

Bo Carlsson

Kenneth Möller

Bo Lennart Andersson

Ingemar Andersson

Material i plana termiska solfångare - Internationellt samarbete inom ramen för IEAs solvärmeprogram under 1998

Abstract

Materials in Solar Thermal Collectors - International Cooperation within the Framework of the Solar Heating and Cooling Programme of the International Energy Agency

Efforts made during 1998 by the Swedish National Testing and Research Institute within the framework of the international working group "Materials in Solar Thermal Collectors" of the Solar Heating and Cooling Programme of the International Energy Agency are briefly reviewed.

Research work deals with a) durability and life-time assessment of solar absorber coatings, b) methods for characterization of microclimate for materials in plate plate solar collectors, and c) antireflecting coatings and transparent polymeric materials for solar thermal applications.

Results of the work include a) recommended methods for assessment of durability of solar absorber surfaces, b) methods for characterization of climate inside of solar collectors for the purpose of durability testing, and c) methods for testing the mechanical properties and weatherability of antireflecting coatings and transparent polymeric cover plate materials.

Key words: solar energy materials, solar absorber, durability, microclimate, antireflecting coating, transparent polymeric materials

**SP Sveriges Provnings- och
Forskningsinstitut**

SP-Rapport 1998:46
ISBN 91-7848-753-6
ISSN 0284-5172
Borås 1998

**SP Swedish National Testing
and Research Institute**

SP-Report 1998:46
Postal adress:
P.O. Box 857
S-501 15 BORÅS
Sweden
Tel. +46 33 16 50 00
Fax.+46 33 13 55 02
<http://www.sp.se>

Innehållsförteckning

Abstract	2
Förord	4
Sammanfattning	5
1. IEA-arbetsgruppen "Materials in Solar Thermal Collectors"	7
2. Beständighet och livslängdsbestämning av absorbatorbeläggningar för solfångare	9
2.1 Jämförelse mellan predikterad och faktiskt observerad degradering i optiska egenskaper hos en nickel-pigmenterad anodiserad aluminium absorbatorer	9
2.2 Testprocedur för kvalificering av beständighet hos absorbatorytor	9
2.3 Ringprovning över accelererad livslängdstestning avseende bestämning av beständighet hos absorbatorytor	10
2.4 Accelererad testning för livslängdsbestämning av solabsorbatorytor	10
3. Metoder för karakterisering av mikroklimat för material i solfångare	11
4. Antireflektande skikt och nyare transparenta polymera material för användning i solfångare	12
Bilaga 1: Publikationer inom forskningsprojekt avseende deltagande i IEA arbetsgruppen: "Materials in Solar Thermal Collectors"	13
1:1 1998	13
1:2 Tidigare publikationer från 1994 till och med 1997	13
1:2.1 Management Reports from Working Group Leader	13
1:2.2 Reports from projects	14
Bilaga 2: Resurs vid SP för bestämning av klimatförhållanden inuti plana solfångare - Beskrivning av mätsystem samt exempel på resultat från mätningar på IEA-gruppens referenssolfångare	17
2:1 Mätsystem	17
2:1.1 Givare för mätning av miljöparameterar utanför solfångaren	17
2:1.2 Givare för mätning av miljöparametrar inuti solfångaren	19
2:1.3 Testrigg med vätskeburet kylysystem för solfångaren	21
2:1.4 Datainsamling	22
2:2 Resultat från mätningar på IEA-gruppens referenssolfångare	22
2:2.1 Solfångaren	22
2:2.2 Exempel på miljödata från en serie olika dagar	22
2:2.3 Relativa luftfuktigheter på absorbatorytan	26
2:2.4 Temperatur och fuktförhållanden inuti solfångaren sett över en årsrykel	26
2:2.5 Korrosivitet utanför och inuti solfångaren	29
2:2.6 Vindförhållanden	30
Bilaga 3: Rekommenderade provningsmetoder för bestämning av mekaniska egenskaper hos transparenta polymera täckskivematerial	31

Förord

Aktuell rapport sammanfattar insatser under 1998 utförda av SP inom ramen för gruppen "Materials for Solar Thermal Collectors" av IEAs solvärmeprogram.

Arbetet har finansierats av Byggforskningsrådet genom anslaget BFR 970575-2, Energi myndigheten genom anslaget P11066-1 samt av SP.

För värdefulla insatser inom projektet skall speciellt omnämnas Christer Johansson och Björn Albinson vid SP.

Prof. Bo Carlsson
Projektledare

Sammanfattning

Rapporten sammanfattar SPs insatser under 1998 utförda inom ramen för arbetsgruppen "Materials in Solar Thermal Collectors" av IEAs solvärmeprogram.

Arbetet har gällt beständighet och livslängdsbestämning av solabsorbatorbeläggningar, metoder för karakterisering av mikroklimat för material i solfångare samt antireflektande skikt och nya transparenta polymera material för användning i solfångare.

Arbetet med livslängdsbestämningar av absorbatorytor har innefattat tre undersökningar: (a) Jämförelse mellan predikterad och faktiskt observerad degradering i optiska egenskaper hos en nickel-pigmenterad anodiserad aluminium absorbatorbeläggning, (b) Testprocedur för kvalificering av beständighet hos absorbatorytor, samt (c) Ringprovning över accelererad livslängdtestning avseende bestämning av beständighet hos absorbatorytor. Resultatet av dessa kommer att publiceras som tre vetenskapliga artiklar.

En allmän slutsats av undersökningarna är att de metoder som utvecklats inom ramen för dels Task X av IEAs solvärmepragram samt dels inom IEA-arbetsgruppen "Materials in Solar Thermal Collectors" vad avser livslängdsbestämningar av absorbatorytor har visat sig fungera på ett tillfredsställande sätt.

För karakterisering av mikroklimatet inne i en solfångare har en mätresurs byggts upp på SP, som kan användas vid optimering av en solfångarkonstruktion vad avser ventilarings egenskaper. En analys av resultat från korrosivitetsmätningar i de olika IEA deltagarnas solfångare visar på det yttre klimatets betydelse för mikroklimatet inne i en solfångare. Korrosiviteten inne i IEA-gruppens solfångare visade sig vara väsentligen högre i Borås jämfört med vid en placering av samma solfångare i Köpenhamn, Delft, Freiburg eller Zürich.

För testning av antireflektande ytbeläggningar och av nya transparenta polymera täckskivematerial har provningsmetoder som kan användas dels för bestämning av mekaniska egenskaper och dels väderbeständighet identifierats.

1. IEA-arbetsgruppen "Materials in Solar Thermal Collectors"

IEA arbetsgruppen "Materials in Solar Thermal Collectors" bildades 1994 som en förlängning av det arbete som utförts på solfångarabsorbatorer inom ramen för Subtask B av Task 10 "Solar Materials Research and Testing". Sverige påtog sig ledarskapet för arbetsgruppen under initieringsskedet genom Bo Carlsson, SP fram till 1996. Efter 1996 fungerar Mikael Köhl från Institut für Solare Energiesysteme, Fraunhofer Institut, Freiburg som ledare för arbetsgruppen.

Arbetsgruppens syften och mål är att:

- utveckla och utvärdera testmetoder för främst bestämning av beständighetsegenskaper hos solfångarmaterial,
- generalisera utvärderade testmetoder för standardiseringssyfte, samt
- utveckla riktlinjer för konstruktion av solfångare så att mikroklimatet inne i solfångaren blir som mest gynnsammast ur materialbeständighetssynpunkt.

Forskningssamarbetet är relaterat till följande delområden:

- beständighet och livslängdsbestämning av absorbatorbeläggningar för solfångare,
- antireflektande material för solvärmetylämpningar,
- metoder för karakterisering av mikroklimat för material i solfångare, samt
- beständighetsaspekter på användningen av polymera material i solfångare.

Resultatet av arbetsgruppens forskning publiceras i form av vetenskapliga artiklar, artiklar i olika konferensproceedings och institutrapporter, en lista av publikationer med svenska bidrag till arbetet inom arbetsgruppen redovisas i Bilaga 1. Forskningen är till stor del av s.k. "prenormative" natur och koppling finns till det internationella standardiseringsarbetet inom CEN och ISO. Vissa resultat från gruppen har redan kommit att implementeras i form av förslag till internationella standarder, se ISO/CD 12952.2. Arbetsgruppens program är planerat fram till halvårsskiftet 1999.

I gruppens arbete deltar för närvarande följande institutioner: Laboratoriet för Värmeisolering vid Danmarks Tekniska Universitet och DTI Energi från Danmark, Neste Ltd Tekniska Center och Helsingfors Universitet från Finland, Byggnads- och Konstruktionsforskning, TNO från Nederländerna, SPF Rapperswil från Schweiz, Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut och Uppsala Universitet från Sverige, Fraunhoferinstitutet för Solenergisystem, Freiburg och STE/ZfS, Jülich från Tyskland, samt NREL från USA.

Inom de fyra forskningsområdena nämnda ovan finns ett flertal väl avgränsade projekt av vilka en del kunnat avslutas (markerade med *):

A Durability and Life-time Assessment of Solar Absorber Coatings

- A1* Experience of absorber durability from solar installations in use
(Project Leader: Bo Carlsson)
- A2* Application of IEA method for durability assessment of absorber coatings
(Project Leader: Ueli Frei)
- A3* Generalization of recommended test procedures into the form of an International standard proposal
(Project Leader: Bo Carlsson)

- A4* Cyclic condensation tests for durability assessment
(Project Leader Michael Köhl)
- A5 Durability of absorber coatings used in evacuated collectors
(Project Leader Ueli Frei)
- A6 Publication of results in scientific journals

B,D Antireflecting Devices and Transparent Polymeric Materials for Solar Thermal Applications

- D1* Identification of new types of transparent polymeric materials
(Project Leader: Kenneth Möller)
- B1 State-of-the-art review and selection of candidate materials for further studies
(Project Leader: Arne Roos)
- B2 Characterization of materials with respect to optical and mechanical properties
(Project Leader: Arne Roos, Kenneth Möller)
- B3 Durability assessment by outdoor exposure and laboratory testing
(Project Leader: Michael Köhl)

C Methods for Characterization of Microclimate for Materials in Collectors

- C1* Collector test methods of relevance for microclimate in collectors
(Project Leader: Svend Svendsen)
- C2 Modelling of microclimate in collectors
(Project Leader: Ole Holck)
- C3* Test procedures for measurement of microclimatic parameters
(Project Leader: Ueli Frei)
- C4 Measurement of microclimatic parameters in collectors
(Project Leader: Michael Köhl)
- C5 Recommended procedures for characterization of microclimate of solar collectors

2 Beständighet och livslängdsbestämning av absorbatobeläggningar för solfångare

Erhållna resultat från verksamheten har under året dokumenterats i ett antal vetenskapliga artiklar. Referat av dessa artiklar ges nedan.

2.1 Jämförelse mellan predikterad och faktiskt observerad degradering i optiska egenskaper hos en nickelpigmenterad anodiserad aluminium absorbatorbeläggning [1]

Den faktiska degraderingen i optisk prestanda under verkliga användarförhållanden för en nickel-pigmenterad anodiserad aluminium absorbatoryta (bl.a. Sunstrip) har undersökts för att bättre validera predikterade tekniska livslängdsdata från accelererad livslängdstestning. Prov av absorbatorytan uttagna från solfångare installerade i system för tappvarmvattenproduktion med en ålder av minst tio år analyserades med detta syfte.

