



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.



**Rapport**

**R70:1981**

# **Solfångare integrerade i tak för beredning av tappvarmvatten**

**Förstudie i Kungsbacka**

**Göran Hultmark  
Stefan Olsson**

INSTITUTET FÖR  
BYGGDOKUMENTATION

Accnr 81-1280

Plac *See*

*R*

**Byggtforskningsrådet**

*See*

R70:81

SOLFÅNGARE INTEGRERADE I TAK FÖR  
BEREDNING AV TAPPVARMVATTEN

Göran Hultmark  
Stefan Olsson

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag  
800288-4 från Statens råd för byggnadsforskning  
till Eksta bostadsstiftelse, Kungsbacka.

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

R 70:1981

ISBN 91-540-3520-1

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm.

LiberTryck Stockholm 1981 153783

## INNEHÅLL

1	FÖRORD .....	5
2	ENERGIBEHOV .....	6
3	SYSTEMUPPBYGGNAD .....	7
4	SOLFÅNGARKONSTRUKTION .....	9
5	BERÄKNINGSMODELL .....	12
5.1	Allmänt .....	12
5.2	Klimat .....	12
5.3	Solfångare .....	13
5.3.1	Absorbatorn .....	14
5.3.2	Täckmaterialet .....	15
5.4	Akkumulatorn .....	16
6	BERÄKNINGSRESULTAT .....	17
7	EKONOMI .....	21
7.1	Investeringskostnad .....	21
7.2	Besparad kostnad .....	23
7.3	Lönsamhet .....	23
8	REFERENSLISTA .....	24

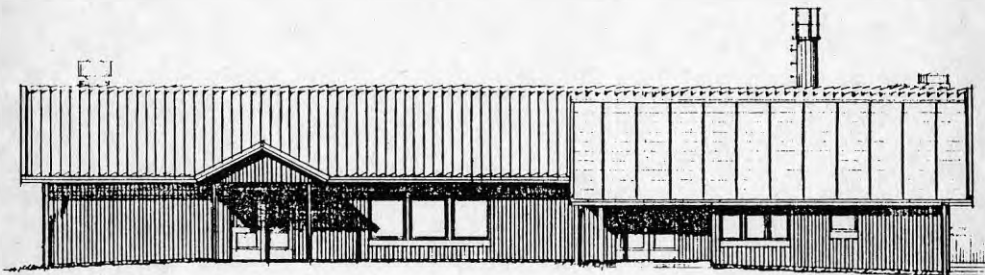


## 1 FÖRORD

I Backa strax söder om Kungsbacka bygger Eksta Bostadsstiftelse tre stycken flerfamiljshus. I samarbete med ordförande Ivar Franzén och Mats Länsberg analyserade Bengt Dahlgren AB kostnaderna vid uppförandet av solenergiprojekten i Fjärås centrum och Lindälvsskolan. Erfarenheten från Lindälvsskolan visade att man till en låg kostnad kunde uppföra en komplett absorberoyta.

Möjligheten att kunna bygga en glasad solfångare till ett lågt pris genom att kombinera ovanstående erfarenheter med de som finns vid glasning av växthus ledde vidare till de konstruktioner, beräkningar och kalkyler som följer i denna rapport.

Kostnaden för uppförandet av detta kompletta system, med 100 m<sup>2</sup> solfångare, för uppvärmning av tappvarmvatten är cirka 1500 kr/m<sup>2</sup>. Av kostnaderna svarar den färdigmonterade solfångaren för 40% medan ackumulator och övrig utrustning i apparatrum svarar för 60%. Dessa kostnader pekar på att det finns möjlighet att lönsamt utnyttja solen som värmekälla.



*Solfångare integrerade i takkonstruktionen.*

Projektet har även haft som syfte att studera kostnader och möjligheter vid solenergiutnyttjande i befintlig bebyggelse, varför det ursprungligen projekterade värmesystemet har behållits och solsystemet utförts för att ge sitt energibidrag till detta.

