IEA
Solar Energy Programme
DENMARK

FOTOKOPI

SOLFANGERES DRIFTSIKKERHED OG HOLDBARHED

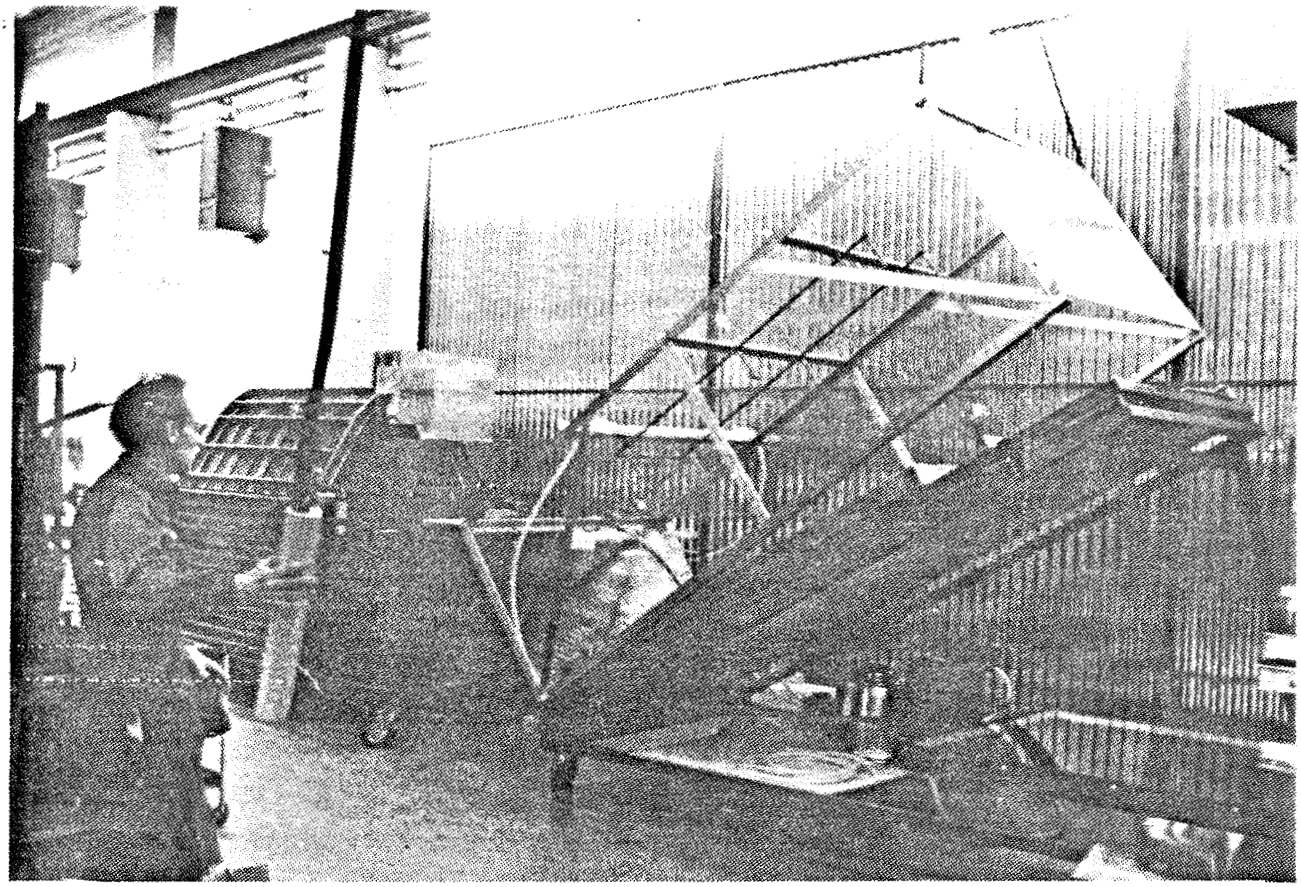
Udstyr og procedurer til indendørs prøvning af driftsikkerhed og holdbarhed af hele solfangerkonstruktioner.

AF
Peder Vejsig Pedersen

AUGUST 1980

SOLFANGERES DRIFTSIKKERHED OG HOLDBARHED

UDSTYR OG PROCEDURER TIL INDENDØRS PRØVNING AF DRIFTSIKKERHED OG HOLDBARHED AF HELE SOLFANGERKONSTRUKTIONER



PEDER VEJSIG PEDERSEN

MEDDELELSE NR. 101

AUGUST 1980

LABORATORIET FOR VARMEISOLERING
DANMARKS TEKNISKE HØJSKOLE

FORORD

Denne rapport indeholder i kapitel 1 og 2 en beskrivelse af prøvningsudstyr og prøvningsprocedurer til prøvning af driftsikkerhed og holdbarhed af hele solfangerkonstruktioner.

Arbejdet med disse ting er blevet udført på Laboratoriet for Varmeisolering, og det har været et led i et internationalt samarbejde under det Internationale Energi Agentur, IEA.

I rapportens kapitel 3 omtales erfaringerne fra de første prøvninger med prøvningsudstyret, og i kapitel 4 fortælles ganske kort om det videre arbejde.

INDHOLDSFORTEGNELSE

Forord

side

Indledning 1

1 Prøvningsudstyr udviklet på Laboratoriet for Varmeisolering 3
1.1. Temperaturprøvningsudstyr - den kunstige sol... 3
1.2. Udstyr til kombineret regn- og vindbelastning af solfangere 7
1.3. Udstyr til måling af lufttæthed af solfangere.. 13
1.4. Udstyr til prøvning af frost/tø-påvirkning af solfangere 14
1.5. Udstyr til at undersøge kondensproblemer i solfangere 15

2. Prøvningsprocedurer 17
2.1. Prøvning af solfangeres driftsikkerhed og holdbarhed 17
2.2. Prøvning af solfangerens termiske effektivitet før holdbarhedsprøvningerne 19
2.3. Prøvning af solfangerens lufttæthed 20
2.4. Stagnation og herefter prøvning af solfangerens bestandighed over for temperaturchok - afkøling af absorber 20
2.5. Prøvning af solfangerens bestandighed over for høje temperaturer - tørkogning og stagnation... 21
2.6. Prøvning af solfangerens bestandighed over for temperaturchok - afkøling af dæklag 22
2.7. Prøvning af solfangerens bestandighed over for termisk cykling ved høje temperaturer 23
2.8. Prøvning af solfangerens bestandighed og tæthed over for kombineret vand- og frostpåvirkning 24

side

2.9. Prøvning af solfangerens regntæthed med og uden simuleret vindpåvirkning 25
2.10. Prøvning af solfangerens bestandighed over for vindlast på dæklaget 26
2.11. Prøvning af solfangeres kondensegenskaber.... 26
2.12. Rapportering 27
2.13. Nye prøvninger 27

3. Erfaringer i forbindelse med den første runde af holdbarhedsprøvninger af solfangere 28
3.1. De første prøvninger i den kunstige sol 28
3.2. Prøvning af 2 solfangeres frost/tø-drift-sikkerhed og luft- og regntæthed 35
3.3. Arbejdet med undersøgelse af solfangeres kondensproblemer 38

4. Konkluderende bemærkninger 40

Referenceliste 42

Appendix 1

INDLEDNING

Solvarmesystemer skal være driftsikre og have en lang levetid, hvis de skal have mulighed for at blive konkurrencedygtige i forhold til andre varmesystemer. Solfangeren er den vigtigste og mest udsatte komponent i et solvarmesystem. Det er den der skal indfange solenergien samtidig med at den bliver påvirket af vind, vejr og høje temperaturer. Der er ikke stor erfaring med hensyn til konstruktion og installation af solfangere, f.eks. i forhold til hvad der er tilfældet for normale opvarmningssystemer. Da der med solfangeren er tale om et relativt nyt produkt, findes der heller ikke klare normer for, hvad solfangeren skal kunne præstere med hensyn til effektivitet, driftsikkerhed og holdbarhed. Grundlaget for sådanne normer er en udarbejdelse af procedurer for prøvning af disse ting. Det vigtigste arbejde med hensyn til udvikling af prøvningsprocedurer for solfangere er indtil i dag sket i forbindelse med samarbejdet inden for det Internationale Energi Agentur, IEA. Her har man valgt at gøre måling af solfangerens ydelse til et selvstændigt forskningsarbejde, det såkaldte Task III.
Task III er delt op i tre områder (subtasks), henholdsvis (a) Udvikling af standardprøvningsprocedurer til bestemmelse af solfangerens effektivitet, (b) Udvikling af standardprøvningsprocedurer til bestemmelse af solfangerens driftsikkerhed og holdbarhed, og (c) Undersøgelse af de potentielle udnyttelsesmuligheder for solsimulatorer. Det er område b, der skal behandles i nærværende rapport. Man har besluttet at dele dette op i foreløbigt 3 dele:

1. Informationsudveksling ang. driftsikkerhed og holdbarhed for solfangere i eksisterende solvarmesystemer.
2. Vurdering og modificering af eksisterende standarder til prøvning af materialer i solfangere.
3. Vurdering og modificering af procedurer til prøvning af driftsikkerhed og holdbarhed af hele solfangerkonstruktioner.

National deltagelse og koordinering af arbejdet inden for IEA's Task III, subtask b for solfangerholdbarhed varetages på Danmarks vegne af Laboratoriet for Varmeisolering, Danmarks Tekniske Højskole, ved Peder Vejsig Pedersen og Svend Svendsen.

Det er Laboratoriet for Varmeisolering, der udfører det daglige arbejde inden for del 1 og del 3, mens det er Teknologisk Instituts Afdeling for Overfladebehandling ved Erik Mikkelsen, der varetager arbejdet inden for del 2, materialeprøvninger af solfangere.

Nærværende rapport beskæftiger sig med de indendørs aktiviteter inden for del 3, udvikling af udstyr og procedurer til prøvning af hele solfangerkonstruktioners driftsikkerhed og holdbarhed.

Ved de indendørs prøvninger ligger vægten i højere grad på undersøgelse af driftsikkerheden ved forskellige korttids påvirkninger end på undersøgelse af langtidsholdbarheden.

Udvikling af prøvningsprocedurerne er delvis sket ud fra eksisterende standarder på området som [1], [2], [3] og [4] i referencelisten.

Arbejdet med at udvikle udstyret til prøvningerne er sket i forbindelse med det internationale samarbejde inden for IEA, Task III, subtask b, med et mindre tilskud fra Energiministeriets solvarmeprogram's projekt vedrørende accelereret afprøvning af solfangeres holdbarhed.

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^2, med en intensitet lidt over 1300 W/m^2. Reflektor og lampe er oprindeligt beregnet til et andet formål end det, de bruges til nu. Det er grunden til at lysets strålingsfordeling ikke er helt så jævn, som man kunne ønske. Varmestrålingen fra lampen stoppes ved hjælp af 1 lag glas, som dækker hele reflektoråbningen, og 1 lag lexan, som dækker det halve af arealet. Imellem disse 2 lag sendes ved hjælp af en ventilator en luftstrøm igennem (270 kW), som køler glas og lexan. Over prøvningsfeltet er der desuden monteret 4 dyser i den ene side til vandpåsprøjtning af solfangeren (0.36 m^3/h), og en ventilator i den anden side. Ventilatoren suger luft ud af 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 (1.0 m^3/h), 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. side 5 er der en liste over de temperaturfølerplaceringer (termoelementer), som også er angivet på fig. 1.1.

