



Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek och är fritt att använda. Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.



Solfångares hållbarhet

Erfarenheter från besiktning av
solvärmeanläggningar 1979—1980

Knut-Olof Lagerkvist
Hans Wennerholm

INSTITUTET FÖR
BYGGDOKUMENTATION

Accnr 80-2077

Plac Ser

[K
AN]

R
JBL

R127:1980

SOLFÄNGARES HÅLLBARHET

Erfarenheter från besiktning av
solvärmeanläggningar 1979-1980

Knut-Olof Lagerkvist
Hans Wennerholm

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
790640-3 från Statens råd för byggnadsforskning
till Statens provningsanstalt, Borås.

I Byggforskningsrådets rapportserie redovisar forskaren sitt anslagsprojekt. Publiceringen innebär inte att rådet tagit ställning till åsikter, slutsatser och resultat.

R127:1980

ISBN 91-540-3349-7

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

LiberTryck Stockholm 1980 056721

INNEHÅLL

SAMMANFATTNING	5
1 INLEDNING	13
2 KONDENS- OCH SMUTSPROBLEM	15
3 TÄCKSKIVAN	21
4 ABSORBATORN	27
5 ABSORBATORBELÄGGNINGAR	31
5.1 Icke-selektiva beläggningar	31
5.2 Selektiva beläggningar	31
5.3 Problem	32
6 ISOLERING	35
6.1 Outgassning	35
6.2 Temperaturbeständighet	36
7 LISTER OCH HÖLJE	39
8 TÄTNINGS- OCH PACKNINGSMATERIAL	47
9 VÄRMEBÄRARE	51
9.1 Frysning	51
9.2 Kokning	51
9.3 Korrosion	51
10 INSTALLATION	53
11 SPECIELLA SOLFÅNGARTYPER	59
TABELLER	63
REFERENSER	73

SAMMANFATTNING

Under hösten -79 och våren -80 har 34 solvärmearnläggningar besiktats med avsikten att identifiera skador och problem hos solfångarkonstruktioner och däri ingående material samt försöka spåra orsakerna härtill. De besökta anläggningarnas hittillsvarande drifttid varierade från någon månad till ca fem år.

De flesta anläggningarna utnyttjades för beredning av tappvarmvatten och den i särklass vanligaste värmebäraren i systemen var vatten alternativt vattenglykollblandning. Anläggningarnas storlek varierade från de relativt vanliga 8 m² anläggningarna för tappvarmvatten till en solvärmecentral med ca 3 000 m² solfångare. Anläggningarnas belägenhet har i möjligaste mån utvalts så att påverkan av såväl kustklimat, inlandsklimat, luftföroreningar från industrier m m har kunnat studeras.

Fel och brister har kunnat upptäckas på såväl nya som gamla anläggningar. I några nya anläggningar har relativt omfattande skador uppstått då solfångarna fått stå tomma och okylda under en längre tid och härigenom utsatts för extremt höga temperaturer och snabba temperaturväxlingar.

Liksom vid tidigare genomförda besiktningar visade sig kondensproblemet vara det allra vanligaste, vilket i flera fall fått omfattande korrosions- och åldringsproblem till följd.

Dåligt genomförda installationer, injustering och funktionskontroll visade sig vara ofta förekommande och har i ett flertal fall lett till "onödiga" skador på solfångarna och sämre utbyte av solvärmearnläggningen.

Resultaten från besiktningarna sammanfattas i nedanstående tabell.

Tabell 1

FEL OCH BRISTER VID BESIKTIGADE ANLÄGGNINGAR

System- typ	Värme- bärare	Nr	I drift sedan	TÄCKSKIVA						TÄTNINGS- LIST, HÖLJE	ABSORBATOR						ISOLERING					
				Smuts	Kondens	Sprickor	Aldring	Skevhet	Outgassing		Brister	Avlagringar	Korrosion	Aldring	Skevhet	Blekning	Läckage	Missfärg- ning	Sprickor, skvhet			
Tappvarm- vatten	Vatten	1	Nov -79			X																
		2	Mars -79	X	X	X				X												
		3	Aug -78		X	X	X					X								X		
		4	Aug -78		X	X	X					X								X		
		5	Hösten -79										X									
		6	Våren -78					X														
		7	Maj -79						X													
		8	Juni -79																	X		
		9	April -79																	X		
		10	April -78																	X		
		11	Maj -78																	X		
		12	Juni -78																	X		
		Uppvärm- ning och varmvat- tenbered- ning	Luft Vatten	13	Våren -78	X	X															
				14	Våren -78	X	X				X											
				15	Juni -79	X	X				X											X
				16	Våren -78	X	X				X											X
				17	Sommaren -75	X																X

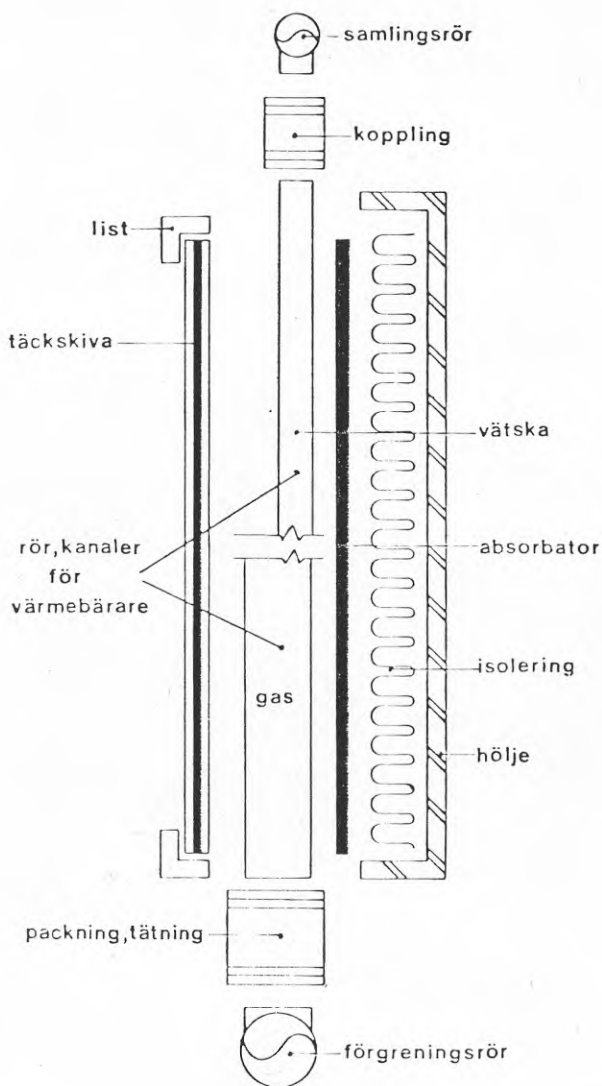
Tabell 2

BESÖKTA SOLVÄRMEANLÄGGNINGAR 79/80

Systemtyp	Solfångarfabrikat	Ort
Tappvarmvatten (enfamiljshus)	12 m ² Sunterm AB Svenska Fläktfabriken	Piteå
Tappvarmvatten (enfamiljshus)	8 m ² Sunterm AB Svenska Fläktfabriken	Piteå
Tappvarmvatten (industribyggnad)	8 m ² Sun Unit TeknoTerm System AB	Umeå
Tappvarmvatten (industribyggnad)	8 m ² Sun Unit TeknoTerm	Umeå
Tappvarmvatten (flerfamiljshus)	246 m ² Sun Unit TeknoTerm	Växjö
Tappvarmvatten (4 st enfamiljshus)	36 m ² Sunterm AB Svenska Fläktfabriken	Mullsjö
Tappvarmvatten (enfamiljshus)	10 m ² Bucher	Linköping
Tappvarmvatten (motionsanläggning)	36 m ² Sun Unit TeknoTerm Systems AB	Stockholm
Tappvarmvatten (enfamiljshus)	8 m ² Solaron Seleko AB	Stockholm
Tappvarmvatten (enfamiljshus)	8 m ² egen tillverkning (vattenkylda)	Stockholm
Tappvarmvatten (gemensam anläggning för fyra radhus)	20 m ² egen tillverkning (vattenkylda)	Knivsta
Tappvarmvatten med kombinerad värme- pump (sjukhem)	72 m ² Sun Unit TeknoTerm System AB	Märsta
Uppvärmning och varm- vattenberedning (enfamiljshus)	32 m ² , luftkylda AGA	Kungsbacka
Uppvärmning och varmvattenberedning (flerfamiljshus)	409 m ² , luftkylda AGA	Kungsbacka
Uppvärmning och varm- vattenberedning (industribyggnad)	336 m ² Sun Unit TeknoTerm Systems AB	Kungsbacka

Systemtyp	Solfångarfabrikat	Ort
Uppvärmning och varmvattenberedning (54 radhuslägenheter med gemensam värme-central)	2 700 m ² , Sol-Lab	Linköping
Uppvärmning och varmvattenberedning (enfamiljshus)	50 m ² egen tillverkning (vattenkylda)	Linköping
Uppvärmning och varmvattenberedning (enfamiljshus)	30 m ² egen tillverkning (luftkylda)	Linköping
Uppvärmning och varmvattenberedning (enfamiljshus)	33 m ² egen tillverkning (luftkylda)	Norrköping
Uppvärmning och varmvattenberedning (enfamiljshus och radhus)	136 m ² Sunterm AB Svenska Fläktfabriken	Täby
Uppvärmning och varmvattenberedning (däghem)	60 m ² Sun Unit TeknoTerm Systems AB	Sundsvall
Uppvärmning och varmvattenberedning (enfamiljshus)	21 m ² JOCO	Borås
Uppvärmning och varmvattenberedning (6 enfamiljshus med gemensam värmecentral)	142 m ² JOCO	Borås
Uppvärmning och varmvattenberedning (52 enfamiljshus med gemensam värmecentral)	1 260 m ² Polisolar TeknoTerm Systems AB	Växjö
Uppvärmning och varmvattenberedning (kontorshus)	120 m ² semifokuserande Bofors Plast AB	Studsвик
Uppvärmning (enfamiljshus)	48 m ² HT TeknoTerm	Stockholm
Uppvärmning (enfamiljshus)	ca 60 m ² egen tillverkning	Nacka
Uppvärmning (enfamiljshus)	172 m ² specialtillverkade lågtemperatursolfångare, TeknoTerm	Sigtuna

Systemtyp	Solfångarfabrikat	Ort
Utebassäng	100 m ² Suncell Oasis	Linköping
Ute- och innebassäng	96 m ² Sunterm AB Svenska Fläktfabriken	Sundsvall
Ute- och innebassäng	210 m ² Sun Unit, TeknoTerm	Umeå
Utebassäng	288 m ² Suncell Oasis	Skellefteå
Tappvarmvatten och utomhuspool (enfamiljshus)	16 m ² Sun Unit TeknoTerm	Umeå
Uppvärmning av returvatten i fjärrvärmenät	122 m ² luftkylda AGA	Stockholm



Principskiss av solfångare med vätska eller gas som värmebärare.

Utnyttjande av solenergi för erhållande av termisk energi är en synbart enkel teknik som fångat många människors intresse. Denna enkelhet kan emellertid vara ytterst skenbar. Dagens utnyttjande av solenergi bygger huvudsakligen på användning av komponenter och konstruktionslösningar som utvecklats för andra ändamål inom VVS-, korrosionsskydds-, ytskydds-, m fl branscher. Detta är naturligt, praktiskt och ekonomiskt motiverat för en teknik som befinner sig i ett skede av begynnande utveckling.

Framtidstron på solenergens möjligheter har fött många nya ideer om hur solfångare skall konstrueras och vilka material som är lämpliga. Detta har medfört ett växande behov av snabba metoder för bestämning av solfångares prestanda, tillförlitlighet och hållbarhet. Användning av solsimulator, datasimulering och accelererad hållbarhets- och materialprovning är exempel på sådana metoder. Trots all den omsorg som nedlagts vid framtagning av sådana metoder, finns inga bättre tester än direkta fältförsök.

Denna besiktningsrapport behandlar solfångare i Sverige som varit i praktisk drift under ett halvt, upp till fem år. Den behandlar de skador och problem som noterats på grund av olämpliga konstruktionslösningar och materialval.

Rapporten kan uppfattas som enbart negativ till solenergens utnyttjande i Sverige, eftersom enbart avigsidorna behandlas. Författarnas grundinställning är dock den motsatta. Utnyttjande av solenergi i Sverige är en lovande teknik, som sett i ett längre tidsperspektiv, har framtiden för sig.

Kondens är ett av de allra vanligaste problemen i alla solfångare. Det har observerats både i vätskekylda och luftkylda system och i solfångare med såväl en som två täckskivor. Oftast ser man kondensen som en tunn imfilm på insidan av täckskivan, men i vissa fall är kondensutfällningen så omfattande att droppar bildas som sedan rinner neråt i solfångaren eller till och med droppar på absorbdatorytan. I några system kan kondens endast ses vissa tider, medan det i andra system ständigt kan observeras.

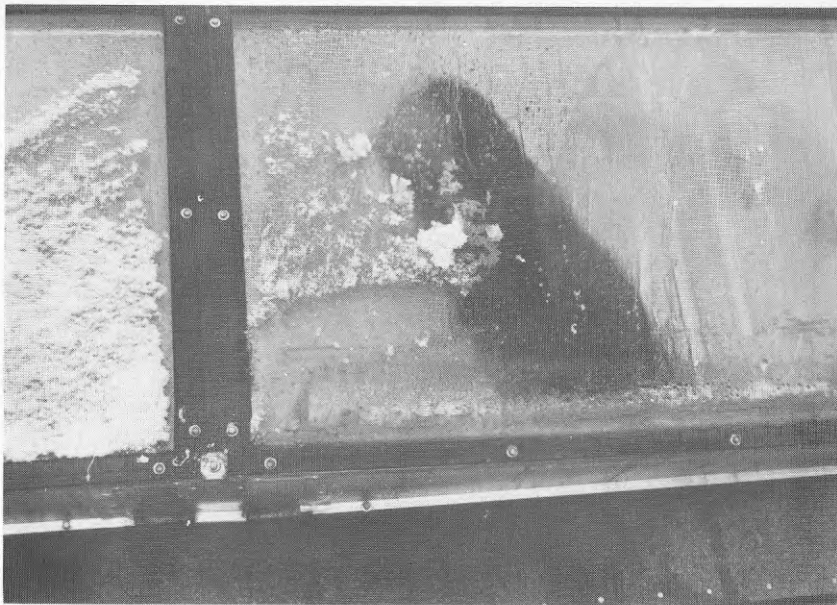
Kondens uppträder när vattenånga (fukt) inuti solfångaren kondenserar på kalla ytor. Beroende på driftsituationen kan fukten kondensera på täckskivan, absorbdatorytan eller i isoleringen. Kondens på täckskivan leder till lägre transmission av solljuset. Kondens på absorbdatorytan kan leda till korrosion och nedbrytning av absorbdatorbeläggningen. Kondens i isoleringen leder till ett sämre värmemotstånd.

Problemet med kondens måste beaktas vid konstruktions- och materialval, eftersom följdverkningarna av kondens är starkt beroende härav.

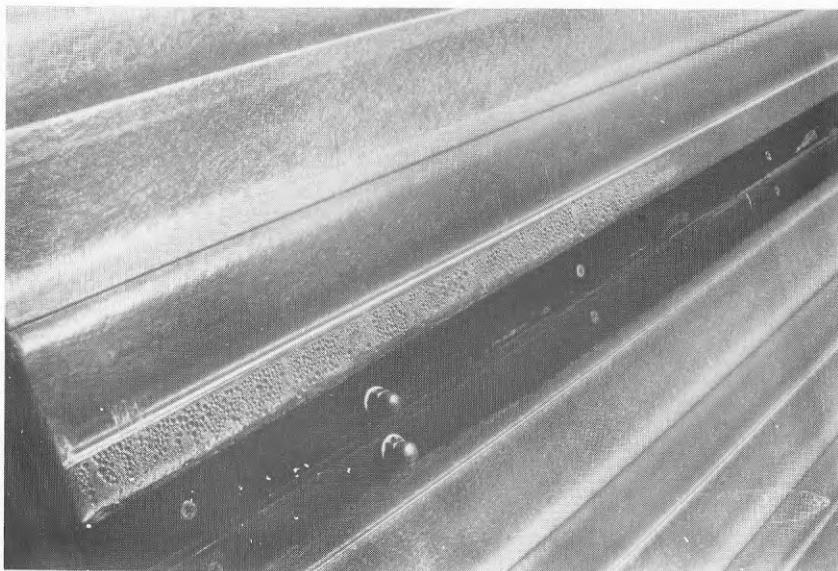
Det vanligaste sättet att möta problemen med kondens konstruktionsmässigt är, att förse solfångaren med hål så att den kan ventileras när dess temperatur stiger och faller. När solfångaren värms upp av solstrålning expanderar luften i solfångaren och pressas ut, medan uteluft dras in då temperaturen faller.

Ett annat sätt att hindra kondensutfällning är att använda sig av ett fuktupptagande medel som läggs i solfångaren. Problemet är att medlet måste bytas ut för att avfuktningen skall fungera tillfredsställande. Därför måste själva solfångarkonstruktionen göras så servicevänlig att medlet verkligen byts ut när det är mätat.