Det samma gäller för takkonstruktionen, där solfångarens självbärande egenskaper inte har utnyttjats för att nedbringa totalkostnaden.

## 2 ENERGIBEHOV

Det system som behandlas i denna rapport skall användas för uppvärmning av förbrukningsvarmvatten till tre flerfamiljshus med sammanlagt 25 lägenheter. Dessa lägenheter kommer till stor del att bebos av pensionärer. I ett av husen kommer även leksskola/daghem att finnas.

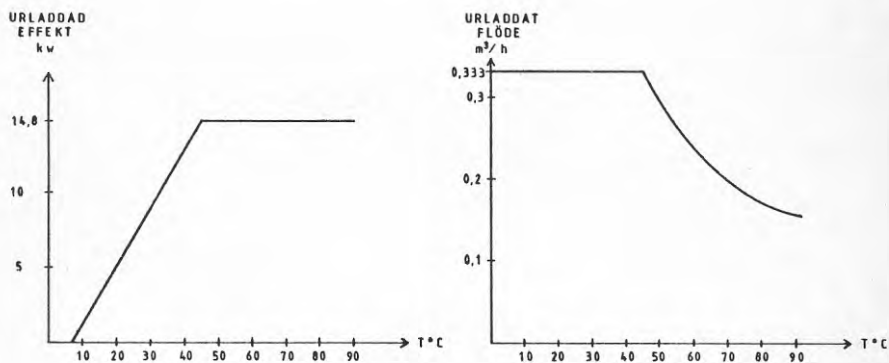
Varmvattenbehovet fördelas jämnt mellan tiderna 07.00 - 22.00 varje dag under året.

Mellan dessa tider förbrukas  $5 \text{ m}^3$  varmvatten medan det inte föreligger något varmvattenbehov under den övriga delen av dygnet.

Temperaturen på det inkommande kallvattnet varierar beroende på årstid. Som framgår av figur 13 är maxvärdet  $10^\circ\text{C}$  och minvärdet  $4^\circ\text{C}$ .

Erforderlig varmvattentemperatur är  $45^\circ\text{C}$ , vilket innebär att det åtgår 81 MWh per år för att värma vattnet.

Den effekt som erhålles från solsystemet beror på temperaturen på det solvärmda vattnet. Om denna temperatur är högre än vad som erfordras minskar mängden varmvatten, då kallvatten blandas in för att hålla rätt varmvattentemperatur.