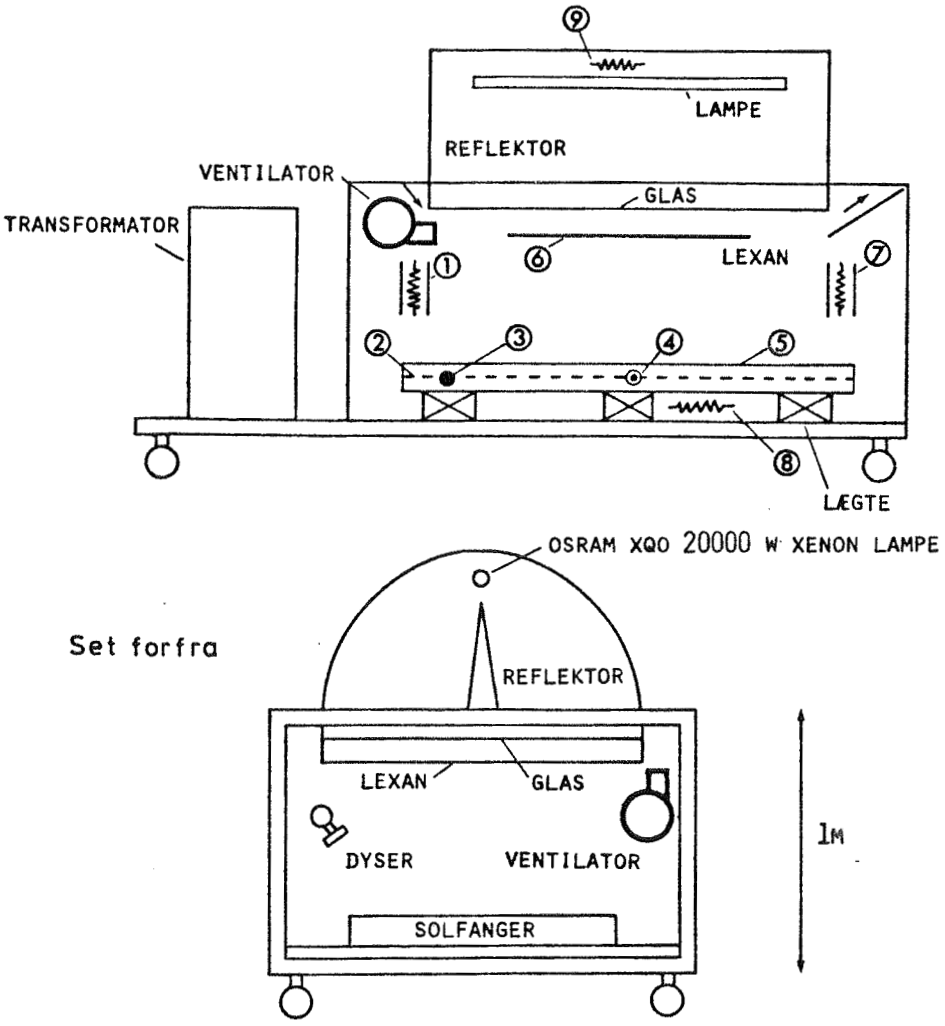


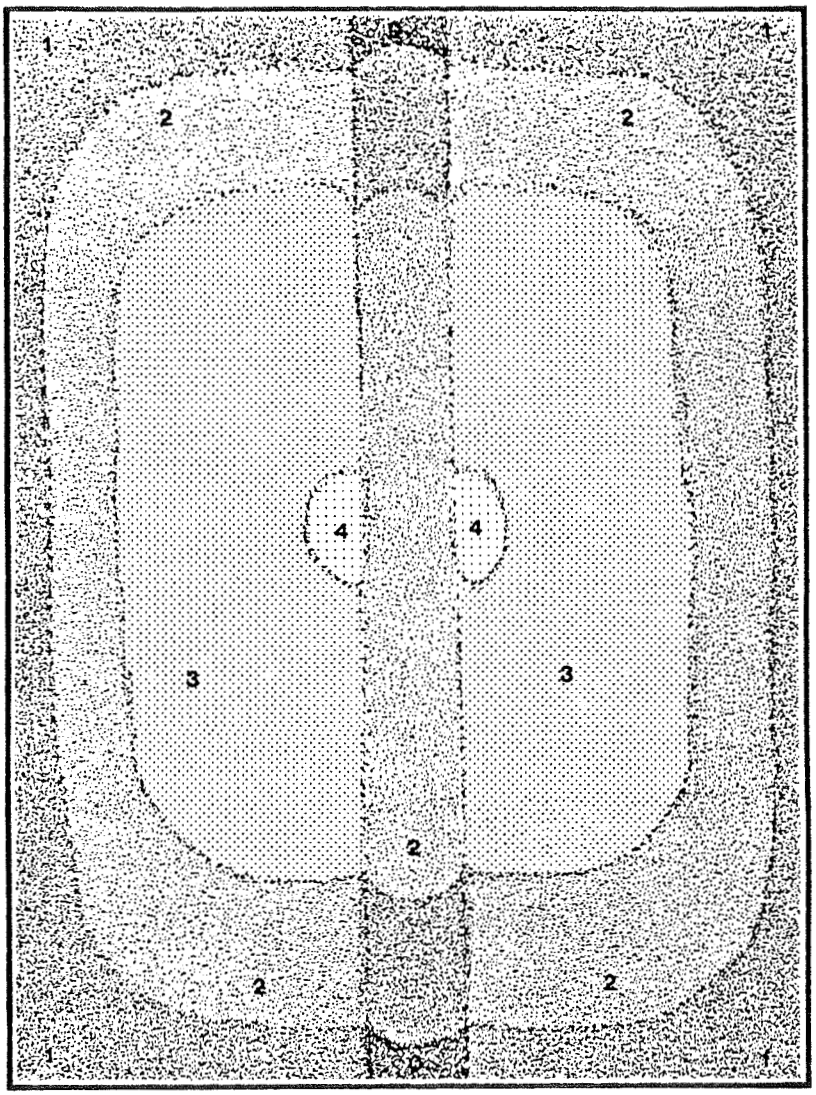
Fig. 1.1. Kunstig sol til prøvning af solfangeres bestandighed over for høje temperaturer. Se også tabel 1.1.

foto (rustet)
ligger i meddl. 133

Fig. 1.2. Den kunstige sol

Måle nr.	Placering
(1)	lufttemperatur bag
(2)	absorbertemperatur
(3)	- " -
(4)	- " -
(5)	dæklagtemperatur
(6)	lexantemperatur
(7)	lufttemperatur foran
(8)	lufttemperatur under solfanger
(9)	lufttemperatur nær lampe

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.

0 mindre end 1120

1 1120-1260

2 1260-1360

3 1360-1400

4 1400-1470

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/m^2, med et gennemsnit omkring 1300 W/m^2. 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/m^2). 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/m^2 med et gennemsnit omkring 1000 W/m^2). 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 forøget 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 cm^2 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 ophæng 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 fuldkegledyser 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.