Även olika lösningar med styrd ventilation genom solfångaren har diskuterats. Ventilationen styrs så att de termiska förlusterna blir så låga som möjligt.



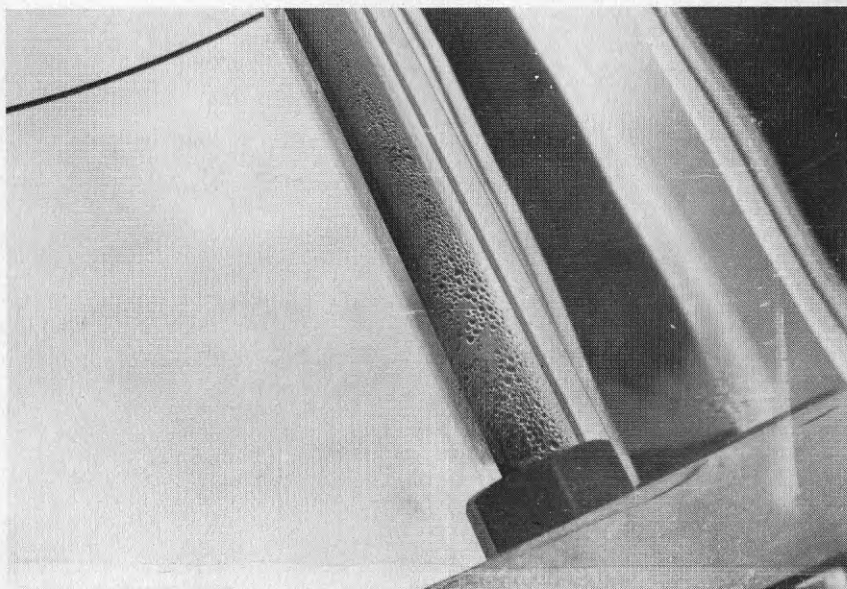
Solfångare med två glas - kondens mellan glasen.
(Mulen vinterdag, solfångarna ej i drift).



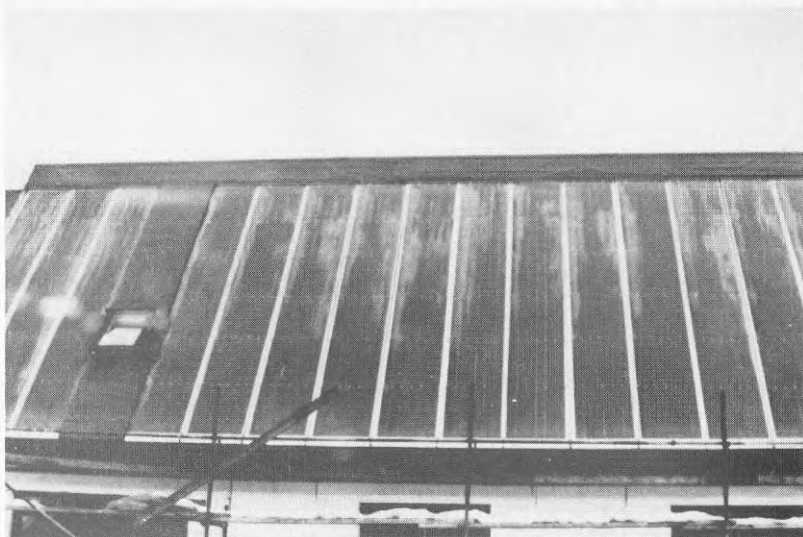
Kondens i solfångare med en täckskiva.
(Solig förmiddag på hösten, solfångarna i drift).



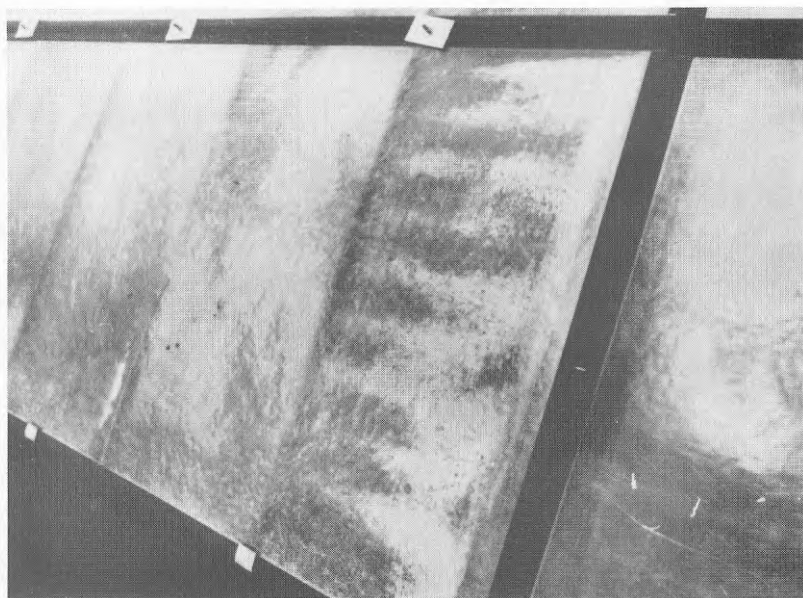
Kondens i solfångare med en täckskiva.



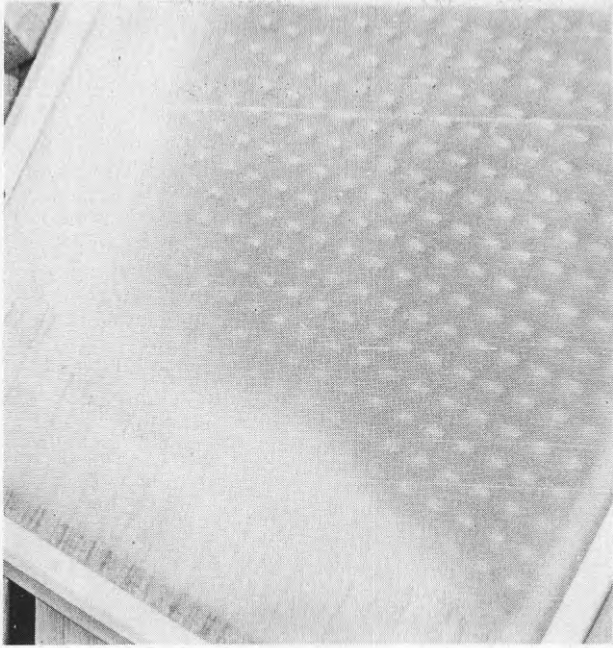
Kondens på insidan av glaströret i en koncentrerande solfångare.
(Solig eftermiddag under hösten, solfångarna i drift).



Kondens



Kondens



Kondens i en solfångare med en täckskiva. Avsikten är att solfångaren skall vara helt tät. (Inga ventilationshål förekommer). Efter att solfångaren utsatts för stora temperaturpåfrestningar i samband med höga stagnationstemperaturer har otätheter uppstått. Fukt kan därvid tränga in, men inte ta sig ut. En ständig fuktansamling tycks därför ske och kondens på insidan av täckskivan kan alltid observeras.

Smuts på utsidan av täckskivan förekommer i ganska varierande omfattning, beroende på anläggningens och solfångarnas lutningsläge. Speciellt vid anläggningar i närheten av värmeverk (-centraler), trafikleder m m kan detta förväntas bli ett problem som måste beaktas. Dock verkar det som "självreningen" vid regn och snöfall räcker vid de flesta anläggningar som besökts.



Smuts på utsidan av täckskivan i en anläggning nära en trafikled.

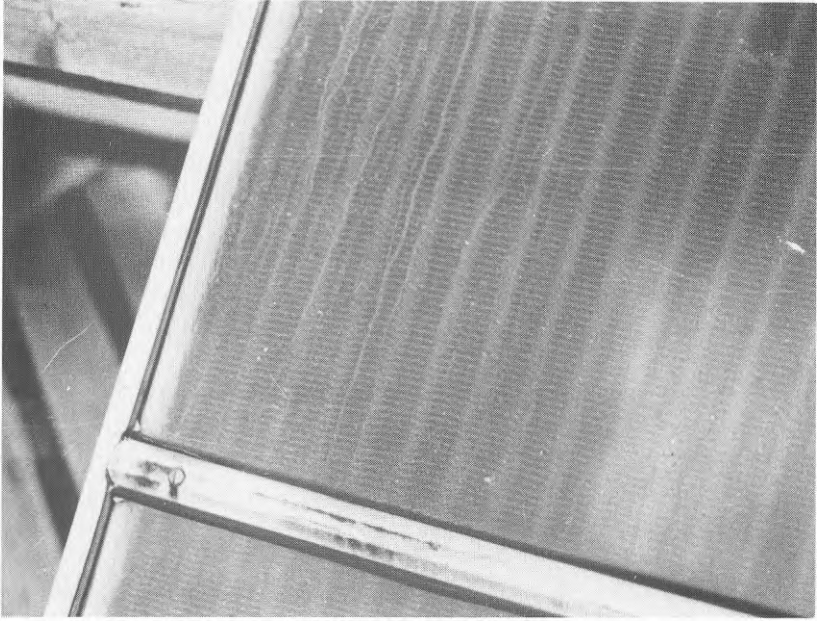
Täckskivan skall skydda absorbdatorytan mot väder och vind. Dessutom skall täckskivan vara transparent för solstrålning och ogenomskinlig för värmestrålning från absorbdatorytan. Både glas och plast används.

Trots att glasets egenskaper är väl kända har dess höga vikt, bräcklighet och relativt höga kostnad medfört att alternativa material såsom plaster används. Plasterna har den fördelen att de är lätta, hållbara mot spänningar och har relativt låg kostnad. Nackdelen är deras kemiska och fysikaliska stabilitetsproblem.

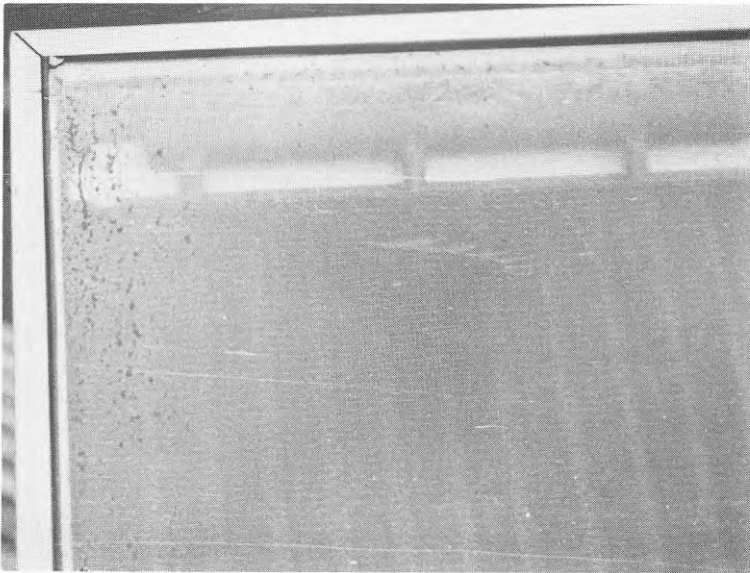
Förutom att täckskivans fysikaliska egenskaper med tiden kan försämrats, så kan exempelvis transmissionen försämrats av kondens (imbildning på insidan av täckskivan) eller av material i konstruktionen som förångats då solfångaren utsatts för höga temperaturer (t ex i samband med någon driftstörning i systemet) och som sedan kondenserat på insidan av täckskivan (outgassing).

Täckskivans tätning mot höljet är av avgörande betydelse för en solfångares livslängd. Gummilister, silikoner, olika fogmassor m fl material används. Faktorer såsom hållbarhet mot väderpåverkan, UV-strålning och höga temperaturer, mekaniska påkänningar till följd av termiska rörelser i solfångaren påverkar valet av tätningsmaterial.

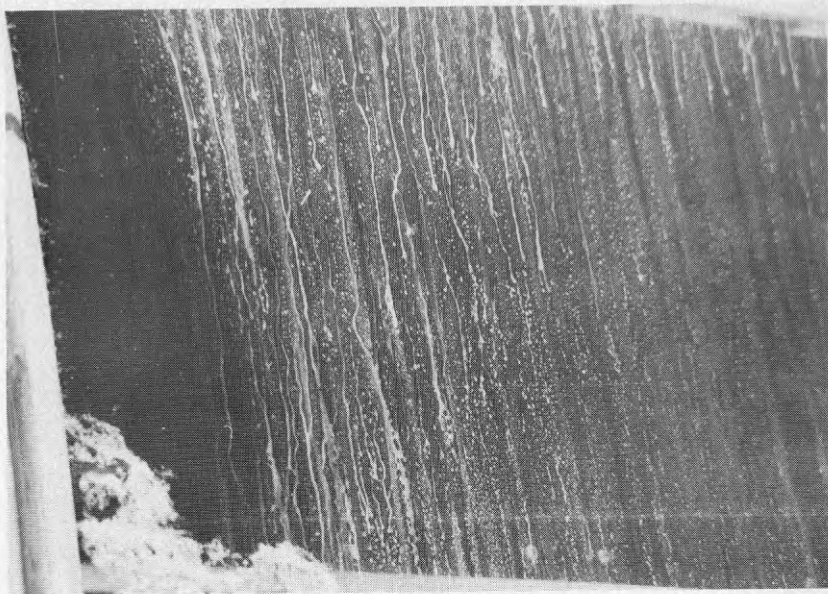
Spruckna glas observerades i fem anläggningar. I tre av anläggningarna hade glasen krossats i samband med monteringen. Höga stagnationstemperaturer hade orsakat spruckna glas i en anläggning som stått tom i närmare ett halvt år. Ett nedfallande flyghinderljus från en närbelägen skorsten hade i en anläggning krossat glaset på en solfångare. I ett flertal anläggningar kunde konstateras att täckskivor av glasfiberarmerad plast gulnat betydligt efter ca två års drift.



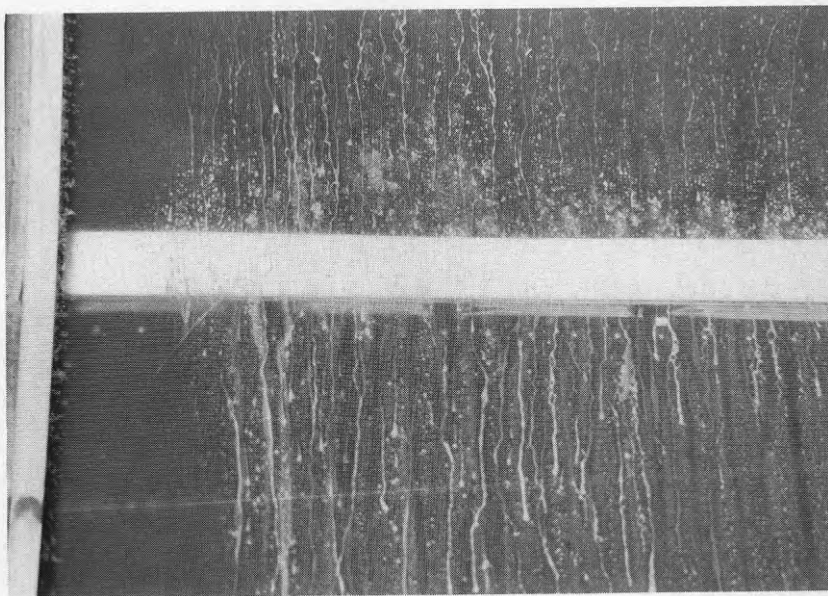
"Outgassing". Beläggning på insidan av täcksivan.



