udluftningshuller, som er i metallisk kontakt med absorberen. Herved vil den varme fugtige luft ikke kondensere på sin vej ud, den vil først blive afkølet i det øjeblik, den er ude og her vil den ofte opløses i udeluften.

Solfanger nr. 31 og nr. 33 er eksempler på solfangerdesign, hvor dette gør sig gældende. Disse to solfangere er opbygget med ens solfangerkasser, hvor absorberen er fastgjort med metallisk forbindelse til solfangerkassens

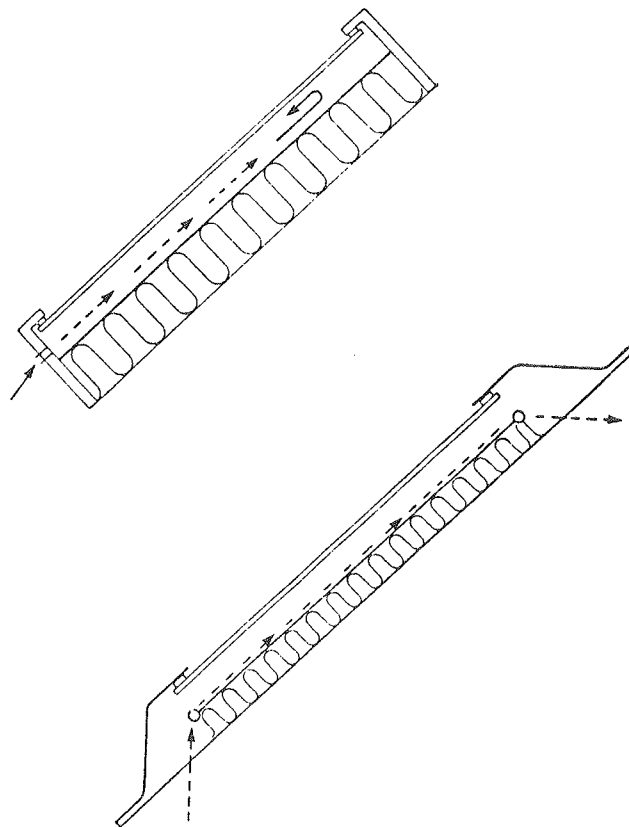


Fig. 5.1 Mange solfangere er forsynet med ventilationshuller i bunden. Når absorberen varmer op i solen, vil der skabes en skorstenseffekt i solfangeren, hvor opvarmet luft vil presses ud gennem utætheder i toppen af solfangerkassen. Dette vil hjælpe med til at kondens fordamper på indersiden af dæklaget og samtidigt bevirke, at den varme luft i toppen af solfangeren har et forøget vandindhold. Herved kan afsættes uønsket kondensvand i solfangeren, hvis den varme luft afkøles på sin vej ud.

sider. I siderne er der foroven og forneden huller med 60 mm i diameter, hvor igennem rørgennemføring sker. Dæklaget rager længere ud end solfangersiderne og beskytter sammen med en løstsiddende dækkapsel mod regnindtrængen. Solfanger 31 har i forbindelse med den udendørs opstilling fået dækket sidehullerne med tape, og konsekvensen har været kraftig kondensdannelse i hele vinterhalvåret. Derimod er der kun sjældent kondens at se i solfanger nr. 33, som ikke havde hullerne lukket med tape.

I solfanger 29, 34 og 36 er der om eftermiddagen på dage med sol flere gange blevet observeret kondensdannelse på undersiden af dæklaget ved hjørnerne: Dette kan forklares ud fra den samme mekanisme. I løbet af dagen efterlader indtrængende varm fugtig luft på sin vej ud væde i bagsideisoleringen, eller ved kassens indersider. Når solfangeren køles om eftermiddagen, befugtes indtrængende tør luft hermed og kondenserer på det nu relativt kolde dæklag, hvor der er koldest og tæt ved den indtrængende luft, f.eks. ved hjørnerne.

Solfanger nr. 2 er et eksempel på en anden solfangerkonstruktion, som klarer sig næsten uden kondensdannelse. Her sker udluftningen gennem bagsideisoleringen, og der er som for solfanger nr. 31 og 33 tale om en høj ventilationsgrad (tabel 5.5). I følge ovennævnte teori skulle der afsættes fugt i isoleringen, når varm luft med natlig kondens trænger ud. Dette sker sandsynligvis også, men da der er tale om en helt regntæt solfanger, som er godt ventileret, er der sikkert tale om ret begrænsede mængder. Denne relativt lille vandmængde opløses muligvis i tør indstrømmende luft i løbet af eftermiddagen, når solfangeren køles af. Endelig kan forskelle i trykforholdene ved solfangerens bagside p.g.a. vind være skyld i, at der om formiddagen i perioder presses kold tør luft ind i solfangeren. Fordi ventilationshullerne i bagsiden er den eneste luftutæthed vil vindforhold således betyde en løbende og vekslende ind- og udåndings effekt for solfangeren.

Et studie af tabel 5.6 angående den målte ventilationsgrad for de prøvede solfangere kan nu sammenholdes med de nævnte erfaringer for kondensdannelsen. Det er ret tydeligt, at det er de problematiske solfangere med hensyn til kondens, som har små ventilationsgrader. Mens de solfangere, der har klaret sig bedst, typisk har en utæthed på $10 \text{ m}^3/\text{h}$ pr. 100 Pa eller mere. Der er her tale om solfangere, der er så utætte, at de er svære at måle. De førnævnte solfangere med meget begrænsede kondensproblemer hører begge til den sidstnævnte gruppe.

Meget tyder altså på, at vi så småt er ved at skyde os ind på, i hvilket niveau luftutæthedsgarden skal ligge og betydningen med hensyn til konstruktionsløsninger for kondensdannelsen, men der er endnu for få målinger, der underbygger dette. Derfor må en mere direkte anvisning på området, afvente resultaterne fra et yderligere antal kondensmålinger for de prøvede solfangere.

5.5 Gode detaljer som kan fremhæves for de prøvede solfangere

I det følgende skal der for en række af de prøvede solfangere gives en kort gennemgang med eksempler på anbefalelsesværdige detailløsninger med hensyn til gennemtænkt konstruktion og nye måder at bruge kendte materialer på. Oversigten beskæftiger sig med solfangerne en af gangen. Det er også muligt at finde disse ting samt at få den samlede vurdering af hver solfanger i prøvningsjournalerne. Der findes også billedmateriale her, som dokumenterer de nævnte forhold.

Dette afsnit kan måske være en hjælp til de læsere af rapporten, som er ved at være trætte af den megen beskæftigen sig med solfangerproblemer, og som snarere kunne tænke sig nogle oplysninger, der fremhæver, hvad der er godt ved de prøvede solfangere. Det er opfattelsen, at der, når man vurderer de prøvede solfangere under et hele, findes eksempler på detailløsninger for så at sige alle solfangeres enkeltdelen, som kan fremhæves som gode.

Solfanger 2

Denne solfanger er opbygget med en utraditionel men vel-fungerende solfangerkasse af glasfiberarmeret polyester. Både dæklagssamling og rørgennemføring er helt regntæt og tætnet med siliconefugemasse. Solfangeren har ventilationshuller placeret i bagsiden foroven og forneden, hvis disse lukkes til er den næsten lufttæt. Når de er åbne er lufttæthedsgraden blandt de højeste for de prøvede solfangere (gruppe 5). Det er en af de solfangerløsninger, som i praksis har haft færrest kondensproblemer, hvilket sandsynligvis kan henføres til den gode regntæthed samt at ventilationen bagfra giver en vis udtørrende virkning på isoleringsmaterialet.

Solfanger 3

Denne solfanger er importeret og er samtidig et eksempel på en produktudviklet konstruktion, hvor der er taget mange hensyn. Der er benyttet et opblæst acryldæklag, hvor kanten er beskyttet af en stærk kantliste, som også

giver gode inddækningsmuligheder. For at stive bunden af er der brugt en PUR-skum plade, som den nederste halvdel af bagsideisoleringen, men da den øverste halvdel er mineraluld, fører dette ikke til temperaturproblemer. Absorberen har en stærk, holdbar og almindelig sort overflade, malebehandlet med polyester.

Solfanger 10

Dette er et eksempel på en solfanger, hvor kassens design minder om de velkendte Veluxvinduer. Selv om solfangerens glasliste af træ ikke fungerer særligt tilfredsstillende, bevirker den anbragte tyndmetal hætte, som går helt ned til glasset, at regnen stort set holdes væk fra glas/kasse-samlingen. Det trykimprægnerede fyrretræ under hætten ser pænt ud. Solfangeren er ret åben ved sidehullerne til rørgennemføringerne, dette hjælper med til en hurtigere udtørring af solfangeren, når der dannes kondens, og hindrer at varm luft med et relativt stort vandindhold kondenserer på vej ud af solfangeren.

Solfanger 11

Solfangerens glas/kasse samling er regntæt og relativ robust. Der er næsten ingen kant forneden til at holde på vandet.

Solfanger 13

Her er et eksempel på et relativt stort kombineret ventilations- og drænhul i solfangerens nederste side, som tilsyneladende fungerer godt. Hullet fører ind til et luftlag under absorberen. På trods af at solfangeren ikke er regntæt, ser den alligevel pæn ud endnu. Luftlag mellem absorber og PUR-skum foranlediger sammen med en middeleffektivitet, at temperaturproblemet for skummet indskrænkes.

Solfanger 16

I solfangeren er kun anvendt mineraluld som isoleringsmateriale. Derfor er der næsten ingen udgasning at se på dæklaget. Solfangeren ser ikke ud til at have taget skade efter placering udendørs i 1½ år. Den nederste glasliste

er udført med to huller i hjørnerne, så vand der opsamles kan løbe ud af disse. Absorberen er plan på den ene side, så folie nemt kan fastgøres.

Solfanger 25

Denne solfanger har haft store problemer med den anvendte skumisolering på grund af temperaturbelastningen. Alligevel kan man som en god detalje godt fremhæve brugen af PUR-skum til at stive kassen af med. Man kan godt bruge en stiv skumkasse som kasse til solfangeren, blot man sørger for at isolere med mineraluld mod absorberen (f.eks. 30 mm). Rørgennemføringerne i denne solfanger, som er tætnet med en gummitylle og lim, har tilsyneladende fungeret godt. Hjørnesamlingerne er tætnet med lim, herved opnås en ekstra tæthed.

Solfanger 30

Denne solfanger benytter sig ligesom solfanger 3 af et oppustet acryldæklag, men her har man ladet acryl dæklaget fortsætte ud over solfangerkassens sider. Dette giver en meget god sikkerhed for en regntæt løsning. Samtidig beskyttes rørgennemføringshullerne mod regn, og der opnås en god ventilationsmulighed.

Solfanger 31

Den anvendte kasse/dæklag samling har i praksis og ved prøvningerne vist sig at være regntæt og robust. Dæklagsdelen rager ud over solfangerens sider. Det betyder, at rørsamlingerne mellem to solfangere beskyttes mod sol og delvis mod regn.

Solfangeren er ventileret ved rørgennemføringer i siderne i top og bund, dette giver mulighed for en god 'skorstens' ventilation, som stort set begrænses til disse huller. En eventuel fugtig, opvarmet luft i solfangeren vil kunne forlade det øverste rørgennemføringshul uden at blive afkølet og kondenserer, fordi der er en termisk overgang.

Solfangeren har en bagplade af masonit. Denne ser efter flere års placering udendørs pæn ud endnu. Absorberen til denne solfanger, som er af svensk oprindelse, bør også fremhæves som god. Den kan som andre selektive overflader måske ikke leve op til de helt store korrosionskrav, men udførelsen, hvor en aluminiumsfinne er valset på et kobberør, er sandsynligvis et resultat af holdbarhedsovervejelser. Svenske erfaringer efter 4 års brug af denne absorber tyder ikke på en dårlig holdbarhed i praksis.

Solfanger 34

For denne solfanger skal fremhæves anvendelsen af en aluminiumfolie til at beskytte mod udgasning fra sideisoleringen. Efter flere års placering udendørs ser folien stadig pæn ud, og dette er faktisk en del bedre en for en række andre solfangere, der har anvendt denne løsning.