Undersökningen utnyttjade resultaten från en mycket omfattande fallstudie tidigare genomförd inom Task X av IEAs solvärmeprogram.

Det kunde konstateras att överensstämelsen mellan degraderingsdata bestämd för proven av absorbatorytan från de olika tappvarmvattensystemen och de som bestämts genom accelererad livslängdstestning från Task X var förvånansvärd god både från en kvalitativ och en kvantitativ utgångspunkt.

För den pigmenterade anodiserade aluminiumbeläggningen pekar resultaten från undersökningen på att det är utformningen av solfångaren med avseende på lufttäthet som är den mest kritiska faktorn för den tekniska livslängden avseende optisk prestanda.

Den tekniska livslängden definierades som den tidsperiod under vilken den optiska prestandan hos absorbatorytan förblev på en nivå mer än 95% av dess ursprungliga värde. Den uppskattade livslängden är omkring 30 till 40 år för absorbatorytan installerad i en lufttät solfångare med kontrollerad ventilation av luft. För en solfångare som är otät och med mer eller mindre okontrollerad luftväxling är motsvarande livslängd för absorbatorytan mellan fem och tio år.

Den allmänna slutsatsen från undersökningen är att metoden för accelererad livslängdstestning som utvecklades inom Task X är ett bra verktyg för att kunna uppskatta förväntad livslängd hos absorbatorytor och att metoden kan rekommenderas för verifiering av beständigheten hos nya slag av absorbatorytor.

2.2 Testprocedur för kvalificering av beständighet hos absorbatorytor [2]

En allmän testprocedur för kvalificering av beständighet hos solabsorbatorytor har utvecklats baserad på resultatet från fallstudien utförd inom ramen för IEAs solvärmeprogram Task X. Testproceduren är förnärvarande föremål för internationell standardisering och en draft international standard ISO DIS/ 12952 är under utarbetande.

Vid utveckling av kvalificeringsproceduren antogs att den avsedda användningen av absorbatorytan var i en englasad solfångare för tappvarmvattenproduktion. Absorbatorytan skall anses vara kvalificerad om den kan möta kravet på en designlivslängd av 25 år under vilken den maximalt tillåtna försämringen i optisk prestanda motsvarar en nedgång med 5 % i solvärmesystemets verkningsgrad.

Test proceduren, som innehåller tre olika slag av livslängdstest, begränsades till simulerings av följande tre degraderingsprocesser a) högtemperaturdegradering, t.ex. oxidation, b) degradering orsakad av väta eller kondensation av vatten på absorbatorytan, t.ex. hydratisering eller hydrolyser, och c) degradering orsakad av luft av hög luftfuktighet och innehållande små koncentrationer av svaveldioxid som luftförorening, t. ex. atmosfärisk korrosion.

För att kvantifiera förväntad miljöpåverkan på absorbatorytorna användes mikroklimatdata, som representerar typiska användningsförhållande för en absorbatoryta i en englasad solfångare i ett soluppvärmt tappvarmvattensystem.

2.3 Ringprovning över accelererad livslängdstestning avseende bestämning av beständighet hos absorbatorytor [3]

För att kartlägga ovannämnda testmetods realisering och reproducering initierades även inom IEA-arbetsgruppen en ringprovning med tre deltagande testlaboratorier: ISE Fraunhofer Institut, Freiburg, SPF Rapperswil och SP.

Totalt testades fem olika kommersiella absorbatorytor. Högtemperaturtestning och kondensationstestning utfördes av samtliga tre laboratorier medan testning av resistensen mot atmosfärisk korrosion utfördes av enbart ett laboratorium, SP.

Resultatet från ringprovningen visade på en mycket god överensstämmelse vad gällde alla testade ytor som samtliga klarade kvalificeringskraven.

2.4 Accelererad testning för livslängdsbestämning av solabsorbatorytor [4]

I referens [4] ges en sammanfattning över resultaten från den omfattande fallstudien avseende accelererad livslängdstestning av absorbatorytor utförd inom ramen för Task X av IEAs solvärmeprogram. Tidigare publikationer från denna omfattande fallstudie redovisas i bifogade referenslista, se Bilaga 1.

3. Metoder för karakterisering av mikroklimat för material i solfångare

Syftet med forskningsarbetet inom området har varit att få fram hjälpmittel vid design av solfångare så att klimatet inuti solfångaren kan göras som mest fördelaktigt ur materialbeständighetssynpunkt. I ett nära slutet system kan kondensvatten ackumuleras och i ett öppet system kan luftföroringar från omgivningen transporteras in. Båda dessa effekter kan spela en avgörande roll för den tekniska livslängden hos materialen i solfångaren.

Genom projektaktiviteterna har varje deltagare kunnat bygga upp en provningsresurs som kan användas vid utveckling av nya solfångarkoncept vad avser optimering av en solfångares ventilaringsegenskaper ur materialbeständighetssynpunkt, se referens [P15].

I Bilaga 2 till denna rapport beskrivs SPs provningsresurs tillsammans med uppmätta data för IEA-gruppens referenssolfångare. Den provningsresurs som byggs upp på SP kan användas för att karakterisera klimatet inne i en solfångare vid optimering av en solfångarkonstruktion vad avser ventilaringsegenskaper.

I rapporten "Measurements of Microclimatic Parameters in Solar Thermal Collectors: Determination of corrosivity using metal coupons" [6] ges en analys av resultat från korrosivitetsmätningar i de olika IEA deltagarnas solfångare och utvärdering av det yttre klimatets betydelse för mikroklimatet inne i en solfångare. Allmänt kan sägas att korrosiviteten inne i IEA-gruppens solfångare visade sig vara väsentligen högre i Borås jämfört med vid en placering av samma solfångare i Köpenhamn, Delft, Freiburg eller Zürich. I samband med livslängdsbestämningar av t.ex. solabsorbatorier är det därför nödvändigt att ta hänsyn till det yttre klimatets betydelse.

4. Antireflektorerande skikt och nyare transparenta polymera material för användning i solfångare.

Vad avser transparenta plastmaterial har en "state-of-art" rapport tidigare tagits fram under ledning av SP (se P18 i bifogade publikationslista).

Vad avser projekt B2 "Characterization of materials with respect to optical and mechanical properties" har SP under året utarbetat en sammanställning över vilka standardmetoder som kan komma ifråga för testning av relevanta mekaniska egenskaper hos transparenta polymera material för användning i solfångare, se Bilaga 3.

Inom projektet B3 "Durability testing" har SP identifierat en lämplig väderbeständighetstest som förnärvarande används för att testa stabiliteten hos några material med antireflektorerande egenskaper.

Använd testcykel, som bygger på SAE J 1960, har utvecklats för accelererad åldring av topplacker för fordon. Metoden kan beskrivas enligt följande[7]:

Provningen utförs i en klimatutrustning för artificiell åldring av typen Weatherometer försedd med en Xenon-ljuskälla och anordning för besprutning av prover med antingen avjoniserat vatten eller en surgjord vattenlösning av pH 3,2. Betingelserna under provningen kan beskrivas enligt följande:

Ljusintensitet: 0.5 W/m² vid 340 nm

Klimatcykel:
40 min ljus
20 min ljus + vattensprayning på framsidan (*var 14de cykel sker sprayning istället med den surgjorda vattenlösningen av pH 3,2*)
60 min ljus
60 min mörkt + vattensprayning på baksidan av proverna

Klimat:
(ljus period) svartkroppstemperatur: 70°C
torr temperatur: 47°C
relativ fuktighet: 75%

Klimat:
(mörk period) torr temperatur: 38°C
relativ fuktighet: 95%

En exponeringstid av 2000 timmar enligt denna testcykel motsvarar omkring 5 år för ett prov orienterat mot söder i ett Floridaklimat.

Bilaga 1

Publikationer inom forskningsprojekt avseende deltagande i IEA arbetsgruppen: "Materials in Solar Thermal Collectors"

1:1 1998

- [1] Comparison between predicted and actually observed in-service degradation of a nickel pigmented anodized aluminium absorber coating for solar DHW systems
B. Carlsson, K. Möller, U. Frei, S. Brunold, M. Köhl
(*Manuscript submitted to Solar Energy Materials and Solar Cells for publication*)
- [2] Qualification test procedure for solar absorber surface durability
B. Carlsson, K. Möller, M. Köhl, U. Frei, S. Brunold
(*Manuscript submitted to Solar Energy Materials and Solar Cells for publication*)
- [3] Round robin on accelerated life testing of solar absorber durability
S. Brunold, U. Frei, B. Carlsson, K. Möller, M. Köhl
(*Manuscript submitted to Solar Energy Materials and Solar Cells for publication*)
- [4] Accelerated testing for life time assessment of solar absorber surfaces
B. Carlsson, U. Frei, M. Köhl, and K. Möller
(*Part of CEEEs publication: Climatic and Atmospheric Pollution Effects on Materials and Equipment, Gesellschaft für Umveltsimulation, GUS, 1998*)
- [5] Results of a round robin on accelerated testing of absorber surface
Stefan Brunold, Ueli Frei, Bo Carlsson, Kenneth Möller, Michael Köhl, Thomas Tröscher
(*Paper presented at Eurosun '98, Slovenia*)
- [6] Measurements of Microclimatic Parameters in Solar Thermal Collectors: Determination of corrosivity using metal coupons
K. Möller, B. Carlsson, B. L. Andersson
SP-Report 1998:45
- [7] Utveckling och analys av accelererade åldringsmetoder för fordonslacker
Magnus Palm, Bo Carlsson
SP AR 1997:47
- [8] Klassificering av atmosfärisk korrosivitet med hjälp av referenskuponger av olika metaller - Rekommenderade rutiner
Bo Lennart Andersson
SP-Rapport 1998:xx

1:2 Tidigare publikationer från 1994 till och med 1997

I:2.1 Management Reports from Working Group Leader

- M1** Brief Minutes from informal planning meeting for proposed IEA Working Group on Materials in Solar Thermal Collectors on April 22nd, 1994, Freiburg, Germany
Bo Carlsson, Swedish National Testing and Research Institute, 1994-05-06
- M2** Inquire to ExCo members of the IEA Solar Heating and Cooling programme on proposed Working Group "Materials in Solar Thermal Collectors"
Bo Carlsson, Swedish National Testing and Research Institute, 1994-08-30

- M3.** Brief Minutes of IEA Planning Workshop on proposed Working Group "Materials in Solar Thermal Collectors" on December 12-13, 1994, Au, Switzerland
Bo Carlsson, Swedish National Testing and Research Institute, 1995-01-12
- M4.** "Solar Thermal Collector Materials Working Group"
Bo Carlsson, Swedish National Testing and Research Institute
 Contribution in the IEA Solar Heating and Cooling Programme - 1994 Annual Report, Editor Sheila Blum, International Planning Associates, Silver Spring, MD 20901, USA, Jan 1995
- M5.** Status Report for Working Group "Materials in Solar Thermal Collectors" prepared for the 37th Executive Committee Meeting in British Columbia, May 1995.
Bo Carlsson, Swedish National Testing and Research Institute, 1995-04-27
- M6.** Brief Minutes of First Expert Meeting of the Working Group "Materials in Solar Thermal Systems" on May 11-12, 1995, Delft, the Netherlands
Bo Carlsson, Swedish National Testing and Research Institute, 1995-09-22
- M7.** Status Report for Working Group "Materials in Solar Thermal Collectors" prepared for the 38th Executive Committee Meeting in Stockholm, October 1995.
Bo Carlsson, Swedish National Testing and Research Institute, 1995-09-29
- M8.** "Working Group on Materials for Solar Thermal Collectors"
Bo Carlsson, Swedish National Testing and Research Institute
 Contribution in IEA Solar Heating and Cooling Programme 1995 Annual Report (Ed. Pamela Kunz), Morse Associates, Inc., Washington USA, Jan 1996
- M9.** Status Report for Working Group "Materials in Solar Thermal Collectors" prepared for the 39th Executive Committee Meeting in Almeria, May 1996.
Bo Carlsson, Swedish National Testing and Research Institute, 1996-04-11

1:2.2 Reports from projects

Durability and Life-time Assessment of Solar Absorber Coatings.