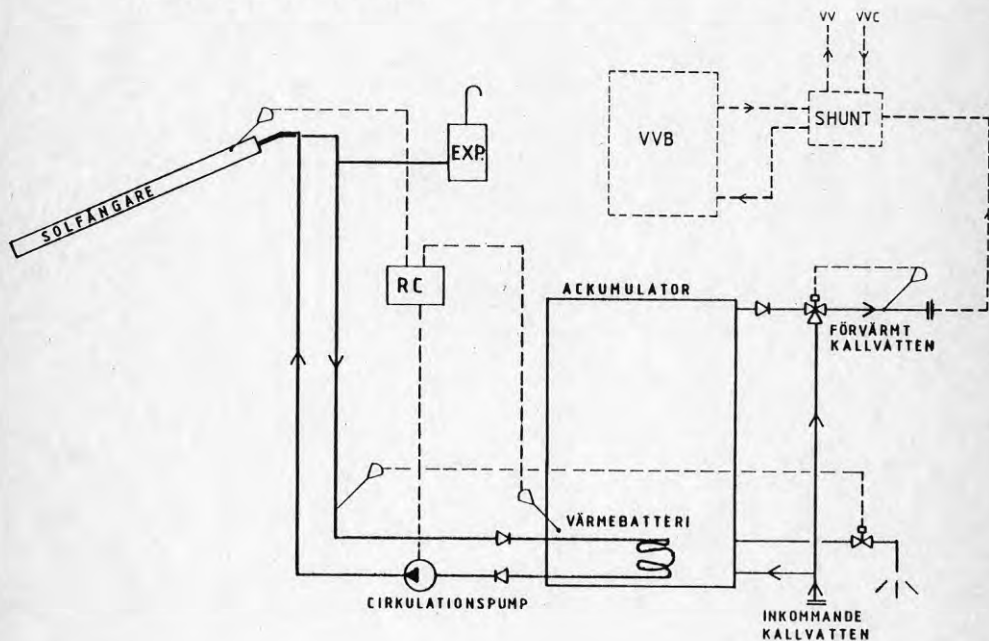


Figur 1 Ur ackumulatorn urladdad effekt och motsvarande flöde som funktion av temperaturen på uttaget vatten vid inkommande kallvattentemperatur  $7,0^\circ\text{C}$ .



Principen för systemet bygger på att det inkommande kallvattnet förvärms av solfångare. Detta medför att solfångarna kan leverera energi vid låga temperaturer även under solsvaga perioder.

Anläggningen består av de i takplåten inbyggda solfångarna, ackumulatortank, värmebatteri, cirkulationspump samt ett rörsystem, fyllt med propylen-glykolblandat vatten.



Figur 2 Systemuppbyggnad, förvärmning av inkommande kallvatten.

Kallvatten kommer in i ackumulatorns nedre del, värms upp av värmebatteriet och stiger allteftersom vatten från toppen tas ur. Från toppen av ackumulatortorn går det värmda vattnet vidare till en shuntgrupp där det blandas med vatten från en varmvattenberedare för att erhålla önskad temperatur (45°C).

En trevägsventil på utgående ledning från ackumulatortorn blandar in kallvatten, om temperaturen på det förvärmade vattnet skulle bli för hög.

Den i solfångaren cirkulerande glykol-vattenblandningen avger energi till tappvattnet genom ett värmebatteri i nedre delen av ackumulatortorn. Den låga pla-

ceringen av detta medför att temperaturen på blandningen som går upp till solfångaren blir så låg som möjligt, vilket ökar solfångarens verkningsgrad.

Det finns en temperaturgivare på solfångarplåten och en givare som anger temperaturen på det kallaste skiktet i ackumulatorn. I en reglercentral registreras dessa temperaturer och om solfångaren är varmare än vattnet startas pumpen.

Backventilerna vid varmvattenbatteriet hindrar själv-cirkulation.

En klar sommardag kan så mycket energi från solen tillföras att risk för kokning föreligger. En givare registrerar glykol-vattenblandningens temperatur efter det att den har värmts upp av solen. Skulle denna temperatur bli 100°C, öppnas en ventil som släpper ut vatten från ackumulatorns nedre del för att få en större cirkulation av det kalla vattnet och på så sätt förhindra kokning.

Med denna systemutformning kan solenergin tillvaratas vid mycket låga temperaturer vilket innebär att ackumulatorns temperatur kommer att understiga rumstemperaturen i vissa driftsfall. Med ackumulatorn utförd i korrosivt material erfordras därför diffusions-tät isolering.

Genom att tillföra energin i botten av ackumulator-tanken kan flödet i solfångaren hållas konstant under drift. Man klarar på så sätt de fördelningsproblem i solfångarna som alltid uppstår med varierande flöden.

Nackdelen är att ackumulatorn måste utföras enligt tryckkärlsnormerna för att hålla vattentrycket samt att innerhöljet måste utföras i material som kan vara i kontakt med tappvarmvatten.

I större system är det därför lämpligt att låta varmvattnet cirkulera i ett eget värmväxlarbatteri i toppen av tanken. Detta batteri utföres dels för värmväxling dels med ett förråd av tappvarmvatten på cirka 5% av ackumulatorns volym.

Denna lösning medför att anläggningens utnyttjningsgrad minskar något, men ackumulatortanken blir på detta sätt väsentligt billigare.

Värmväxlarbatteriet måste utformas så att ej skiktningen i tanken förstörs.