KAPITEL 6. LEVETIDENS BETYDNING FOR ØKONOMIEN I SOLVARMEANLÆG

Når man diskuterer økonomien ved solvarmesystemer, regner man ofte med en levetid på 20 år. Man kan da opstille et skema over alle omkostninger og besparelser i systemets levetid under nogle fastsatte forudsætninger. På dette grundlag kan systemets levetids økonomi, som mål for rentabilitet, udregnes. Undersøgelser har vist, at den overhovedet vigtigste økonomiske parameter ved sådanne beregninger er udviklingen i brændselspriserne. Derfor er det nærliggende at vælge at beregne levetidsøkonomien af et solvarmesystem ud fra energibesparelsen i kWh i systemets levetid i stedet for i kr. Samtidig er det sådan, at driftsudgifterne til et solfangersystem er temmelig uberegnelige, bortset fra el til cirkulationspumpen. For nemheds skyld sættes driftomkostningerne til en vis procent af investeringen, der så deles lige-
ligt over levetiden.

En enkel og rimelig måde at præsentere økonomien for et solvarmesystem på, er at tage summen af investeringen og driftsomkostningerne i den forventede levetid og dividere denne med den samlede energibesparelse i kWh.

Dette forhold (EP) kr/kWh kan bruges til at give et let overskueligt billede af, hvor attraktivt et givet solvarmesystem er. EP kan naturligt opdeles i to dele. Udgiften forbundet med solfangersystemet (EPS) og udgiften til resten af solvarmesystemet (EPV). For solfangersystemet har vi:

$$EPS = \frac{I + D L}{P L} = \frac{I}{P L} + \frac{D}{P} \quad \frac{\text{kr}}{\text{kWh}} \quad \text{her er:}$$

EPS	=	prisen pr. produceret kWh i systemets levetid	kr/kWh
I	=	installationspris for solfanger	kr/m ²
D	=	driftsomkostning for solfanger pr. år	kr/m ² år
P	=	ydelse af solvarmeanlæg	kWh/m ² år
L	=	forventet levetid	år
I/P	=	investeringsfaktor	kr år/kWh)
D/P	=	driftsfaktor	kr/kWh

Ved konstruktion af en solfanger kan man anlægge to forskellige strategier:

- a) En relativt dyr solfanger, med en forventet god langtidsholdbarhed, der er opbygget således, at det er muligt at udskifte enkeltdele, f.eks. absorber eller dæklag. Der kan så opnås en lang levetid med visse udgifter til vedligeholdelse.
- b) En solfanger baseret på relativt billige plastmaterialer fremstillet ved en rationel automatiseret produktionsproces således, at den ikke kan skilles ad, men udskiftes som et hele.

Solfanger a er karakteriseret ved dyre materialer (aluminium kobber) og relativt tidskrævende samlingsmetoder (skruer) og er velegnet til mindre serier. Solfanger b er karakteriseret ved billige materialer (plast) og billige rationelle samlingsmetoder (limning og varmesvejsning).

Solfanger a kan svare til de bedste af de solfangere vi ser i dag, hvor der blot er taget højde for udskiftning af komponenter. Med hensyn til b har der været forskellige bud fremme, der tyder på at sådanne solfangere kan produceres for omkring 500 kr/m² for selve modulet.

Det er naturligvis vanskeligt at fastsætte priser og levetider for de to typer solfangere, men eksempelvis kunne det se sådan ud:

Solfanger a

$I = 800 \text{ kr/m}^2$
 $D = 20 \text{ kr/m}^2 \text{ år}$
 $L = 30 \text{ år}$
 $P = 300 \text{ kWh/m}^2 \text{ år}$ selektiv

Solfanger b

$I = 600 \text{ kr/m}^2$
 $D = 0$
 $L = 15 \text{ år}$
 $P = 300 \text{ kWh/m}^2 \text{ år}$ selektiv
 $P = 250 \text{ - -}$ sortmalet

Drift- og vedligeholdelsesudgifter for solfanger a svarer til 600 kr. i levetiden.

Med disse værdier fås for solfanger a $EPS_a = 0,16 \text{ kr/kWh}$ ($0,09+0,07$) og for solfanger b ligeledes $EPS_b = 0,16$ for den ikke selektive.

Baseret på dette eksempel er det således et åbent spørgsmål, hvorledes den bedste levetidsøkonomi opnås. En mere præcis beregning vil kræve en nøjere vurdering af levetiden, således som det tilstræbes inden for et IEA-samarbejde om solfangerholdbarhed baseret på konkrete prissatte solfangere. Endvidere er de finansielle forhold af betydning, idet et dyrt anlæg med lang levetid vil udvise det dårligste driftsregnskab de første år. Det har ofte en afgørende betydning for et eventuelt ønske om investering.

KAPITEL 7 VURDERING AF PRØVNINGSPROCEDURENE

7.1 Lufttæthedsprøvning

Formålet med denne prøvning må være ved kommende prøvninger at få opstillet et udtryk for solfangerens utæthedsggrad f.eks. angivet i m³/h pr. 100 Pa.

Kommende analyser af sammenhængen mellem kondensdannelse og kondensudtørring i forhold til stagnationstemperatur og utæthedsggrad skulle gerne gøre det muligt at fastsætte en mindste utæthedsggrad, der skal opfyldes for en given solfanger for at hindre for kraftig kondensdannelse.

Når dette er formålet med prøvningen vil det ikke være nødvendigt at afdække dele af solfangere med plastfolie for at måle utætheden. Solfangere, der ikke kan opnås over/under tryk i, rubriceres blot som "meget luftutæt".

7.2 Temperaturprøvning og trykprøvning

Disse prøvninger har til formål at udsætte solfangere for temperatur- og trykmæssige påvirkninger, der svarer til eller er lidt værre end hvad de kan blive udsat for i virkeligheden. Som sådan har de fungeret ganske godt, selv om de observerede visuelle forandringer for de prøvede solfangere stort set har begrænset sig til at par tilfælde af dæklagssammenbrud og påvisning af udgasningsproblemer. Ved kommende prøvninger under en godkendelsesordning anbefales det, at de første 3 prøvninger beholdes i stort set uændret form og at den sidste, termisk cykling udgår. Den har ikke haft den effekt, der var formålet, nemlig en slags accelereret påvirkning af solfangeren, som skulle forstærke eventuelle problemer. Det har været erfaringen, at f.eks. brud opstår allerede under de 3 første temperaturprøvninger. Det foreslås i stedet, at afslutte de indendørs prøvninger med, at de prøvede solfangere placeres udendørs på sydvendte stativer i 1 år. Herved vil udgasningsproblemer forstærkes og indflydelse fra fugtige perioder i form af begyndende

korrosion kunne observeres. Det er ikke nødvendigt at afvente resultatet fra den udendørs placering, for at godkende en solfanger, men erfaringen herfra kan indgå i den generelle vurdering af solfangeren og hjælpe fabrikanten i sin produktudvikling.

Effekten af den tredie prøvning, chockafkøling af dæklag med vandpåsprøjtning har vist sig at være af en anden natur end det først var meningen. Det har ikke været muligt at opnå brud på nogen dæklag med denne prøvning, men det har vist sig ved forsøg udendørs, at solfangere, der ikke var regntætte danner meget klar kondensdannelse på indersiden af dæklaget. Dette skyldes at luften ved en høj fugtighed inde i solfangeren nemt vil nå sit dugpunkt, når den kommer i kontakt med det afkølede dæklag. Denne effekt er ikke blevet studeret nærmere ved de indendørs prøvninger, men bør undersøges ved fremtidige prøvninger.

Ved konstatering af udgasningsprodukterne i forbindelse med temperaturprøvningerne er det af stor værdi at kunne foretage udgasningsforsøg ved forskellige temperaturniveauer med materialer, som svarer til de i solfangerne anvendte. Hertil har den i app. 1 viste udgasningskasseopstilling været meget anvendelig, og har bl.a. gjort det muligt at opsamle passende mængder af interessante udgasningsprodukter, som f.eks. fra PUR-skum, og sende dem til kemisk analyse. Hvis det alene drejer sig om at udsætte materialer for et bestemt temperaturniveau for at se, hvordan de klarer dette, er brug af varmeskab den rigtige løsning.

7.3 Regntæthedsprøvning

Denne prøvning har, som det også fremgår af nærværende rapport, været meget anvendelig med henblik på at identificere ikke regntætte solfangere. Prøvningen er blevet forbedret løbende og fungerer nu i en form, som må siges at være tilfredsstillende. Det burde måske alligevel fremhæves her, at en måling af fugtigheden i isolerings-

materiallet inde ved absorberen, kan foretages nemt i forbindelse med det udskårne hul til placering af termoelementet, ligesom fugtigheden imellem glas og absorber kan måles gennem de udborede sidehuller uden problemer. Dette bør nok gøres konsekvent ved fremtidige prøvninger. Det kan også overvejes om prøvningen burde foretages 2 gange, det vil sige både før og efter temperaturprøvningerne for at se, om de har påvirket regntætheden.

7.4 Vindbelastning

Der er ikke registreret skader på en eneste solfanger ved over/under tryk på 500 Pa. En forøgelse til 1000 Pa kunne måske hjælpe, men bør på den anden side ikke give resultater, som er ude af trit med virkeligheden. Ved placering i 1 år med 30° hældning tæt ved jordoverfladen udendørs har vindbelastning ikke været et problem for nogen af de prøvede solfangere. Men ved stejlere hældninger og placeret oven på en bygning ville belastningen klart være større. Det er et problem, at nogle solfangere ikke kunne prøves, fordi det ikke under nogen omstændigheder var muligt at skabe over/under tryk. En stærkere luftblæser kunne måske løse problemet. Hvis denne samtidigt havde en hurtig reaktion kunne pludselige vindstød måske også simuleres bedre.

7.5 Opstilling af solfangere i udendørs stagnationstilstande gennem længere tid

Et vigtigt modstykke til de indendørs driftssikkerheds- og holdbarhedsprøvninger, er prøvning af utilsuttede solfangere i længere tids stagnation udendørs. Igennem 4 år er der sket regelmæssige inspektioner af 14 solfangere, som har været placeret på sydvendte stativer på laboratoriets udendørs prøvningsareal med en hældning på 30° fra vandret. Fra august 1981 er disse blevet suppleret med 20 af de indendørs prøvede solfangere. Kontinuerlige målinger af stagnationstemperaturer og klimaparametre er blevet gennemført i mere end 1 år for at se om ændringer i solfangerholdbarhed kan registreres ved hjælp af den

såkaldte Biernbreier metode (ref.2). Seks af solfangerne er sammenlignet med nye solfangere af samme fabrikat, så forskellen mellem udendørs og indendørs påvirkning kan vurderes. Alle solfangere bliver ved denne relativt billige prøvemetode udsat for det naturlige vejrlig igennem længere tid. Temperaturmæssigt bliver de udsat for betingelser, som er en del hårdere end hvad solfangere normalt udsættes for ved almindelig drift. Ved udendørs stagnation igennem længere tid opnås derfor en accelleret påvirkning af solfangeren, hvor vi dog endnu ikke kan fastsætte nogen korrelation til påvirkningen ved normal drift.

Det er erfaringen, at ændringen i solfangere pga. høje temperaturer ret hurtigt kan registreres i sommermånederne, mens vandindtrængen og fugtproblemer kan konstateres i den fugtige og rengfulde det af året. Det er også erfaringen, at der ofte kan ses synlige konsekvenser, f.eks. i form af korrosion som følge af regnutæthed, materialenedbrydning eller store udgasningsproblemer efter 1-2 års placering i udendørs stagnation.

Målinger af absorberstagnationstemperaturer henholdsvis ved indendørs prøvning og opstilling udendørs viser ca. 20 °C højere temperaturer ved den indendørs prøvning. Visuelle inspektioner af solfangerne udendørs viser ikke nogen forskel mellem de indendørs prøvede solfangere og nye solfangere af samme type, som kun har været opsat udendørs. Det noget højere temperaturniveau indendørs anses derfor ikke at være en urealistisk hård belastning i forhold til betingelserne udendørs.

7.6 Forslag til nye prøvninger

Som sagt begrænser prøvningsprogrammet sig indtil nu til at dreje sig om solfangerkasser alene. Det vil være hensigtsmæssigt at få udarbejdet procedurer som også dækker på stedet opbyggede solfangerkonstruktioner. En udendørs prøvningsprocedure noget lig den, der bruges til modul-solfangere vil i første omgang være mest velegnet. Der opbygges en større tagflade på forsøgsarealet, hvori

opbygning kan ske også med det nødvendige inddækningssystem. Tagindbyggede modulsolfangere kan også afprøves her. Denne prøvning foretages ikke nødvendigvis rutinemæssigt, men kan bruges til at supplere en almindelig konstruktiv vurdering af tagindbyggede solfangere og til produktudvikling.