originale negativer i mappe nr. 133

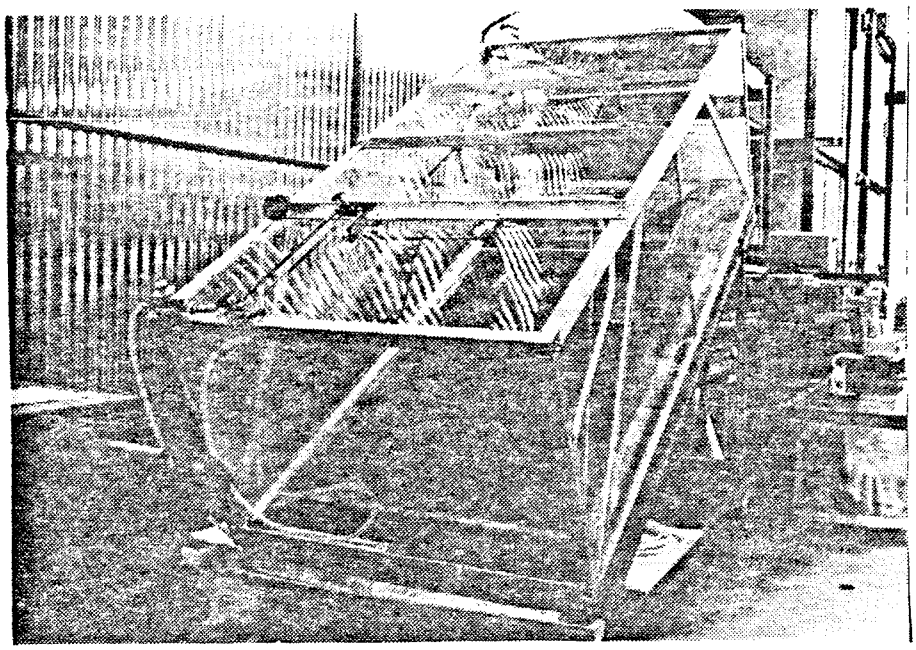


Fig. 1.4. Slagregnmaskinen

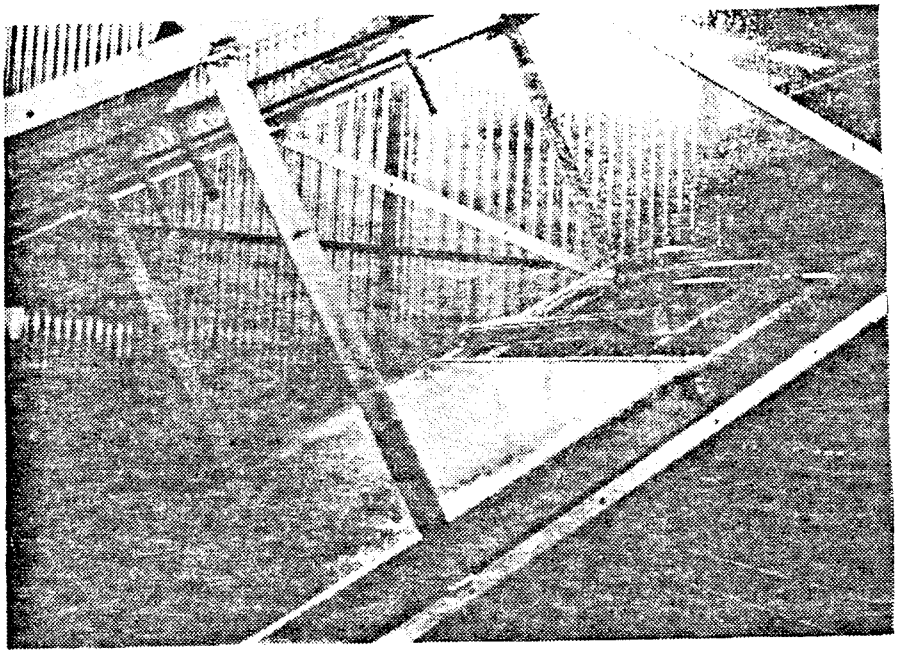


Fig. 1.5. Topdyser og sidedyser i slagregnmaskinen

Originale rasten
i medd. 133

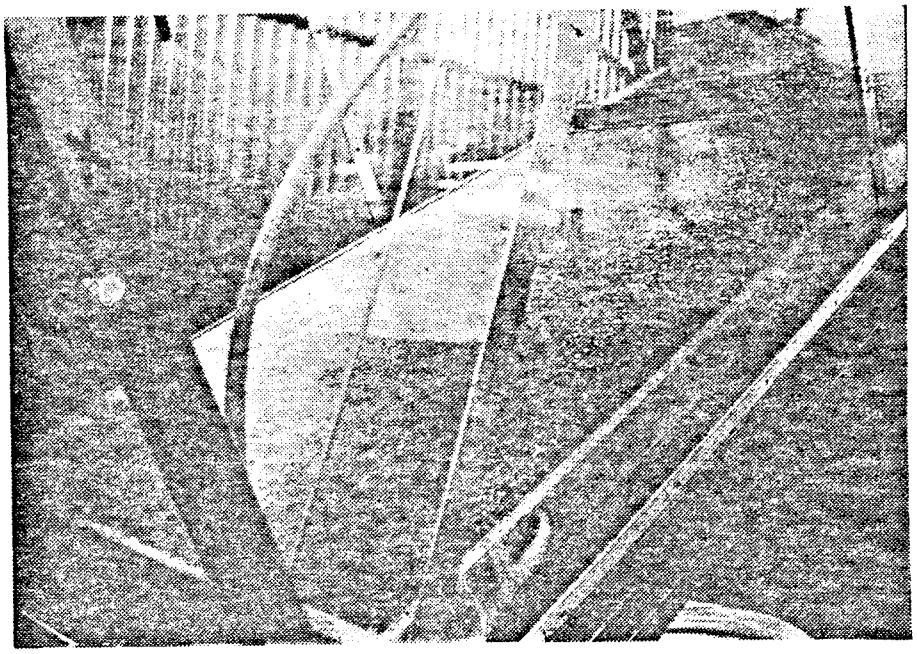


Fig. 1.6. Slagregnmaskinen under drift

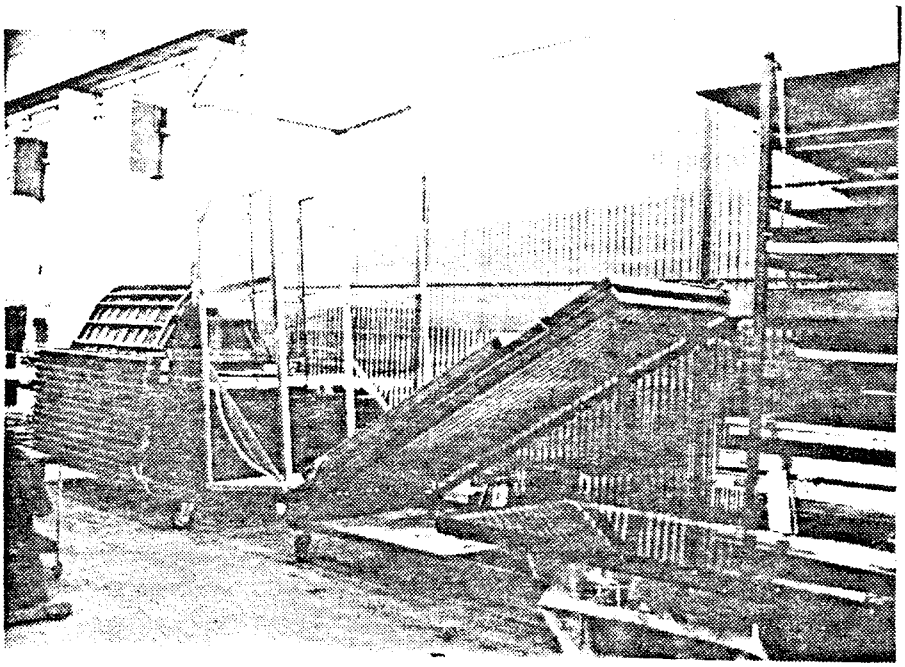
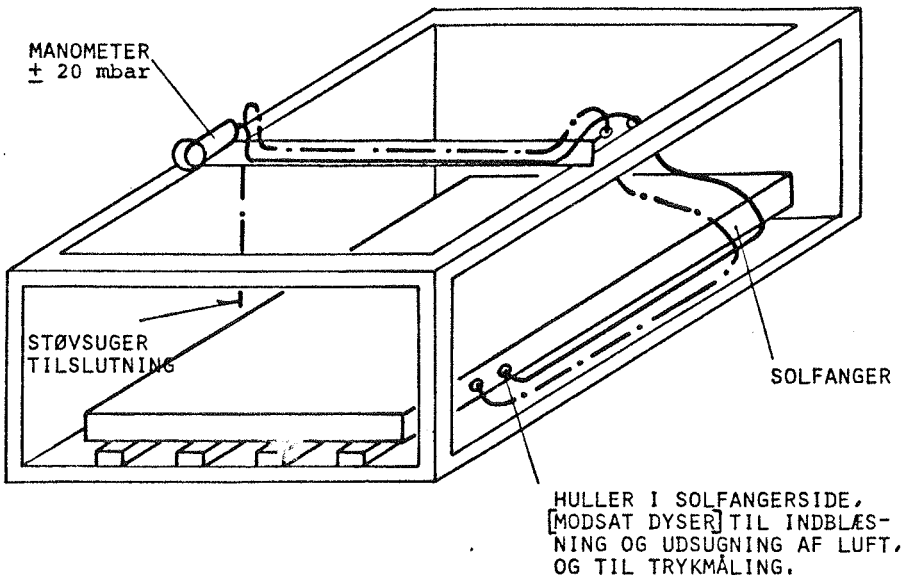


Fig. 1.7. Slagregnmaskinen i åben tilstand



- 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

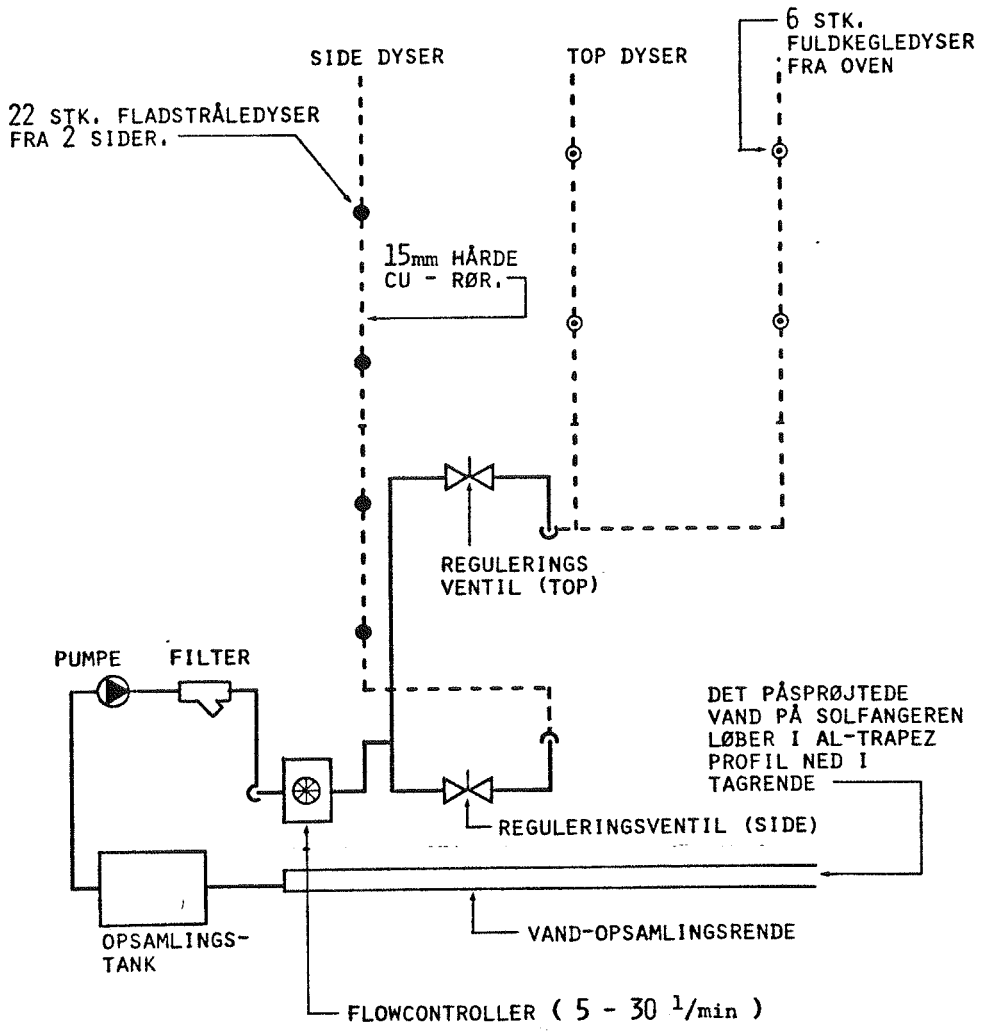
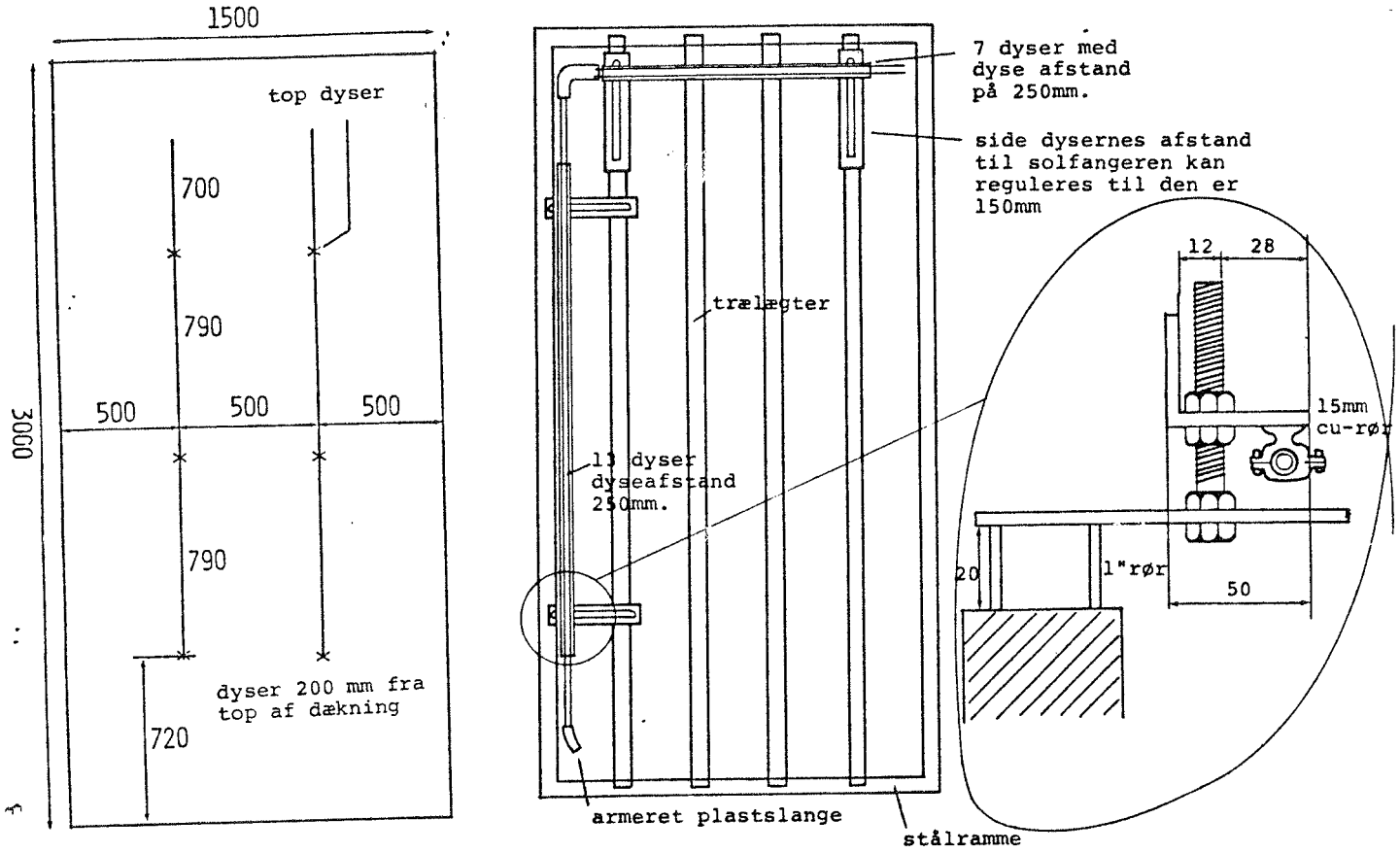


Fig. 1.9. Slagregnmaskine - rørføring



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 $\pm$ 50 mmVs af hensyn til solfangerens dæklag.