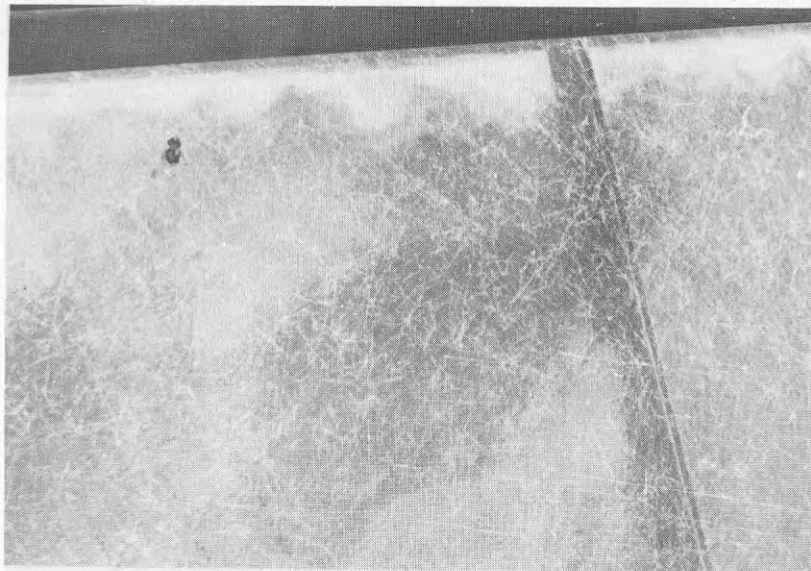
"Outgassing"



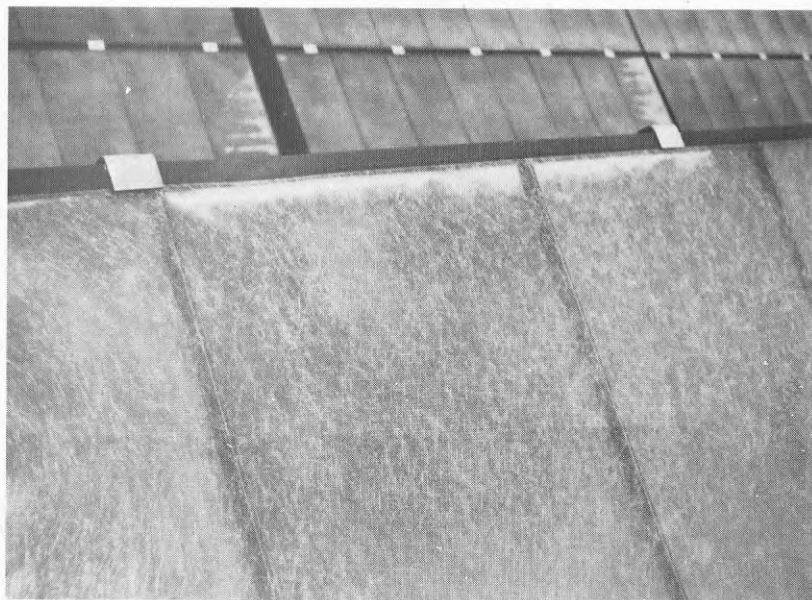
"Outgassing"



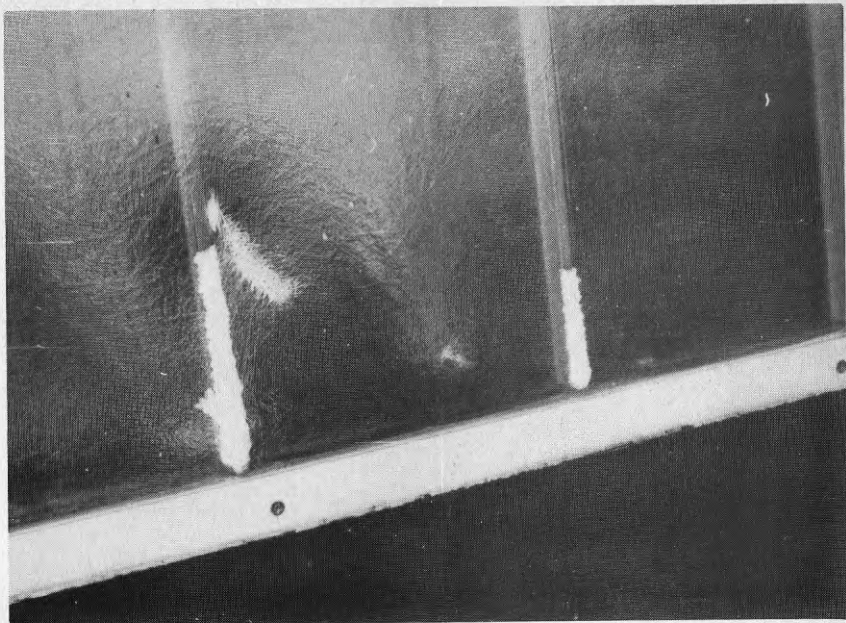
"Outgassing"



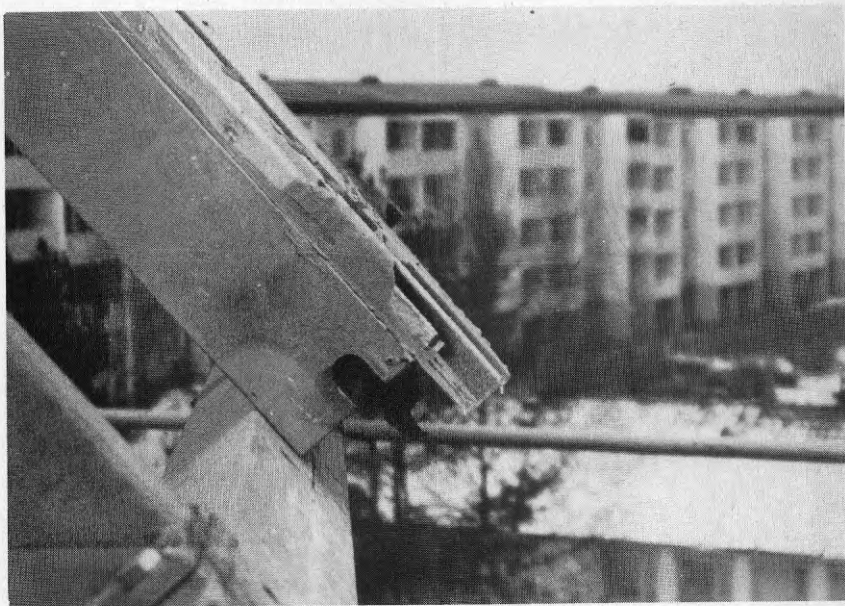
"Outgassing"



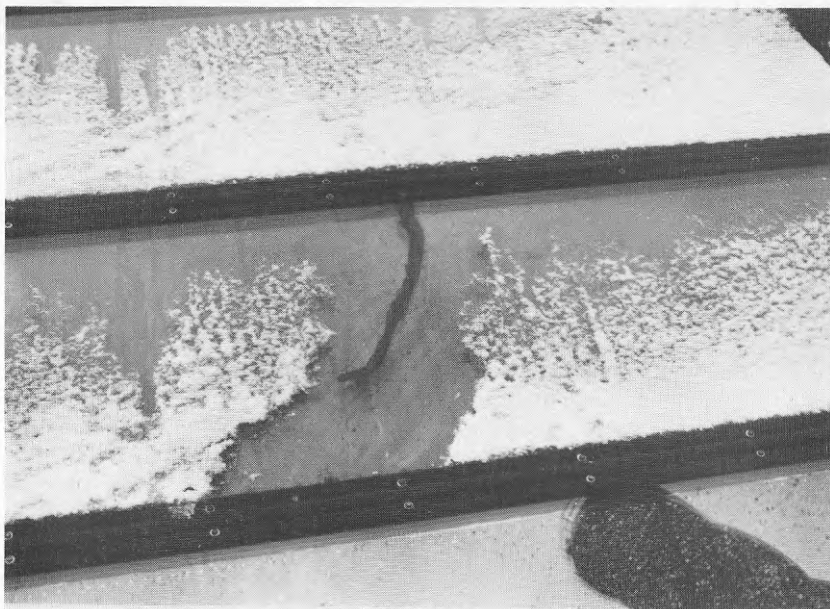
"Outgassing"



Stödlister på täckskena av plast som lossnat då täckskenan buktar kraftigt vid höga temperaturer i solfångaren.



Glas limmat på aluminiumlist har glidit ner eftersom limmet inte har klarat de höga temperaturer som solfångaren utsatts för.



Spricka i glaset som limmats



Spruckna glas

Av alla de komponenter en plan termisk solfångare är uppbyggd av, är kanske absorbatoren den komponent som utsätts för de största påfrestningarna. En typisk plan termisk solfångare innehåller en plan absorbatör med svart ytbeläggning, vilken absorberar diffus och direkt solstrålning som omvandlas till värme. Denna värme tillvaratas till en del av värmebäraren, som kan vara t ex vatten eller luft.

För att solfångaren skall få en hög verkningsgrad måste absorbatoren ha

- hög absorptans α för solstrålning
- låg termisk emissivitet ϵ för långvågig strålning
- hög termisk konduktivitet

Vad gäller hållbarhet måste absorbatoren tåla höga temperaturer och luftfuktighet, samt får ej reagera med värmebäraren. På grund av de stora temperaturvariationer som uppträder måste absorbatoren tåla ofta förekommande termisk utvidgning och sammandragning. Efter som absorbatoren är en del av transportsystemet för värmebäraren, innehåller den kopplingar, anslutningar fogar och skarvar som kan utsättas för korrosion och erosion.

Helt dominerande absorbatormaterial (substrat) är stål, galvaniserat stål, rostfritt stål, aluminium och koppar.

Om absorbatorns infästning är för stum kan den vid höga temperaturer bukta sig inåt mot isoleringen eller utåt mot täckskivan. Vid buktning utåt ökar värmeförlusterna och i värsta fall kan täckskivan krossas. Termiska rörelser kan också orsaka skador på kopplingar till övriga delar av systemet med läckage som följd.

Inre korrosion i rör och kanaler för värmebärare kunde ej noteras, men problem av detta slag torde dyka upp i vissa anläggningar i framtiden.

Yttre korrosion drabbar de flesta absorbatormaterial när de utsätts för fukt, luftföroreningar eller vissa outgassingprodukter från isoleringen. Den sistnämnda orsaken kan elimineras genom att avskärma isoleringen från absorbatoren med t ex aluminiumfolie.

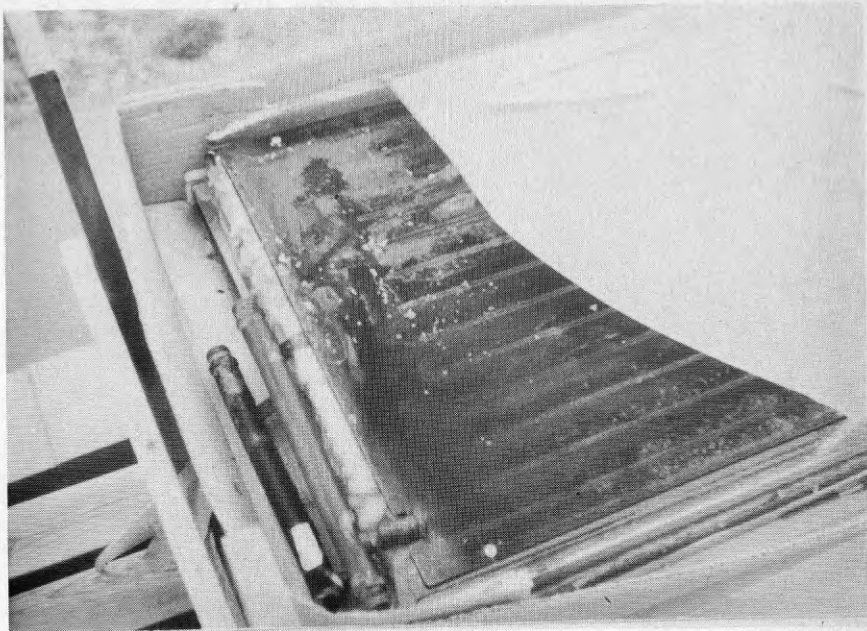
Korrosion konstaterades på absorbatörer av stål, galvaniserat stål och koppar.

I en anläggning kopplad till värmepump hade samtliga solfångare med svartmålade stålabsorbatorer bytts ut strax innan besiktningstillfället. De utbytta solfångarna var kraftigt rostangripna redan efter ett års drift. Flera orsaker torde ha samverkat härtill:

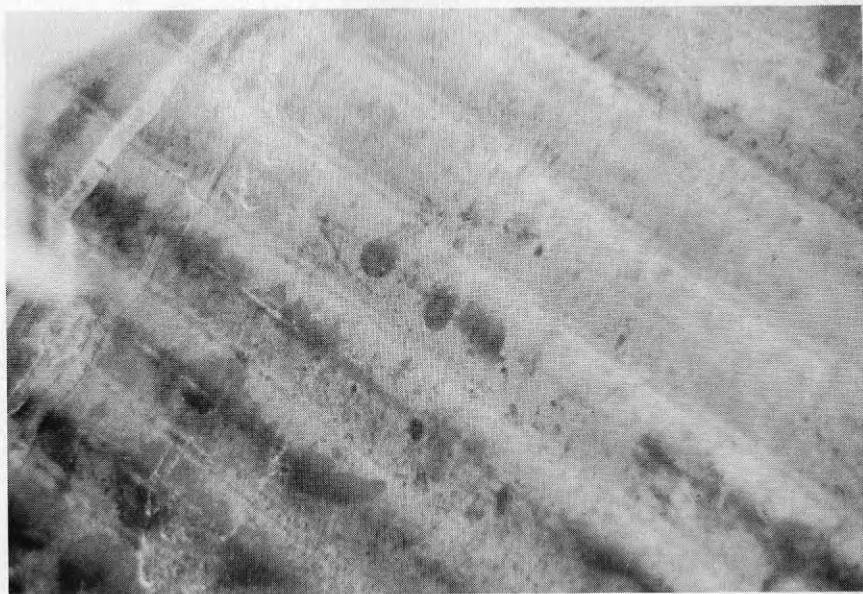
- 1 I systemet ingår värmepump, vilket medför att temperaturen på vattnet som går in i solfångarna är låg. Detta leder till att kondensation inträffar på absorbatorerna
- 2 Solfångarna ventileras med luft från vindsutrymmet. Varm fuktig luft strömmar in i solfångarna nertill och fukten faller ut som kondens på de kalla absorbatorerna
- 3 Systemet ligger nära kusten, varför luften tidvis har en viss halt av natriumklorid. Kloridjoner är kraftigt korrosionsbefrämjande
- 4 Systemet ligger i ett område med tät bebyggelse och industrier som släpper ut allehanda luftföroreningar, bl a svaveldioxid, som är kraftigt korrosionsbefrämjande i kombination med fukt

I en anläggning där solfångarnas absorbatorer bestod av förzinkat stål med selektiv beläggning, kunde kraftig vitblemma konstateras. Korrosionsprodukterna bestående av zinkföreningar hade till stora delar "lyft upp" och förstört det selektiva skiktet.

I anläggningar med solfångare med selektiva kopparabsorbatorer kunde begynnande korrosion noteras i framförallt nedre kanter, men även övriga sidokanter var delvis utsatta för korrosionsangrepp. Den primära orsaken torde vara fukt plus luftföroreningar.



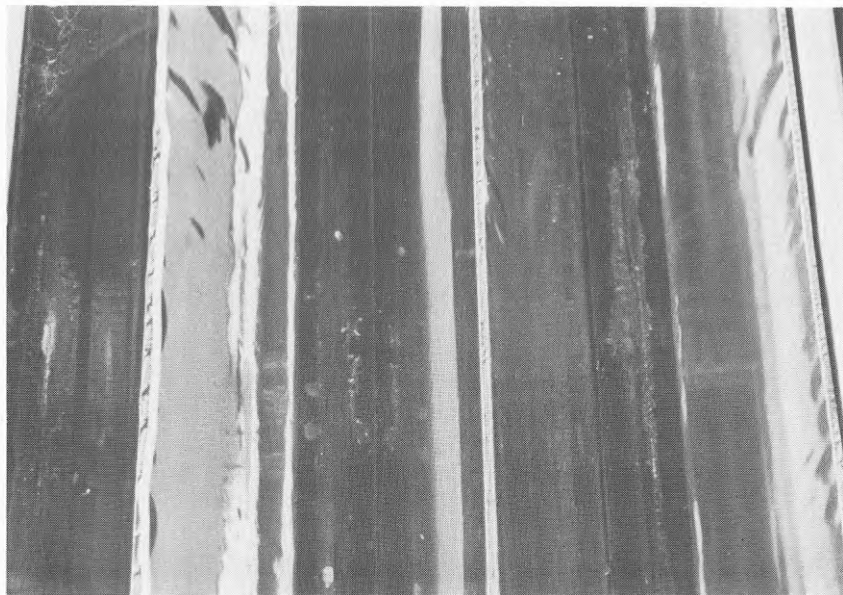
Nedmonterad solfångare som varit i drift ca 1 år.
Absorbatorn är svårt angripen av korrosion.



Förzinkad stålabsorbator med selektiv beläggning. Omfattande vitblemma har förstört det selektiva skiktet. Dessutom rinnmärken från läckage.



Solfångare med absorbator av koppar. Korrosionsangrepp på absorbatorns nedre kant.



Semifokuserande solfångare. Korrosionsangrepp på samtliga absorbatorer.

Syftet med absorbatorns ytbehandling är att öka absorptansen α och när det gäller selektiva beläggningar, att minska den termiska emissiviteten ϵ . Alla orsaker som kan försämra dessa egenskaper måste nogta beaktas.

Beläggningsen kan vara antingen selektiv eller icke-selektiv. I lågtemperatursystem fungerar bägge typerna tillfredsställande. Maximala stagnationstemperaturen för icke-selektiva skikt är sällan högre än 150 C, och för selektiva skikt i sällsynta fall över 200 C. Icke-selektiva skikt är billigare att framställa och mer hållbara än selektiva. Den högre verkningsgrad som erhålls med selektiv beläggning kompenserar dock mer än väl den högre kostnaden.

För icke-selektiva beläggningar är förhållandet mellan α och ϵ ungefär lika med 1, och för selektiva skikt är kvoten större än 1. En selektiv beläggning har hög absorptans α över solspektrum (0,3 - 2,0 μm) med låg termisk emissivitet ϵ för att minska värmeutstrålningen.

5.1 Icke-selektiva beläggningar

Icke-selektiva beläggningar är av tre slag: färger, emaljer och metalliserade skikt.

Färger har god väderbeständighet, men sämre mekanisk hållbarhet. Egenskaper som vidhäftning och nötningshållfasthet behöver förbättras. Vid besiktningarna kunde konstateras att avflagnings och krackelering ofta förekom vid absorbatorens hörn och nedre kanter.

Emaljer har bra beständighet mot höga temperaturer och lång livslängd, men framställningen är något komplicerad.