Indendørs regn- og temperaturprøvning vil kunne foretages ved passende lille skalamodelopbygning af tagindbyggede solfangere.

Der undersøges indtil nu kun de fire områder, høje temperaturer, ventilation, regntæthed og vindbelastning. Det vil især være af værdi at udvide prøvningsmulighederne til også at omfatte de andre komponenter, som naturligt indgår i et samlet solfangersystem. Det vil sige inddækningssystem eller fastgøringssystem og rørsystemet solfangeren skal tilkobles. Inddækningssystemer kan prøves ved opsætning udendørs eller i en speciel slagregnmaskine. Styrken af en solfanger-fastgørelse kan prøves ved en simpel trækprøve. Et solfanger-rørsystem kan måske undersøges ved opstilling udendørs, således at solfangerens studse forbindes med et kort rørsystem, som indeholder de påtænkte rør- og varmevekslermaterialer. Øverst i den lukkede kreds placeres en uisoleret mindre vandbeholder. Systemet bør også tilsluttes en lille trykeksansion og sikkerhedsventil og kan så påfyldes den anbefalede solfangervæske, hvorefter det udsættes for stagnationstilstande gennem længere tid. Herved opnås en cykling mellem høje og lave temperaturer og et passende flow sættes igang ved naturlig cirkulation. Efter en passende tid udtages prøver af væsken til kemisk analyse, og hvis der ses korrosionsprodukter heri, undersøges de indgående materialer nærmere. En sådan prøvning bør ikke foretages rutinemæssigt men snarere bruges til at opnå erfaring med hensyn til materialer i solfanger-rørsystemer. Det kan bl.a. bruges som et tilbud til solvarmefabrikanterne i forbindelse med produktudvikling. En mulig holdbarhedstest, som kunne foretages i forlængelse af de indendørs driftssikkerhedsprøvninger, var prøvning af nye materialer og overfladebehandlinger i salttågekammer.

Referencer

- (1) Hansen, T.Vest et al
Solfangeres langtidsholdbarhed.
Energiministeriets solvarmeprogram, rapport nr. 7.
Teknologisk Institut. Juli 1980.
- (2) Birnbreier, H.
Procedure for Longterm Tests with Solar Collectors.
Brown, Boveri & Cie AG. Heidelberg , Germany.

Supplerende litteratur

- Argonne National Laboratories
Final reliability and materials design guidelines
for solar domestic hot water systems.
- Jørgensen, O. et al
Statusrapport over solenergiforskningssamarbejdet
under IEA.
Laboratoriet for Varmeisolering. Februar 1982.
- ASTM Standards on Solar Energy (Committee E-44)
Maryland, USA. Oktober 1981.
- Skoda, L.F. Masters, L.W. NBSIR 77-1314
Solar Energy Systems - Survey of Materials Performance
Washington, USA. October 1977.
- Masters, Seiler, Embree, Roberts NBSIR 81-2232
Solar Energy Systems - Standards for absorber materials
Washington, USA. January 1981.
- U.S. Department of Commerce
Outdoor Exposure Tests of Solar
Absorptive Coatings. NBSIR 82-2583
Washington, USA. October 1982.

- Andersen, P.
Surface constancy of solar absorbers
IEA-rapport fremlagt på ekspertmøde i København, januar 1983.
Teknologisk Institut, afd. for Overfladebehandling,
Tåstrup. Januar 1983.
- Yding, F.
Korrosion i solfangerabsorbere. Rapport 18.
Energiministeriets solvarmeprogram. Juli 1982.
- Lagerkvist, K.O. & Wennerholm, H.
Durability of Solar Collectors - D1: 1982.
Byggeforskningsrådet, Stockholm.
- BS 5918:
1980 Code of Practice for Solar Heating Systems for
Domestic Hot Water. (Uk standard).
- NBS - technical note 1132
Solar Energy Systems - Standards for Coverplates
for Flatplate Solar Collectors
Washington 1980.
- Pedersen, P.V.
Solfangeres driftssikkerhed og holdbarhed -
udstyr og procedure til indendørs prøvning af
driftssikkerhed og holdbarhed af hele solfanger-
konstruktioner.
Laoratoriet for Varmeisolering. Med. nr. 101. 1980.
- Pedersen, P.V.
Failure modes of solar collectors. IEA programme, Task III.
Laoratoriet for Varmeisolering. August 1981.
- Pedersen, P.V.
IEA-Inspection Format - Reliability and Durability of
Flatplate Solar Collectors.
Findes på dansk: IEA-inspektionsformat - Driftssikkerhed
og holdbarhed af solfangere. 1981.

- Pedersen, P.V.
Reliability and Durability of Solar Collectors. -
Outdoor test of reliability and durability of complete
solar collectors. Report No. 80-17.
Laoratoriet for Varmeisolering. 1980.

- Pedersen, P.V.
Forskning i solfangeres holdbarhed.
Laoratoriet for Varmeisolering, rapport Nr. 80-31.
September 1980.

- Pedersen, P.V.
Reliability and Durability of Solar Collectors in Denmark.
Paper på ISES solenergikongres, Solar World Forum i
Brighton. August 1982. (Findes også på dansk).

Summary

Reliability and Durability of Solar Collectors

- evaluation of 22 solar collectors based on tests.

Thermal Insulation Laboratory
Technical University of Denmark
Building 118
DK-2800 Lyngby

22 solar collectors have been tested on the laboratory's equipment for indoor test of the reliability and durability of solar collectors. The collectors represent the Danish market in 1980.

The following tests have been made:

- Air-leakage
- Stagnation test
- Temperature shock of absorber and cover
- Thermal cycling
- Rain-leakage with and without
simulated wind load on cover.

After the indoor test the collectors have been placed outdoors unconnected in stagnation for $1\frac{1}{2}$ year, in order to carry out a kind of accelerated test and to verify the indoor test.

The result showed that the indoor test was useable, and especially the stagnation test and the rain-leakage test gave good information on the reliability and durability of solar collectors.

40% of the collectors passed the indoor test without remarks. The same collectors did well in the outdoor test.

Another 40% of the collectors showed serious problems in the indoor test and for these collectors the expected operation time with a satisfactory output is not more than a few years. Many of them showed widespread corrosion after one year outdoors.

The last 20% of the collectors showed problems which could be solved easily.

The most serious problems were outgassing on the cover from plast-foam (polyurethane) and rain-leakage.

The outgassing results in a lower transmission and after some time in a degradation of the insulation material. For some collectors the outgassing became so severe that the absorber-plate could not be seen. This happens when dust after some time is combined with the outgassing.

In the climate of Northern Europe it is very important that collectors are raintight and that there is suitable ventilation in the collector so that moisture accumulating during nighttime can be ventilated out of the collector during daytime. Otherwise the absorber plate will corrode, as it was seen with many collectors in this test.

The tested collectors belong to the 1st generation of collectors and the test pointed out some serious problems. On the other hand the test also proved that some collectors are satisfactory.

1. PRØVNINGSUDSTYR UDVIKLET PÅ LABORATORIET FOR VARMEISOLERING.

1.1. Temperaturprøvningsudstyr - den kunstige sol

Den kunstige sol er beregnet til prøvning af solfangerens evne til at klare store temperaturpåvirkninger (som den f.eks. kan komme ud for ved opsætning eller ved pumpestop). Lyskilden er en Osram XQ0 20.000 W Xenon lampe med en Siemens tændingsenhed og transformer. Lampen er placeret i en reflektor, således at der opnås en rimelig jævn fordeling af den kortbølgede stråling, der rammer solfangeren (se fig. 1.1.). Solfangeren er placeret i en afstand på ca. 1 m fra reflektoråbningen, og der bestråles et areal på 1.5 x 2.0 m, med en intensitet lidt over 1300 W/m². Varmestrålingen fra lampen stoppes ved hjælp af 1 lag glas, som dækker reflektoråbningen, og 1 lag lexan, som dækker det halve af arealet. Imellem disse lag sendes ved hjælp af en ventilator en luftstrøm, som køler glas og lexan. Over prøvningsfeltet er der desuden monteret 4 dyser i den ene side til vandpåsprøjtning af solfangeren (0,36 m³/h), og en ventilator i den anden side. Ventilatoren ventilerer prøverummet, for at temperaturen i solen kan falde til et leje, der er mere i overensstemmelse med, hvad solfangere vil komme ud for i virkeligheden, nemlig ca. 30°C. Med henblik på at foretage chokpåfyldning af vand gennem absorberen under stagnationsforsøg i den kunstige sol, er der mulighed for at tilslutte solfangeren til et lodret rør med udløb 1.5 m over solfangeren, og luftudlader på højeste sted. Forsøg har vist, at den kunstige sol, med den udformning den har nu, kan påvirke en solfanger til sprængning af dækglas, når den også i virkeligheden har haft problemer med, at dæklaget sprænger ved stagnation. Under prøvninger i den kunstige sol måles temperaturen ved hjælp af termoelementer, og den udskrives på en Philips 12 kanal skriver.

Fig. 1.1 viser en skematisk tegning af den kunstige sol som den i dag er udformet til holdbarhedsforsøg med solfangere, og i tabel 1.1 er der en liste over de temperaturfølerplaceringer (termoelementer), som også er angivet på fig. 1.1.

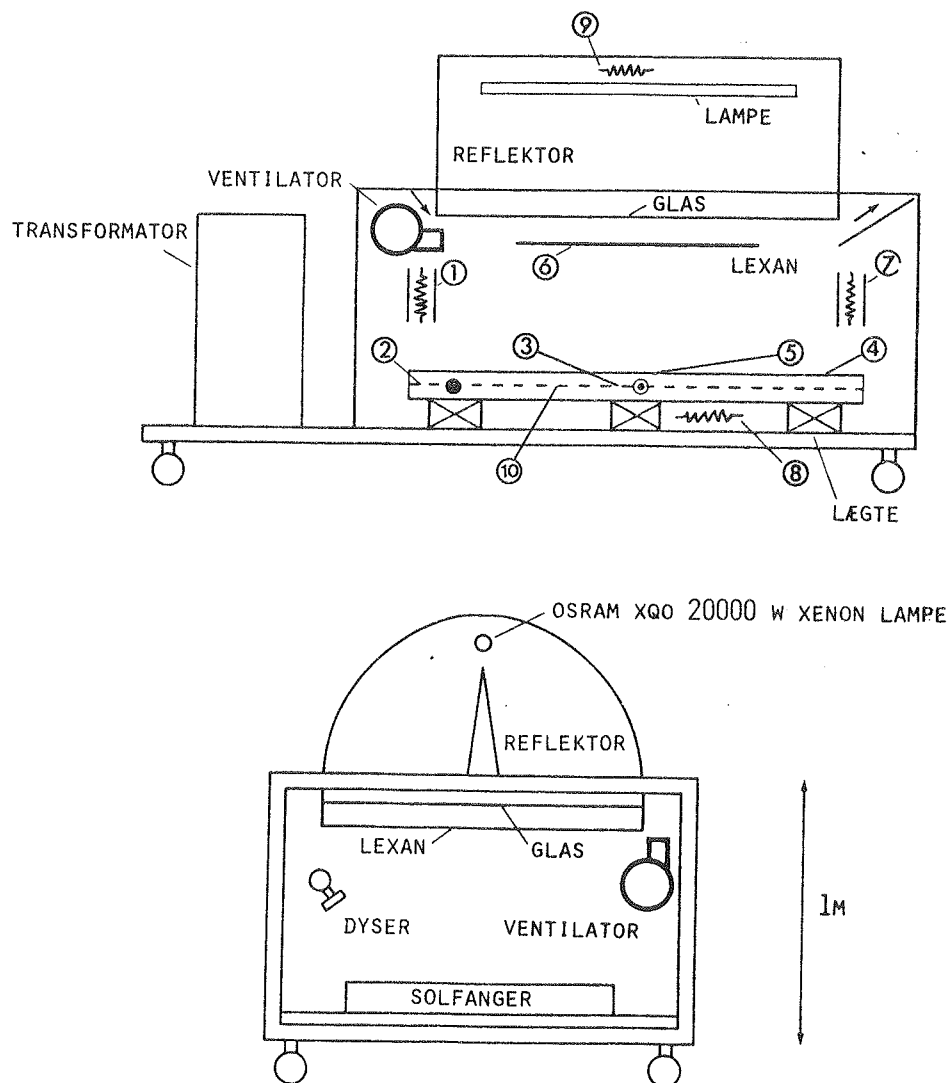


Fig. 1.1. Kunstig sol til prøvning af solfangeres bestandighed over for høje temperaturer. Se også tabel 1.1.