1.4. Udstyr til prøvning af frost/tø-påvirkning af solfangere.

På fig. 1.11. er vist den opstilling, som bruges til at lave frost/tø-prøvning af solfangere.

I et klimakammer på Laboratoriet for Varmeisolering har vi opstillet et stativ, hvor en solfanger kan placeres. Klimakammeret kan indstilles til temperaturer ned til -20°C, således at man ved vandpåsprøjtning af solfangerens overflade kan få dannet is. Via tilslutning af absorberen til et termostatbad kan der sendes varmt vand igennem solfangeren når det ønskes, således at isen tør. Ved at køre et vist antal frost/tø-cykler kan man danne sig et billede af, om en given solfanger kan påvirkes. Ved at måle lufttæthed før og efter prøvning kan man få undersøgt, om dæklagets fuger har taget skade.

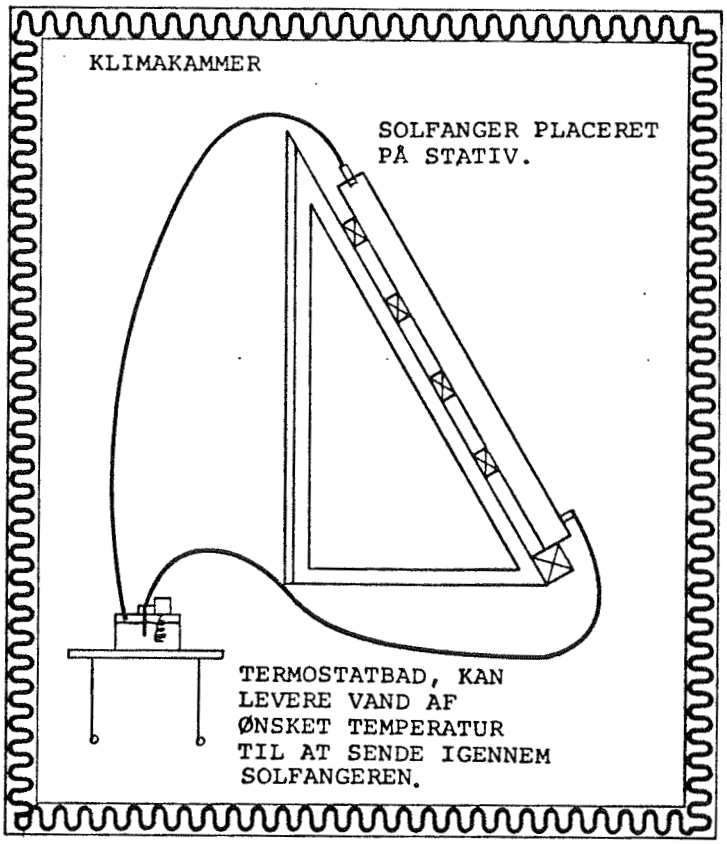


Fig. 1.11. Frost/tø-prøvning af solfangere

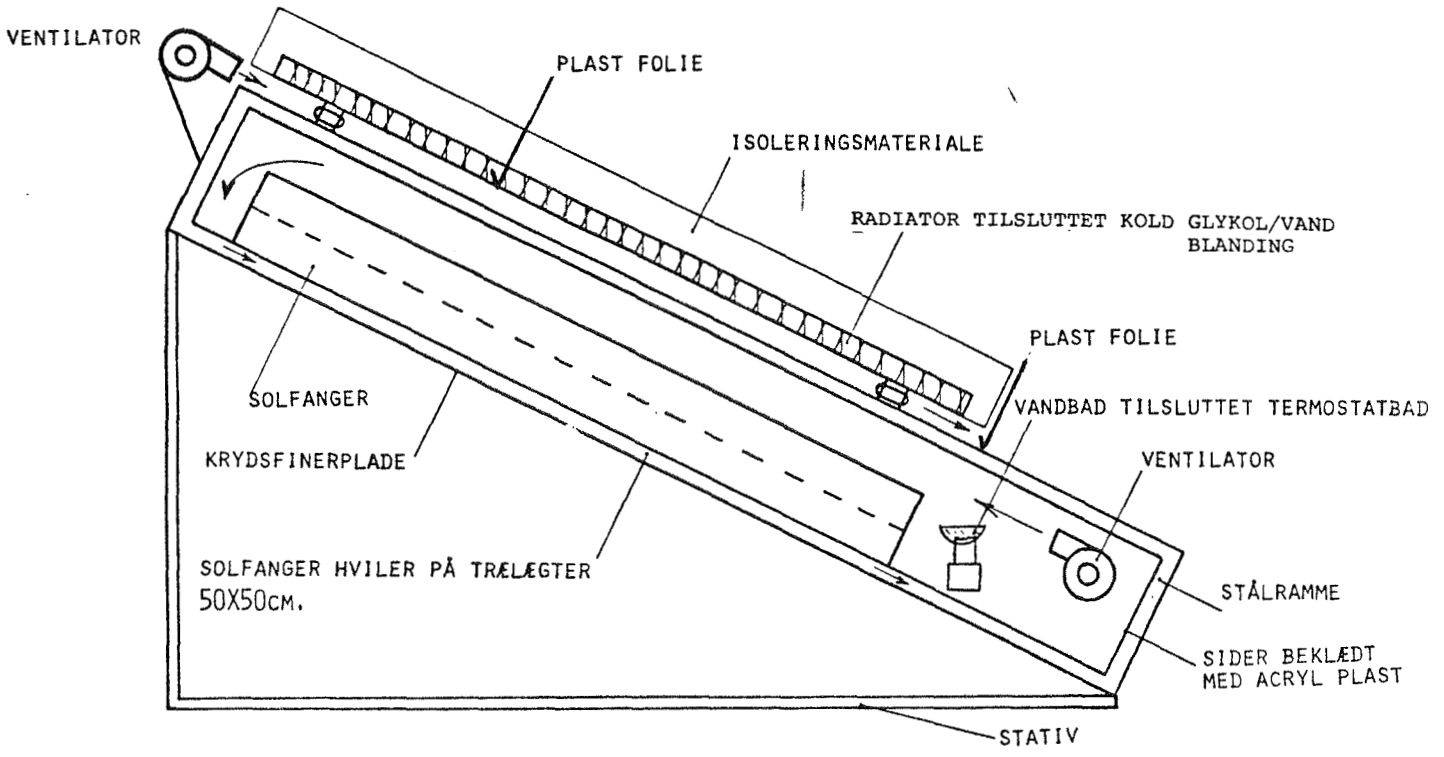


Fig. 1.12. Kondenskasse til kondenstest af solfangere

1.5. Udstyr til at undersøge kondensproblemer i solfangere.

Erfaringer har vist, at mange solfangere får kondens på indersiden af dæklaget ved bestemte vejrforhold. Det er især ved afkøling af solfangerens dæklag om natten i forening 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. Problemet ved kondensdannelse er, at der efterhånden kan dannes tunge dråber, som falder ned på absorberen. Dette kan give anledning til korrosion eller til et forøget fugtindhold i solfangerens isolering. For meget kondensdannelse i solfangere kan altså have en negativ indflydelse på langtidsholdbarheden. Der er derfor sat aktiviteter i gang på Laboratoriet for Varmeisolering for at undersøge solfangeres kondensproblemer

og ved hjælp af forsøg og beregninger at finde frem til, om man evt. kan slippe for kondensproblemer ved at lave en passende ventilationsmulighed i solfangeren. F.eks. ved at bore huller for oven og neden i kanten mellem absorber og dæklag. Ved at bruge Laboratoriets solfanger-beregningsprogram (SVS-programmet) i en ændret form er vi begyndt på et modelarbejde for kondensproblemerne. Det har dog vist sig at være forholdsvis kompliceret. Ved opbygning af en kondenskasse som vist på fig. 1.12. har vi lavet forsøg, hvor vi ser, hvor meget kondens der dannes i en solfanger ved bestemte temperatur- og fugtigheds-forhold og ved forskellige ventilationsmuligheder for solfangeren.

Kondenskassen virker på den måde, at der blæses luft hen over et temperaturstyret vandbad og videre hen over solfangerdæklaget. Over solfangeren er der placeret en radiator, der gennemstrømmes af koldt frostsikret vand, så temperaturen er lavere end omgivelserne. I toppen af selve kondenskassen og i bunden af radiatoren, som vender mod solfangeren, er der placeret to plastic folier, imellem hvilke en luftstrøm sendes igennem fra en ventilator. På den måde undgås kondens på kondenskassens topafdækning. Resultatet bliver en varmeudstråling fra solfangeren til radiatoren, således at luften i solfangeren når sit dugpunkt, når den afkøles af det kolde dæklag, og der dannes kondens. Ved hjælp af termoelementer og en fugtmåler kan man danne sig et billede af temperatur/fugtforhold i solfangeren. Der er ikke på nuværende tidspunkt taget stilling til, hvorledes prøvninger i kondenskassen kan indgå som en del af det faste prøvningsprogram for solfangere.

2. PRØVNINGSPROCEDURER.

2.1. Prøvning af solfangeres driftsikkerhed og holdbarhed.

I prøveproceduren indgår på nuværende tidspunkt nedenstående prøvninger i den nævnte rækkefølge.

1. Effektivitetsprøvning
2. Prøvning af solfangerens lufttæthed
3. Stagnation og herefter prøvning af solfangerens bestandighed over for temperaturchok - afkøling af absorber
4. Prøvning af solfangerens bestandighed over for høje temperaturer - tørkogning og stagnation.
5. Prøvning af solfangerens bestandighed over for temperaturchok - afkøling af dæklag
6. Prøvning af solfangerens bestandighed over for termisk cykling ved høje temperaturer
7. Prøvning af solfangerens lufttæthed
8. Eventuelt, prøvning af solfangerens bestandighed og tæthed over for kombineret vand- og frostpåvirkning med efterfølgende prøvning af solfangerens lufttæthed
9. Prøvning af solfangerens regntæthed med og uden simuleret vindpåvirkning
10. Prøvning af solfangerens bestandighed over for vindlast på dæklaget
11. Eventuelt, prøvning af solfangerens kondensegenskaber
12. Eventuelt, ny effektivitetsprøvning

De afprøvninger, der omtales i det følgende, har til formål at vise, om en aktuel solfangerkonstruktion kan tåle de forskellige ekstreme forhold, den vil kunne blive udsat for, eller om den på kort tid bliver helt eller delvist ødelagt. Det er først og fremmest solfangerens drift-

sikkerhed, der undersøges her. Afprøvning af langtidsholdbarheden af solfangere er vanskeligere at foretage end driftsikkerhedsprøvning. I øjeblikket undersøges langtidsholdbarheden af solfangere ved materialetest af de forskellige materialer, der indgår i solfangerkonstruktioner og ved at sætte et antal utilsluttede solfangere op udendørs, så de kan blive udsat for stagnationstilstande.