5.2 Selektiva beläggningar

Vanliga selektiva beläggningar är black chrome och black nickel. Koppar (I) oxid och järnoxid är mindre vanliga på svenska marknaden. Nackdelar som selektiva skikt har är att

- de kräver antireflexbehandling
- långtidshållbarheten är vanligen dålig. Undantag finns.

Antireflexbehandling behövs beroende på att många selektiva skikt har hög absorptans α , vilket orsakar högt komplext brytningsindex, och därför hög Fresnel

reflexion vid solstrålningens våglängder. Detta fenomen motverkas av antireflexbehandling som kopplar systemets brytningsindex till luft (eller vakuum för evakuerade solfångare).

Hållbarheten hos de flesta selektiva skikt är beroende av foto-oxidationsprocesser vid absorbatrorsubstratet, processer som accelereras av fukt och luftföroreningar.

5.3 Problem

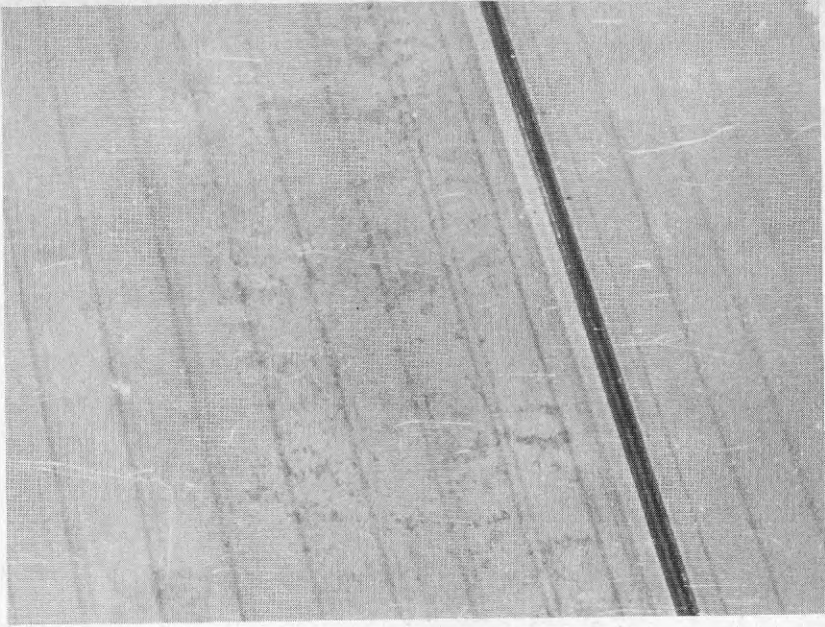
Nedbrytning av ytbeläggningar har många orsaker och tar sig många uttryck. Beroende på det stora antalet ytbehandlingsmaterial som förekommer går det ej att definiera problemen generellt.

Brister vid applicering av selektiva skikt på aluminiumsubstrat noterades vid en ny större anläggning. Orsaken är inte utredd, men väderfaktorer och driftsförhållanden kan uteslutas. Millimeterstora till enstaka centimeterstora fläckar av frilagt aluminium fanns på ett stort antal absorbatrorer. Detta kan ha orsakats av bristfällig rengöring och förbehandling av aluminiumsubstratet före applicering av det selektiva skiktet.

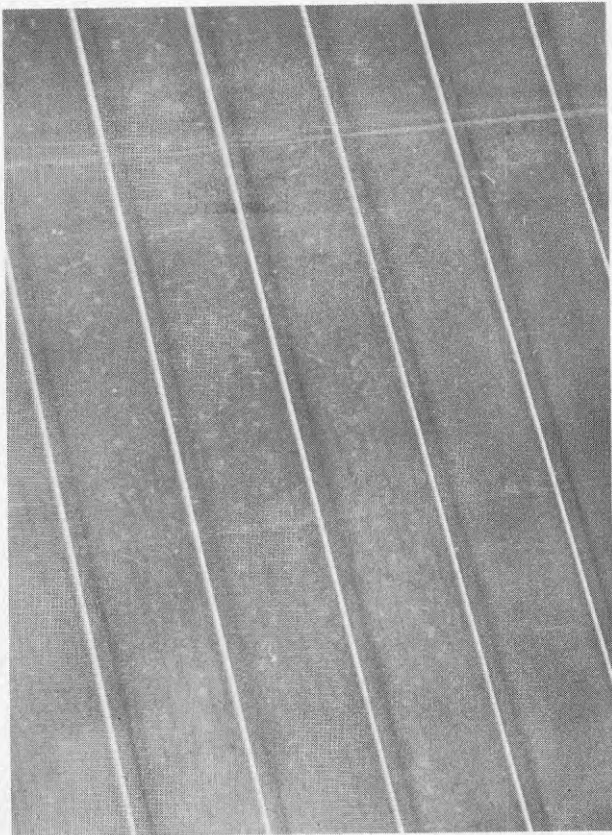
I samma anläggning hade många absorbatrorer flera repor från mekanisk påverkan, så att aluminiets frilagts. Dessa repor torde ha uppstått på grund av ovarsam montering av absorbatrorerna i solfångarna.

Missfärgning och flammighet hos selektiva absorbatrorer tar sig olika uttryck och kan vara tecken på begynnande nedbrytningsprocesser, men i vad mån det påverkar absorptans och emissivitet är ej utrett. De selektiva skikten är så tunna att en varierande skiktjocklek kan ge upphov till interferensfenomen som förmodligen ej påverkar de selektiva egenskaperna i någon större utsträckning.

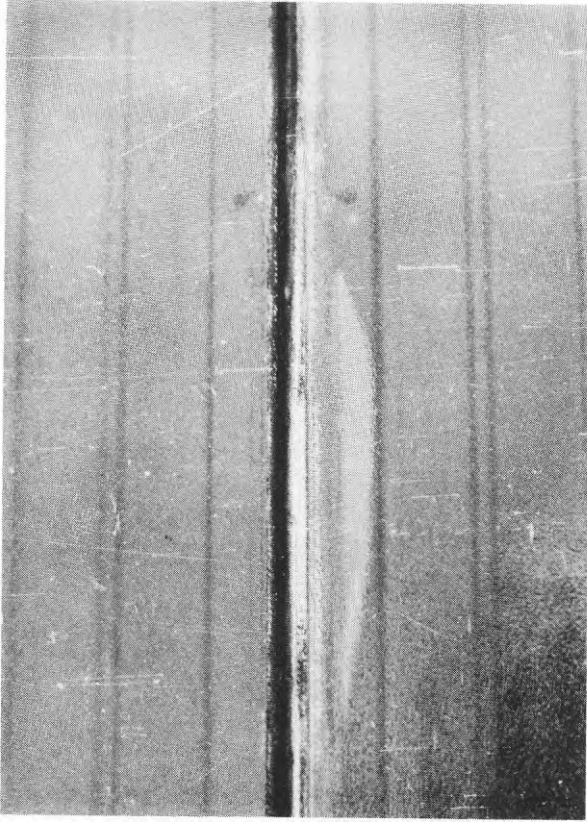
Vissa icke-selektiva skikt bleknar eller blir gråaktiga inom några år. Vissa selektiva skikt kan också blekna, eller få ojämn färgfördelning över absorbatrorer, och i några fall kunde en rad färger observeras.



Svartmålade stålabsorbatorer. Färgappliceringen har gett ett fläckigt resultat på vänster solfångare.



Stålabsorbator med selektiv beläggning av black-chrome. Begynnande korrosionsangrepp med blåsbildning som följd.



Ofullständigt svartmålad stålabsorbator till höger.
Primern lyser igenom.

Isoleringsmaterial används i solfångare för att minska värmeförlusterna bakåt och åt sidorna. Oftast skyddas isoleringen för väder och vind av ett omgivande hölje. De klimatfaktorer som ställer de största kraven på isoleringsmaterialets egenskaper är temperaturen och fukten i solfångarkonstruktionen.

Både mineralull (glasull och stenull) och cellplast (PUR och PIR) används.

6.1 Outgassing

Vid "höga" temperaturer förångas produkter i isoleringsmaterialet. Dessa kan sedan kondensera på kalla ytor i solfångarkonstruktionen, t ex insidan av täckskivan eller på absorptorplåten. Därmed kan täckskivans transmission respektive absorptorbeläggnings absorption försämrast.

De produkter som vanligtvis orsakar outgassing är bindemedlet mellan fibrerna i mineralull eller drivgasen i cellplaster.

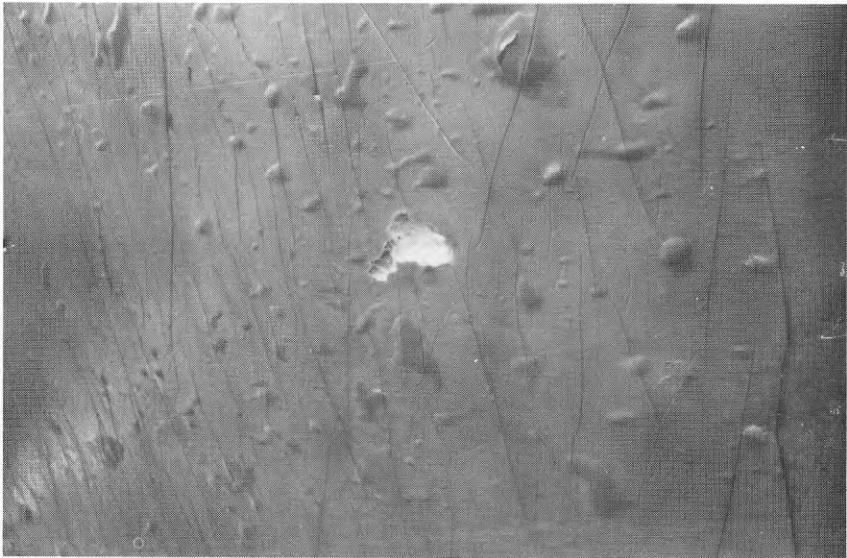


"Outgassing". (Beläggning på insidan av täckskivan).

6.2 Temperaturbeständighet

Isoleringsmaterialens högsta användningstemperatur varierar mellan ca 70 °C och ca 200 °C. Mineralullsprodukterna är ofta plastbundna, vilket gör att mineralullen inte tål så hög temperatur som det oorganiska fibermaterialet. Högsta rekommenderade användningstemperatur för mineralullsprodukter anges till 200 °C.

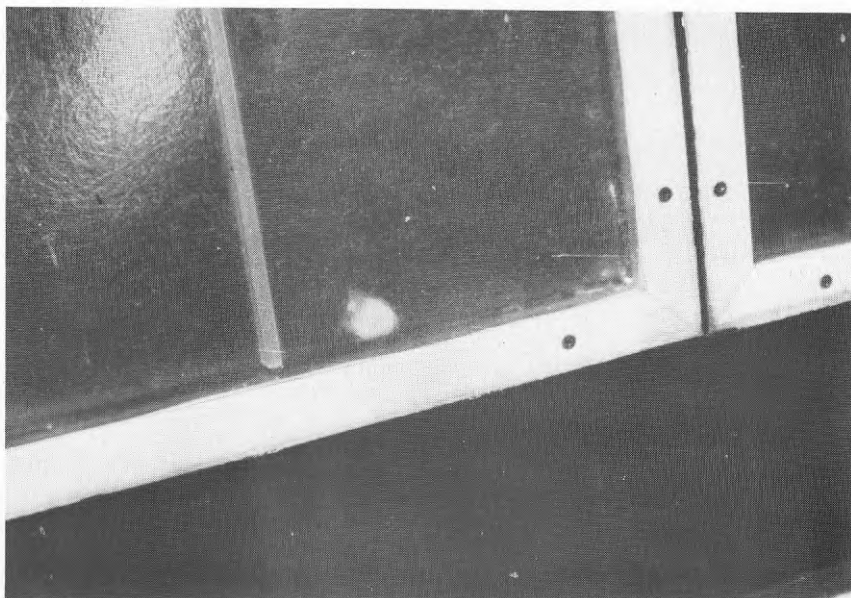
De vanligast förekommande cellplasterna i solfångarkonstruktioner är polyuretancellplast (PUR) och polyisocyanuratcellplast (PIR). För dessa varierar den högsta användningstemperaturen mellan 100 och 150 °C. Vid höga temperaturer sker en brun missfärgning och försprödning av cellplasten, vilket nedsätter ytans mekaniska stabilitet. Dessutom kan en viss blåsbildning på ytan uppträda, vilken beror på att den gas som finns innesluten i cellerna expanderar och tränger ut mot ytan.



Omfattande blåsbildning och missfärgning av isolering. Solfångare, med isolering av polyuretanskum, oskyddad på baksidan, monterade i ställning på plant tak.



Kantisolering (polyuretan med aluminiumfolie) som lossnat till följd av temperaturrörelser i solfångarkonstruktionen.

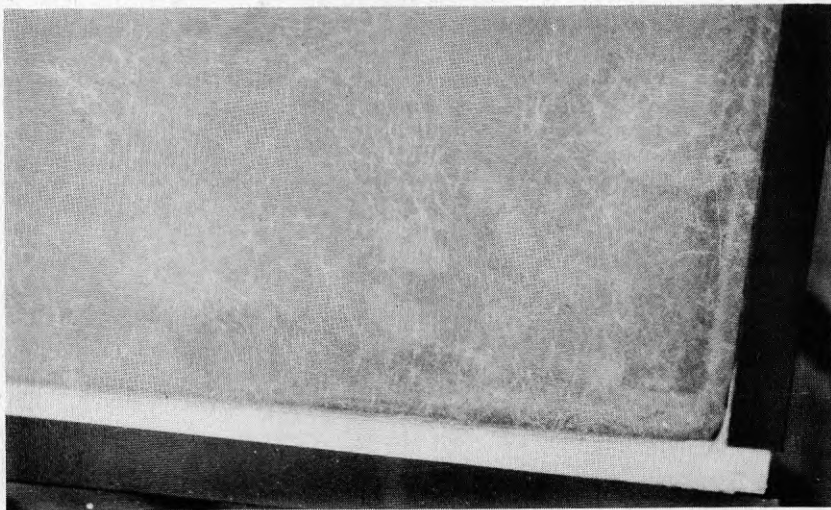


Kantisolering som lossnat och ramlat ner i solfångaren.

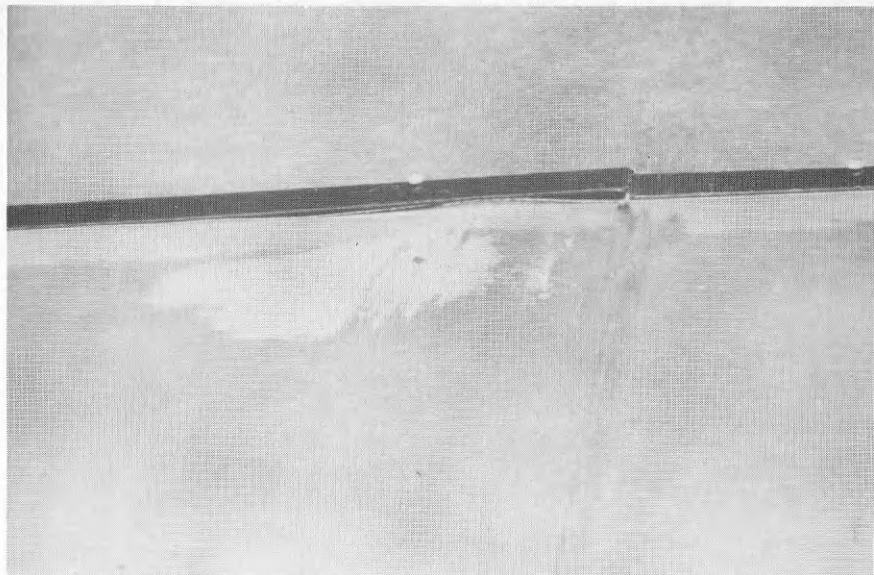
Listernas uppgift är att hålla täckskivan på plats och åstadkomma en tät förslutning mellan täckskivan och höljet.