- P0.** "Accelerated Life Testing of Solar Energy Materials - Case study of Some Selective Solar Absorber Coating Materials for DHW Systems"
Bo Carlsson, Ulrich Frei, Michael Köhl, Kenneth Möller
 Technical report for Task X Solar Materials Research and Development of IEA Solar Heating and Cooling Programme, SP- Report 1994:13
- P1.** "Accelerad livslängdtestning av solenergimaterial"
Bo Carlsson, Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut Ytforum 1994:1.
- P2.** "Beschleunigte Alterungsprüfverfahren für Solarabsorbatschichten"
M. Köhl, B. Carlsson, K. Möller, U. Frei
 Konferenz Umwelteinflusse Erfassen, Simulieren, Bewerten,
 GUS, Karlsruhe, Deutschland, März 1994

- P3.** "Accelerated Life Testing of Solar Absorbers"
B. Carlsson, K. Möller, U. Frei, M. Köhl
 Proc. of SPIE Conference, Freiburg, Germany, **Apr. 1994**
- P4.** Qualification tests of absorber coatings with respect to thermal stability, resistance to humidity involving condensation, and resistance to atmospheric corrosivity (SO_2)
K. Möller and B. Carlsson, Swedish National Testing and Research Institute
 Interim report for IEA Working Group on Materials for Solar Thermal Collectors,
Feb. 1995
- P5.** "Application of advanced methods for durability assessment of new absorber coatings"
U. Frei, S. Brunold, M. Köhl, F. Brucker, B. Carlsson and K. Möller
 Proc. of SPIE Conference in San Diego, United States, **July 1995**
- P6.** "Beschleunigte Alterungsprüfverfahren für Solarabsorberschichten - Ergebnisse eines Rundvergleichs"
Michael Köhl, Bo Carlsson, Kenneth Möller, Ulie Frei
 Konferenze 25 Jahrestagung der GUS, Karlsruhe, **March 1996**
- P7.** "Accelerated Life Testing for Service Life Assessment of Solar Absorbers"
B. Carlsson, K. Möller, U. Frei, M. Köhl
 Proceedings of 7th International Conference on the Durability of Building Materials and Components, Stockholm, **May 19-23, 1996**; Volume 2, p. 1081
 (E & FN Spon)
- P8.** "Optiskt selektiva skikt för solvärmetylämpningar och deras beständighet"
Kenneth Möller, Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut
 Ytforum, **1996: 6**
- P9.** "Experience of Absorber Durability from Solar DHW Systems - Comparison between predicted and actually observed in-service degradation of some nickel-pigmented anodized aluminium absorber coatings"
Bo Carlsson, Kenneth Möller, Ulie Frei, Stefan Brunold, Michael Köhl
 Proc. from Conference Eurosun 96, **16-19 Sept. 1996**, Freiburg ,Germany
- ***P10.** Compilation of publication and results from project A1: Experience of Absorber Durability from Solar Installations in Use"
Bo Carlsson (Editor)
 Final Report for IEA Working Group on Materials for Solar Thermal Collectors project A, Swedish National Testing and Research Institute, **SP-AR 1996:32**
- P11.** Qualification test procedure for solar absorber surface durability":
Bo Carlsson (Editor)
 Document submitted to ISO TC 180 under ISO CD 12952.2, **Feb. 1997**

* Final reports of subprojects

- *P12.** Proposal for Qualification test procedure for solar absorber surface durability
Bo Carlsson (Editor)
 Final Report for IEA Working Group Materials in Solar Thermal Collectors,
 Project A3, Swedish National Testing and Research Institute,
SP-Technical Note 1997:08
- *P13.** Durability assessment of solar collector absorber surfaces : Swedish contribution
 to the second round robin test of project A2
Kenneth Möller and Bo Carlsson
 Interim report for IEA Working Group on Materials for Solar Thermal Collectors
 Swedish National Testing and Research Institute, **SP - Technical Note 1997:40**

Methods for Characterization of Microclimate for Materials in Collectors

- P14.** An Investigation of the Corrosivity of the Outdoor Climate and the Micro Climate
 Inside Solar Collectors Using Metal Coupons: A Comparison Between Test Sites
 in Sweden and Switzerland
Kenneth Möller and Bo Carlsson
 Proc. from Conference Eurosun 96, 16-19 Sept. 1996, Freiburg ,Germany
- P15.** Test procedures for measurements of microclimatic parameters in solar collectors
Editors S. Brunold and U. Frei, SPF-ITR, Rapperswil, Switzerland,
 Interim report of IEA Working Group Materials in Solar Thermal Collectors,
 Draft report, **April 1996**
- P16.** "Materialen in solarthermischen Kollektoren"
*M. Köhl, V. Kübler, T. Tröscher, U. Frei, S. Brunold, B. Carlsson, K. Möller,
 A. de Geus, H. Oversloot, S. Svendsen, O. Holck*
 7. Symposium Thermische Solarenergie, Staffelsein, **April 23- 25, 1997**
- P17.** Measurement of microclimatic data in solar thermal collectors
*M. Köhl, M. Heck, T. Trötcher, U. Frei, S. Brunold, B. Carlsson, B. Albinson, S.
 Svendsen, O. Holck, A. de Geus, and H. Oversloot;*
 Proceedings of 7th International Conference on Solar Energy at High Latitudes -
 North Sun '97, **June 9-11, 1997**, Espoo-Otaniemi, Finland.

Durability Aspects on the Use of Polymeric Materials in Solar Collecting Devices

- *P18** Identification of new types of transparent polymeric materials for use in solar
 heating applications
K. Möller
 Swedish National Testing and Research Institute, **SP-Technical Note 1996:44**,
 March 1996

* Final reports of subprojects

Bilaga 2

Resurs vid SP för bestämning av klimatförhållanden inuti plana solfångare - Beskrivning av mätsystem samt exempel på resultat från mätningar på IEA-gruppens referenssolfångare

I och med SPs deltagande i ett IEA-projekt om metoder för karakterisering av mikroklimat för material i solfångare har ett mätsystem byggts upp som kan användas för provning och optimering av nya solfångare vad avser ventileringsegenskaper. I det följande ges en beskrivning av mätsystemet. Dessutom ges exempel på resultat erhållna vid mätningar på den referenssolfångare som användes inom aktuellt IEA-projekt.

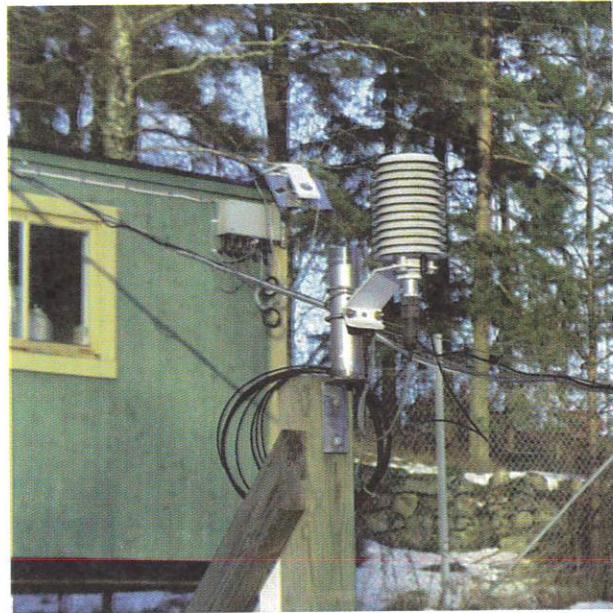
1. Mätsystem

1.1 Givare för mätning av miljöparametrar utanför solfångaren

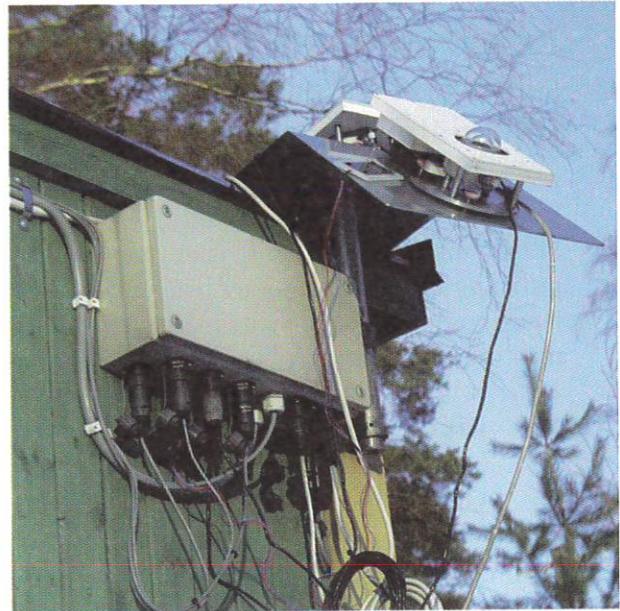
För mätning av olika miljöparametrar utanför solfångaren används en rad olika givare enligt vad som beskrivs i Tabell 2:1. I Figur 2:1 till Figur 2:5 ges beskrivningar över de olika givarnas placering.