Der er under prøvningerne kun tale om at bruge hele solfangerelementer i modsætning til afprøvning af materialer.

De omtalte prøvninger er i mange tilfælde baseret på NBSIR-78-1305A Provisional Flat Plate Solar Collector Testing Procedures.

Et kort resumé af prøvningerne

Før holdbarhedsprøvningerne måles effektiviteten af den enkelte solfanger. Hvis der sker større ændringer med solfangeren under prøvningerne måles effektiviteten eventuelt igen og den fotograferes. Rækkefølgen af holdbarhedsprøvningerne skulle give den bedste mulighed for løbende at vurdere, hvorledes de forskellige prøvninger har påvirket en solfanger. Der startes med at måle solfangerens lufttæthed ved over- og undertryk i solfangeren og herefter laves prøvninger i solsimulatoren. Først stagnation efterfulgt af temperaturchok af absorberen, som pludselig fyldes med koldt vand. Så tørkogning af solfangeren efterfulgt af stagnation, 6 timer ialt. Den næste prøvning er en temperaturchokprøvning. Når solfangeren er i stagnation, afkøles dæklaget pludseligt med koldt vand. Som sidste prøvning i solsimulatoren køres solfangeren frem og tilbage 10 gange med temperaturer mellem 1/4 og 3/4 af forskellen mellem stagnation- og lufttemperatur. Dette er et forsøg på en tilnærmet

accelereret prøvning af holdbarheden. Nu måles lufttætheden af solfangeren igen og herefter prøves den eventuelt i klimakammer for frost/tø-påvirkning. Solfangeren anbringes herefter i slagregnmaskinen. Så måles lufttætheden igen, og solfangeren oversprøjtes med regn samtidig med, at der simuleres vindpåvirkning ved over- og undertryk i solfangeren. Ligesom ved de foregående prøvninger foretages der en visuel inspektion af solfangeren. Solfangeren prøves herefter for bestandighed over for vindbelastning af dæklaget, ved at man laver korte over- og undertryk på 1500 Pa.

2.2. Prøvning af solfangerens termiske effektivitet før holdbarhedsprøvningerne.

Formål

Prøvning af solfangeres effektivitet før og efter holdbarhedsprøvningerne giver mulighed for at vurdere holdbarhedsprøvningernes påvirkning af solfangerens effektivitet. Når effektiviteten inden holdbarhedsprøvningerne er målt, kan der sammenlignes med effektiviteten efter holdbarhedsprøvningerne, hvis det skønnes nødvendigt.

Prøvningsprocedure

Solfangeren vil normalt have været genstand for effektivitetsprøvning i Laboratoriet for Varmeisolering's solsimulator, inden man begynder på holdbarhedsprøvninger. Proceduren for effektivitetsprøvningen er en specielt udviklet Skandinavisk procedure, som bruges både i Danmark og Sverige. Der indgår bl.a., som en del af denne procedure, en stagnationsprøvning af solfangeren, i ca. 6 timer.

2.3. Prøvning af solfangerens lufttæthed.

Formål

Formålet med at undersøge solfangerens lufttæthed flere gange i løbet af prøvningerne er at bruge lufttætheden til at fortælle, om prøvningerne har haft nogen indflydelse på solfangeren. F.eks. kan termiske påvirkninger af dæklag og absorber i forhold til resten af konstruktionen betyde en utæthed.

Prøvningsprocedure

Solfangeren forsynes med et hul i siden mellem absorberen og glasset. Via hullet tilsluttes en blæser og en gasmåler. 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 med et U-rørsmanometer. Resultaterne angives på diagramform.

2.4. Stagnation og herefter prøvning af solfangerens bestandighed over for temperaturchok - afkøling af absorber.

Formål

Formålet med denne prøvning er at undersøge driftsikkerheden af en solfanger, efter at den er blevet udsat for et termisk chok, som f.eks. kan ske i virkeligheden, når en opvarmet solfanger ved driftstart pludselig fyldes med relativt koldt vand.

Prøvningsprocedure

Solfangeren anbringes vandret i en solsimulator, der kan udsætte den for en middelintensitet på ca. 1300 W/m^2.

Solfangerens ene tilslutning kobles til et lodret rør placeret med udløbet 1,5 m over solfangeren, og dens anden tilslutning kobles til en slange, så den pludselig kan fyldes med vand ($10^{o}C$).

Solfangeren er tømt for vand til at starte med. Solsimulatoren tændes og varmer solfangeren op til stagnationstemperaturen. Derefter fyldes solfangeren pludseligt med koldt vand (1,0 m^3/h), indtil det vand, der løber ud af solfangeren, er højest $25^{o}C$ (ca. 5 min.). Derefter slukkes solsimulatoren.

Målinger

Efter prøvningen undersøges solfangeren visuelt for skader. Temperaturen af absorberen og i solsimulatoren registreres under hele forsøget ved hjælp af en 12 kanal skriver (se fig. 1.1. side 4).

2.5. Prøvning af solfangerens bestandighed over for høje temperaturer - tørkogning og stagnation.

Formål

Formålet med denne test er at undersøge på relativ kort tid, hvilke potentielle problemer der er med materialer og konstruktion for en given solfanger under nogle af de hårdeste påvirkninger, som den kan komme ud for under naturlige omstændigheder.

Udgangspunktet er, at vi er klar over at stagnationstilstanden (maksimal bestråling uden afkøling) er en af de hårdeste belastninger, som en solfanger kan komme ud for, f.eks. ved opsætning eller pumpestop. Ved et eventuelt pumpestop i et solvarmeanlæg vil solfangeren først koge tør og derefter nå stagnationstemperaturen.

Prøvningsprocedure

Solfangeren placeres vandret i en solsimulator, der kan udsætte den for middelintensitet på ca. 1300 W/m^2.

Solfangerens ene tilslutning kobles til et lodret rør placeret med udløbet 1,5 m over solfangeren, og dens anden tilslutning kobles til en slange for fyldning med vand.

Efter at solfangeren er fyldt med vand, tændes solsimulatoren i 6 timer. Herved nåes stagnationstemperaturen på et eller andet tidspunkt alt afhængigt af solfangerkonstruktionen.

Målinger

Temperaturen af absorberen og andre temperaturer i solsimulatoren registreres under hele forsøget (se fig.1.1. side 4). Efter forsøget undersøges solfangeren visuelt for eventuelle skader.

2.6. Prøvning af solfangerens bestandighed over for temperaturchok - afkøling af dæklag.

Formål

Formålet med denne prøvning er at undersøge solfangerens evne til at modstå den termiske chokpåvirkning, der kan ske, hvis en kraftig regn (f.eks. en tordenbyge) falder på en opvarmet solfanger.

Prøvningsprocedure

Solfangeren anbringes vandret i en solsimulator, der kan udsætte den for middelintensitet på ca. 1300 W/m^2.

Solfangeren udsættes i tom tilstand for stråling. Når den har nået stagnationstemperaturen, sprøjtes glasset

pludseligt over med koldt vand (10°C) i ca. 5 minutter, (0,36 m^3/h). Dette gøres ialt 3 gange.

Målinger

Efter forsøget tørres dæklaget af, og solfangeren undersøges visuelt for eventuelle skader og vandindtrængning.

2.7. Prøvning af solfangerens bestandighed over for termisk cykling ved høje temperaturer.

Formål

En cyklisk påvirkning af en solfanger, hvor temperaturen kører op og ned mellem stagnationstemperaturen og omgivelsernes temperatur, vil fortælle noget om, hvordan en solfanger klarer vekslende opvarmning og afkøling. Det er formålet med denne test at simulere, at solfangeren er sat op utilsluttet nogle dage uden at være sat i drift.

Prøvningsprocedure

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

Solfangeren placeres vandret i en solsimulator, der kan udsætte den for en middelintensitet på ca. 1300 W/m^2.

Solsimulatoren skal være tændt og slukket skiftevis i så lang tid, 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 10 komplette cykler på denne måde.

Målinger

Temperaturen af absorberen og andre temperaturer i solsimulatoren registreres under hele forsøget (se fig.1.1. side 4). Efter forsøget undersøges solfangeren visuelt for eventuelle skader.

2.8. Prøvning af solfangerens bestandighed og tæthed over for kombineret vand- og frostpåvirkning.

Formål

Formålet med denne test er at sikre sig, at solfangere som bruges i områder, hvor de kan blive udsat for frost (som f.eks. i Danmark), vil kunne klare at blive udsat for sådanne forhold. Prøvningen er under udvikling og udføres i de tilfælde, hvor det skønnes rimeligt.

Prøvningsprocedure

Solfangeren anbringes med en hældning på 60° fra vandret i et rum, hvori temperaturen kan sænkes til $-10^{\circ}C$ og tilsluttes et termostatbad indstillet på $40^{\circ}C$.

Solfangeren overhældes med vand og afkøles til ca. $-5^{\circ}C$. Når man har sikret sig, at der er dannet is langs fuger og kanter på solfangeren, startes termostatbadet til isen er tøet (efter ca. 30 min.). Herefter stoppes termostatbadet, så vandet på solfangeren igen kan fryse til is.

Solfangeren udsættes ialt for 5 frost/tø-cykler. Efter forsøget undersøges solfangeren for eventuelle skader eller vandindtrængen.

2.9. Prøvning af solfangerens regntæthed med og uden simuleret vindpåvirkning.

Formål

Formålet med denne prøvning er at få undersøgt solfangerens evne til at holde vand ude ved heftig regnpåvirkning kombineret med vindbelastning. Denne prøvning er ikke baseret på prøvningsmetoder til at undersøge vindueskonstruktionens regntæthed, som det f.eks. er tilfældet for NBSIR-78-1305A. Til prøvning af solfangerens regntæthed er der på Laboratoriet for Varmeisolering opbygget et nyt udstyr, som er blevet udviklet specielt til solfangerprøvninger (omtalt i kapitel 1.).

Prøvningsprocedure

Solfangeren anbringes med en hældning på 30^{o} fra vandret på en åben ramme, hvorpå der er monteret nogle dyser. Ved hjælp af disse dyser og dyser over solfangeren kan der sprøjtes vand ind på solfangerens forside og kanter. De dele af solfangeren, som f.eks. ved indbygning i en tagflade ikke skal udsættes for regnvejr under virkelige forhold, afskærmes inden prøvningen. Hvis der er tale om en uafskærmet bund, kan den dækkes med lufttæt plastfolie, som klæbes til solfangerens sider. Solfangeren udsættes først for regnpåvirkning i een time, hvorpå der foretages visuel inspektion. Derefter udsættes den for vandpåsprøjtning, samtidig med at trykket i solfangerkassen sænkes 10 gange med 500 Pa (ca. 50 mmVs) i forhold til atmosfæretrykket. Tryksænkningen udføres cirka hvert andet minut, og undertrykket holdes i cirka 30 sekunder. Efter forsøget, der varer i cirka 20 minutter, undersøges solfangeren igen for eventuel vandindtrængen. Til sidst køres en prøvning med regn og fast undertryk på -500 Pa i een time. Det undersøges om der nu er trængt vand ind, og dæklaget tørres grundigt af.

2.10. Prøvning af solfangerens bestandighed over for vindlast på dæklaget.

Formål

At se om solfangerens dæklag kan holde til trykpåvirkninger, den kan blive udsat for under ekstreme vejrforhold (stærk vind).

Prøvningsprocedure

Der benyttes samme opstilling i slagregnmaskinen som under punkt. 2.9. 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.

Da dette er den sidste prøvning i det faste prøveprogram, undersøges, om der er sket kraftige ændringer med solfangeren i forbindelse med prøvningerne 1 til 9, og hvis dette er tilfældet, fotograferes den.