Höljet är "behållare" för solfångarens komponenter. Tillsammans skall hölje och täckskiva skydda absorberator och isolering från nederbörd, dammpartiklar och vindpåverkan. Lister och höljen är vanligen tillverkade av

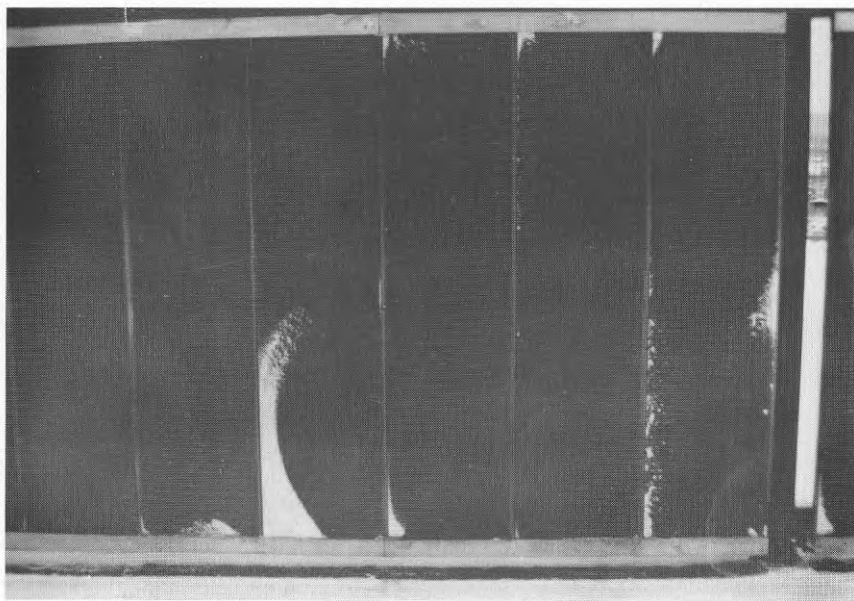
- målat stål
- galvaniserat stål
- målat galvaniserat stål
- aluminium
- hårdplast



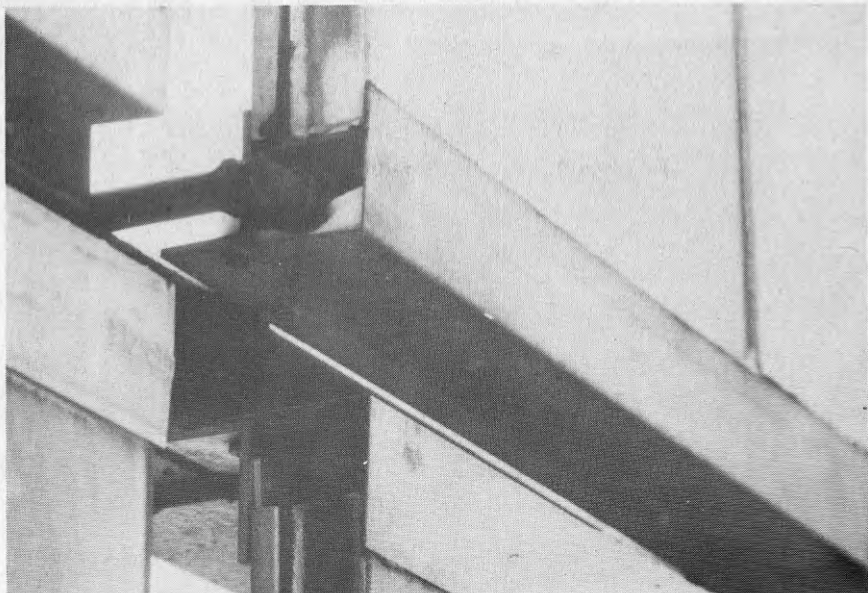
Klämlister som skall hålla täckskivan på plats har lossnat.



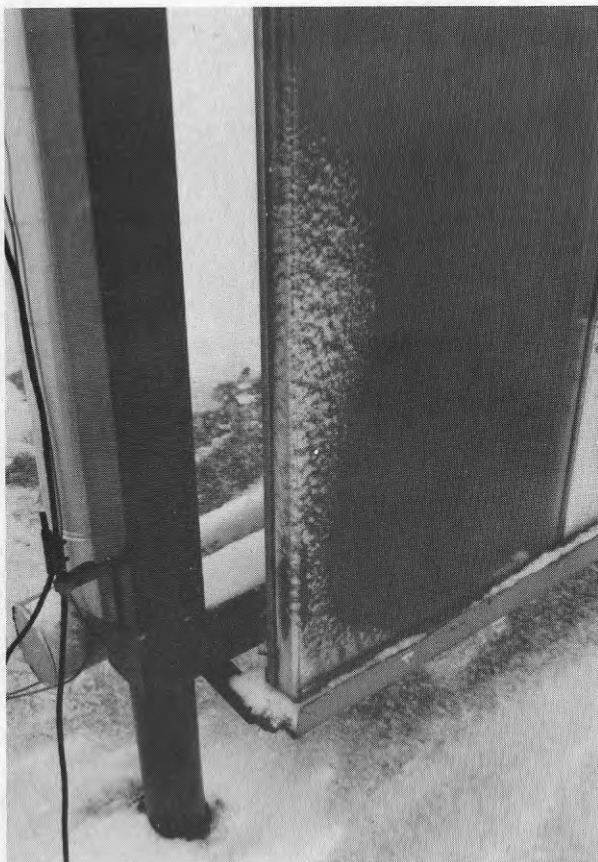
List mellan solfångarna har lossnat.



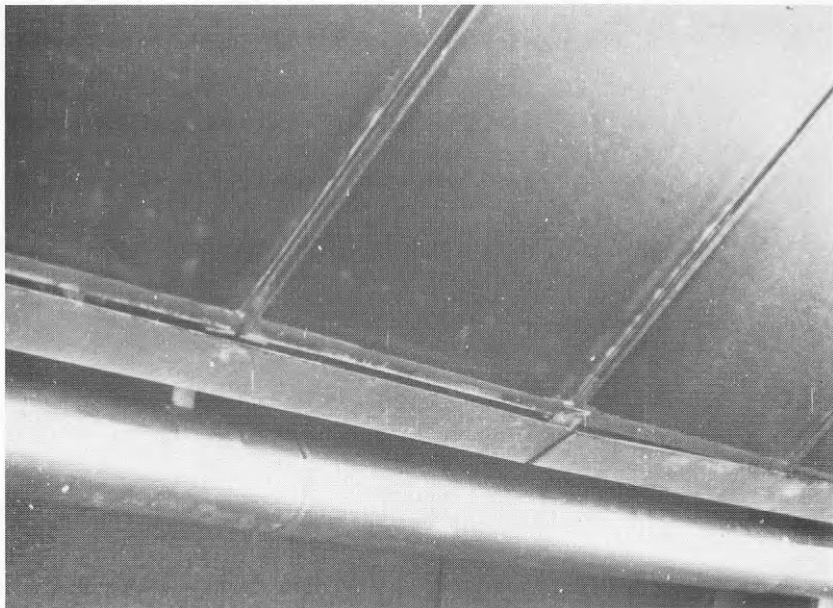
Övre och nedre aluminiumlister har lossnat. Snö har blåst in i solfångarna.



Hörnbeslag saknas.



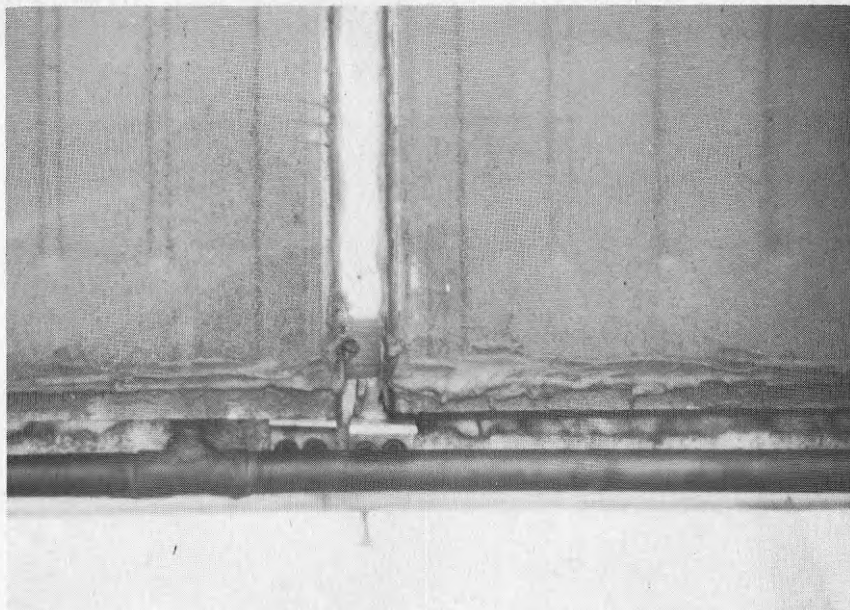
Nedre aluminium-
list har lossnat och
hörnbeslag saknas,
varför snö kan blåsa
in från två håll.



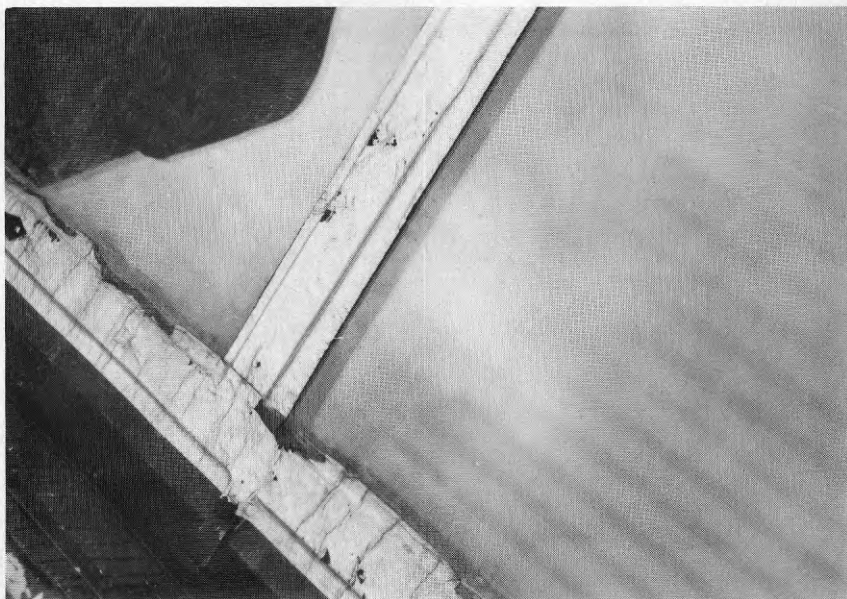
Nedre aluminiumlister har lossnat på grund av att det använda polyakrylatlimmet har dålig väderbeständighet.



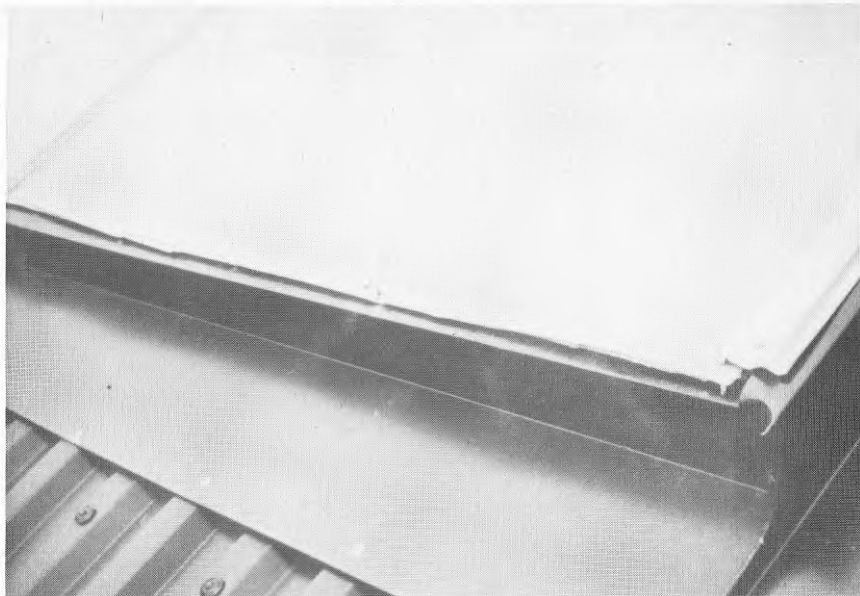
Nedre lister av förzinkat stål har börjat korrodera. I vänster solfångare har en högt placerad distanskloss mellan täckskena och absorptor lossnat och fallit ner på en lägre placerad distanskloss.



Nedre täcklist har lossnat helt. Höger solfångare har dessutom glidit åt sidan.



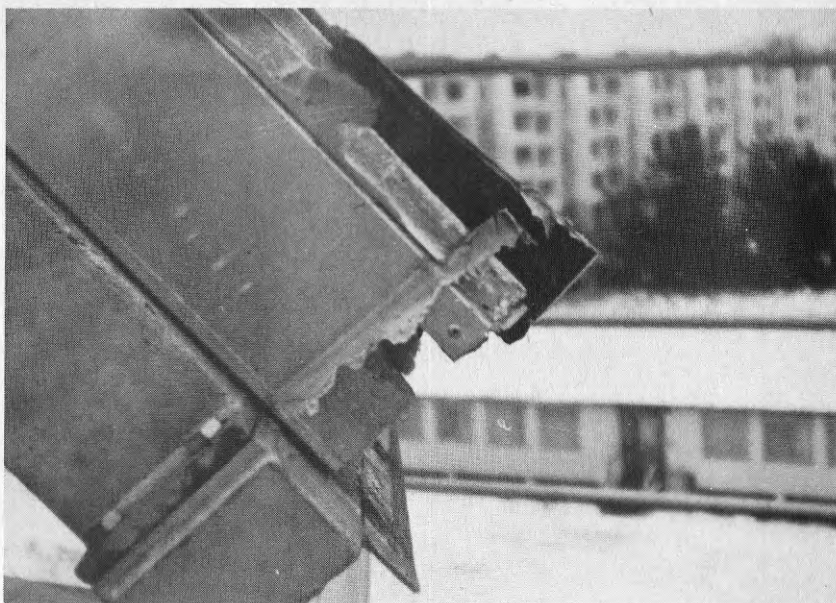
Solfångare med dubbla täcksivor. Den ursprungliga tätningen mellan solfångarna består av en aluminiumlist med silikon som pressats mot yttre täcksivorna med skruvförband. Efter det att läckage konstaterats applicerades aluminiumfolie med lim av bitumentyp. Aluminiumfolien har trasats sönder av framför allt snölast.



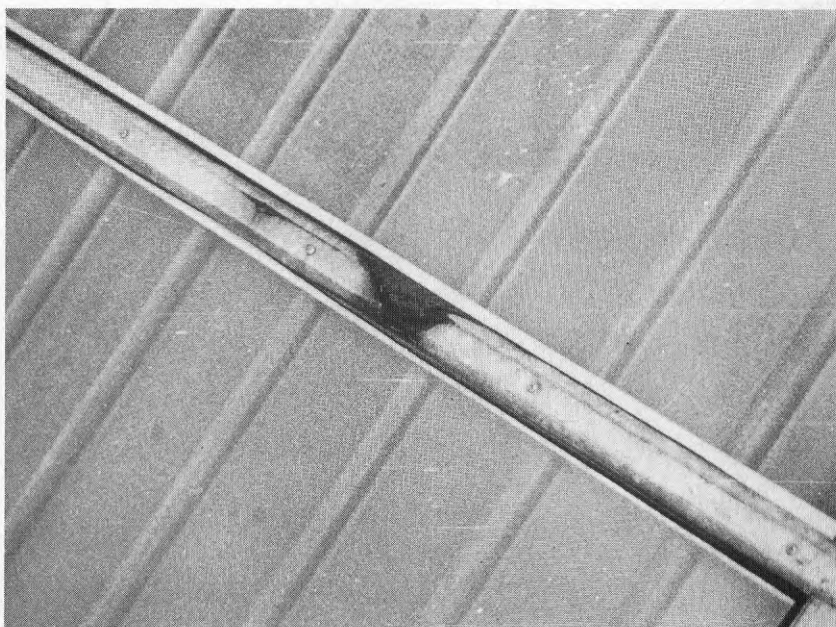
Täckskiva av glasfiberarmerad polyester har lossnat ner-till. Den var ursprungligen tätad med enbart textiltape.



I ett försök att förbättra tätningen mellan täckskiva och låda har textiltape använts. Dessutom förekommer kondens på täckskivans insida.



Nedre hörnbeslag har lossnat.

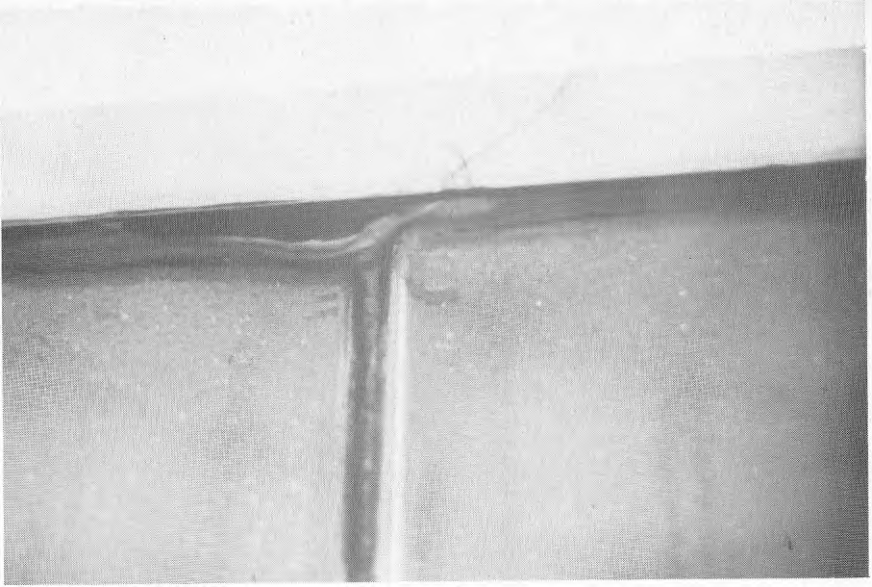


Korrosionsangrepp på galvad täcklist.