## 4 SOLFÅNGARKONSTRUKTION

I solfångaren pumpas vätskan genom små kopparrör som är invalsade i mitten på en aluminiumplåt. Denna aluminiumplåt är infäst i takplåten som också består av aluminium. Plåtarna med invalsade kopparrör är svartmålade i en väderbeständig färg men utan selektiva egenskaper.

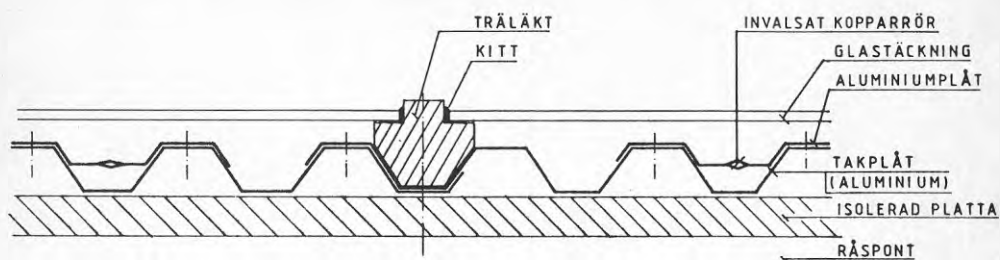


*Montering av samma typ av absorbator på Lindälvs-skolan SUNCLAYPROJEKTET*

Ovanpå denna konstruktion är fäst en 4 mm tjock glasskiva. Senare i denna rapport redovisade beräkningar visar nämligen att vanligt fönsterglas med normal järnoxidhalt har lämpliga egenskaper.

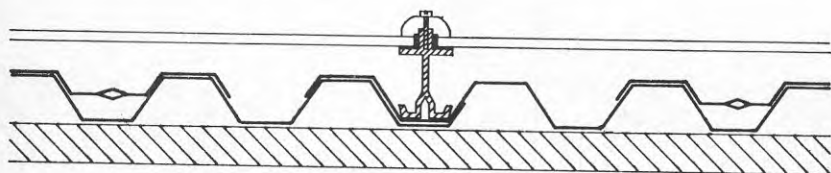
För att fästa glaset kan man huvudsakligen välja mellan två konstruktioner, en i trä och en i aluminium. Alternativet med trä skulle bestå av träläktor på jämna avstånd i den korrugerade takplåtens "dalar" på vilka glasskivorna fästs med kitt och spikförband. Plåten och läkten monteras med skruvar igenom en isolerande platta i taket

Vid varje skarv överlappar den övre glasskivan cirka 15 mm den undre så att regnvatten rinner ovanpå glaset och inte tränger ner till absorbatorplåten.

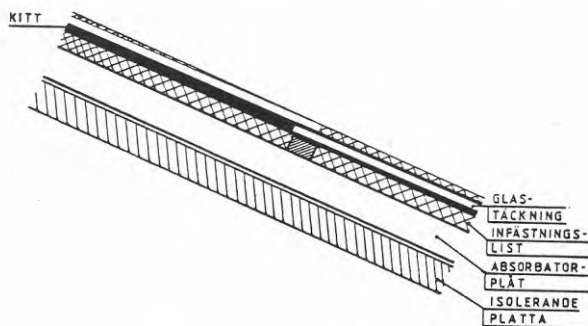


Figur 3 Sektion genom solfångaren med träinfästning.