2.11. Prøvning af solfangeres kondensegenskaber.

Formål

Formålet med denne prøvning er at få undersøgt kondensegenskaber for forskellige solfangere. Der undersøges, hvor hurtigt der ved kuldepåvirkning dannes kondens i en solfanger, og hvor meget og hvor lang tid det tager, før kondensen forsvinder igen, når påvirkningen er væk. Det er meningen, at man på et tidspunkt skal kunne finde retningslinier for, hvor meget ventilation en solfanger behøver (f.eks. i form af borede huller mellem absorber og dæklag) for at opnå, at der kun sker ringe kondensdannelse under normale driftforhold.

Denne prøvning udføres ikke generelt, men kun med få udvalgte solfangere for at få mere at vide om ovenstående sammenhæng.

Prøvningsprocedure

Solfangeren anbringes i en kasse med et køleelement i låget adskilt af to lag plastfolie. Køleelementet holdes på ca. -15°C, og lufttemperaturen i kassen holdes på ca. 15°C. Den relative luftfugtighed i kassen skal være over 90%. Hele kassen og dermed solfangeren er anbragt med en hældning på 30°C fra vandret. (se figur 1.12. side 15).

Solfangeren udsættes for kondenspåvirkning i ca. 8 timer, hvorefter kassen åbnes, og omfanget af kondens på indersiden af glasset undersøges. Under forsøget registreres temperatur og fugtighed uden for og inden i solfangeren.

Kassen holdes åben, så udtørring kan ske i luften i forsøgshallen. Man registrerer den tid det tager, før al kondens er borte.

2.12. Rapportering.

I forbindelse med prøvninger af solfangeres driftsikkerhed og holdbarhed rapporteres der i henhold til, hvad der er omtalt under prøvningerne. Det kan f.eks. gøres ved hjælp af det dertil udarbejdede rapporteringsformat (se appendix 1). Der tages et fotografi af solfangeren efter prøvninger, der har forårsaget visuelle ændringer.

2.13. Nye prøvninger.

Prøvning af solfangeres holdbarhed over for snelast, trykpåvirkning af absorber og af styrken af solfangerophæng er i øjeblikket under udvikling.

3. ERFARINGER I FORBINDELSE MED DEN FØRSTE RUNDE AF HOLDBARHEDSPRØVNINGER AF SOLFANGERE.

Der omtales 5 solfangere af forskellige fabrikater i dette kapitel. De har været udsat for holdbarhedsprøvninger i det dertil indrettede udstyr, til dels efter procedurer omtalt i det foregående kapitel. Det beror på tilfældigheder, at det er disse 5 solfangere, der er blevet prøvet indtil nu. Der refereres i det følgende til disse solfangere ved hjælp af numrene SF1 til SF5.

De første tre solfangere blev brugt til at kalibrere den kunstige sol, således at vi kunne opnå realistiske temperaturprøvninger. Og de to sidste solfangere har været igennem alle prøvningerne i prøvningsprogrammet, som er omtalt i detaljer i kapitel 2.

3.1. De første prøvninger i den kunstige sol.

SF1, som er en 2 lags solfanger, er den første solfanger, der blev prøvet i den kunstige sol. Den afprøvedes først, fordi vi vidste, at det inderste dæklag kunne knække og bagsideisoleringen bule ud (bl.a. fra den der er opsat på vort forsøgsareal, men der må her gøres opmærksom på, at konstruktionen er ændret i dag). Vi havde en mistanke om, at strålingsintensiteten var for lav til at dette kunne ske. Hvis det var tilfældet, ville vi så prøve at forøge strålingen ved at fjerne det ene af de to lag glas, der virkede som skærmlag i den kunstige sol, og så prøve igen.

solfanger		SF1 2 lag glas		SF2 1 lag glas		SF3 1 lag glas		SF4 1 plast-dæklag	SF5 1 dæklag af glas
maximal strålings-intensitet $\left(\frac{W}{m^2}\right)$		1210	1659	1659	1659	1470	1470	1470	1470
max. tempe-raturer i kunstig sol	lufttemp. bagest °C				60	53	29	34	32
	absorba-tortemp. midt på °C	161	190	183	176	163	146	168	178
	absorba-tortemp. for enden °C			142	133		97	108	115
	dæklags-temp. °C	88	100	113	111	98	86	86	100
visuelle ændringer		A	B	C			D	E	F
andre bemærkninger					med knæk-ket dæk-lag. Prø-ven for skrap		ekstra ventilator giver ri-meligere lufttemp.	indkø-rings perioden regnes nu for overstået	

Tabel 3.1.1. Prøvning af 5 solfangere i den kunstige sol

SF1, 2 lag glas (betegnelsen refererer til tabel 3.1.1.)

A: Kun ringe påvirkning af solfangeren, bl.a. en vis brunfarvning af sideisoleringen. Ikke tegn på at det er muligt at få knækket det inderste dæklag af glas, som det er sket for solfanger af samme type udendørs.

B: Efter øget strålingspåvirkning sker der en hård påvirkning af solfangeren. Isolering farves kraftig brun og bobler op, og der sker udbuling af bagsideisoleringen, som også virker våd midtpå (se fig.3.1.2.) Under tørkogningsforsøg knækker det nederste glaslag, efter at der er gået 2 timer og 50 minutter. Absorberingstemperaturen falder herved fra 190°C til 184°C. Der dannes en grå film på det øverste glaslags inderside, mest langs randen. Der måles en udbuling på 1 cm midt på solfangeren, som skyldes en ekspansion af isoleringsskummet.

Da vi var nået så langt, at vi vidste, at prøven var hård nok, blev det besluttet at prøve en 1 lags solfanger, som ikke havde haft tilfælde med knækket dæklag. Hvis det knækkede under prøvning, ville det være tegn på, at prøven var for hård.

SF2, 1 lag glas

C: Der skete mere eller mindre det samme under prøvning af denne solfanger som for samme fabrikat med 2 lag. Under den termiske cykling knækkede dæklaget. Der blev målt en udvidelse på midten af solfangeren på 7 mm (se fig. 3.1.1.).

Efter at det havde vist sig, at strålingen i den kunstige sol nu var for hård, valgte vi at prøve en mellemløsning. Det havde også hele tiden været et problem, at strålingsintensiteten på langs varierede for meget. Den var meget

mindre ude i enderne end på midten. Løsningen blev så at indsætte et stykke lexan, der kun dækkede halvdelen af det bestrålede areal. Det ville udjævne strålingen og gøre prøvningen mindre hård. Der var endnu et problem, som skulle løses. Det havde vist sig, at den eksisterende ventilator i den kunstige sol havde vanskeligt ved at få lufttemperaturen inde i solen langt nok ned (den skal helst ikke være meget over 30°C, svarende til normale sommertemperaturer, mens den indtil nu havde været 50-60°C).

Det blev besluttet, at der skulle opsættes en ny ventilator (vist på side 4), som skulle bruges til at skabe en bedre ventilation af prøvningsrummet i den kunstige sol.

SF3, 1 lag glas

D: Næsten ingen visuel påvirkning af solfangeren. En anelse brunfarvning af absorberpladen kunne dog konstateres.

Det havde vist sig, at den nye ventilator betød en mere rimelig temperaturfordeling i den kunstige sol (lufttemperaturer omkring 30°C). Lysintensiteten i den kunstige sol var omkring 1300 W/m^2, hvilket er mere end man finder udendørs. Lysintensiteten før var omkring 1000 W/m^2, men var for ringe til at påvirke SF1 solfangeren. Grunden til at der kræves en højere intensitet end 1000 W/m^2 for at påvirke en solfanger hænger måske sammen med, at solfangere udendørs også bliver påvirket af vind såvel som af sol. Dette betyder større termiske trækkræfter, fordi solfangeren køles af vinden og derfor har større temperaturforskelle i konstruktionen end man vil se indendørs. Vi valgte at køre prøvningerne med en intensitet på 1300 W/m^2 i stedet for at forsøge at simulere

vindpåvirkning i den kunstige sol. Det var ud fra det argument, at en solfanger, som klarer en prøvning, der er lidt for hård, kan vi bedre være sikker på er god nok. Og fordi effekten af påvirkning udendørs og indendørs ved de 1300 W/m^2 indstråling er meget lig hinanden. Det blev så besluttet at udvælge 2 solfangere, som skulle køres igennem de samlede prøvninger i den kunstige sol, således som de nu så ud. Det var henholdsvis en solfanger med plastdæklag og en solfanger med 1 dæklag af glas.

SF4, 1 plastdæklag

E: Solfangeren med plastdæklag led betydelig skade under prøvningerne i den kunstige sol. Der har været tale om kraftige udbulinger i dæklaget ved høje temperaturer, så kraftige at dæklaget har rørt ved tværstiverne på absorberpladen. På disse steder er der sket en kraftig brunfarvning af dæklaget (se fig. 3.1.3.). Efter temperaturprøvningerne er der stadig mange udbulinger i dæklaget. Der er også sket udgasning af en brunlig substans på dæklagets inderside, sikkert stammende fra isoleringsmaterialer.

SF5, 1 lag glas

F: Der kunne ikke konstateres visuelle ændringer af solfangeren i forbindelse med prøvningerne i den kunstige sol.

Under ovennævnte prøvninger blev der hele tiden lavet temperaturmålinger i solfangerne og i den kunstige sol, som det også fremgår af tabel 3.1.1. Med disse prøvninger var der som sagt tale om at få lavet en kalibrering af den kunstige sol til at lave realistiske holdbarhedsprøvninger. Prøvningerne blev, så vidt det var muligt, kørt efter proceduren, der er nævnt i kapitel 2. I løbet af en

arbejdsdag vil det sige: først stagnation, herefter absorberchok, så tørkogning og til sidst dæklagschok og i løbet af en hel efterfølgende dag den termiske cykling. Ved absorberchok og tørkogning har vi med et manometer målt, at trykket kan stige med 1,5 mVs. Med hensyn til termisk cykling har de 10 cykler en gang påvirket en solfanger til dæklagssprængning (SF2). Ellers er det nok for tidligt at udtale sig, om denne prøvning kan simulere den påvirkning, som en solfanger kan komme ud for ved skiftevis opvarmning og afkøling i løbet af flere dage.

Alt i alt må det, efter at de nævnte 5 solfangere er blevet prøvekørt i den kunstige sol, være rimeligt at konkludere, at vi nu skulle have mulighed for at lave realistiske prøvninger af solfangeres driftsikkerhed ved høje temperaturer. Med de næste prøvninger af en række solfangere fra det danske marked vil vi have endnu bedre mulighed for at vurdere, om disse prøvninger er gode nok.