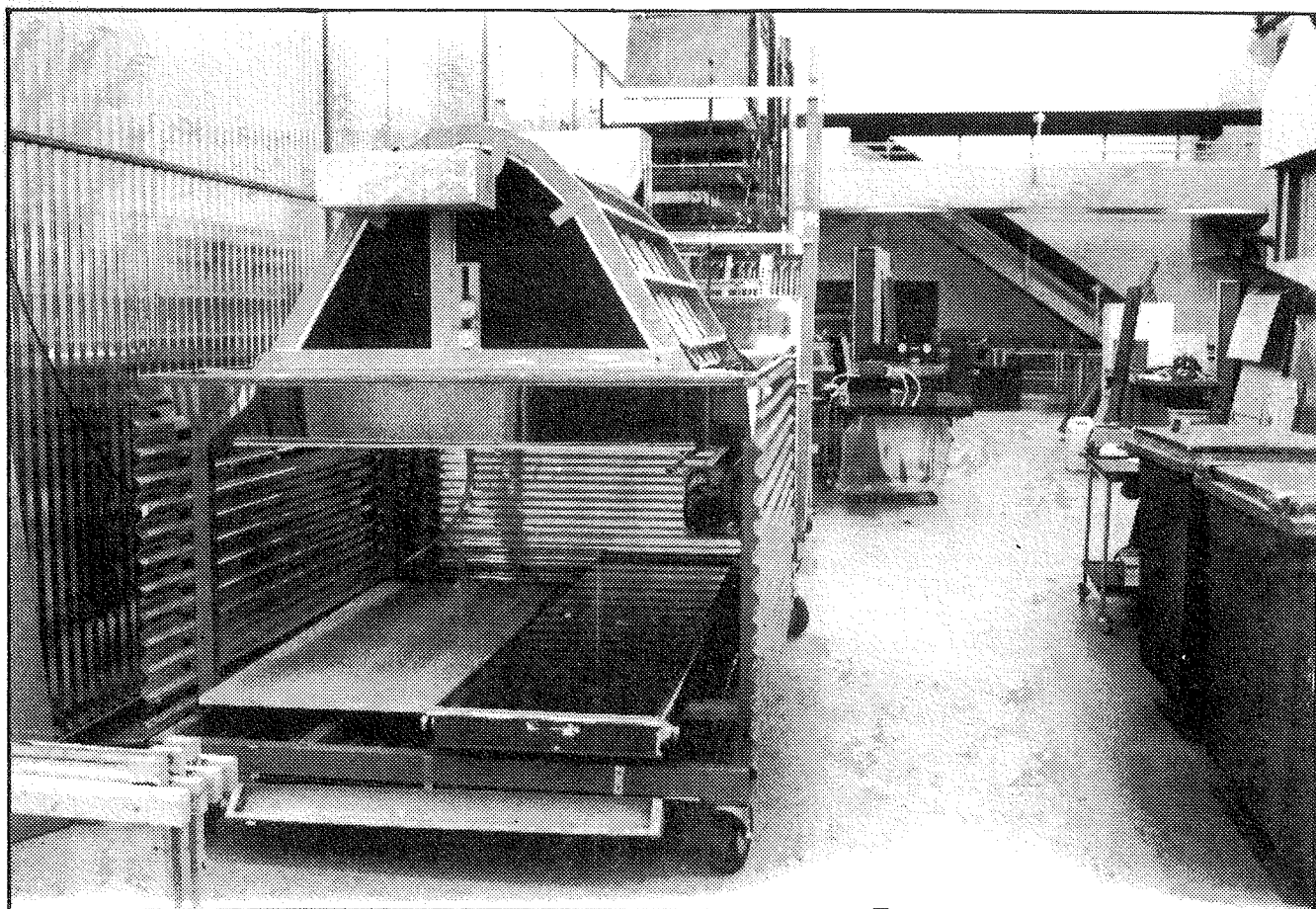
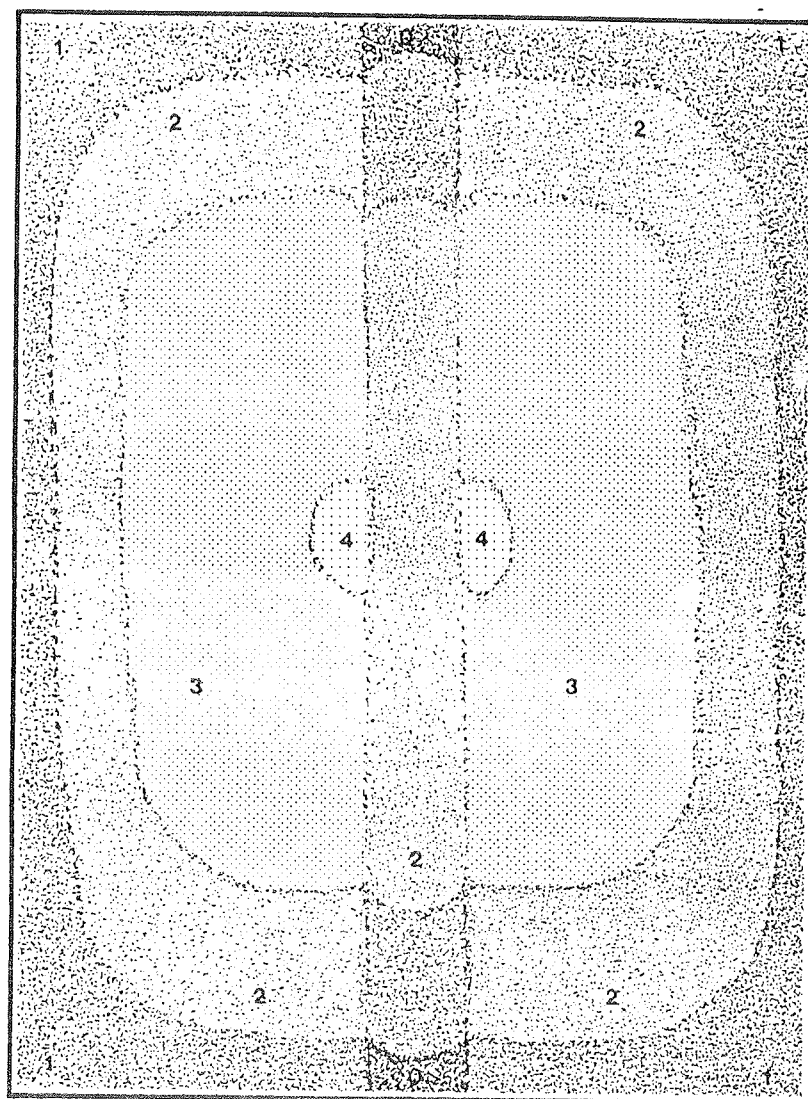


Fig. 1.2. Den kunstige sol

Placering af termofølere i den kunstige sol som vist i fig. 1.1.

Måle nr.	Placering
1	lufttemperatur bag
2	absorbertemperatur for enden
3	absorbertemperatur på midten
4	dæklagstemperatur i hjørne
5	dæklagstemperatur på midten
6	lexantemperatur
7	lufttemperatur foran
8	lufttemperatur under solfanger
9	lufttemperatur nær lampe
10	absorbertemperatur midt på målt fra bagsiden

Tabel 1.1. Placering af termofølere i den kunstige sol som vist i fig. 1.1.



Fordeling af den kortbølgede stråling (lysets)
intensitet i den kunstige sol i W/m^2 .

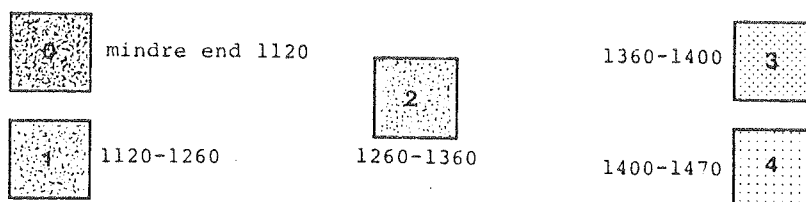


Fig. 1.3. Lysfordeling i den kunstige sol

På fig. 1.3. er angivet, hvorledes lysintensiteten i den kunstige sol varierer. Den varierer mellem 1100 og 1470 W/m², med et gennemsnit omkring 1300 W/m². Dette er en højere intensitet end hvad man normalt vil finde under virkelige forhold, og det er også højere end hvad der angives i NBSIR 78 - 1305 A (956-1165 W/m²). Lysintensiteten, som den er nu i den kunstige sol, skyldes, at vi bruger 1 lag glas og 1 lag lexan til afskærmning opadtil. Før i tiden brugte vi 2 lag glas i stedet for. Dette gav en lavere intensitet og større variation (mellem 750 og 1210 W/m² med et gennemsnit omkring 1000 W/m²). Med denne kombination viste det sig, at vi under vore relativt korte prøvninger havde vanskeligt ved at frembringe svigt. De solfangere, hvor f.eks. dæklaget var sprængt under virkelige forhold, skete der ingenting med. Det er for at opnå mere realistiske resultater, at vi har øget lysintensiteten. Selv om der måske bliver tale om hårdere påvirkninger, end man normalt vil komme ud for, giver dette en større garanti for, at de solfangere, der klarer prøvningerne, er gode nok.

1.2. Udstyr til kombineret regn- og vindbelastning af solfangere.-----

Der er i løbet af 1979 blevet opbygget et udstyr til prøvning af solfangere for kombineret regn- og vindbelastning, i det følgende omtalt som slagregnmaskinen. Slagregnmaskinen er opbygget ved hjælp af en kasse med bundramme af vinkeljern med 4 stk. 50x50 cm² langsgående trælægter beklædt med en trapezprofileret aluminiumsplade. Kassen har plexiglas i siderne og på toppen, fastgjort til vinkelprofiler af aluminium. Kassen er placeret på et stativ med hjul, som giver en hældning på 30° fra vandret (se fig. 1.7.). For enden af trapezprofilpladen er der med et op-hæng fastgjort en tagrende til opsamling af det på solfangeren påsprøjtede vand (se fig. 1.4.). AL-profil/plexi-

glaskassen kan vippes omkring nogle hængsler, som er fastgjort til bundrammen, således at man kan komme til inden i slagregnmaskinen. I toppen af kassen er placeret et rørsystem med 6 fuldkægledyser til at påsprøjte solfangeren ovenfra med vand. Solfangeren placeres i slagregnmaskinen i forhold til disse dyser og fastgøres i den ønskede stilling. Der kan også ske påsprøjtning fra siden med vand. 2 rør med dyser kan indstilles i forhold til 2 af solfangerens sider, så man opnår en afstand til sidedyserne (fladstråledyser) på 15 cm (se fig. 1.5.) Der er endvidere opbygget et system til at simulere vindbelastninger i slagregnmaskinen. Det fungerer på den måde at man, inden solfangeren lægges i slagregnmaskinen, borer 2 huller i siden af solfangeren imellem dæklag og absorber. Til det ene hul føres en plastslange, som har forbindelse med en støvsuger med variabel indstilling af pust og sug. Det andet hul forbindes med en plastslange til et manometer. Det er således muligt at opnå forskellige grader af over- og undertryk i solfangeren, samtidig med at der sker vandpåsprøjtning af solfangeren. Fig. 1.6. og 1.7. viser slagregnmaskinen henholdsvis når den er i gang, og når aluminium/plexiglaskassen er åbnet.

På fig. 1.8. er der en tegning af princippet bag styringen af over/undertryk i solfangeren, mens den ligger i slagregnmaskinen. På fig. 1.9. er der en tegning der viser hvorledes vandflowet i slagregnmaskinen styres og føres frem. Rørføringen til påsprøjtning af solfangeren og dyseplaceringen kan ses på fig. 1.10.