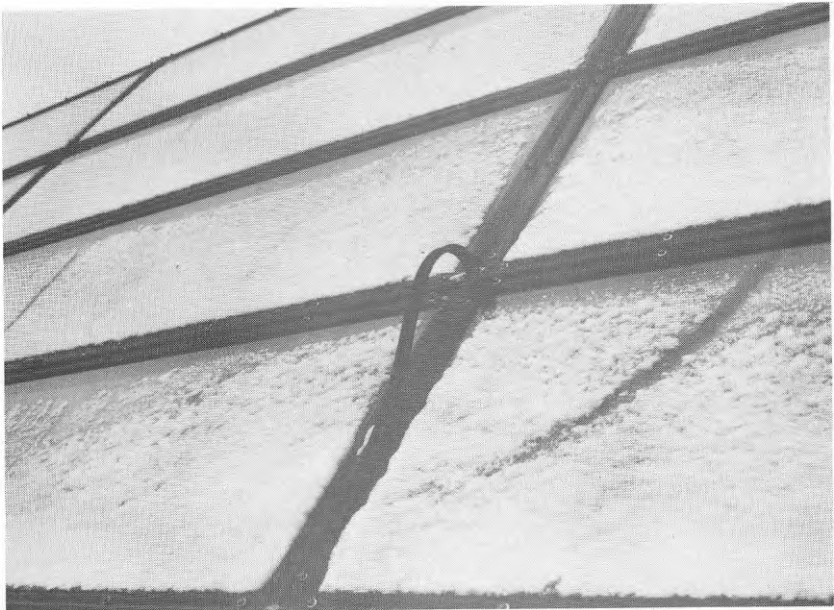
Mellan tätningslister, täckskiva och/eller hölje används vanligen någon form av tätningsmassa eller packning, eller båggedera. Avsikten är naturligtvis att åstadkomma en så effektiv tätning som möjligt, så att absorptor och isolering skyddas från väderfaktorernas inverkan och för att begränsa värmeförlusterna. Men problemen är många, och här skall några nämnas.

Kemiskt sönderfall kan orsakas av bl a solljus, höga temperaturer, fukt och luftföroreningar. Ofta samverkar flera av dessa faktorer. Vid flera anläggningar hade redan efter ett par år sönderfallet framskridit så långt att delar av tätningarna helt avlägsnats, med läckage som följd.

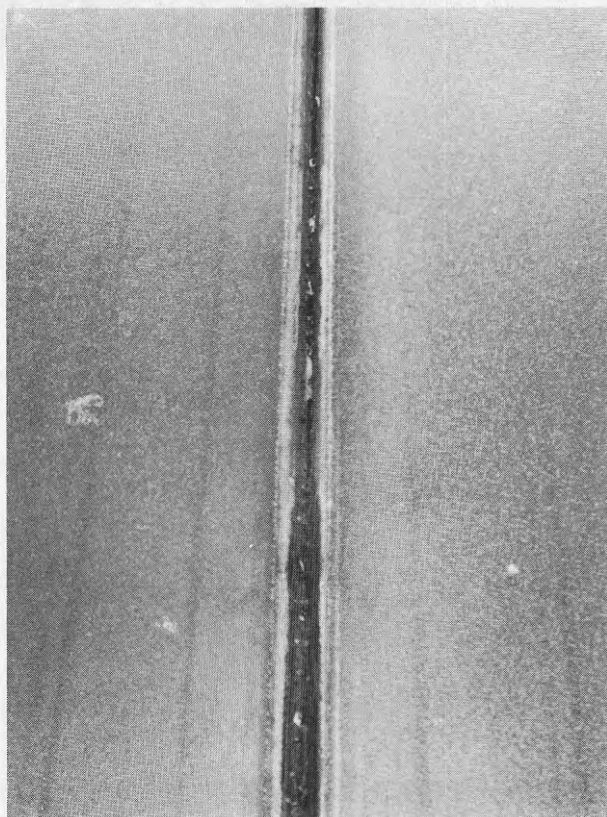
Dålig vidhäftning kan orsakas av kemiskt sönderfall, bristfällig applicering eller båggedera. Felaktigt materialval och dålig förbehandling orsakar också problem.



Fogmassan mellan list och täckskena har släppt.



Gummipackning mellan solfångare har lossnat.



Solfångare som integrerats med takkonstruktionen. Tätningsmassan mellan solfångarna har åldrats och delvis tvättats bort.

9 VÄRMEBÄRARE

Som värmebärare i solvärmesystem används för närvarande oftast vatten eller luft. Allra vanligast är vatten med någon fryspunktsnedsättande tillsats.

9.1 Frysning

I vissa system dräneras vattnet i solfångarna när pumpen stannar eller då frysrisk föreligger. I flera system har dock dräneringen inte varit tillräckligt effektiv, utan att en mindre mängd vatten trots allt blivit kvarstående i solfångaren, med igenfrysning av rör och i något fall läckage som följd.

Det vanligaste frysskyddet är glykol (både propylen- och etylenglykol förekommer). I något fall har problem med skiktning mellan glykol och vatten påtalats. Detta kan dock undvikas genom en ordentlig omblandning i ett separat kärl innan systemet fylls upp.

9.2 Kokning

Kokning med resulterande tryckökning och vibration, kan orsaka betydande skador om inte systemet försetts med tillräckliga expansionsmöjligheter och fungerande säkerhetsventiler.

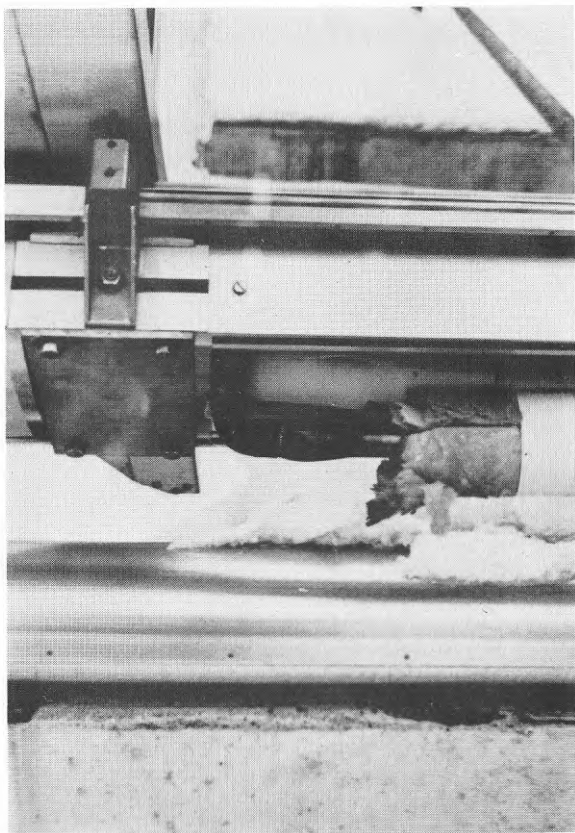
9.3 Korrosion

I solvärmesystem används huvudsakligen följande metalliska material: stål, förzinkat stål, gjutjärn, koppar, olika typer av mässing samt i mindre omfattning rostfritt stål, aluminium och brons. Alla kan angripas av korrosion, beroende på systemets konstruktion samt typ av värmebärare. I vattenlösningar måste halten lösta kemikalier, tungmetalljoner samt pH kontrolleras. Se tabell 5.

Genom tillsats av lämpliga korrosionsinhibitorer kan korrosionshastigheten nedbringas väsentligt. Det är dock viktigt att halten korrosionsinhibitor kontrolleras med vissa tidsmellanrum, eftersom för låg inhibitorhalt ibland är skadligare än ingen inhibitor alls. Se tabell 6 och 7.

I princip korroderar järn och stål i helt rent, salt- och syrefritt vatten så långsamt, att deras livslängd är tillräckligt lång i alla praktiska fall. Även de bästa hushållsvatten är emellertid långtifrån rena, eftersom de innehåller olika salter samt syre och koldioxid från luften. Vid bedömning av vattnets kor-

rosivitet är dess kalciumhalt eller permanenta hårdhet, av stor betydelse. Mjukt vatten är mer korroderande än hårt vatten. Kalk avskiljer sig från hårt vatten, framförallt vid höga temperaturer, och avlagras sig på rörväggar varvid kalkskiktet hindrar korrosion.



Frysskada i fördelarrör.

I ett flertal anläggningar kunde det konstateras att slarvigt utförda och kontrollerade installationer hade medfört problem som allvarligt hotade hela solvärme-systemets livslängd. I vissa fall saknades nödvändiga täckplåtar och tätningar i solfångare, vilket exempelvis fick till följd att snö kunde blåsa in i solfångaren vintertid.

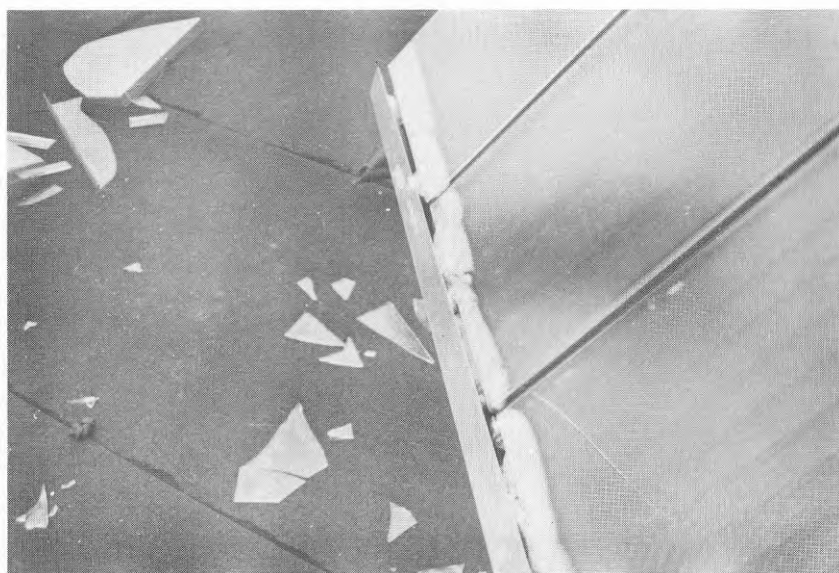
Höga stagnationstemperaturer i samband med installationen har orsakat skador på solfångare i ett flertal anläggningar. I vissa fall har solfångarna fått stå tomma och utan kylning i upptill tre månader. De höga temperaturerna och de stora temperaturväxlingarna har orsakat spruckna glas, plaster som smält, svåra "outgassing"-problem, läckage i rörkopplingar m m. Endast i två anläggningar hade solfångarna täckts, vilket är nödvändigt vid långa stilleståndsperioder om inte solfångarnas livslängd och prestanda skall äventyras.

Ett annat vanligt problem var ojämn flödesfördelning mellan solfångarna, varvid de fått arbeta vid onormala arbetstemperaturer och inte utnyttjats optimalt. Speciellt vid sk dränerade system har detta varit ett problem. Då systemen dräneras och återfylls rubbas fördelningen av flödet, varvid de ojämna flödena ger upphov till större värmeförluster i vissa solfångargrupper.

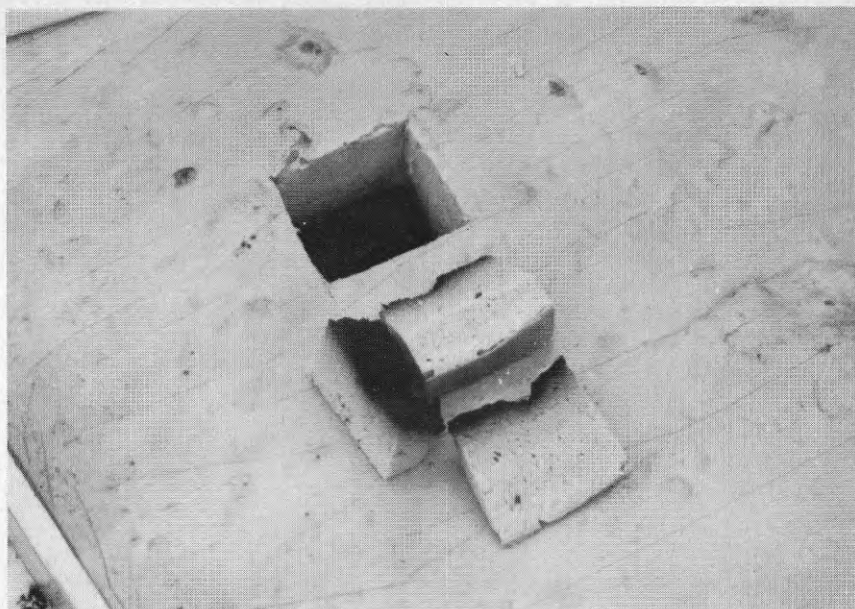
Vidare har det kunnat konstateras att anläggningarna ofta är behäftade med vissa igångkörningsproblem på grund av att solfångarna och systemet kring dem upplevs som en ny och oprövad teknik, samt att tillräcklig kunskap om systemen med dess optimeringsproblem såsom klimat, påfrestning och ojämn värmetillgång ofta saknas. Detta är i första hand ett problem för installatören och bör vara lösbart genom att större vikt läggs vid utbildning och information samt att speciella program för injusterings och funktionskontroll utarbetas.



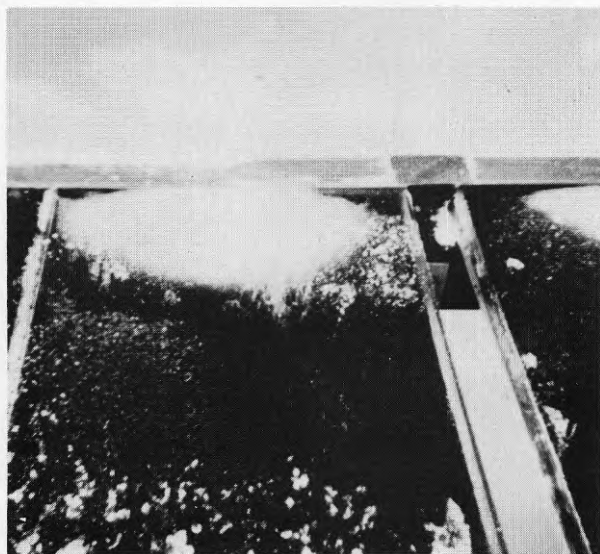
Felaktig placering av temperaturgivare



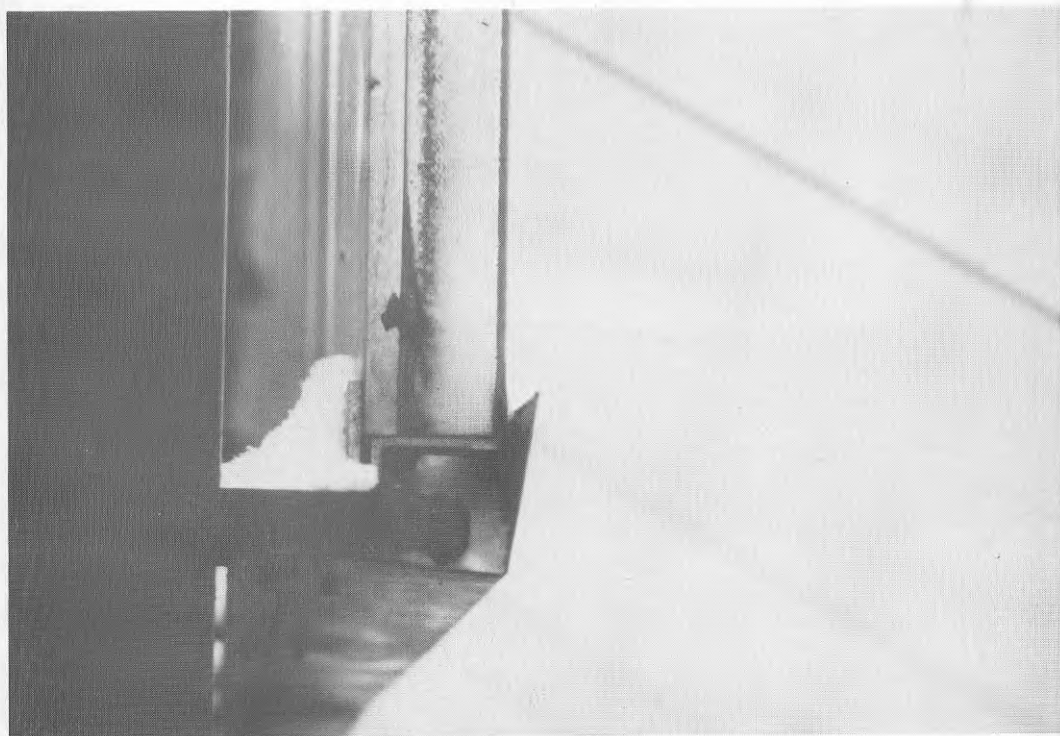
Täckplåten ej fastlimmad mot glaset



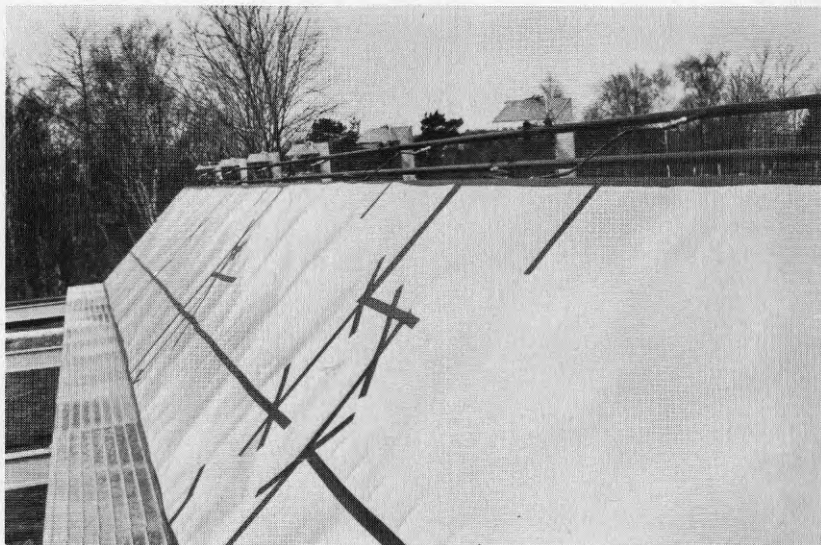
Polyuretanskumisolering som blivit svartbränd då isoleringen är i direktkontakt med absorptorplåten. Solfångaren har utsatts för höga temperaturer vid solinstrålning och driftstörningar i systemet.