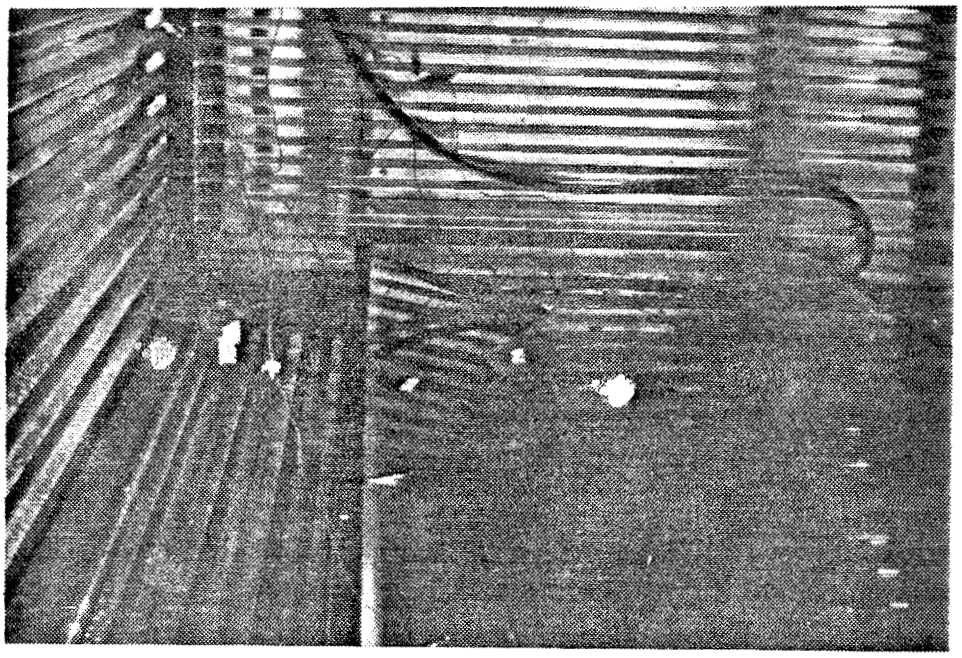


Fig. 3.1.1. SF2 fik knust dæklaget

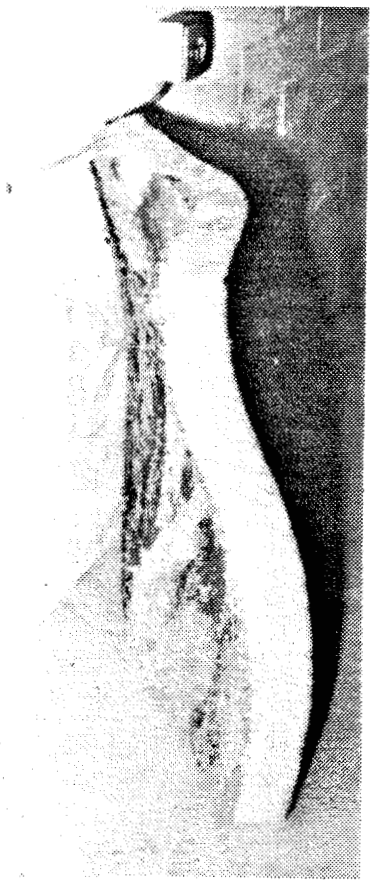


Fig. 3.1.2. Bagsideisolering bulede ud på SF1

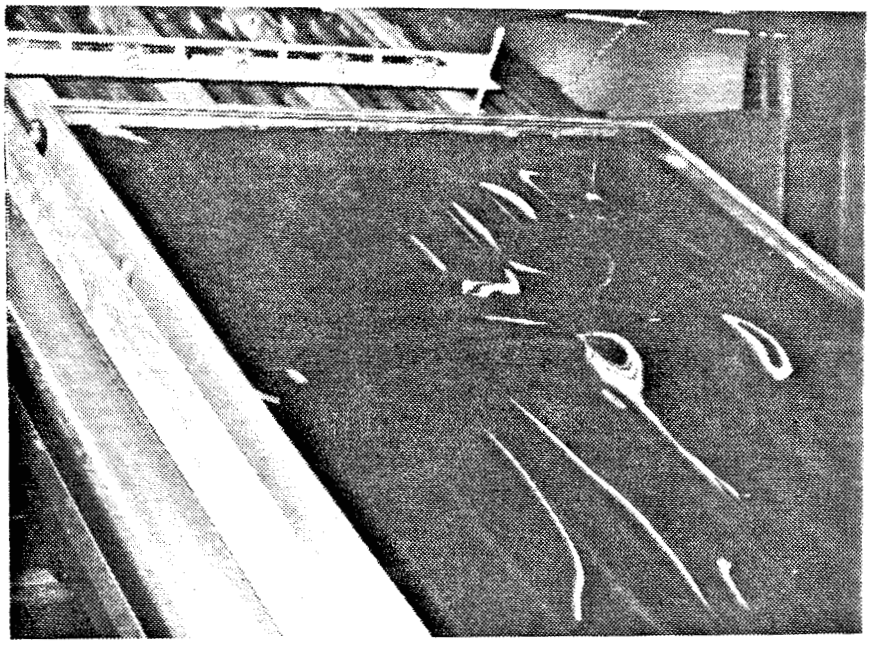


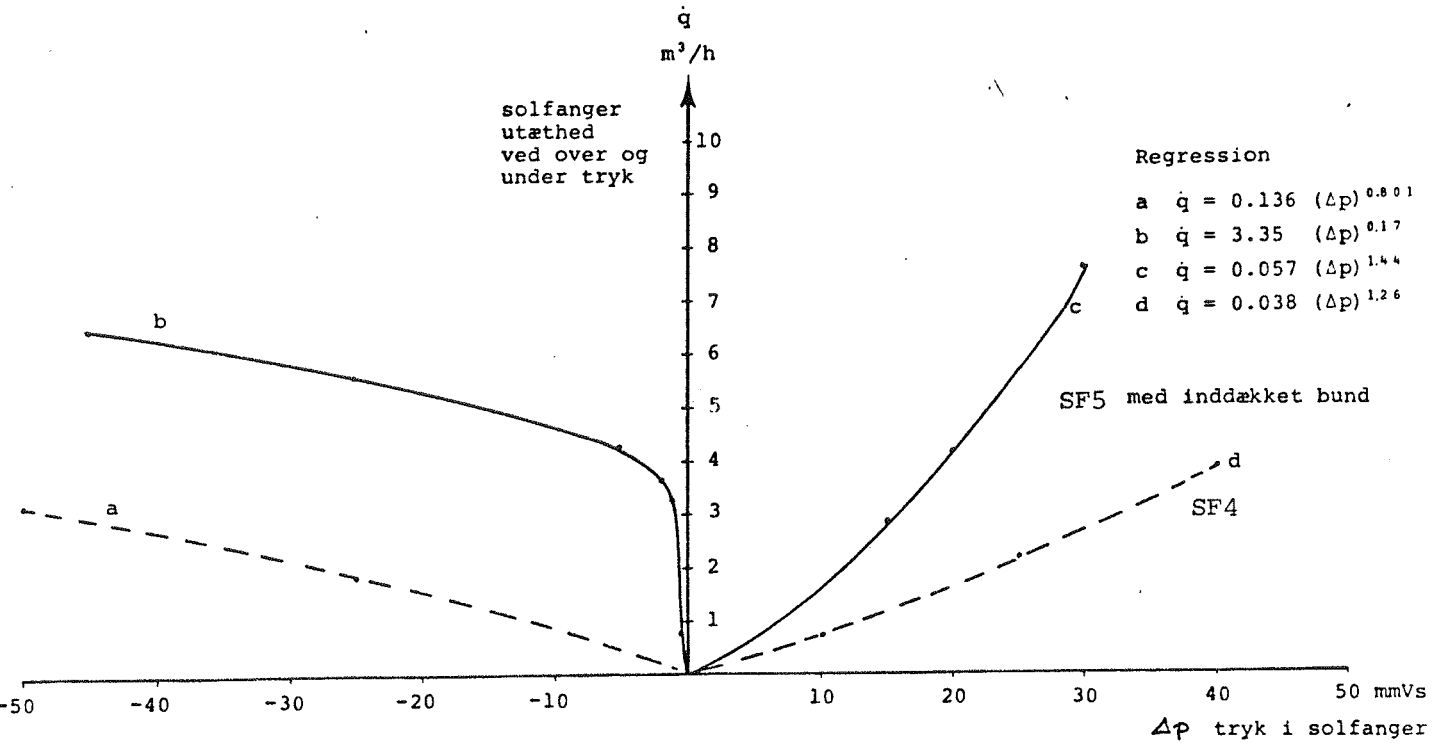
Fig. 3.1.3. Dæklaget på SF4 udbulede kraftigt og blev farvet brunt ved tværstiverne

3.2. Prøvning af 2 solfangeres frost/tø-driftsikkerhed og luft- og regntæthed.

Ud af de 5 solfangere, som blev brugt under prøvninger i den kunstige sol (kapitel 3.1.), har de sidste 2 også været igennem prøvningen for lufttæthed, regntæthed og frost/tø-påvirkning. Prøvningerne er forsøgt udført i den rækkefølge og efter de procedurer, der er angivet i kapitel 2. Af de 2 solfangere, henholdsvis benævnt SF4 og SF5, er den ene med rør-plade absorber og akryldæklag og den anden med dobbelt plade absorber og glasdæklag.

Lufttæthedsmåling af solfangerne er sket ved at måle utætheden i en flowmåler i m^3/h ved forskellige over- og undertryk i området $\pm$ 500 Pa (= $\pm$ 50 mmVs). På fig. 3.2.1. er der optegnet en kurve over utætheden af de 2 solfangere. Det ses, at ved stigende undertryk når utætheden (målt i m^3/h) noget der ligner en grænseværdi. Dette er tilsyneladende ikke tilfældet ved stigende overtryk. Dette kan måske forklares ved, at dæklaget ved et bestemt undertyk presses så meget ind mod solfangerkassen, at utæthedsåbningen når en så lille grænseværdi, eller tætheden bliver så stor, at flowet igennem utætheden ikke kan kompensere for det stigende undertryk. Mens dæklaget ved overtryk presses væk fra absorberen, hvorved utætheden bliver så stor, at den hele tiden kan lade en større luftmængde passere.

De 2 solfangere er også blevet prøvet med hensyn til frost/tø-påvirkning i vort klimakammer. Der er blevet sprøjtet vand på solfangerne, efter at de er placeret på et stativ i klimakammeret. Herefter udsættes de for $-10^{\circ}C$. Når der er dannet frost på overfladen og i kanter og fuger, er der blevet sendt varmt vand ved $40^{\circ}C$ igennem solfangeren, indtil islaget er væk. Dette er for



---------- SF4 ———— SF5

Fig. 3.2.1. Utætheden af 2 solfangere som funktion af over/under tryk i solfangeren



Fig. 3.2.2. Dæklaget på SF4 solfangeren knustes efter en halv times undertryk på 2000 Pa.

hver solfanger gjort to gange. Der har ikke været nogen synlig påvirkning af solfangerne ved nogle af prøvningerne, og fordi lufttæthedsprøvningen ikke har været præcis nok, har det været vanskeligt at måle om solfangernes lufttæthed er blevet ændret. Det er blevet besluttet at ændre prøvningen radikalt eller helt at droppe den, hvis det ikke i de kommende prøvninger viser sig muligt at påvirke solfangerne med denne prøvning.

Den sidste prøvning, der er foretaget med de 2 solfangere, har været prøvning i slagregnmaskinen for regntæthed med og uden vindpåvirkning. Begge solfangere er blevet prøvet uden trykpåvirkning i en halv time og med et undertryk på 50 mmVs i en halv time og til sidst med et undertryk på 200 mmVs i en halv time. Det sidste undertryk er uden tvivl for skrapt, hvis det er vindpåvirkning man vil simulere. Det viste sig da også ved prøvning af både SF4 og SF5 solfangeren, at dæklaget til sidst gik i stykker. Det er derfor blevet besluttet at nøjes med 50 mmVs undertryk som det maksimale ved prøvningerne. Dog kan man for at simulere ekstreme vindpust gå op til 150 mmVs i et ganske kort øjeblik. Vurderingen af de 2 solfangeres regntæthed må blive, at de begge er regntætte for de områder af solfangeren, som normalt vil blive udsat for vind og vejr. Der kunne godt nok konstateres nogle få dråber inde i SF4 solfangeren efter den sidste regntæthedsprøvning med de 200 mmVs undertryk, men da dette ikke var tilfældet ved 50 mmVs undertryk, må den siges at være tæt nok. Prøvning af solfangere for ekstreme vindpåvirkninger eller snebelastning på dæklaget er indført i prøvnings-proceduren i kapitel 2, således at man kører op på 150 mmVs i et halvt minut som det sidste forsøg i slagregnmaskinen.