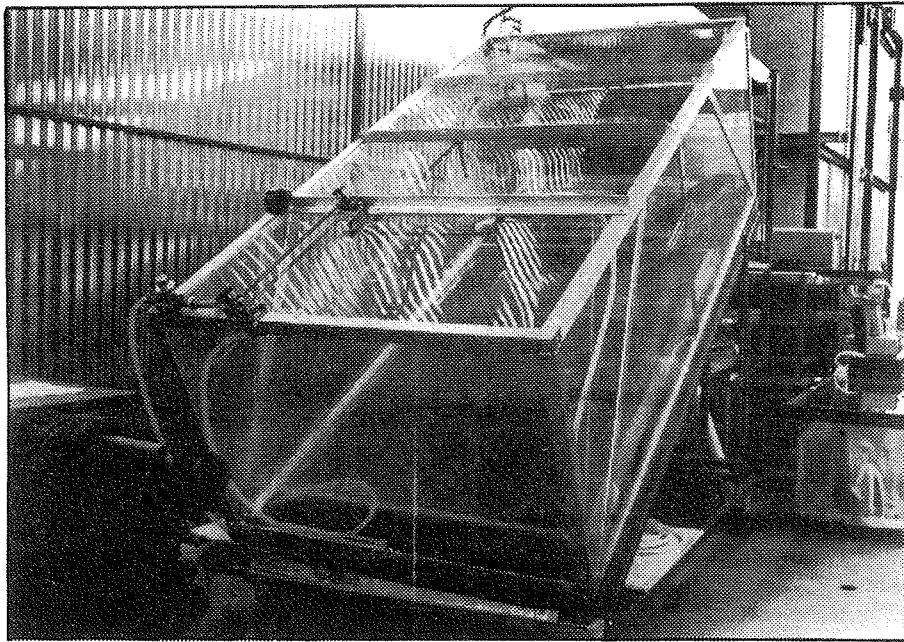


Fig. 1.4. Slagregnmaskinen

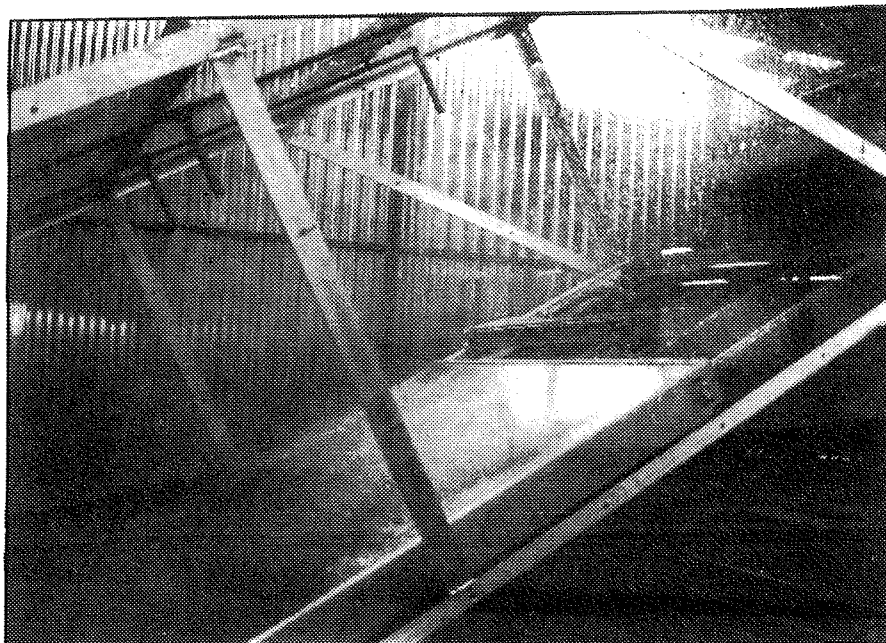


Fig. 1.5. Topdyser og sidedyser i slagregnmaskinen

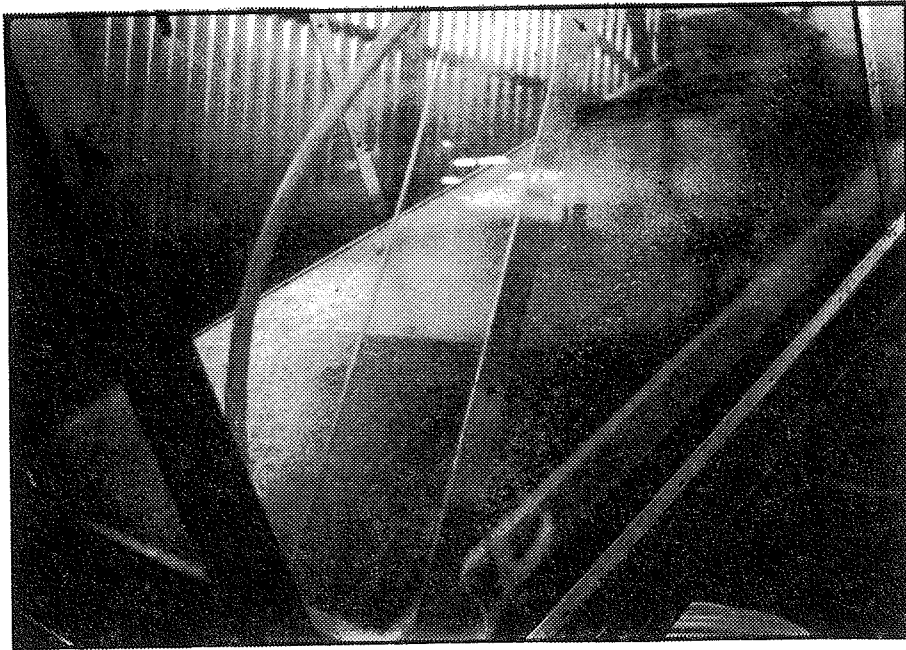


Fig. 1.6. Slagregnmaskinen under drift

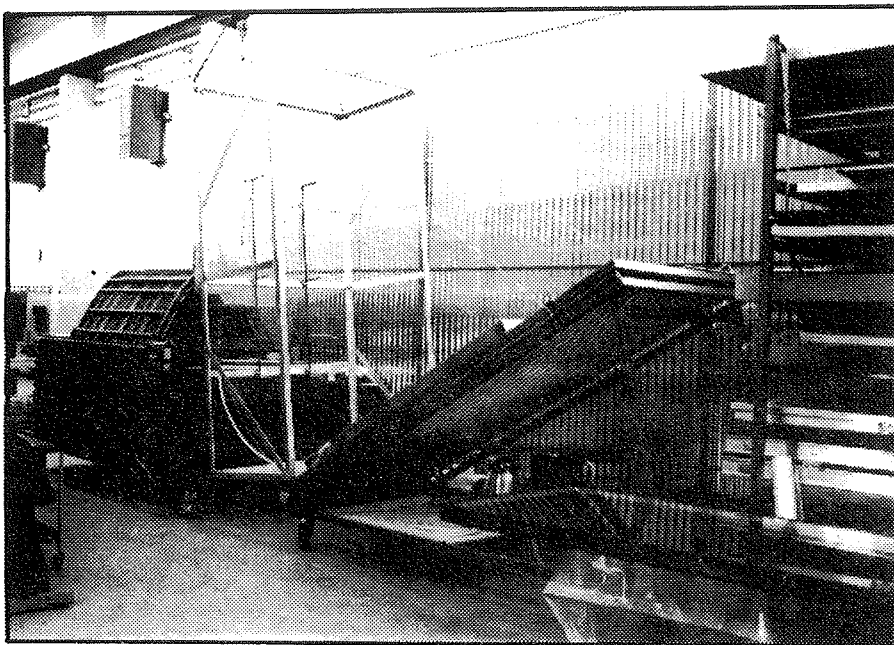
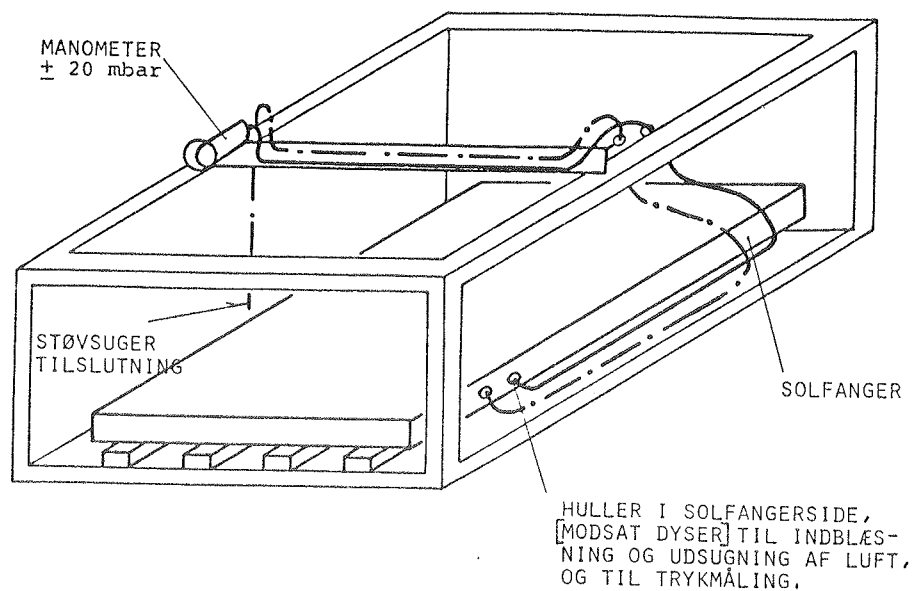


Fig. 1.7. Slagregnmaskinen i åben tilstand



- DYSER ER PLACERET I KASSEN TIL PÅSPRØJTNING AF VAND PÅ 2 SIDER AF SOLFANGEREN OG PÅ FRONTEN, MED HVER SIN SEPERATE KREDS, SÅ FLOW KAN REGULERES UAFHÆNGIGT TIL HVER KREDS.