Tabell 2:1 Givare för mätning av miljöparametrar utanför solfångaren

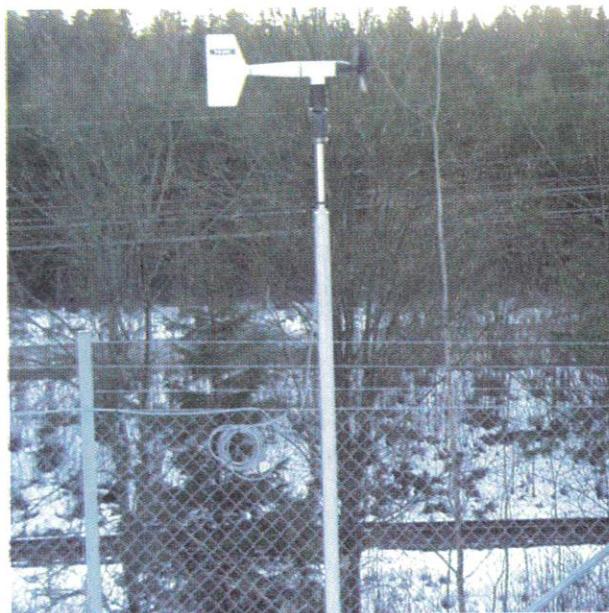
Miljöparameter	Givare och montering	Kommentarer	Gräns vid händelse-styrd datainsamling
Temperatur	Pt-100 givare, Petronic, placerad i ventilerat skydd intill solfångaren, se Figur 2:1	Kalibreringsintervall ett år	>0,5 °C
Luftfuktighet	Rotronic I-155C kapacitiv fuktgivare placerad i ventilerat skydd intill solfångaren, se Figur 2:1	Kalibreringsintervall 6 månader	> 3% RH
Solstrålningsintensitet	Pyranometer Kipp & Zonen CM11, en monterad i samma plan som solfångaren samt en placerad horisontellt, se Figur 2:2	Kalibreringsintervall ett år	>30 W/m ² (värde >5 W/m ²)
Vindstyrka Vindriktning	Instrument från R.M. Young Company för mätning av vindhastighet och vindriktning, Sensor 05103-5, monterad på 3 m hög mast, se Figur 2:3 , samt en anemometer, LASTEM C500 Cup tachaoanemometer, monterad i solfångarens plan, se Figur 2:4	Kalibreringsintervall ett år	> 0,7 m/sek (värde >0,5 m/sek)
Atmosfärisk korrosivitet	Metallkuponger av stål, zink och koppar enligt ISO 9223; montering illustreras i Figur 2:5	Provberedning och bestämning av metallförlust sker enligt metod redovisad i referens [8]	



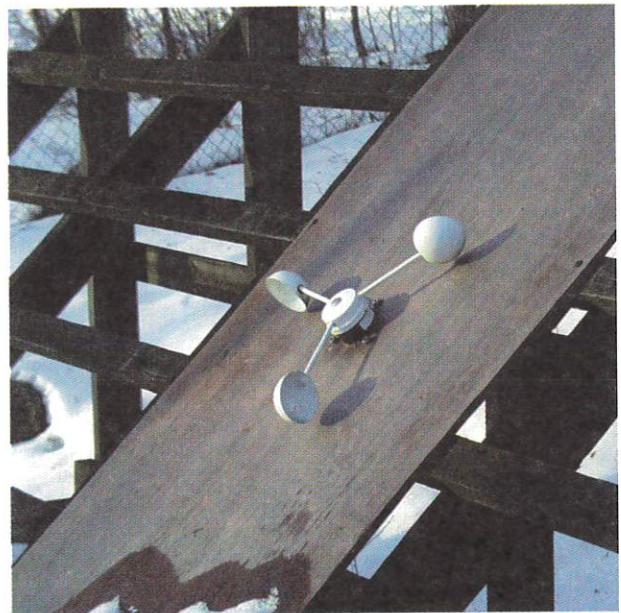
Figur 2:1 Ventilerat skydd för temperatur och fuktgivare



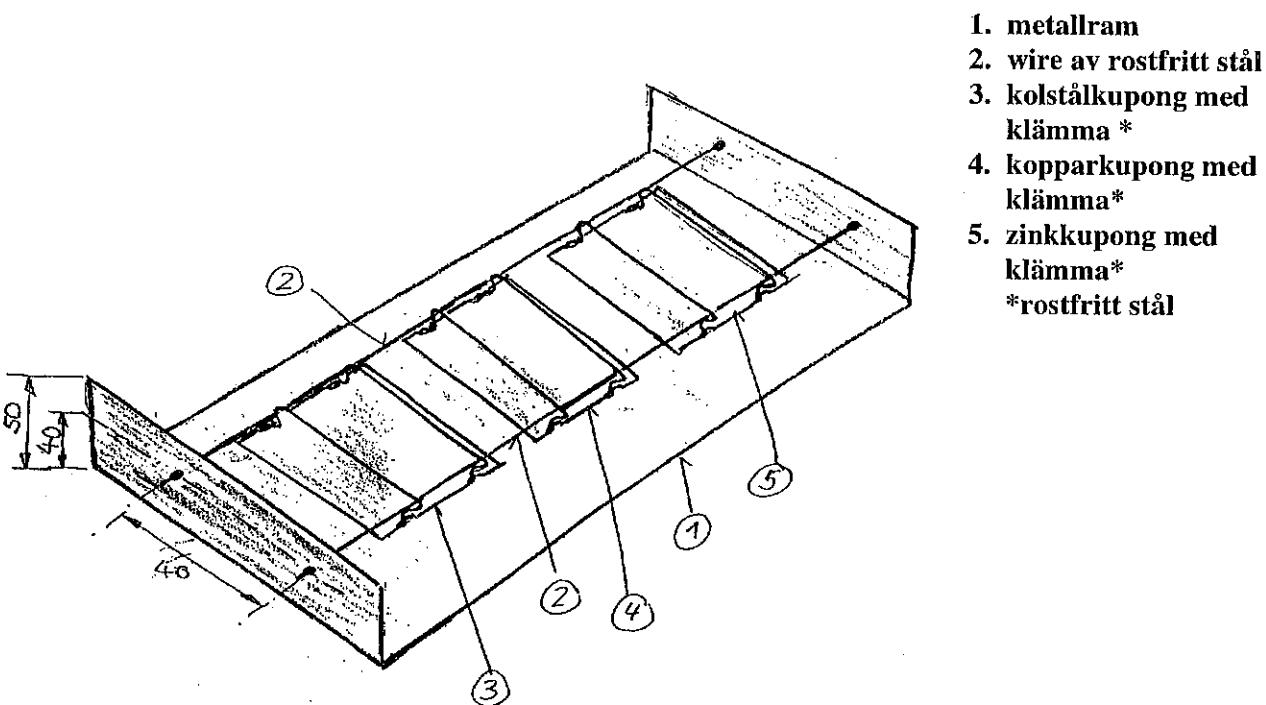
Figur 2:2 Pyranometrar, en monterad 45° mot syd och en monterad horisontellt



Figur 2:3 Instrument för mätning av vindhastighet och vindriktning



Figur 2:4 Anemometer för mätning av vind hastighet i samma plan som solfängaren



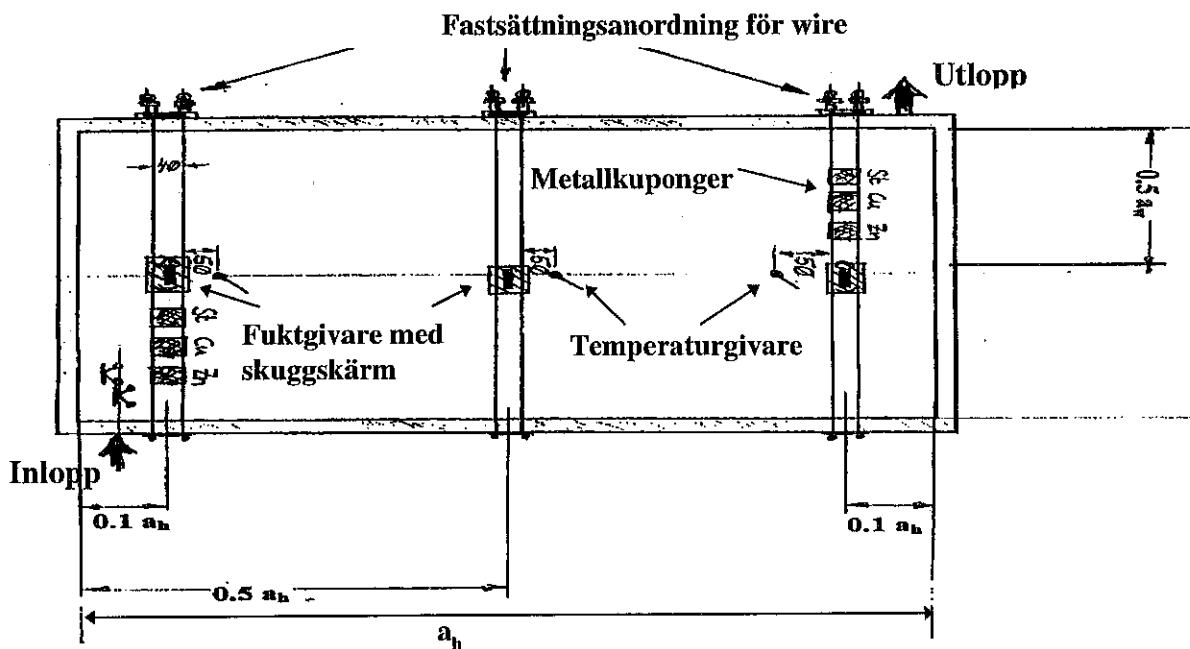
Figur 2:5 Hållare för metallkuponger monterad tillsammans med dessa på baksidan av solfångaren (Från referens [P15])

1.2 Givare för mätning av miljöparametrar inuti solfångaren

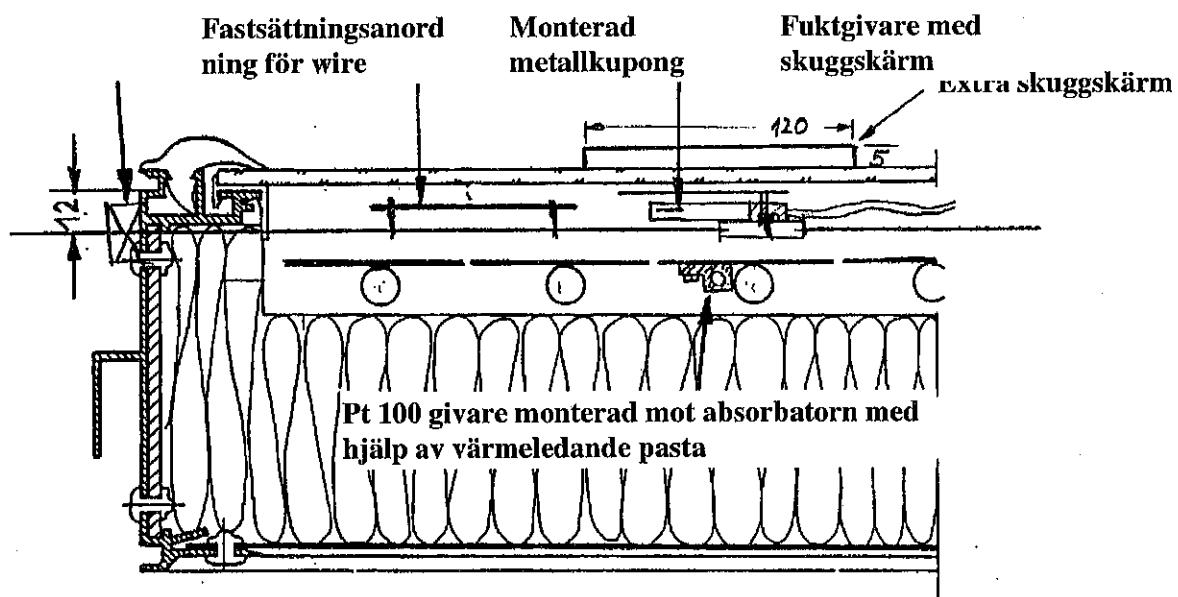
För mätning av olika miljöparametrar inne i solfångaren används givare enligt vad som beskrivs i Tabell 2:2. I Figur 2:6 till Figur 2:8 ges beskrivningar över de olika givarnas placering.