3.3. Arbejdet med undersøgelse af solfangeres kondensproblemer.

Kondens i solfangere dannes normalt ved at glasset på solfangeren får en koldere temperatur om natten end omgivelsernes temperatur T_a. Især når der er hel klar himmel, vil himmelstrålingstemperaturen T_s være bestemmende for glassets varmeudstråling. T_s er normalt 5-20°C lavere end udetemperaturen. Der vil indstille sig en varmebalance for glasset hvor varmen, der udstråles til himlen, er af samme størrelse som varmestråling og konvektion fra absorberpladen, (der vil have en temperatur mellem T_a og T_s) plus varme fra vinden, der blæser hen over glassets yderside. Hvis glastemperaturen, som er lavere end absorberens temperatur, er under luftens dugpunkt, vil der kondensere vand på glassets inderside. Erfaringen har vist, at man kan slippe af med kondensvand ved en passende ventilation af solfangeren, f.eks. ved at der bores huller i solfangerens nederste kant mellem glas og absorber. Med ventilationshuller af en vis størrelse vil den øjeblikkelige ventilation være bestemt af vindhastigheden, (som kan skabe en pumpevirkning og en statisk trykforskel mellem ude og inde i solfangeren), og af skorstensvirkningen, som vil være afhængig af temperaturforskelle mellem udeluften og solfangerens lufttemperatur.

Det mest kritiske tilfælde for dannelse af kondens i solfangere vil ifølge ovenstående være, når der er tale om luft med relativ høj fugtighed, klar himmel med stor udstrålingseffekt og små vindhastigheder. Der er blevet udviklet en solfanger-beregningsrutine for kondensdannelse i solfangere på Laboratoriet, hvor man med referenceåret som input på flere dage har fået simuleret dannelse af kondens typisk mellem kl. 2 og 7 om natten, og en fordampning igen mellem kl. 7 og 10. Ud over arbejdet med at

lave et simuleringsprogram for kondensdannelse, er der også blevet lavet forsøg med en enkelt solfanger i kondenskassen, som er omtalt under kapitel 2. Ved forskellige strålingspåvirkninger (udstråling til kold radiator) og temperatur- og fugtpåvirkninger er der blevet observeret, hvornår der blev dannet kondens, og hvilke temperaturer der bliver i solfangeren. Der er ikke på nuværende tidspunkt blevet lavet egentlige prøvninger af en række solfangere i kondenskassen.

Disse ting vil vi søge at arbejde videre med. Det første mål vil blive at få opstillet et ventilationskrav til solfangere, som kan sikre mod at der sker kondensdannelse ud over hvad der må anses som acceptabelt.

4. KONKLUDERENDE BEMÆRKNINGER.

Denne rapport indeholder en beskrivelse af eksisterende udstyr og prøvningsprocedurer til prøvning af solfangeres driftsikkerhed og holdbarhed, udviklet på Laboratoriet for Varmeisolering. Den naturlige fortsættelse bliver en rapport om erfaringer med brugen af dette udstyr og disse procedurer. Vi har som sagt indtil nu kun lavet alle prøvningerne med 2 forskellige solfangere (mere detaljeret omtalt i kapitel 3).

Prøvningerne i den kunstige sol er dem, vi har arbejdet længst med, og det er derfor også dem, vi har flest erfaringer med. Det har ved de første prøvninger været muligt at påvirke 2 solfangere til sprængning af dækglas (under cykling og tørkogning). Med det nuværende temperatur- og strålingsniveau har det været muligt at påvirke en solfanger med plastdæklag til brunfarvning og udgasning på dæklaget. 2 andre solfangere blev, bortset fra lidt brunfarvning, ikke synligt påvirkede ved prøvning i den kunstige sol. I den kommende tid vil vi prøve at få hold på, om belastningen eventuelt er for hård, og vi vil også undersøge, om der er mulighed for at få endnu bedre strålingsfordeling i den kunstige sol. Frost/tøprøvningen er den prøvning, vi på nuværende tidspunkt har arbejdet mindst med. Det har vist sig muligt at få frostdannelse i fuger og kanter, men prøvningen har endnu ikke givet anledning til nogen visuel beskadigelse af nogle af de afprøvede solfangere. Hvis det fortsætter sådan, vil vi undersøge muligheden for at gøre prøvningen hårdere. Lufttæthedsprøvningen trænger også til mere udviklingsarbejde. Hvis den skal benyttes om indikator for mulige ændringer for solfangere, skal den være både præcis og reproducerbar. Ved lufttæthedsprøvning af solfangere beregnet til inddækning i tagfladen har der været problemer med at få lavet plastfolieinddækningen af solfangerbag-

siden helt ens, mens der ved prøvning af solfangere med indbygget kasseinddækning ikke har været større problemer.

Det kan med rimelighed siges, at regn- og vindbelastningsprøvning i slagregnmaskinen indtil nu har virket udmærket, og det har faktisk været muligt at få vand ind i to af de afprøvede solfangere. Prøvningen trænger dog også til videre udvikling. Vi vil bl.a. prøve at få udviklet mere realistiske vindsimuleringer både ved at prøve at måle hvilke tryk der opstår i solfangere placeret udendørs ved vindpåvirkninger, og ved at få lavet noget elektronik, der kan styre en simuleret vindpåvirkning i stød.

De indendørs prøvninger af samlede solfangerkonstruktioners driftsikkerhed og holdbarhed vil i den kommende tid fortsætte, således at vi vil lave prøvninger af en række solfangere, som i dag kan fås på det danske marked. Der er her tale om solfangere, som Laboratoriet har fået leveret til effektivitetsprøvning i forbindelse med system godkendelsesordningen for solvarmeanlæg. Prøvningen af disse solfangere vil give os et mere solidt grundlag til vurdering af vort udstyr og de eksisterende prøvningsprocedurer og til forslag til forbedringer.

REFERENCELISTE.

[1] NBSIR - 78 - 1305 A
Provisional Flat Plate Solar Collector
Testing Procedure, June 1978

[2] ASTM - E 21.10
Reliability of Performance and Long-term
Durability of Solar Collectors

[3] BSE Guidelines and Directions for
Determining the Usability of Solar Collectors
B. Long-term Testing of Solar Collectors
January 1980

[4] CSA Preliminary Standard
F378 - M1979
Solar Collectors, August 1979

APPENDIX 1

RAPPORTERINGSJOURNAL

FOR

INDENDØRS PRØVNING AF DRIFTSIKKERHED OG

HOLDBARHED AF HELE SOLFANGERKONSTRUKTIONER

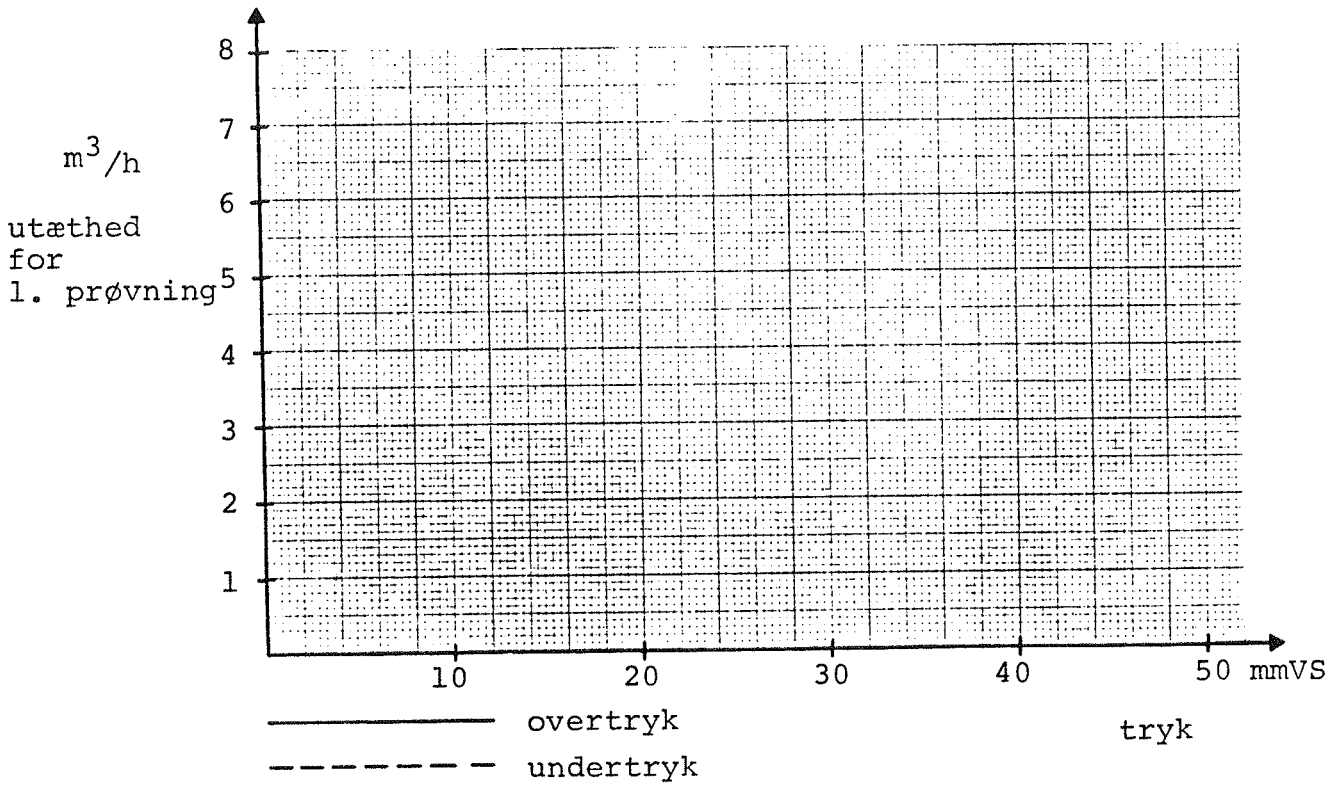
Solfanger: IDnr: Prøvningsdato:

Prøvning af solfangerens lufttæthed

Utæthed målt i m^3/h ved forskellige tryk:

		1. prøvning (m^3/h)	2. prøvning (m^3/h)	3. prøvning (m^3/h)
under-tryk (Pa)	-500			
	-300			
	-200			
	-100			
over-tryk (Pa)	500			
	300			
	200			
	100			

(100 Pa = 10 mm VS = 1 mbar)



Solfanger: ID nr:

Temperaturprøvninger af solfangere i kunstig sol

		1. stagnation	2. tørkogning	3. absorbator-chock	4. dæklags-chock (3 gange)	5. cykling
dato						
tidspunkt (fra-til)						
max. temperaturer i kunstig sol	lufttemp. bagest °C					
	absorbator-temperatur midt på °C					
	absorbator-temperatur for enden °C					
	dæklags-temperatur °C					
visuelle ændringer						
andre bemærkninger						

Solfanger: ID nr:

Prøvning af solfangere i 5 frost/tø cykler

dato	
tidspunkt (fra-til)	
visuelle ændringer	
andre ændringer	

Prøvning af solfangeres regntæthed ved simuleret vindpåvirkning

	1. kun vand-påsprøjtning	2. trykændringer i stød	3. konstant undertryk
dato			
tidspunkt			
er solfangeren afdækket med plastic			
visuelle ændringer			
andre bemærkninger			