Snö och is i otäta solfångare.



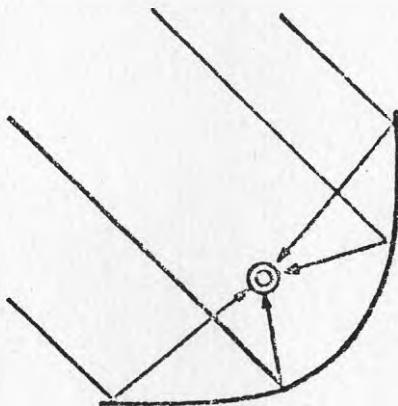
Täckplåt saknas i hörnen, vilket fått till följd
att snö blåst in i solfångaren



Solfångare som täckts för att förhindra skador på grund av höga stagnationstemperaturer.

11 SPECIELLA SOLFÅNGARTYPER

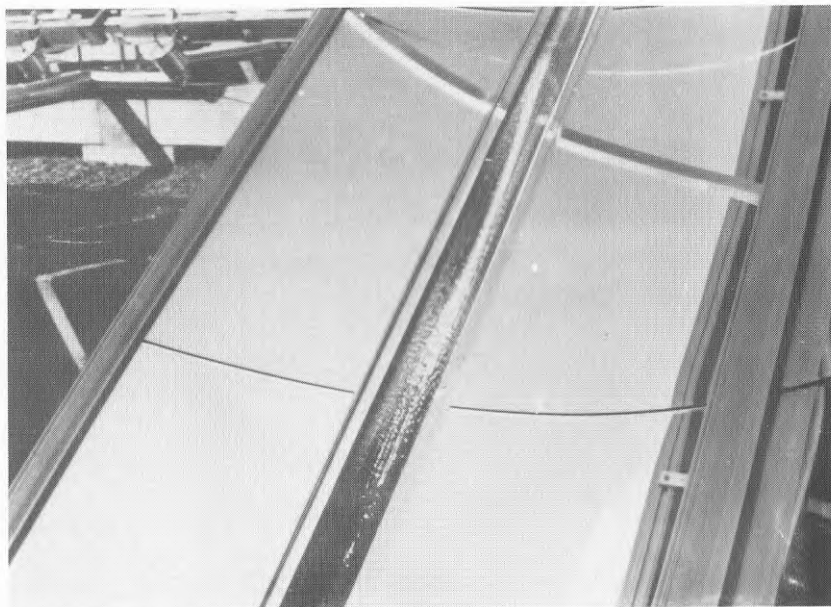
Denna undersökning avser främst plana termiska solfångare, eftersom dessa utan motstycke är vanligast i Sverige. Dock finns en större anläggning i Sverige där rörliga koncentrerande solfångare utnyttjas. Paraboliskt böjda glasspeglar inspända i en aluminiumkonstruktion bildar en reflekterande yta som koncentrerar solljuset mot ett absorbatorrör. För att minska värmeförlusterna från absorbatorröret är detta omgivet av ett glasrör. Principen framgår av figur .



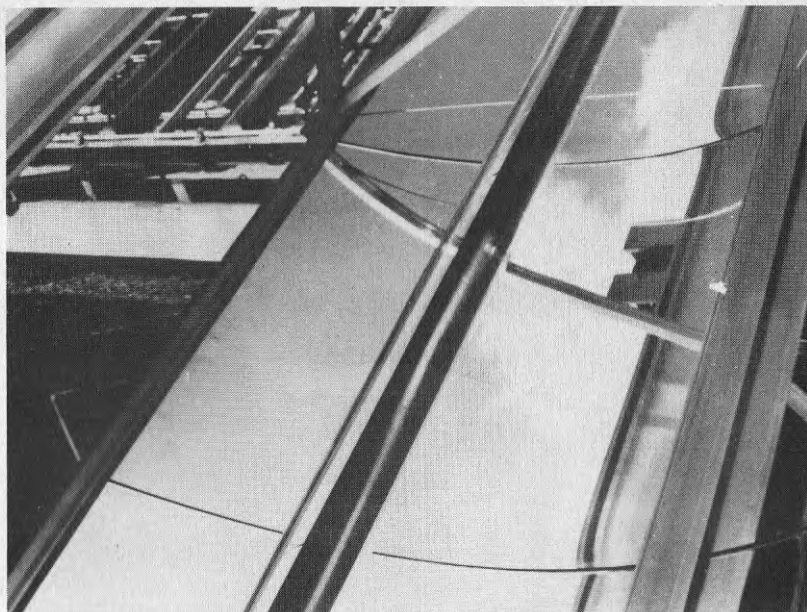
Med hjälp av elektronisk reglerutrustning ställer de paraboliska spegelrännorna in sig vinkelrätt mot det infallande solljuset.

Bland problem som förekommit med själva solfångarna kan följande noteras:

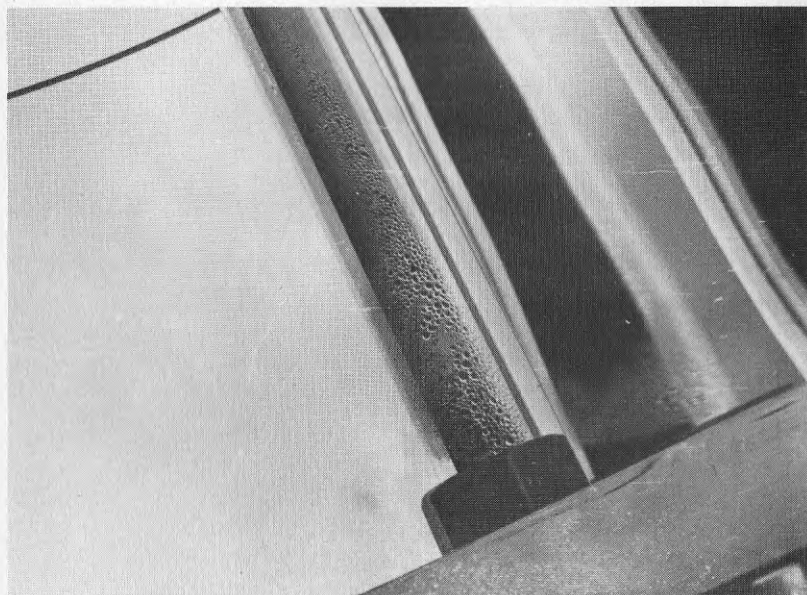
- många av absorbatorrörens selektiva beläggningar bleknade fläckvis efter en kort tid. Orsaken uppgavs av tillverkaren vara fabrikationsfel, varför de byttes
- flera absorbatorrör ligger ej mitt i omgivande glasrör
- alla solfångare ställer ej in sig exakt vinkelrätt mot det infallande solljuset, vilket avsevärt minskar verkningsgraden. Intrimning av reglersystemet har förbättrat resultatet, men torde behöva upp-
repas kanske varje eller vartannat år
- pollen och damm lägger sig på speglarna, varför de torde behöva tvättas årligen



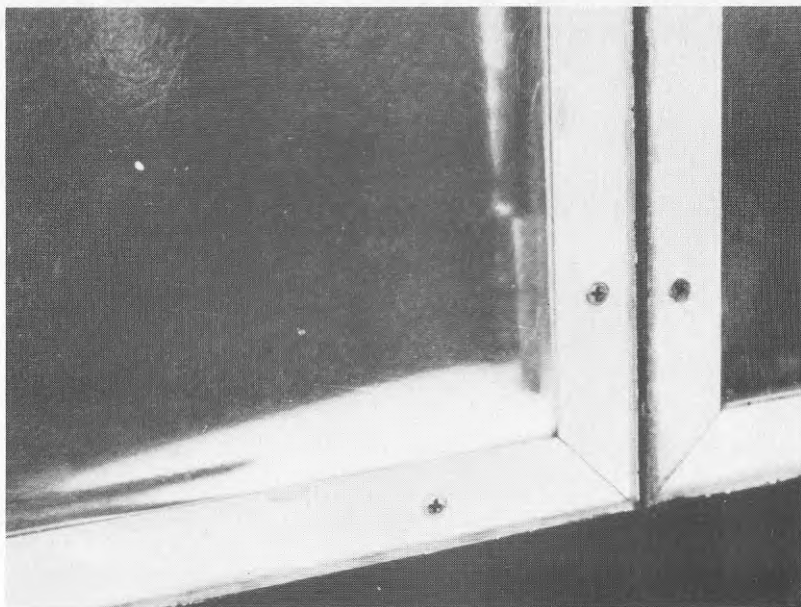
Det selektiva skiktet har bleknat fläckvis



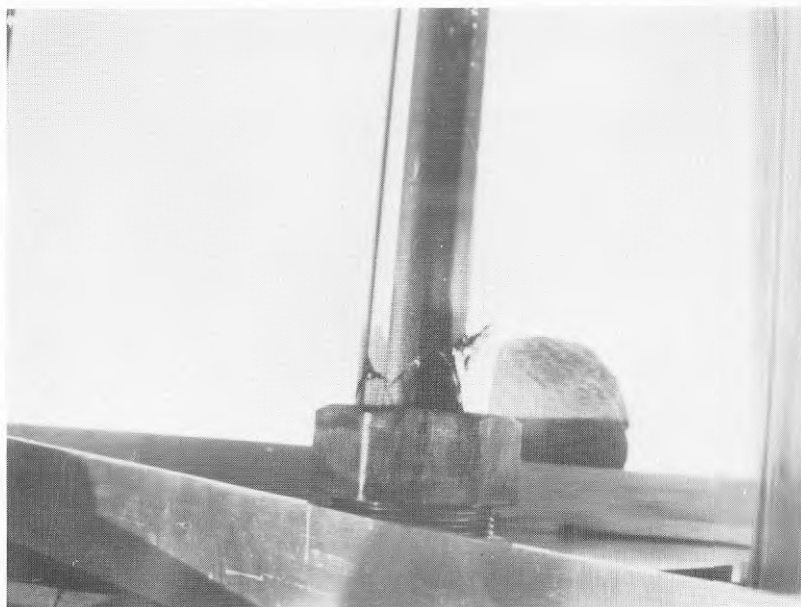
Absorbatorröret ligger ej koncentriskt i omgivande glasrör.



Kondens på glasrörets insida i koncentrerande solfångare.



Plan solfångare med torkmedel som runnit ut.



Sprucket glasrör.

Tabell 3

SAMMANSTÄLLNING AV EGENSKAPER HOS NÅGRA VANLIGA TÄCKSKIVEMATERIAL (1)

Material	Temperaturgränser	Väderbeständighet	Kemisk resistens
Lexan (polykarbonat)	Arbetstemperatur 120 - 130 °C	God. Två års exponering i Florida orsakade gulning	God. Jämförbar med akryl-plaster
Plexiglas (akrylplast)	Arbetstemperatur 80 - 90 °C	Medelmåttig till god. Exponerad 20 år i Arizona, Florida och Pennsylvania	God till utmärkt. Motstår de flesta syror och alkalier
Teflon PTFE (polytetrafluoro-eten)	Kontinuerligt 200 °C Kort tid 245 °C	God till utmärkt. Exponerad 15 år i Florida	Utmärkt Kemiskt inert
Tedlar PVF (polyvinylfluorid)	Kontinuerligt 105 °C Kort tid 175 °C	God till utmärkt. 10 års exponering i Florida orsakade svag gulning	Utmärkt Kemiskt inert
Mylar (polyester)	Kontinuerligt 150 °C Kort tid 200 °C	Dålig UV-stabilitet	God till utmärkt Jämförbar med Tedlar
Sunlite (glasfiber)	Kontinuerligt 90 °C	Medelmåttig till god Regular: 7 års "sollivslängd" Premium: 20 års "sollivslängd"	God. Kemiskt inert i olika typer av atmosfärer
Härdat glas	Kontinuerligt 230 - 260 °C Kort tid 260 - 290 °C	Utmärkt, enligt all erfarenhet	God till utmärkt enligt all erfarenhet
Clear Lime planglas (låg järnoxidhalt)	Kontinuerligt 200 °C	Utmärkt, enligt all erfarenhet	God till utmärkt enligt all erfarenhet
Clear Lime härdat glas (låg järnoxidhalt)	Kontinuerligt 200 °C	Utmärkt, enligt all erfarenhet	God till utmärkt enligt all erfarenhet
Sunadex White kristallglas (järnoxidhalt 0,01 %)	Kontinuerligt 200 °C	Utmärkt, enligt all erfarenhet	God till utmärkt enligt all erfarenhet

Tabell 4

YTBELÄGGNINGARS EGENSKAPER PÅ OLIKA ABSORBATORSUBSTRAT (2)

Ytbeläggning	Substrat	Absorptans α	Emissivitet ϵ	Sönderfalls-temperatur	Resultat efter provning enligt MIL-STD 810 B
Black nickel på nickel	Stål eller koppar	0,96	0,07	>288 °C	Variande
Black nickel på nickel	Aluminium	0,96	0,07	>288 °C	Variande
Black chrome på nickel	Stål eller koppar	0,95	0,09	>427 °C	Ingen effekt
Black chrome på nickel	Aluminium	0,96	0,12	>427 °C	Ingen effekt
Black chrome	Stål	0,91	0,07	>427 °C	Fullständigt sönderrostad
Black chrome	Koppar	0,95	0,14	316 °C	Liten effekt
Black chrome	Galvaniserat stål	0,95	0,16	427 °C	Fullständigt avlägsnad
Koppar(I)oxid	Koppar	0,88	0,15	316 °C	Fullständigt avlägsnad
Järnoxid	Järn	0,85	0,08	427 °C	Liten effekt
Svart färg	Godtyckligt	0,97	0,97	-	-
Honeywell selektiv färg	Godtyckligt	0,90	0,30	-	-
Permanganat-behandling	Aluminium	0,70	0,08	-	-

Organisk be- läggning på järnoxid	Järn med silikon	0,89	0,32	-	Dålig vidhäftning
Organisk be- läggning på järnoxid	Järn med EPM	0,90	0,20	149 °C	Liten effekt
Organisk be- läggning på black chrome	Stål	0,94	0,20	149 °C	Liten effekt

Tabell 5

ACCEPTABLA OCH OLÄMPLIGA ANVÄNDNINGSBETINGELSER FÖR METALLER I DIREKTKONTAKT MED VÄRMEBÄRARE

Metall	Olämpliga betingelser	Acceptabla betingelser
Aluminium	<ol style="list-style-type: none"> Om direktkontakt med ledningsvatten vars pH är <5 eller >8 Om direktkontakt med vätskor som innehåller koppar-, järn- eller halid-joner (= klorid-, bromid-, jodid-joner) Om direktkontakt med vätskor med strömningshastigheter >1 m . sek Om direktkontakt med vätska som är i kontakt med korrosiva flöden Om värmebärarsystemet ej är helt fyllt med vattenlösning Om aluminiumytan lokalt täcks av grafitiskt, vilka fungerar som katodytor 	<ol style="list-style-type: none"> Om direktkontakt med destillerat eller avjoniserat vatten som innehåller lämpliga inhibitorer. Inga koppar- eller järnrör i systemet Om direktkontakt med destillerat eller avjoniserat vatten som innehåller lämpliga inhibitorer samt medel som eliminerar tungmetalljoner som koppar- och järnjoner
Koppar	<ol style="list-style-type: none"> Om direktkontakt med stillastående korrosivt vatten Om direktkontakt med kemikalier som kan bilda kopparkomplex Om direktkontakt med vätskor med strömningshastigheter >1 m . sek 	<ol style="list-style-type: none"> Om direktkontakt med destillerat eller avjoniserat vatten, eller ledningsvatten med låg kloridjon- och karbonatjonhalt Om direktkontakt med vattenfria organiska vätskor Om direktkontakt med vattenlösningar som ej bildar kopparkomplex