Tabell 2:2 Givare för mätning av miljöparametrar inuti solfångaren

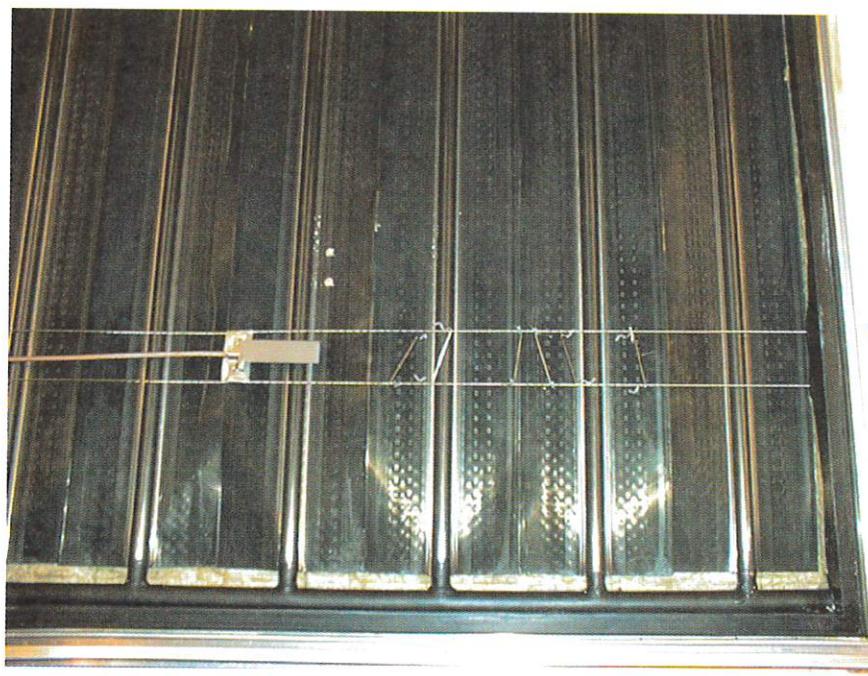
Miljöparameter	Sensor och montering	Kommentarer	Gräns datain-saml.
Absorbatortemperatur	Pt-100 givare, Petronic, monterad med ledande pasta mot absorbatorn, se Figur 2:6	Kalibreringsintervall fem år	> 0,5 °C
Temperatur i luftgap mellan absorbator och täckskiva	Tre stycken Pt-100 givare, Petronic, monterade inne i solfångaren som illustreras i Figur 2:6 och Figur 2:7	Kalibreringsintervall fem år	> 0,5 °C
Fuktighet i luftgap mellan absorbator och täckskiva	Tre stycken Rotronic I-155C kapacitiva fuktgivare monterade inne i solfångaren som illustreras i Figur 2:6 och Figur 2:7	Kalibreringsintervall 6 månader. Har dock givaren utsatts för höga temperaturer, ≥ 100 °C, under en tid bör omkalibrering ske	> 3% RH
Korrosivitet i luftgap mellan absorbator och täckskiva	Tre set av metallkuponger av stål, zink och koppar enligt ISO 9223; montering illustreras i Figur 2:7 och Figur 2:8	Provberedning och bestämning av metallförlust sker enligt metod redovisad i referens [8]	



Figur 2:6 Montering av de olika givarna för bestämning av temperatur, fuktighet och korrosivitet i luftgapet mellan absorbator och täckskiva (Från referens [P15])

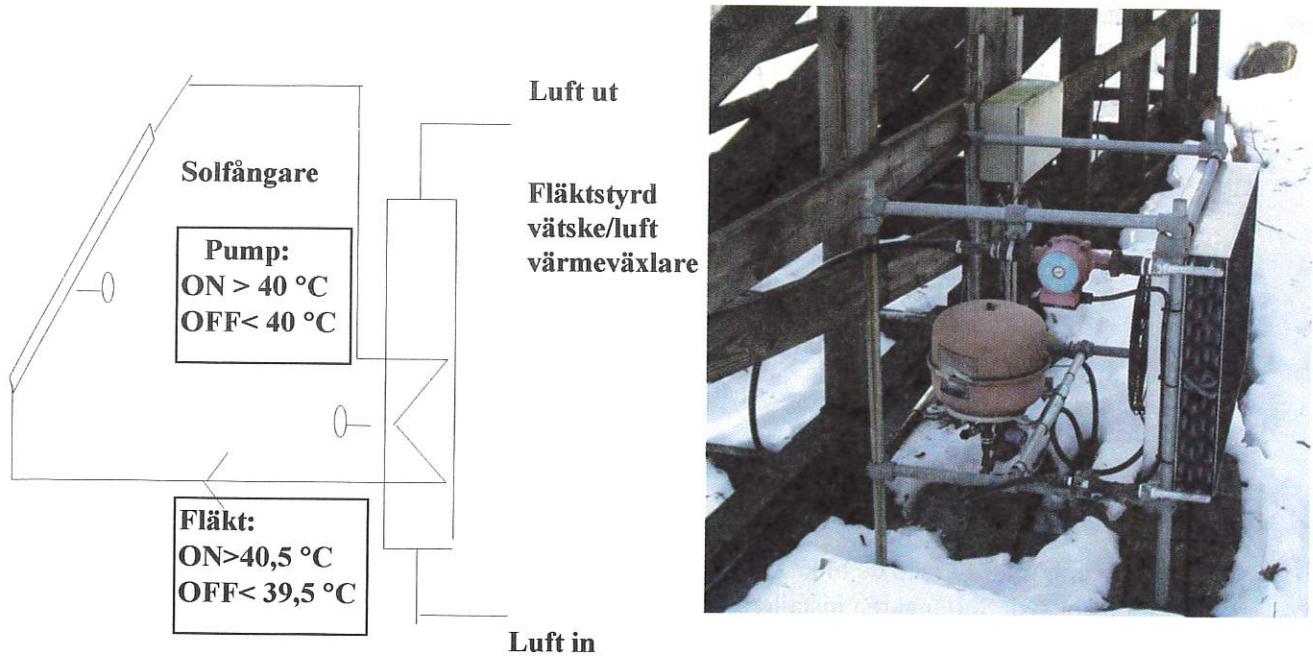


Figur 2:7 Montering av givare för mätning av absorbatortemperatur, temperatur och relativ luftfuktighet i luftgapet mellan absorbator och täckskiva (Från referens [P15])



Figur 2:8 Wire-trådar i solfångaren med fästen för fukt/temperaturgivare och för metallkupongerna för bestämning av korrosivitet

1.3 Testrigg med vätskeburet kylsystem för solfångaren



Figur 2:9 Vätskeburet kylsystem för testning av solfångare under autentiska driftsförhållanden

En testrigg har konstruerats för att kunna göra mätningar på en solfångare under så autentiska driftsförhållanden som möjligt. Solfångaren installeras i ett vätskeburet kylsystem vars uppbyggnad beskrivs i **Figur 2:9**. Kylning åstadkommes genom en fläktstyrd vätske/luft-värmeväxlare. Förutom denna värmeväxlare och solfångaren innehåller kretsen även en cirkulationspump, vätskeflödesmätare, säkerhetsventil och expansionskärl. Rörsystemet utgörs av kopparrör (12/10) med 15 mm tjock isolering. Värmebäraren utgörs av en etylenglykol/vattenblandning med blandningsförhållandet 1:2.

Under perioder av sol då solfångaren s.a.s arbetar ligger vätskeflödet genom solfångaren på omkring 150 liter /h, solfångare ON/OFF-reglering används vid styrning av vätskeflödet genom solfångaren. År absorbatortemperaturen i övre delen av solfångaren > 40 °C sätts vätskepumpen igång. År temperaturen på absorbatorn < 40 °C stängs pumpen av. Kylningen av kretsen sker genom en fläktstyrd vätske/luft-värmeväxlare med en kyleffekt av omkring 2 kW. År vätskekretsens temperatur > 40,5 °C sätts fläkten igång, medan om denna är < 39,5 °C så stängs fläkten av.

1.4 Datainsamling

Datainsamlingen är s.a.s händelsestyrt med ett minsta tidsintervall av 10 sek.. I **Tabell 2:1** och **Tabell 2:2** ges de gränser som används för händelsestyrningen av insamlingen av data från de olika slagen av givare.

2. Resultat från mätningar på IEA-gruppens referenssolfångare

2.1 Solfångaren

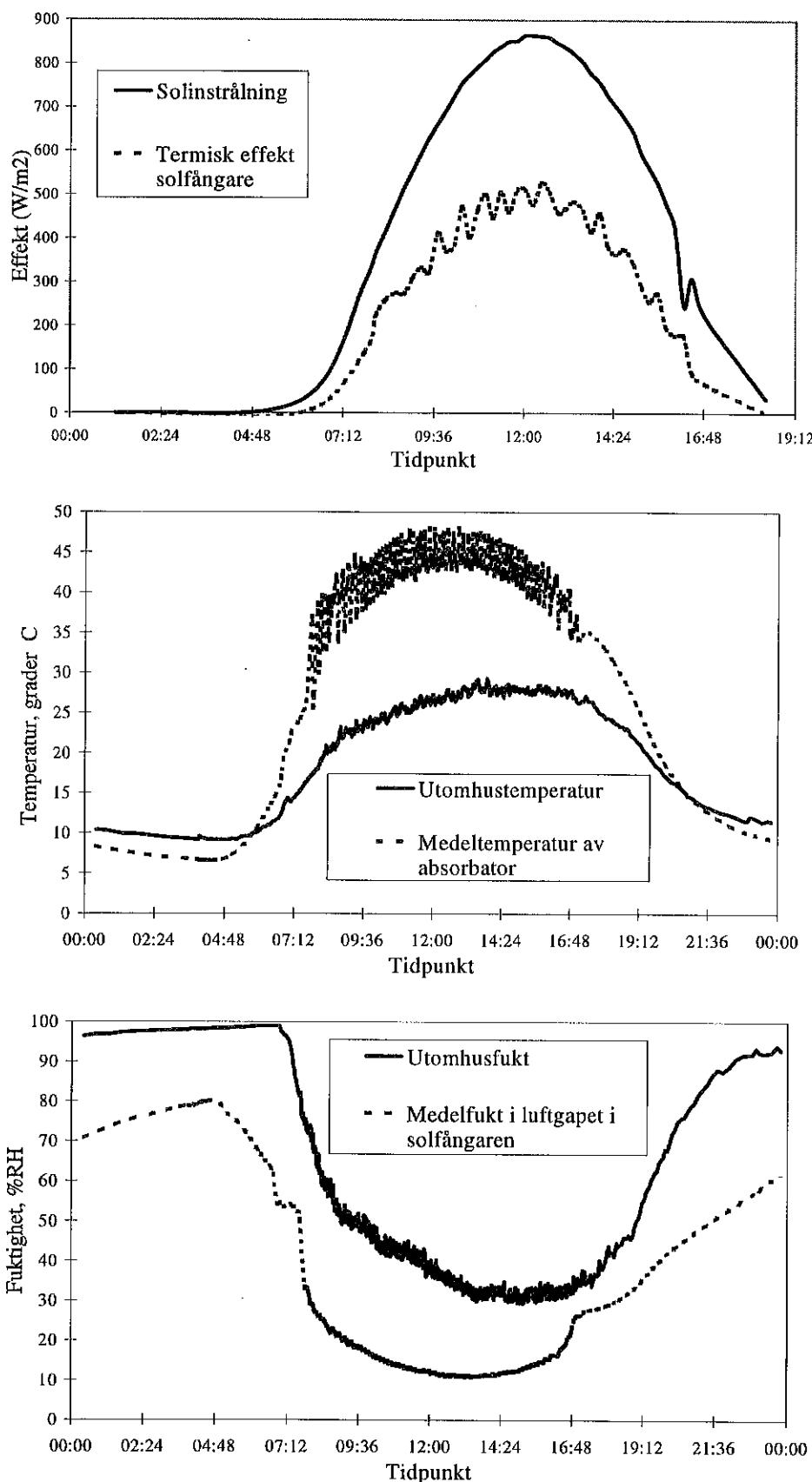
Den solfångare som användes för mätningarna utgjorde även IEA-gruppens referenssolfångare. Denna solfångare är en englasad plan termisk solfångare med en yta av omkring 2 m².