Fig. 1.8. Slagregnmaskine med over/undertryk i solfanger

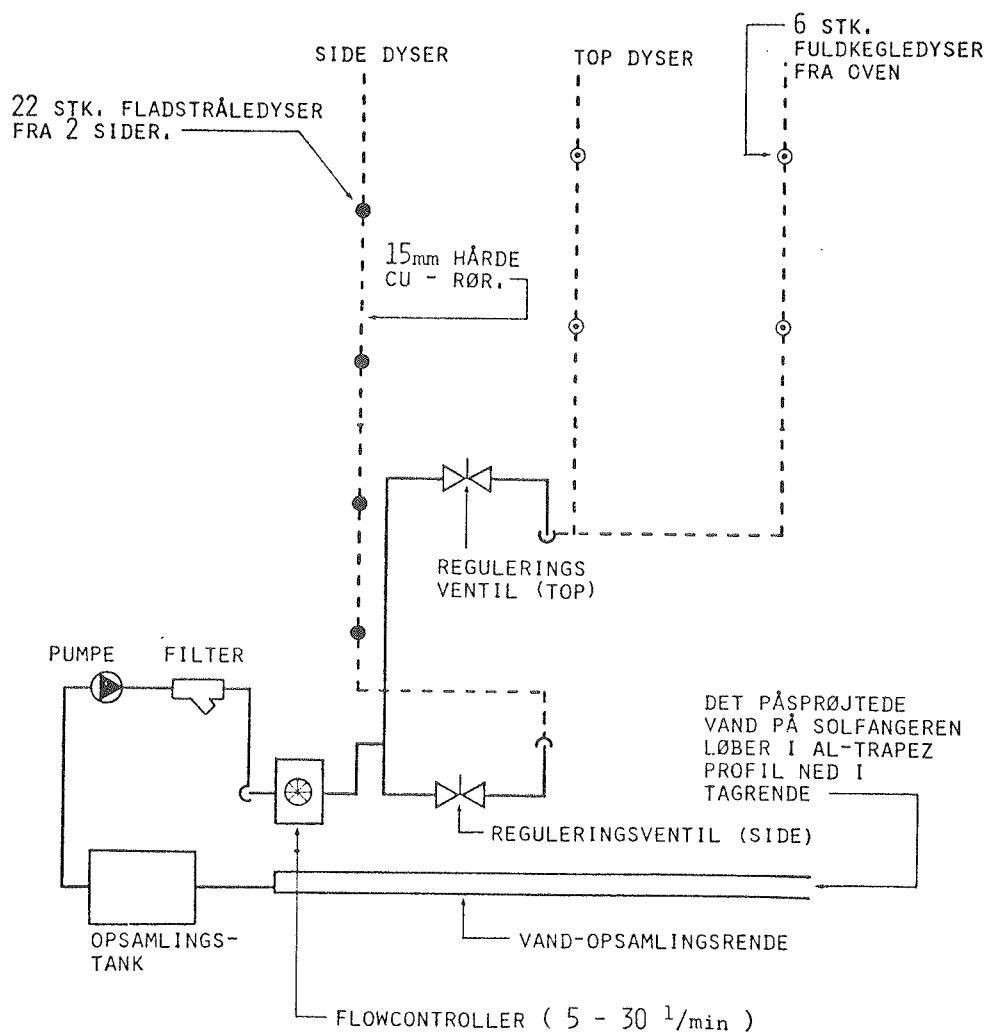
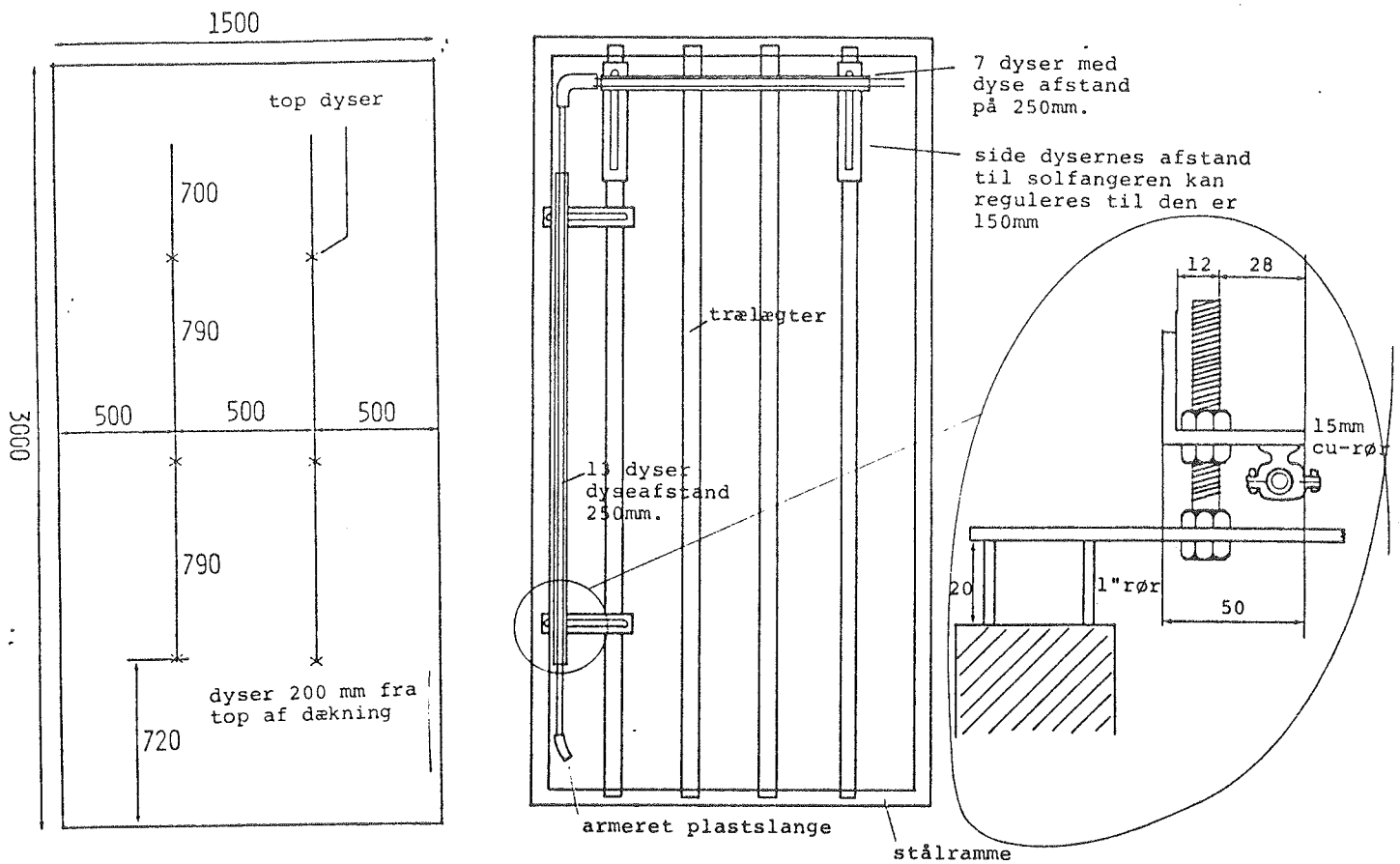


Fig. 1.9. Slagregnmaskine - rørføring



Højde af kassen: 1000

Fig. 1.10. Dyseplacering i slagregnmaskinen

1.3. Udstyr til måling af lufttæthed af solfangere.

Der er her stort set tale om det samme udstyr, som bruges til at skabe over- og undertryk i solfangeren, når den ligger i slagregnmaskinen. Det vil sige flowmåler, støvsuger, variotransformer og stopur. Det eneste der er anderledes er, at vi bruger et U-rørsmanometer til at måle trykket i solfangeren. Det gør vi for at få så præcise aflæsninger af trykket som muligt, så man kan regne med en rimelig nøjagtighed ved sammenligning af flere lufttæthedsmålinger. Desuden placerer vi kun solfangeren i slagregnmaskinen, når den alligevel skal prøves her bagefter, ellers placeres solfangeren på et rullebord. Ved lufttæthedsmålinger kører vi maksimalt op til tryk på ± 50 mmVs af hensyn til solfangerens dæklag.

1.4 Udstyr til prøvning af udgasning fra solfangermaterialer

Solfangermaterialer, som ikke virker temperaturstabile eller er under mistanke for at være årsag til udgasning ved en prøvning, kan afprøves i den i figur 1.11 viste udgasningskasse. Eventuelle udgasningsprodukter kan skabes af glasset og analyseres, hvis det anses for nødvendigt.

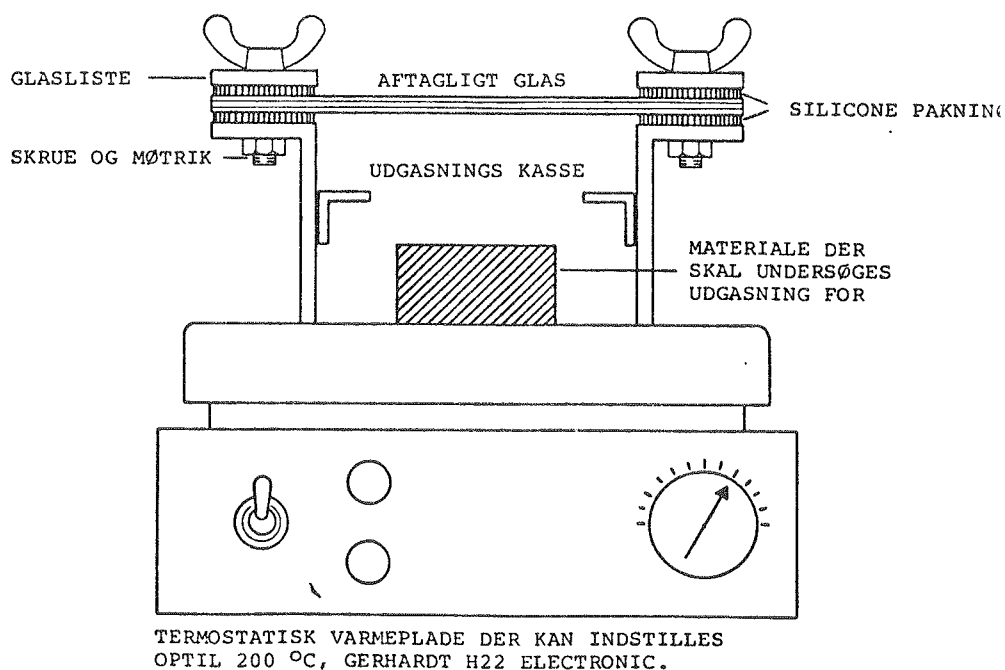


Fig 1.11

Udgasningsopstilling består af en udgasningskasse med aftageligt glasdæk, som er placeret på en termostatstyret varmeplade.

IEA
SOL F&U

Det Internationale Energi Agenturs
forsknings- og udviklingsprogram
for solvarme og solkøling

INSPEKTIONS-RAPPORT

**SOLFANGERES DRIFTSIKKERHED
OG HOLDBARHED**

Solvarmeinstallationens adresse

Rapportering udført af

Institutt

SOLFANGERES DRIFTSIKKERHED OG HOLDBARHED

BRUG AF INSPEKTIONSSKEMA

Inspektionsskemaet til inspektion af solfangere i drift er udarbejdet for at give mulighed for at få samlet informationer om både solfangere, der klarer sig godt efter nogen tids drift, og solfangere der klarer sig mindre godt. Det er ønsket, at der skal samles erfaringer om delløsninger i solfangerkonstruktioner, som ingen fejl eller problemer har haft, og at få indblik i hvad der er de mest almindelige fejl og problemer med solfangere og årsagerne til disse.

Inspektionsskemaet indeholder flere sider, hvor der bedes om generel information om solfangeren og det solvarmesystem den fungerer i. Det er vigtigt at give så detaljerede oplysninger om konstruktionen, anvendte materialer og installation som muligt. Oplysninger om overfladebehandling, forsejlingsmaterialer og gummibånd er af speciel interesse med henblik på at finde frem til holdbare metoder her.

Mindre tegninger og fotografier af detaljer i solfangeren, som fx dæklag/kasse samling, inddækningssystemet, rørføring og solfangerforbindelser vil også være en hjælp ved arbejdet med at vurdere solfangerkonstruktionen. Sidste side af inspektionsformatet har den samme indramning som de andre sider, men er ellers blank, så den ved fotokopiering kan bruges til en udvidet rapportering, hvis det anses for nødvendigt.

Før man foretager en solfangerinspektion, vil det være en hjælp at studere checklisterne på side 5, 6 og 8. Disse er baseret på erfaringer fra tidligere solfangerinspektioner, således at de fleste kendte problemer og fejl, der kan være med solfangere, er nævnt her.

Spørgsmålene på side 4 angående konstruktionsdetaljer og materialer bør også gennemlæses før en inspektion foretages.

Problemer og fejl, der observeres ved en solfangerinspektion, refereres der til ved brug af notationen der findes på checklisten på side 5 og 6. Fremtidige inspektioner af en solfangerinstallation kan rapporteres ved at bruge en kopi af siderne 5 til 9 sammen med forsiden. På forsiden skrives så "Geninspektion, dato: ". Kun nye observationer bør rapporteres ved sådanne senere inspektioner.

Efter enhver solfangerinspektion skal siderne 7 og 9 bruges til at give en detaljeret beskrivelse af hhv. problemer og fejl og gode solfangerdetaljer. Med hensyn til problemer og fejl bør årsagen søges angivet sammen med forslag til forbedringer af solfangerkonstruktionen og installation af solfangeren.

Der bør også her gives forslag til eventuel reparation af solfangeren.

Det er meget vigtigt at beskrive de solfangerdetaljer, hvor der ikke er fundet problemer eller mangler og også at forklare, hvorfor solfangeren har klaret sig godt. Formålet er, at gode solfangerdesign med tiden kan identificeres og at få indsamlet informationer, som kan danne grundlag for anvisninger for konstruktion og installation af solfangere.

Inspektionsrapporter baseret på dette inspektionsskema skal bruges til at indsamle viden om driftsikkerhed og holdbarhed af solfangere og data om positive erfaringer angående solfangerdesign, konstruktion og installation.

Dette inspektionsskema er oprindeligt blevet udarbejdet på engelsk som et led i det internationale samarbejde inden for solfangerforskning og udvikling under det internationale Energiagentur, IEA og EF samarbejdet.

SOLFANGERES DRIFTSIKKERHED OG HOLDBARHED

1

Navn og adresse for installationen

Rapportering udført af:

Institut:

Dato og klokkeslet for inspektion:

BESKRIVELSE AF SOLVARMEANLÆGGET

Beskrivelse af placering:
(fx villakvarter, industrikvarter,
på landet, nær havet, nær kemisk industri etc.)

Solfangertype:
(moduler på tag, integrerede
moduler eller på stedet bygget)

Solfangerfabrikant:

Opsætning og installation
udført af:

Dato for opsætning og installation:

Er der en garanti for
solfangerens driftsikkerhed ?