Metall	Olämpliga betingelser	Acceptabla betingelser
Koppar	4. Om direktkontakt med vätska som är i kontakt med korrosiva flöden 5. Om värmebärarsystemet ej är helt fyllt med vattenlösning 6. Om kopparytan lokalt täcks av kopparoxid-skikt eller kolhaltig film	
Stål	1. Om direktkontakt med destillerat, avjoniserat eller ledningsvatten vars pH är <5 eller >12 2. Om direktkontakt med vätska som är i kontakt med korrosiva flöden 3. Om direktkontakt med vätskor med strömningshastigheter >1 m . sek 4. Om värmebärarsystemet ej är helt fyllt med vattenlösning 5. Om värmelagret ej är helt fyllt med vattenlösning samt saknar katodiskt skydd	1. Om direktkontakt med destillerat, avjoniserat vatten, eller ledningsvatten med låg salthalt som innehåller lämpliga korrosionsinhibitorer 2. Om direktkontakt med vattenfria organiska vätskor 3. Om fullständigt katodiskt skydd finns 4. Om direktkontakt med vattenlösningar vars pH är >5 eller <12

Metall	Olämpliga betingelser	Acceptabla betingelser
Rostfritt stål	<ol style="list-style-type: none"> 1. Om direktkontakt med stillastående vatten, speciellt om det innehåller kloridjoner 2. Om direktkontakt med vatten som har låg oxygen-halt 3. Om direktkontakt med vätska som är i kontakt med korrosiva flöden 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Om direktkontakt med destillerat eller avjoniserat vatten, eller ledningsvatten med låg klorid- och karbonathalt. Generellt skall oxygen-halten vara hög 2. Om direktkontakt med vattenfria organiska vätskor
Galvaniserat stål	<ol style="list-style-type: none"> 1. Om direktkontakt med vattenlösningar som innehåller kopparjoner 2. Om direktkontakt med stillastående vatten 3. Om direktkontakt med vatten vars pH är <7 eller >12 4. Om direktkontakt med vatten vars temperatur är >55 °C och <90 °C 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Om galvaniseringen är katodiskt skyddad 2. Om direktkontakt med vatten vars pH är >7 men <10

Tabell 6

EGENSKAPER FÖR NÅGRA VANLIGA VÄRMEBÄRRARE (4)

Medium	Densitet ₃ [kg · m ⁻³]	Viskositet [10 ⁻³ Ns · m ⁻²]	Värmekapacitet [kJ/kg · °C]	Frys punkt [°C]	Korrosionsskydds- medel	Reaktioner vid hög temperatur	Giftighet
Vatten	1 000	0,5 - 0,9	4,18	0	Inget för koppar. Nitrit och pH- buffert för slut- na system av stål och aluminium	Kokar vid 100 °C	Nej, utom ifall nitrit tillsatts
50 % vatten- etylengly- kol	1 050	1,2 - 4,4	3,47	-36	Silikater och pH- buffert	Kokar vid 110 °C Sönderdelas långsamt till myrsyra över 150 °C	Ja
50 % vatten- propylen- glykol	1 022	1,4 - 7,0	3,64	-31	Fosfater och pH- buffert	Kokar vid 110 °C Rekommenderas ej över 150 °C	Nej
Paraffin- olja	821	11	2,13	-7	Behövs ej	Flampunkt 190 °C Oxideras lång- samt i luft över 110 °C	Nej
Aromatiska oljor	830	0,6	1,92	-70	Behövs ej	Flampunkt 63 °C Oxideras lång- samt i luft över 150 °C	Ja
Silikon- oljor	960 - 970	15 - 50	1,50 - 1,59	-85 -- 120	Behövs ej	Flampunkt >260 °C	Nej

Tabell 7

LÄMPLIGA INHIBITORER FÖR VÄRMEBÄRRARVÄTSKOR (3)

Inhibitor	Funktion	Lämplighet	
		Vatten	Glykollösning
Natriumtetraborat ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$)	pH-buffert Skyddar järn	Tveksam	Lämplig
Natriummerkapto- bensothiazole ($\text{NaC}_7\text{H}_4\text{NS}_2$)	Inhibitor för kopparlege- ringar	Lämplig	Lämplig
Natriummetasilikat ($\text{Na}_2[\text{SiO}_2(\text{OH})_2] \cdot 8 \text{H}_2\text{O}$)	Inhibitor för järn, koppar, aluminium	Lämplig	Lämplig
Natriumortofosfat ($\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$)	Inhibitor för järn, alumi- nium	Lämplig	Lämplig
Natriumnitrat (NaNO_3)	Inhibitor för järn, alumi- nium, lödmetall	Lämplig	Lämplig

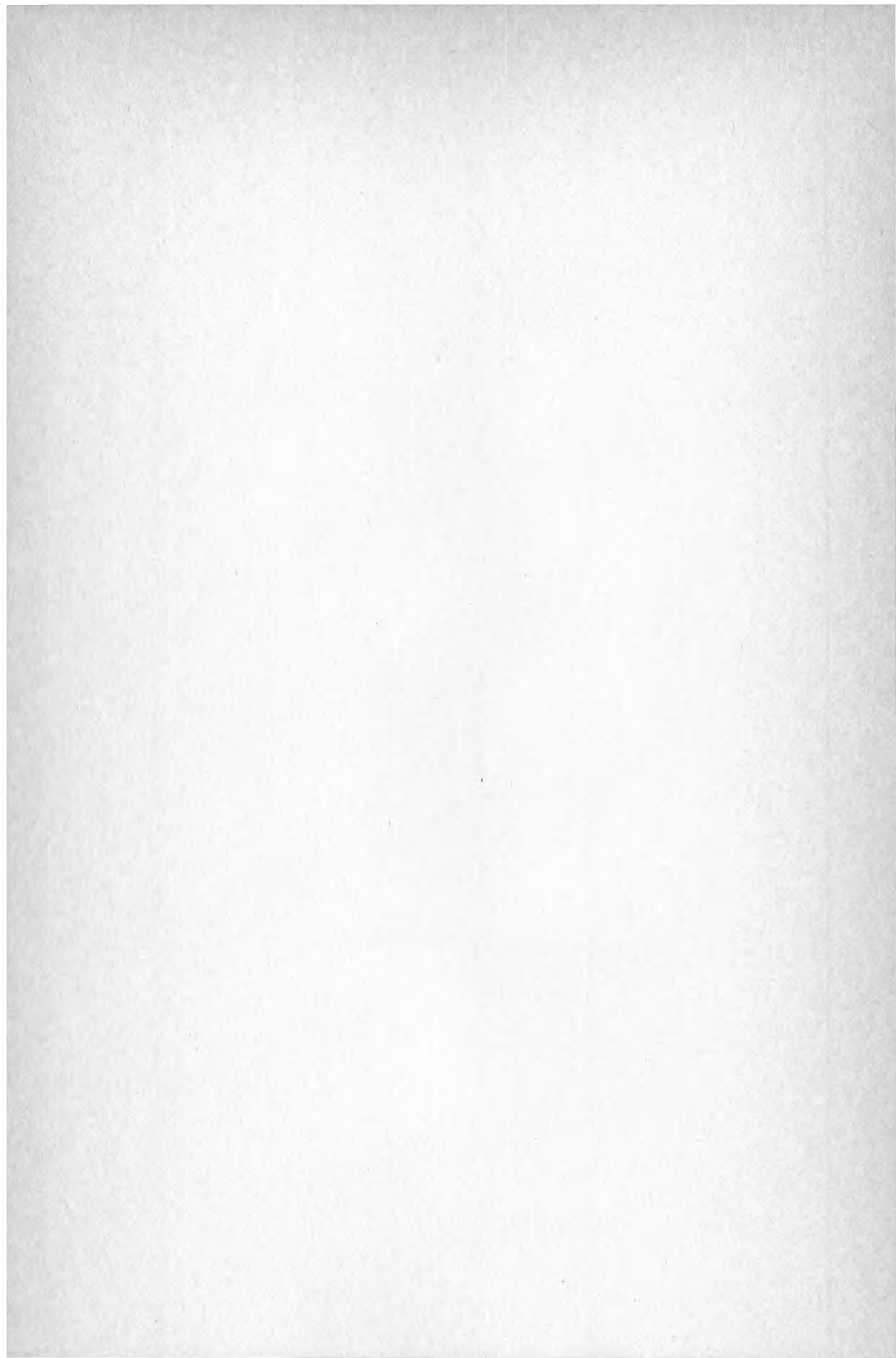
Tabell 8

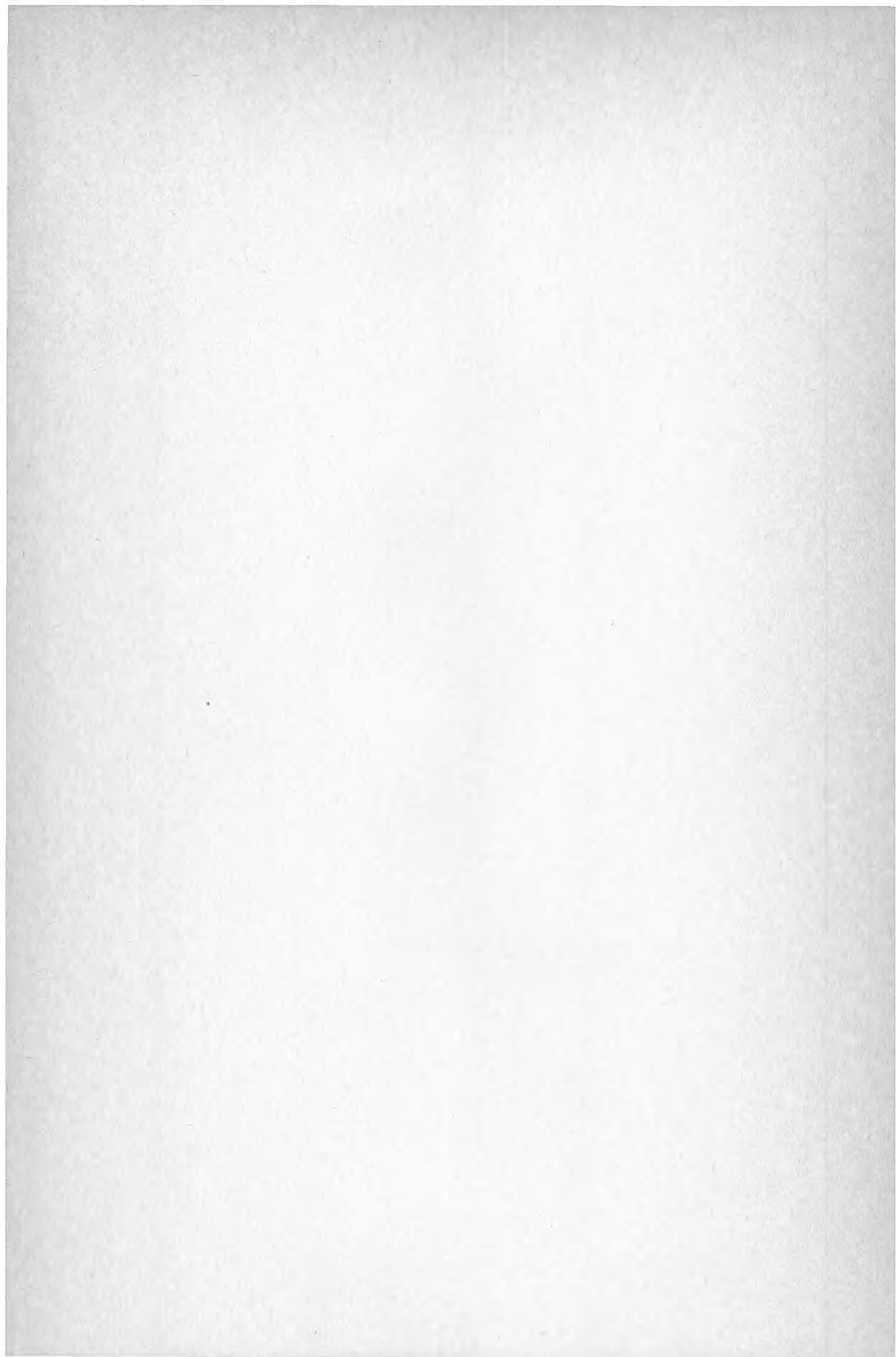
HÖGSTA ANVÄNDNINGSTEMPERATUR OCH "OUTGASSING"-TEMPERATUR FÖR NÅGRA ISOLERINGSMATERIAL

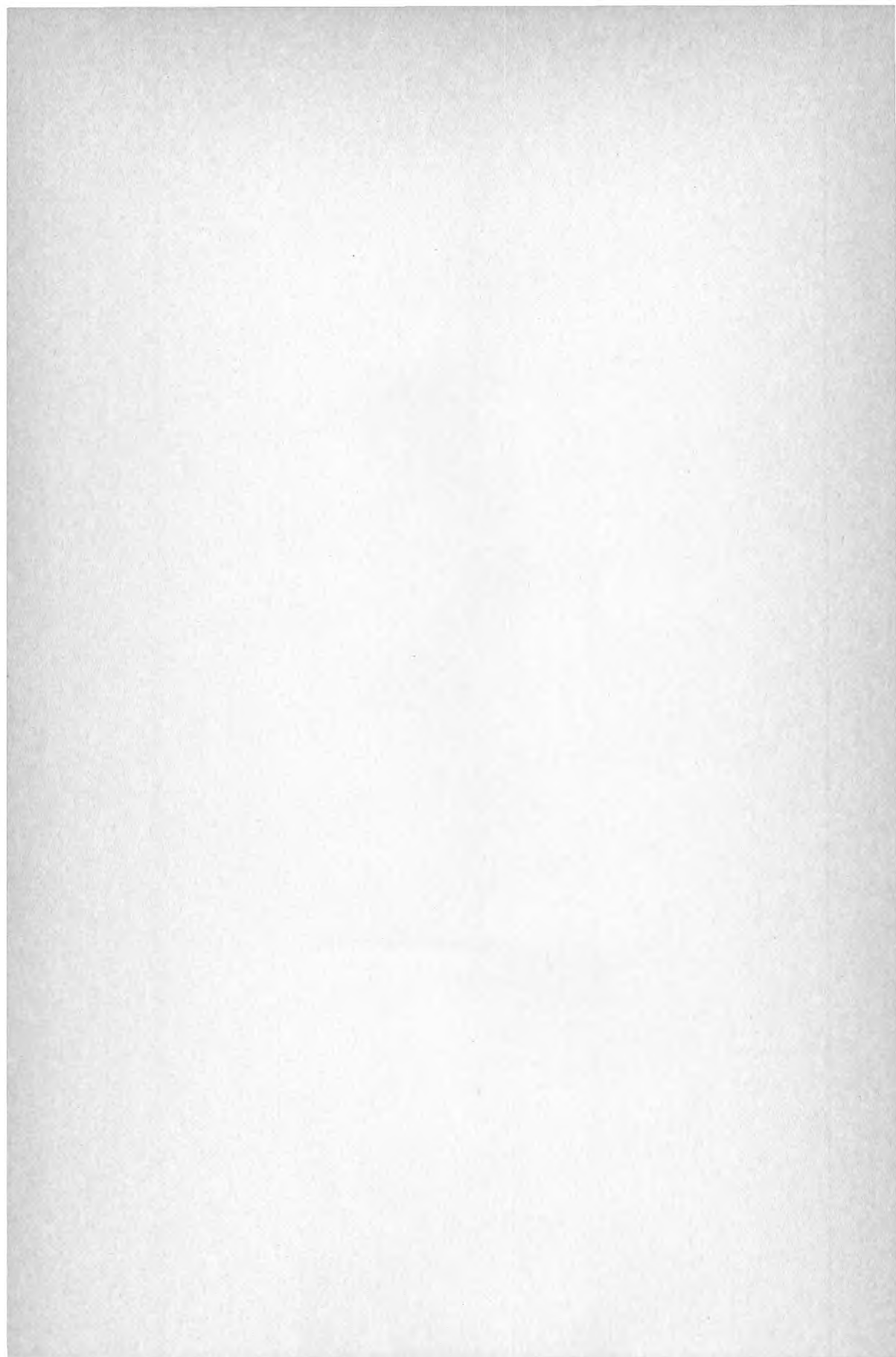
		Högsta användningstemperatur	"Outgassing"
Mineralull	Glasull	200 °C	?
	Stenull	200 °C	?
Cellplast	Styren	70 °C	-
	PUR	80-130 °C	105-130 °C
	PIR	110-150 °C	105-150 °C

REFERENSER

- 1 A.C. Ratzel, R.B. Bannerot, "Commercially Available Materials Suitable for use in Flat-Plate Solar Energy Collectors", Proceedings of the 1977 Flat-Plate Solar Collector Conference, Orlando, Florida, February 1977
- 2 T.H. Holland, "Design, Fabrication and Testing at a Low-Cost Flat-Plate Collector", Proceedings of the 1977 Flat-Plate Solar Collector Conference, Orlando, Florida, February 1977
- 3 Ontario Research Foundation, "Protecting Solar Collector Systems from Corrosion", 1978
- 4 K.W. Kauffman, "Non-Corrosive, Non-Freezing, and Non-Toxic Heat Transfer Fluids for Solar Heating and Cooling", Proceedings of the US-ISES Annual Meeting, Orlando, Florida, June 1977







**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
790640-3 från Statens råd för byggnadsforskning
till Statens provningsanstalt, Borås.**

R127: 1980

ISBN 91-540-3349-7

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6700227

**Abonnemangsgrupp:
W. Installationer**

**Distribution:
Svensk Byggtjänst, Box 7853
103 99 Stockholm**

Cirkapris: 30 kr exkl moms