Referenssolfångare:	
Solfångartillverkare:	Ernst Schweizer Metallbau, Schweiz
Kollektortyp:	Sessatherm
Absorbatoryta:	Black chrome på nickel på koppar
Absorbator produktnamn:	North Star Fins
Absorbatoryttillverkare:	MTI, USA
Ventilation:	Tät kollektor med reglerad ventilation genom två ventileringshål på ovansidan och undersidan av solfångaren

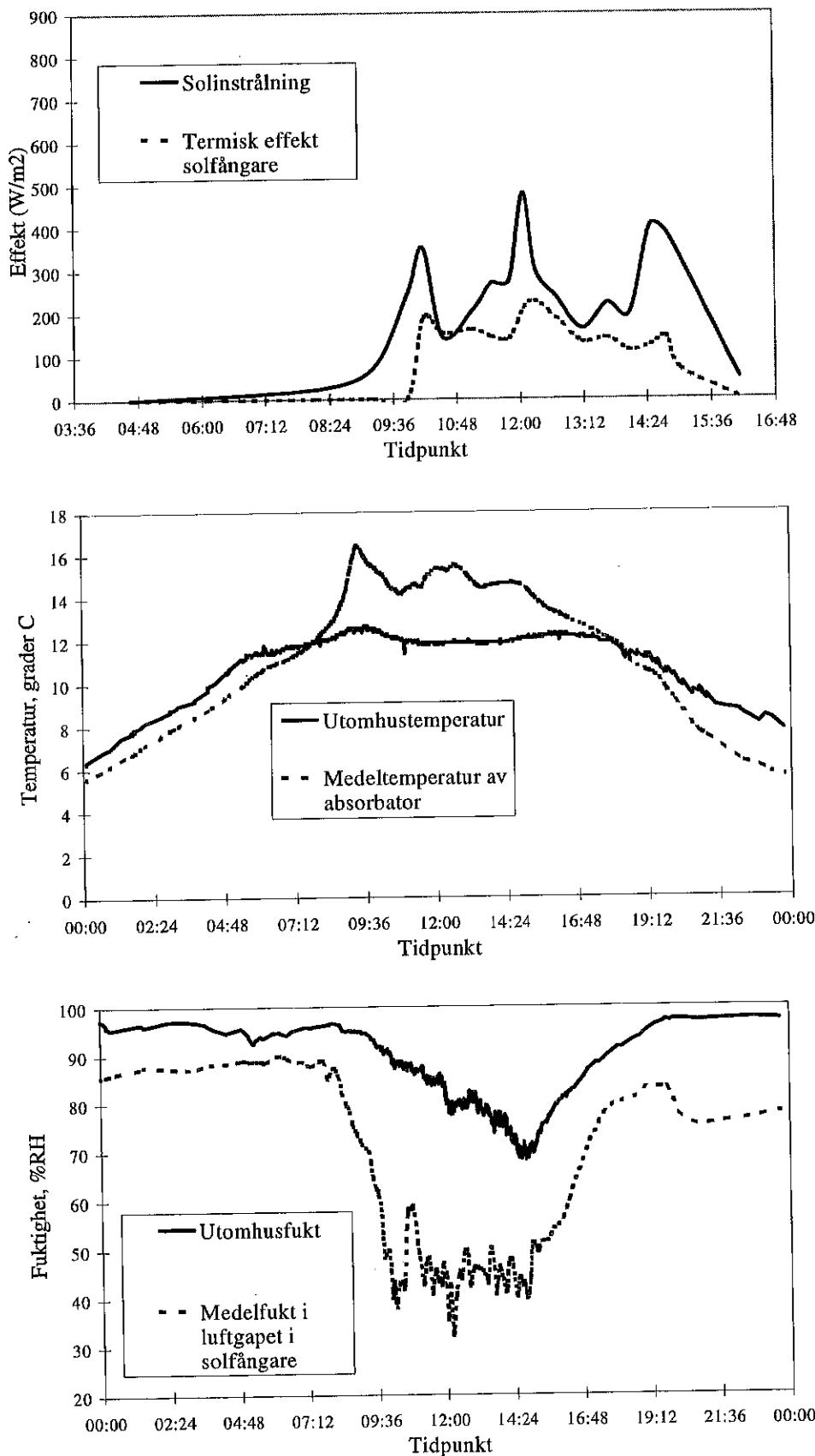
Solfångaren försedd med de olika givarna tidigare beskrivna placerades med en lutning av 45° mot syd. Solfångaren installerades sedan i testriggen varefter mätningar utfördes från april 1996 t.o.m. november 1997.

2.2 Exempel på uppmätta miljödata för en serie olika dagar

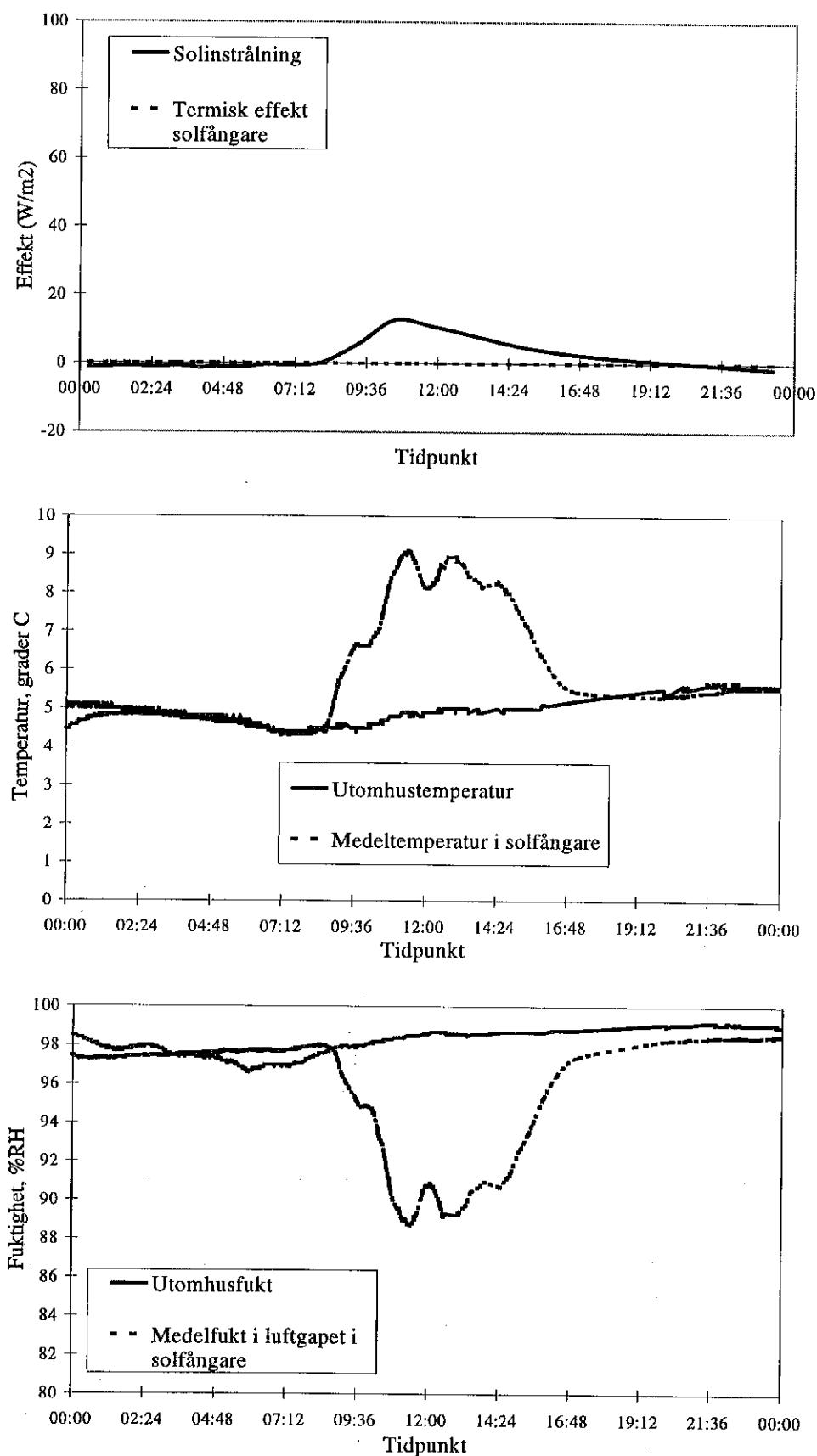
I **Figur 2:10**, **Figur 2:11** och **Figur 2:12** ges exempel på mätresultat från tre olika dagar; en solig dag, en halvmolnig dag samt en molnig dag.



Figur 2:10 Exempel på mätresultat från 980820 som var en solig dag. **Övre figuren:** Soliradians och termisk effekt från solfångaren, **Mellan figuren:** Utomhus temperatur och absorbatortemperatur, **Nedre figuren:** Relativ luftfuktighet utomhus och i luftgapet mellan absorbator och täckskiva i mitten av solfångaren



Figur 2:11 Exempel på mätresultat från 981018 som var en halvmolning dag. **Övre figur:** Soliradians och termisk effekt från solfångaren, **Mellan figur:** Utomhustemperatur och absorbatortemperatur, **Nedre figur:** Relativ luftfuktighet utomhus och i luftgapet mellan absorbator och täckskiva i mitten av solfångaren



Figur 2:12 Exempel på mätresultat från 9811116 som var en molnig dag. **Övre figuren:** Soliradians och termisk effekt från solfångaren, **Mellan figuren:** Utomhustemperatur och absorbatortemperatur, **Nedre figuren:** Relativ luftfuktighet utomhus och i luftgapet mellan absorbator och täckskiva i mitten av solfångaren

Som framgår av de olika data som presenteras för de tre dagarna bestämmer främst soliradiansen klimatet inuti solfångaren. Under soliga perioder stiger temperaturen inuti solfångaren vilket leder till en låg relativ fuktighet i luftgapet mellan absorbator och täckskiva.