Effektivt solfangerareal og
antal solfangere:

Orientering og hældning af solfangerne:

Solfangervæske, additiver, flow:

Sikkerhedssystem:
(bl.a. frysnings- og kogningsbeskyttelse)

Maksimalt tilladt tryk i solfangeren:

BESKRIVELSE AF SOLVARMEANLÆGGET

FLOWDIAGRAM ELLER PRINCIPDIAGRAM:

EN KORT BESKRIVELSE AF ANLÆGGETS DRIFTSFORMET:

BESKRIVELSE AF SOLFANGEREN

TEGNING AF SOLFANGEREN (bl.a. med tværsnit og dimensioner)

FOTOGRAFI AF SOLFANGERSYSTEMET

SOLFANGERES DRIFTSIKKERHED OG HOLDBARHED

Materialer og fremstilling af solfanger

Dæklag, materialer og tykkelse:

Dæklag, forseglingsmetode, fuger og gummibånd der bruges:

Absorber, materiale og dimensioner på plade og rørdel, fabrikationsmetode:

Absorberens overfladebehandling:

Isolering bagtil, materialer og tykkelse:

Isolering i siden, materialer og tykkelse:

Solfangerkasse, materialer som bagside og sider er udført af:

Solfangerkasse, samlingsmetode og tætningsmetode.

Solfangerens opsætning og installation

Metode til at fastgøre solfangeren til tag:

Metode til at inddække solfangeren i taget, materialer:

Inddækningsmetode mellem solfangerne, materialer:

Rørføring til lager, materialer, forbindelse, isolering:

Drift af solvarmeanlægget

Har der været problemer med styringen (fx placering af følere) ?

Har der været problemer med pumpen ?

Har der været problemer med luft i anlægget ?

Hvis der har været nogle afbrydelser i driften af anlægget, har dette så påvirket solfangerne ?

Var solfangeren beskyttet mod stagnation under og efter opsætning inden drift ?

Har solfangerne været repareret ?

Er der planer om ændringer eller reparation i fremtiden ?

SOLFANGERES DRIFTSIKKERHED OG HOLDBARHED

5

CHECKLISTE

PROBLEMER OG FEJL FUNDET VED SOLFANGERINSPEKTION

Brug venligst nedenstående checkliste ved rapportering af solfangerinspektion. Problemer og fejl ved solfangere, som erfaringsmæssigt kendes bl.a. ved tidligere inspektioner, er blevet listet her som en hjælp.

OBSERVERET, IKKE OBSERVERET og IKKE MULIGT AT INSPICERE henvises der til med hhv. ✓, X og /. Antallet af paneler i en solfangerkonstruktion, som der er problemer med eller fejl ved skrives i den højre kolonne af checklisten.

Reference-nummer	Problemer eller fejl ved solfangere	Observeret: ✓ Ikke observeret: X Ikke inspiceret: /	Antal solfangere med fejl eller problemer
<u>1.</u>	<u>Dæklag</u>		
1.1	Kondens på indersiden af dæklaget		
1.2	Udgasning, aflejring på indersiden af dæklag		
1.3	Snavs på dæklagets yderside		
1.4	Ældning (misfarvning, revner etc.)		
1.5	Brud eller kollaps for dæklag		
1.6	Rynket dæklag		
1.7 etc.	Andre (specificeres)		
<u>2.</u>	<u>Absorber</u>		
2.1	Snavs eller støv på absorber		
2.2	Korrosion på absorberoverflade		
2.3	Revner eller afskalning på absorberoverflade		
2.4	Læk i absorber		
2.5	Deformation af absorber		
2.6	Aflejring eller kondens på absorber		
2.7 etc.	Andre (specificeres)		
<u>3.</u>	<u>Dæklag/kasse samling (gummibånd og fuger)</u>		
3.1	Dæklag gået løs fra kassen		
3.2	Samlingen er utæt over for vand		
3.3	Nedbrydning af fugemateriale		
3.4 etc.	Andre (speciferes)		

SOLFANGERES DRIFTSIKKERHED OG HOLDBARHED

6

Reference-nummer	Problemer eller fejl ved solfangere	Observeret: ✓ Ikke observeret: X Ikke inspiceret: /	Antal solfangere med fejl eller problemer
4.	<u>Isoleringen</u>		
4.1	Nedbrydning el. ekspansion af isolering		
4.2	Vand i isoleringen		
4.3 etc.	Andre (specificeres)		
5.	<u>Solfangerkassen</u>		
5.1	Utæthed over for regnpåvirkning		
5.2	Korrosion af kassen og fastgørelsesskruer		
5.6 etc.	Andre (specificeres)		
6.	<u>Opsætning af solfangeren</u>		
6.1	Læk ind i huset		
6.2	Råddent tømmer		
6.3	Fejl ved udførelse af opsætning		
6.4	Læk ved inddækning		
6.5 etc.	Andre (specifiser)		
7.	<u>Solfangerforbindelser og rørføring</u>		
7.1	Læk i solfangerforbindelser		
7.2	Læk i rørføring		
7.3	Dårlig rørisolering		
7.4	Problemer med termisk udvidelse		
7.5	Dårlig lodning eller svejsning		
7.6	Problemer med flowfordeling (luftlommer etc.)		
7.7	Andre (specifiser)		
8.	<u>Andre komponenter</u>		
8.1			

Når problemer eller fejl opdages ved inspektion, skal en detaljeret beskrivelse og vurdering gives på side 7.

Når der ikke er nogen problemer eller fejl for en bestemt del af solfangeren, så giv en detaljeret beskrivelse af denne del af solfangeren og vurder hvorfor den har været problemfri på side 9. Skyldes det en god detailkonstruktion, et godt materialevalg eller et godt design for hele solfangeren ?

SOLFANGERES DRIFTSIKKERHED OG HOLDBARHED

Kommentarer til problemer med og fejl ved solfangeren

Diskuter mulige grunde til problemer og fejl og vurder i hvert enkelt tilfælde hvor alvorlige de er. Brug referencenumre fra checklisten ved behandlingen. Tag stilling til hvordan problemer og fejl kan undgås i fremtiden og hvordan den aktuelle solfanger eventuelt kan repareres. Svar også på, om du tror at nogle af fejlene kunne være forudset ved brug af enten (a) materialprøvninger, eller (b) holdbarheds- og driftsikkerhedsprøvning af hele solfangermodulet.

CHECKLISTE FOR GODE DETALJER I SOLFANGEREN

JA/NEJ

A. Kondens og ventilation

Har solfangeren ventilationshuller ?

Afværges kondens ved hjælp af en passende ventilation ?

Har solfangerkassen drænhuller ?

B. Beskyttelse mod vejrlig

Kan regn og sne nemt løbe af fra dæklag og kasse ?

Kan dæklaget modstå store belastninger fra vind, hagl og regn ?

Er fastgørelsen af solfangeren stærk nok overfor store vindbelastninger ?

Er alle delkomponenter beskyttet passende mod vejret og korrosion ?

C. Beskyttelse af solfangerens indre

Har absorberen en holdbar overfladebehandling ?

Er dæklag og absorber beskyttet mod udgasning fra isoleringsmateriale og lign. ?

Kan isoleringen modstå forventede stagnationstemperaturer ?

Er der ved designet af solfangeren taget hensyn til galvanisk korrosion ?

Er der gjort foranstaltninger for en god ventilation af solfangeren ?

D. Konstruktionen generelt

Tages der i konstruktionen hensyn til termisk udvidelse ?

Er der tale om en solfanger af god design og konstruktion ?

Er solfangeren rigtigt opsat og installeret ?

Er solfangeren let at vedligeholde og reparere ?

Er alle materialer og komponenter valgte ?

E. Drift af solfangeren

Er driften tilfredsstillende ?

Er solvarmeanlægget driftsikkert

Bliver effektiviteten af solfangeren påvirket af de fundne problemer og fejl ?

Er brugeren tilfreds med anlæggets drift ?

Forventes en tilfredsstillende levetid for solfangeren ?

Forventet levetid fra opsætningsdato (bedes angivet herunder):

Mindre end 3 år: ☐5 - 10 år: ☐15 - 20 år: ☐3 - 5 år: ☐10 - 15 år: ☐Mere end 20 år: ☐

Detaljeret beskrivelse og vurdering af gode solfangerdetaljer gives på side 9.

SOLFANGERES DRIFTSIKKERHED OG HOLDBARHED

Detaljeret beskrivelse og vurdering af gode detaljer i solfangeren

Vær venlig at give en detaljeret beskrivelse af alle dele i solfangeren, som har klaret sig godt. Det gøres nemmest ud fra svarene i checklisterne på side 5, 6 og 8.

Tag stilling til hvorfor konkrete detaljer i solfangeren har fungeret godt for den aktuelle solfanger.

SOLFANGERES DRIFTSIKKERHED OG HOLDBARHED

KONDENSPROBLEMER I TAGINDBYGGEDE SOLFANGERE

P. Vejsig Pedersen
Laboratoriet for Varmeisolering
Bygning 118, DTH
2800 Lyngby
APRIL 1983

Kondensdannelse på indersiden af glasdæklaget i solfangerkonstruktioner sker især i kolde og fugtige perioder af året. Natlig varmeudstråling fra glasdæklaget til himmelrummet betyder en afkøling af dette på nogle få grader i forhold til udetemperaturen.

En passende ventilationsmulighed for en solfanger kan i princippet bringe kondensen til at forsvinde i løbet af få timer, selv ved relativt små solindfald, hvor absorbereren kun stiger nogle få grader over udetemperaturen. Alligevel viser erfaringen, at mange solfangerkonstruktioner som tegn på et fugtigt miljø kan have kondens siddende i lange perioder, især i vinterhalvåret. Grunden kan være, at de ikke er regntætte, at de ikke er afskærmet mod fugtig, indtrængende luft fra boligen, de er bygget ind i, eller at de ikke er forsynet med passende ventilationsåbninger til udeluften. Resultatet har i visse tilfælde været en fuldstændig nedbrydning af solfangerabsorberens overfladebehandling i løbet af nogle få år.

Som led i Energiministeriets solvarmeprogram er der på Laboratoriet for Varmeisolering igangsat arbejde med at få belyst problematikken angående kondensproblemer i solfangere. Det sker ved løbende inspektioner af solfangere i stagnation og i drift og ved måling af temperatur- og fugtforhold i en række solfangere på Laboratoriets forsøgsareal.

Ud fra det eksisterende erfaringsgrundlag kan der opstilles en liste over forhold man skal være opmærksom på, hvis der skal undgås alvorlige problemer med kondens i solfangere.

- En nødvendig forudsætning for at der kan undgås kondensdannelse på solfangerdæklaget er først og fremmest en

regntæt solfangerkonstruktion.

- En tagindbygget solfangerkonstruktion bør altid udføres med indbygget ventilationsmulighed, således at en kombination mellem ventilation drevet af skorstenseffekten og ventilation forårsaget af vind kan udtørre kondens, der dannes på dæklaget om natten. Man kan tillade sig endog ret høje luftskifter for et solfang, uden at det vil have nogen nævneværdig indflydelse på effektiviteten (10 luftskifter pr. time vil fx kun give et varmetab, som er omkring 1% af solfangerens øvrige varmetab).
- Ventilation af solfangere, som er indbygget i taget bør ske med udeluft, med mindre solfangeren vender ind mod et godt ventileret loftsrum, hvor der med sikkerhed ikke tilføres luft fra boligen. Det vil derfor normalt være nødvendigt at opsætte en dampspærre ind mod huset. Ventilation med udeluft vil alt andet lige betyde et koldere solfang om natten, hvor kondensdannelsen sker. Højere luftskifte end nødvendigt kan derfor føre til ekstra kondensdannelse. Dette forhold bør være baggrunden for en øvre grænse for ventilationen.
- Hvis der skal opnås en tilfredsstillende ventilation uden ubehagelige følger, er det ikke nok kun at sørge for ventilationsåbninger i bunden af en solfangerkonstruktion, hvor de er lettest at placere. Der skal også være ventilationsåbninger i toppen af solfangerkonstruktionen, afskærmet mod regnindtrængen og med nødvendigt hensyn til, at varm og relativ fugtig luft kan komme ud uden at kondensere et uønsket sted på vejen, (se figur 1).
- Der skal tages højde for at eventuelt indtrængende regnvand eller kondens kan komme ud af solfangeren igen. Det kan gøres med en indbygget drænmulighed i solfangeren.
- Ovenstående er gyldigt både for solfangere, som er opbygget på stedet og solfangere opbygget af solfangerkasser som inddækkes i taget. I det sidste tilfælde er det op til solfangerfabrikanten at tage højde for kondensproblemet ved udformningen af solfangerkassen.

Kondensproblematikken for solfangere kan belyses ved et konkret eksempel.