Värt att notera är att under en serie soliga dagar, som såväl 980820 som 981016 kan sätta ingå i, förblir den relativa fuktigheten inuti solfångaren på en låg nivå i förhållande till relativa luftfuktigheten utanför solfångaren även nattetid. Absorbatortemperaturen nattetid ligger dock som regel under utomhuslufvens temperatur nattetid.

2.3 Relativa luftfuktigheter på absorbatorytan

Det primära intresset för undersökningen var att kartlägga de klimatologiska förhållanden för absorbatorytan. Uppmätta relativa luftfuktigheter i luftgapet mellan absorbator och täckskiva omräknades därför till relativa luftfuktigheter gällande för absorbatorytans temperatur. Denna beräkning kunde utföras genom att anta att den absoluta luftfuktigheten var densamma i luftgapet utanför absorbatorytan som på själva absorbatorytan. Resultaten redovisas i **Figur 2: 13**.

För den soliga dagen 960820 ligger framräknade relativa luftfuktigheter för absorbatorytan på en låg nivå även om i snitt denna är något högre jämfört med luftfuktigheten i luftgapet, se **Figur 2:10**. Relativa luftfuktigheten på absorbatorytan ligger dock hela tiden under relativa luftfuktigheten av utomhusluften.

För den halvmolniga dagen 961018 är bilden i stort sett densamma även om skillnaden mellan relativa luftfuktigheten på absorbatorytan och den för utomhuslufvens är mindre, speciellt under morgonen eller sennatten. Absorbatorytans relativa fuktighet når dock aldrig upp till en nivå där kondensation kan ske.

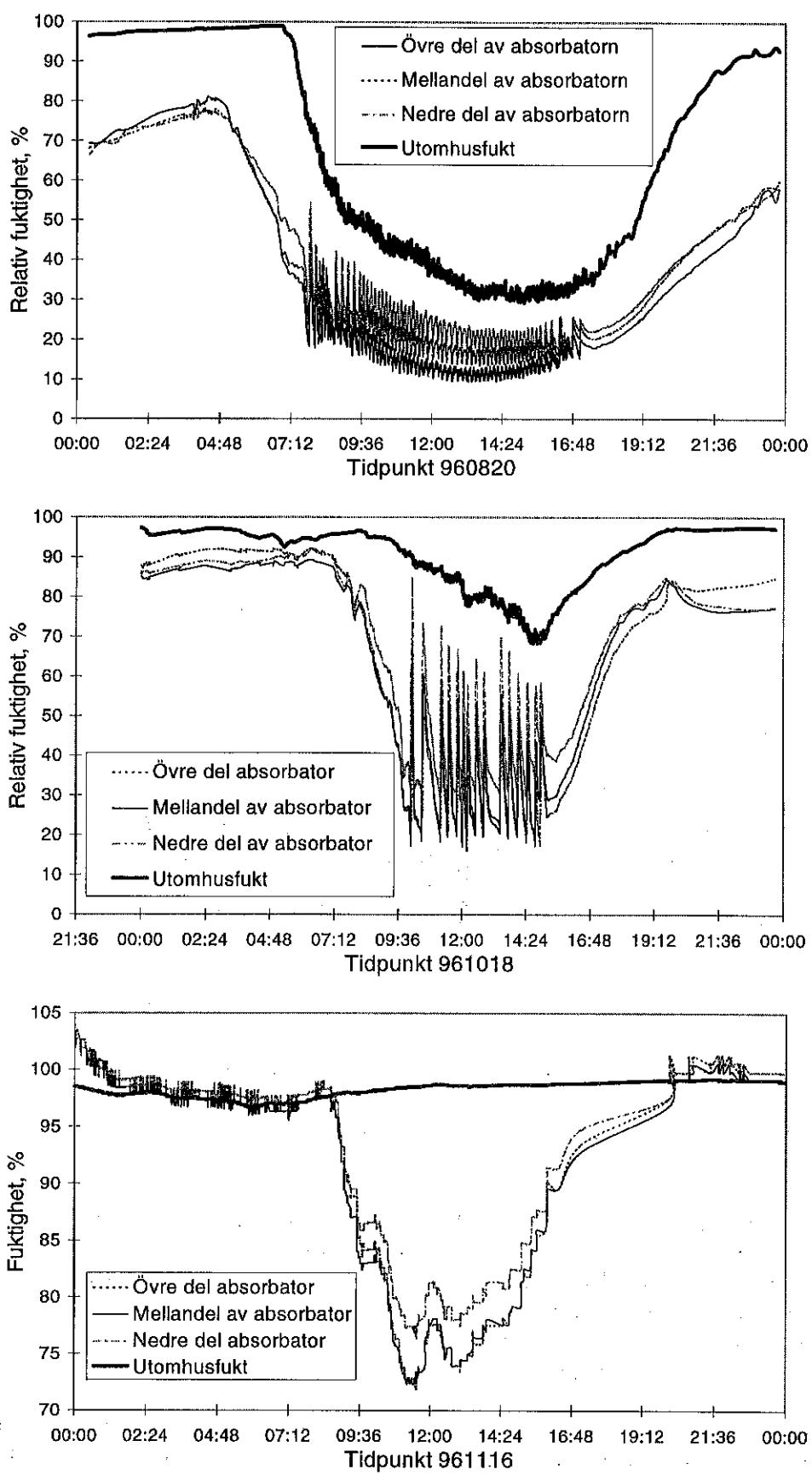
För den molniga dagen 961116 ligger dock relativa luftfuktigheten på absorbatorytan över utomhuslufvens under såväl morgonen eller sennatten som under kvällen. Framräknade nivåer ligger då omkring eller till och med över 100% varför förutsättningar för kondensation föreligger.

En slutsats från dessa iakttagelser är att det endast tycks vara under molniga och fuktiga dagar som luftfuktigheten på absorbatorytan kan nå upp till nivåer där kondensation kan ske. Det är därför tydlig främst under sådana perioder som risk för degradering av absorbatorytan föreligger orsakad av reaktioner som hydratisering, hydrolysis eller atmosfärisk korrosion.

2.4 Temperatur och fuktförhållanden inuti solfångaren sett över en års cykel

Vad avser beständighet hos absorbatorytor utvecklades inom ramen för Task X av IEAs solvärmeprogram en allmän testprocedur för kvalificering av beständighet hos solabsorbatorytor. Testproceduren är förnärvarande föremål för internationell standardisering och en draft international standard ISO DIS/ 12952 är under utarbetande.

Testproceduren innefattar tre olika slag av livslängdstest och begränsas till simulering av följande tre degraderingsprocesser a) högtemperaturdegradering, t.ex. oxidation, b) degradering orsakad av väta eller kondensation av vatten på absorbatorytan, t.ex. hydratisering eller hydrolysis, och c) degradering orsakad av luft av hög luftfuktighet och innehållande små koncentrationer av svaveldioxid som luftförörening, t. ex. atmosfärisk korrosion.

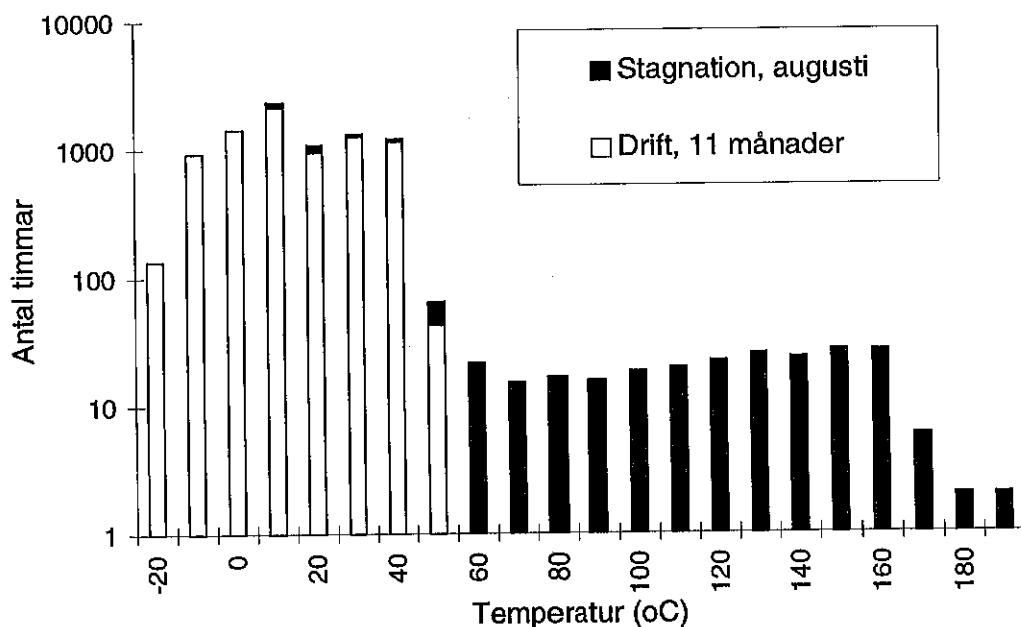


Figur 2:13 Beräknade relativare fuktigheter för olika delar av absorbatorytan under de tre specialstuderade dagarna 960820, 961018 och 961116

För att kunna simulera högtemperaturdegradering användes accelererade tester som innebär att absorbatorytan exponeras för en konstant hög temperatur under fastlagda tider, se referens [2].

För att kunna relatera dessa testtider till en designlivslängd för en absorbatoryta krävs information om den effektiva medeltemperaturen en absorbatoryta utsätts för under drift. Den effektiva medeltemperaturen kan beräknas utgående från ett årsbaserat histogram över absorbatortemperaturen, som beskrivs i referens [2].

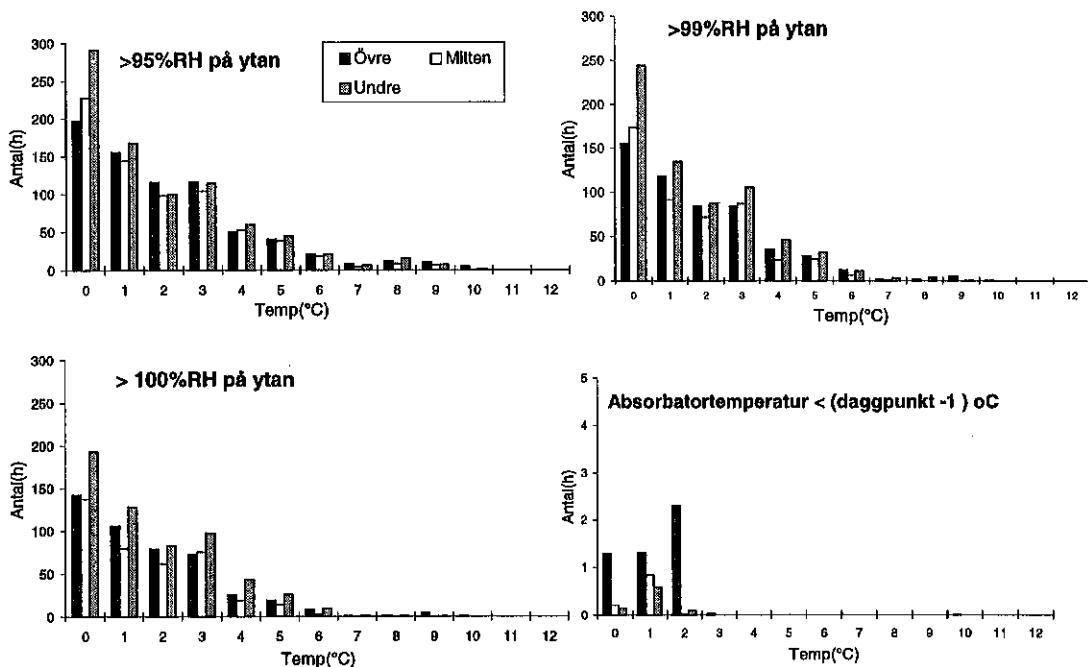
Det temperaturhistogram som bestämdes inom Task X arbetet utgick från att solfångaren under elva månader av året var i drift medan det för en sommarmånad antogs att solfångaren var i stagnation, d.v.s. kylsystemet var satt ur funktion. I **Figur 2:14** återges ett sådant temperaturhistogram baserat på nu utförda mätningar av IEA-gruppens solfångare. Temperaturhistogrammet överensstämmer förvånansvärt väl med tidigare bestämda diagram från Task X, se referens [2].