En solfanger med kondensdannelse på glasset om morgenen varmes op i løbet af formiddagen. Udeluft med et ringe vandindhold suges bl.a. på grund af skorstenseffekten ind gennem bunden af solfangeren. Luften inde i solfangeren presses samtidig ud gennem lufttættheder i toppen af solfangeren. Den udefra kommende luft varmes op langs absorberdelene i solfangeren for herefter at bevæge sig ned langs glasset, hvor den optager noget af kondensen i sig. Vandindholdet stiger herved i den stedse varmere luft, mens den relative luftfugtighed kun ændres i mindre grad. For en solfanger med et relativt lavt luftskifte på fx 5 gange pr. time vil en forøgelse af vandindholdet for luften mellem absorber og dæklag på 30 g vand/kg luft i løbet af 4 timer om formiddagen svarer til, at den samlede ventilationsmængde på 0.8 m³ luft har optaget ca. 30 g vand pr. m² solfanger. Denne vandmængde svarer til en almindeligt forekommende kondensdannelse på indersiden af solfangerglasset, hvor det kun er et begrænset areal, der er kondens på, (se figur 2).

Det ses, at en ringe ventilation af solfangeren alene kan være grund til at kondens ikke forsvinder særlig hurtigt. Problemet forværres selvsagt, hvis der ikke kun er vand ved glasdæklaget men også i solfangerkassen. Desuden bliver kravet til en god ventilation yderligere skærpet, hvis kravet er, at kondens dannet om natten også skal forsvinde i de første morgentimer på dage med ringe sol. Dette krav viser sig i mange tilfælde at være muligt at klare, idet vindforholdene omkring solfangeren og den heraf foranledigede variation i tryk også kan give en betydelig ventilation af solfangeren. I meget fugtige perioder kan det dog være svært at få opløst kondensen selv med ret store mængder ventilationsluft. I så tilfælde er det en fordel med en højeffektiv solfanger, som kan omsætte selv ret små solindfald til en forøgelse af absorbertemperaturen.

Problemet med en uheldig udluftningsmulighed i toppen af en solfanger, hvor varm, fugtig luft på sin vej ud efterlader kondens i solfangerkassen, fører i nogle tilfælde til en karakteristisk kondensdannelse ved dæklagets hjørner om

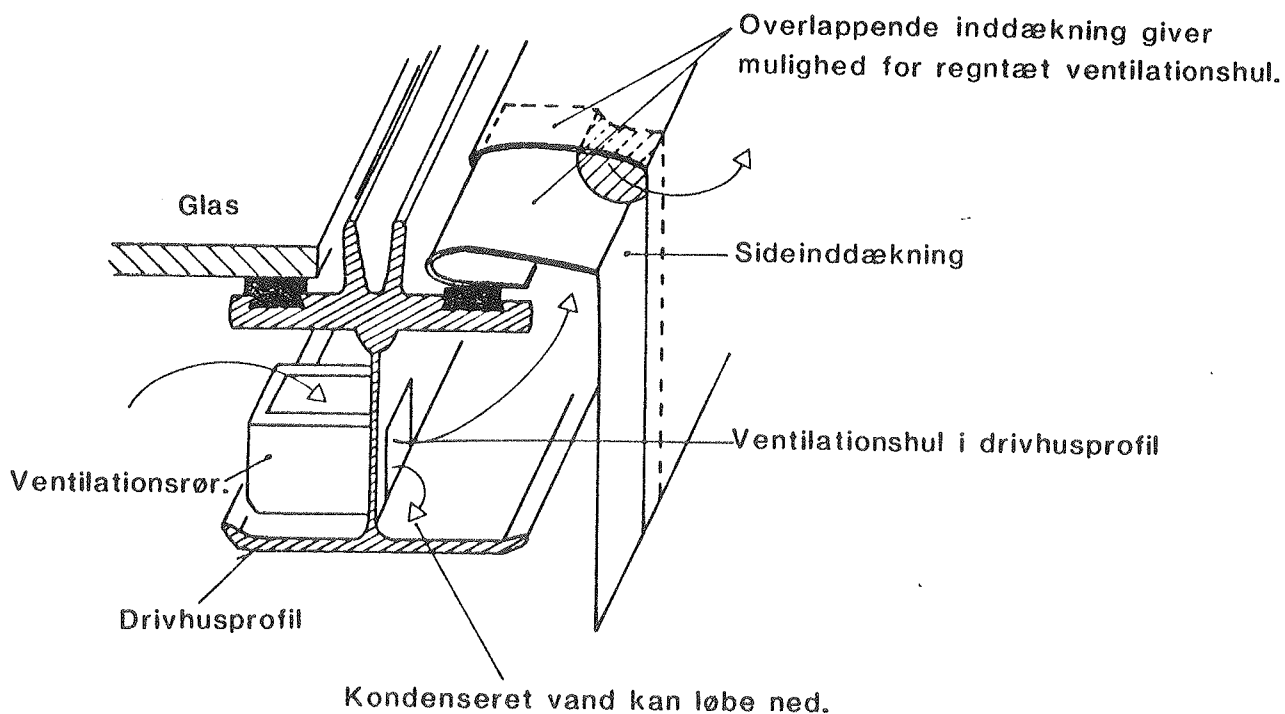
eftermiddagen. Det skyldes, at indtrængende tør udeluft befugtes af væden på sin vej ind i solfangeren og igen afsætter denne ved det efterhånden relativt kolde dæklag.

Det må som sagt som en hovedregel altid anbefales, at ventilation af en tagindbygget solfanger sker med udeluft. For at sikre dette er det i mange tilfælde nødvendigt at opsætte en dampspærre ind til det rum solfangerens bagside vender imod. Der findes desværre flere eksempler på, at permanent kondens i lange perioder af vinterhalvåret kan tilskrives, at ventilationen fra boligen til dels sker ud gennem solfangerkonstruktionen. Selv om solfangeren vender ind mod ubenyttede loftsrum, kan der på forskellig vis alligevel tilføres fugt fra boligen.

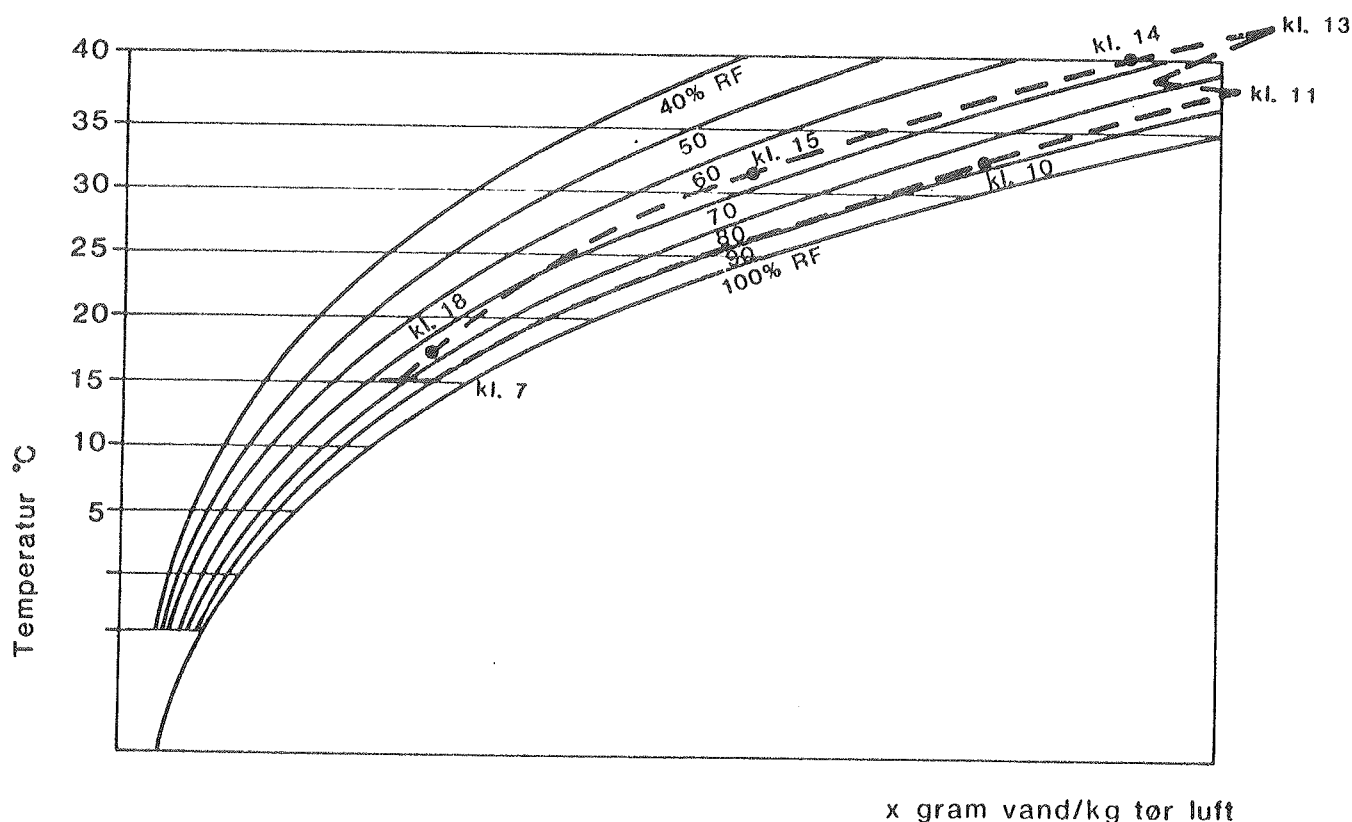
Det er derfor kun loftsrum med en tydeligvis kraftig ventilation med udeluft og en lufttæt membran ned til boligen, som man kan føle sig sikker med.

Fordi problemer med regnutæthed og kondens for solfangere er ret nært forbundne, kan det være svært at skelne mellem årsag og virkning. Det er sådan, at kondensdannelse over lange perioder ofte er resultat af, at solfangerkonstruktionen er våd på grund af regnutæthed, og således bliver et symptom på dette.

Kondensdannelse i en regntæt solfanger, som er utilstrækkeligt ventileret, kan i nogle tilfælde være et ligeså alvorligt problem. Herved kan der løbende dannes mere kondens, end der ventileres væk. Dette kan over en lang periode føre til et permanent vådt solfang med en meget begrænset levetid for solfangerabsorberen til følge.



Figur 1. Det øvre ventilationshul i en solfanger med drivhusglasafdækning kan fx udformes så fugtig varm luft afkøles i et indbygget ventilationshul, og kondenseret vand ledes væk uden at gøre skade.



Figur 2. Luften i en solfanger optager som vist kondens fra glasset i sig, når solfangeren varmes op. Der stilles derfor ekstra store krav til ventileringen, så varm fugtig luft på sin vej ud ikke afsætter kondensvand på uønskede steder.

Energiministeriets solvarmeprogram

Energiministeriets (tidligere Handelsministeriets) udviklings- og demonstrationsprogram for solvarme skal medvirke til udviklingen af solvarmeanlæg i Danmark.

Det er solvarmeprogrammet formål:

- at medvirke til at solvarmeanlæg udformes således, at der opnås størst muligt termisk udbytte, stor driftssikkerhed og lang levetid.
- for herigennem at bidrage til en udvikling inden for solvarmeområdet, der medfører, at solvarmeanlæg kan blive konkurrencedygtige og på længere sigt give et væsentligt bidrag til dækning af energiforbruget til opvarmning i Danmark.

Projektorganisation

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, fuldmægtig, Energiministeriet.
K. Hallgreen, ingeniør, Danfoss A/S.
K. Hyllested, ingeniør, Energistyrelsen.
J. 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:

- O. Balslev-Olesen, civilingeniør.
K. Ellehauge, civilingeniør.
Sv.E. Mikkelsen, civilingeniør.
L. Olsen, civilingeniør, stud.lic.techn.
N.B. Andersen, civilingeniør.
O. Dyrnum, civilingeniør.
S. Furbo, civilingeniør, stud.lic.techn.
S. Melson, civilingeniør.
C. Paludan-Møller, civilingeniør.
P.V. Pedersen, civilingeniør.

Teknologisk Institut:

B. Bøhm, civilingeniør, lic.tech.
P. Engkjær, ingeniør.
M. Grimmig, arkitekt m.a.a.
L. Hallgreen, ingeniør, lic.techn.
T. Vest Hansen, ingeniør.
M. Lange, ingeniør
O. Paulsen, civilingeniør, lic.techn.
P. Steensen, civilingeniør.

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

Adresser:

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

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