Figur 2:14 Histogram över medelabsorbator temperatur över en års cykel för IEA-gruppens solfångare i Borås. Vid beräkning av diagrammet har antagits att solfångaren är i drift under elva månader av året och i stagnation under en månad - augusti månad - av året

För att bestämma en absorbatorytas beständighet mot hög fukt och kondensation används i IEA Task X-metoden accelererade test varvid absorbatorytan utsätts för konstant kondensation under fastlagda tider, se referens [2]. För att kunna relatera dessa testtider till en designlivslängd för en absorbatoryta krävs i detta fall information om den effektiva medeltemperaturen hos en absorbatoryta då luftfuktigheten överensstämmer med eller överstiger gränsen för kondensation.

Den effektiva medeltemperaturen kan beräknas utgående från ett årsbaserat histogram över absorbatortemperaturen då relativ luftfuktigheten på ytan ligger mycket nära eller överstiger kondensationsgränsen, som beskrivs mer utförligt i referens [2]. I **Figur 2:15** återges ett antal sådana temperaturhistogram för olika relativ gränsfuktnivåer baserat på nu utförda mätningar av IEA-gruppens solfångare.



Figur 2:15 Histogram över absorbatoryttemperaturer då beräknade relativa fuktigheten på absorbatorytan överstiger 95%, 99%, 100% samt då absorbatorytstemperaturen ligger mer än 1 °C under daggpunkten.

Som framgår av **Figur 2:15** är temperaturen då mycket höga luftfuktigheter finns på absorbatorytan förhållandevis låg. Vidare framgår av resultaten att antal timmar, då absorbatorytan har en temperatur som är mindre än 1 °C under daggpunkten, är i det närmaste försumbar. Av detta resultat kan man dra den slutsatsen att en kraftig kondensation ej någon gång utvecklas på absorbatorytan, vilket även kunde konstateras under Tas X-arbetet, se referens [P1].

Hur resultaten skall kunna utnyttjas för accelererad livslängdstestning av absorbatorytor enligt IEA-metoden [2] kommer att bli föremål för ytterligare undersökningar som sträcker sig utanför denna rapport.

2.5 Korrosivitet utanför och inuti solfångaren

I **Tabell 2:3** ges värden på korrosiviteten för olika metaller utanför och på två olika ställen inuti solfångaren. I **Tabell 2:4** ges också värden på korrosiviteten för zink bestämd utanför och inuti samma solfångare placerade på olika orter i Europa.

Resultatet visar att korrosiviteten inuti solfångaren är väsentligt mindre än utanför solfångaren. Endast för zink erhålls nämnvärd korrosion inuti solfångaren. Vad gäller korrosionen av zink framgår att korrosiviteten inuti solfångaren är starkt beroende av korrosiviteten utanför solfångaren. Från resultaten presenterade i **Tabell 2:4** framgår att korrosiviteten i solfångaren för zink är väsentligen mycket större jämfört med vid de andra exponeringsorterna. Den främst bidragande orsaken är den högre genomsnittliga fuktnivån i Borås jämfört med övriga orter. En mer utförlig beskrivning och diskussion kring resultaten från korrosivitetsmätningarna ges i referens [6]

Tabell 2:3 Korrosion efter ett års exponering i Borås av metalkuponger av zink, koppar, kolstål

Placering	zink (g/m ² ,år)	koppar (g/m ² ,år)	kolstål (g/m ² ,år)
Utomhus	2,5	6,0	50,6
Nertill på solf.	1,1	0,1	0,03
Upptill på solf.	0,8	0,1	0,03

Tabell 2:4 Korrosion av zink efter ett års exponering utanför och inuti referenssolfångaren på olika orter

Ort	Utomhus (g/m ² ,år)	Nertill på solf. (g/m ² ,år)	Upptill på solf. (g/m ² ,år)
Rapperwil, Schweiz	0,6	0,1	0,1
Freiburg, Tyskland	1,8	0,5	0,2
Borås, Sverige	2,5	1,1	0,8
Köpenhamn, Danmark	1,5	0,1	0,1
Delft, Nederländerna	1,6	0,1	0,2

2.6 Vindförhållande

I Tabell 2:5 illustreras några resultat från vindmätningarna. Av dessa framgår att det föreligger en klar skillnad mellan de olika medelvindhastigheter som mäts. Resultaten tyder på att sambandet mellan de olika vindhastighetsvärdena är mycket komplext. För att kunna använda sig av vindhastigheter för att beräkna värmeförluster från solfångaren förefaller det därför vara nödvändigt att basera sig på vindhastigheter bestämda med en metod som mäter vindhastigheten i samma plan som solfångarens.

Tabell 2:5 Vindförhållanden under de tre specialstuderade dagarna

	960828	961018	961116
Medelvindstyrka (m/s)	0,36	0,64	0,46
Vindriktning (° från norr)	184 (sydlig)	230 (västsydväst)	237 (västsydväst)
Medelvindstyrka i solfångarens plan (m/s)	0,29	0,53	1,03

Bilaga 3

Rekommenderade provningsmetoder för bestämning av mekaniska egenskaper hos transparenta polymera täckskivematerial för solfångare

Plastic materials

ISO 75-1:1993	Determination of temperature of deflection under load - Part 1: General test method
ISO 75-2:1993	Determination of temperature of deflection under load - Part 1: Plastics and ebonite
ISO 178:1993	Determination of flexural properties
ISO 179:1993	Determination of Charpy impact strength
ISO 179-2:1997	Determination of Charpy impact properties - Part 2: Instrumented impact test
ISO 180:1993	Determination of Izod impact strength
ISO 527-1:1993	Determination of tensile properties - Part 1: General principles
ISO 527-2:1993	Determination of tensile properties - Part 2: Test conditions for moulding and extrusion plastics
ISO 604:1993	Determination of compressive properties
ISO 868:1985	Determination of indentation hardness by means of durometer (Shore hardness)
ISO 899-1:1993	Determination of creep behaviour - Part 1: Tensile creep
ISO 899-2:1993	Determination of creep behaviour - Part 2: Flexural creep by three-point loading
ISO 974:1980	Determination of the brittleness temperature by impact
ISO 2039-1:1993	Determination of hardness - Part 1: Ball indentation method
ISO 2039-2:1993	Determination of hardness - Part 2: Rockwell hardness
ISO 2828:1994	Preparation of test specimens by machining
ISO 3167:1993	Multipurpose test specimens
ISO/TR 4137:1978	Determination of modulus of elasticity by alternating flexure
ISO 4599:1986	Determination of resistance to environmental stress cracking (ESC) - Bent strip method
ISO 4600:1992	Determination of resistance to environmental stress cracking (ESC) - Ball or pin impression method

ISO 6252:1992	Determination of resistance to environmental stress cracking (ESC) - Constant-tensile-stress method
ISO 6601:1987	Friction and wear by sliding - Identification of test parameters
ISO 6603-1:1985	Determination of multiaxial impact behaviour of rigid plastics Part 1: Falling dart method
ISO 6603-2:1989	Determination of multiaxial impact behaviour of rigid plastics Part 2: Instrumented puncture test
ISO 6721-1:1994	Determination of dynamic mechanical properties - Part 1: General principles
ISO 6721-2:1994	Determination of dynamic mechanical properties - Part 2: Torsion-pendulum method
ISO 6721-3:1994	Determination of dynamic mechanical properties - Part 3: Flexural vibration - Resonance-curve method
ISO 6721-4:1994	Determination of dynamic mechanical properties - Part 4: Tensile vibration - Non-resonance method
ISO 6721-5:1996	Determination of dynamic mechanical properties - Part 5: Flexural vibration - Non-resonance method
ISO 6721-6:1996	Determination of dynamic mechanical properties - Part 6: Shear vibration - Non-resonance method
ISO 6721-7:1996	Determination of dynamic mechanical properties - Part 7: Torsional vibration - Non-resonance method
ISO 6721-8:1997	Determination of dynamic mechanical properties - Part 8: Longitudinal and shear vibration - Wave propagation method
ISO 6721-9:1997	Determination of dynamic mechanical properties - Part 9: Tensile vibration - Sonic-pulse propagation method
ISO 6721-10:1997	Determination of dynamic mechanical properties - Part 10: Complex shear viscosity using a parallel-plate oscillatory rheometer
ISO 8256:1990	Determination of tensile-impact strength
ISO 9352:1995	Determination of resistance to wear by abrasive wheels
ISO 75-3:1993	Determination of temperature of deflection under load - Part 3: High-strength laminates and long-fibre-reinforced plastics
ISO 306:1994	Thermoplastic materials - Determination of Vicat softening temperature (VST)

ISO 458-2:1985 Determination of stiffness in torsion of

Films and sheets

ISO 527_3:1995 Plastics - Determination of tensile properties - Part 3: Test conditions for films and sheets

ISO 6383-1:1983 Plastics - Films and sheeting - Determination of tear resistance - Part 1: Trouser tear method

ISO 6383-2:1983 Plastics - Films and sheeting - Determination of tear resistance - Part 2: Elmendorf method

ISO 7765-1:1988 Plastics - Film and sheeting - Determination of impact resistance by the free falling dart method - Part 1: Staircase methods

ISO 7765-2:1988 Plastics - Film and sheeting - Determination of impact resistance by the free falling dart method - Part 2: Instrumented puncture test

ISO 8570:1991 Plastics - Film and sheeting - Determination of cold-crack temperature

ISO 11501:1995 Plastics - Film and sheeting - Determination of dimensional change on heating

ISO 11963:1995 Plastics - Polycarbonate sheets - Types, dimensions and characteristics

Paints and varnishes

ISO 1518:1992 Paints and varnishes - Scratch test

ISO 12137-1:1997 Paints and varnishes- Determination of mar - Part 1: Method using a curved stylus

ISO 12137-2:1997 Paints and varnishes- Determination of mar - Part 2: Method using a pointed stylus