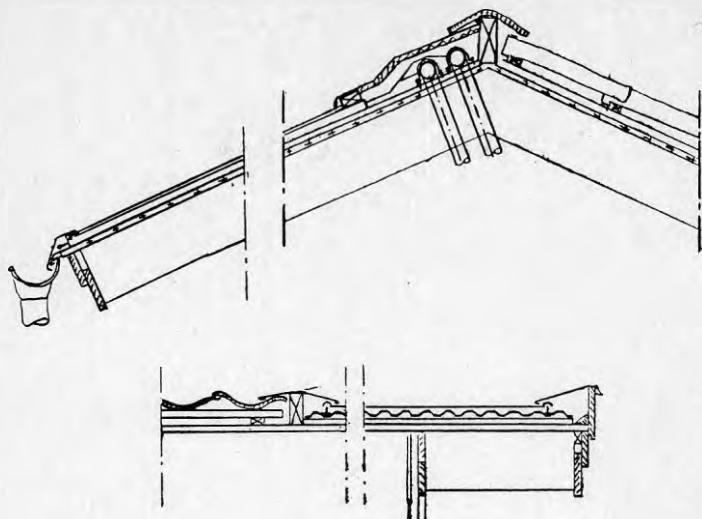
Principen för aluminiumalternativet är densamma som för trä. Här användes istället för träläkt ett antal aluminiumprofiler som är fastskruvade i plåten och som bär upp glaset.



Figur 4 Sektion genom solfångaren med aluminiumfästning.



Figur 5 Sektion längs med infästningslisterna.



Figur 6 Detaljer solfångaranslutningar, anpassning till takkonstruktionen, plåtinklädnad, samlingsrör, genomföringar o s v.

Aluminiumprofilerna har en högre kostnad och något större förluster genom värmeledning än träinfästningen.

Då solfångaren vid litet varmvattenuttag eller funktionsfel kommer att erhålla en plåttemperatur, vid träläktens underdel, som är cirka  $90^{\circ}\text{C}$  kan träets egenskaper påverkas så att uttorkningsproblem uppstår.

Alternativet med aluminium är således att föredraga.

Genom att bygga solfångaren på detta sätt har man möjlighet att relativt enkelt byta ingående komponenter. Vid byte av glasskiva lossas skivorna ovanför den som skall åtgärdas, varefter den nya glasskivan kan infästas. Om en av de fastskruvade plåtarna med invaldade kopparrör behöver bytas, lossas alla glasskivorna i en rad, varefter utbyte kan ske.

I normalfallet torde underhållet inskränka sig till spolning av glaset.

För att undvika kondensbildning finns små luftpassagemöjligheter genom solfångaren. De energimängder som går till spillo genom detta förfarande påverkar i mycket ringa grad prestanda.

## 5 BERÄKNINGSMODELL

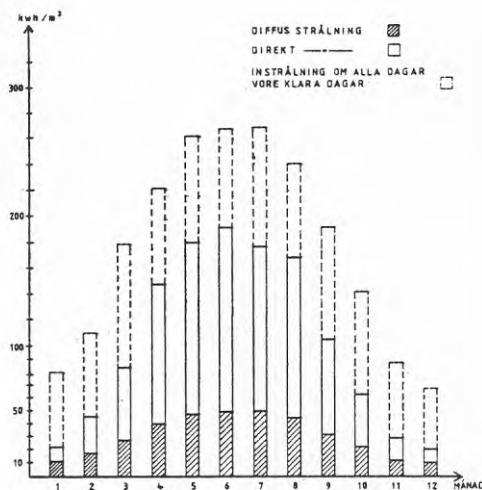
## 5.1 Allmänt

De i en dator utförda beräkningarna tillgår så att varje timme under ett år bestäms hur mycket solenergi som kan utnyttjas beroende på solens läge och effekt, molnighet, vind, utetemperatur, solfångarens fysikaliska egenskaper och systemets utseende. Dessutom beräknas varje timme hur mycket energi som laddas ur ackumulatorn med det behov som beskrevs i kapitel 2.

## 5.2 Klimat

Varje timme används ett värde på uteluftens temperatur som är baserat på dels SMHI:s statistik över en längre period och dels den årliga normaltemperatur som gäller på den aktuella platsen (+8°C). Likaså används SMHI:s statistik på vindhastigheten och molnigheten.

Beräkningarna visar att på en kvadratmeter solfångare på den aktuella platsen (Latitud N57,5°) med en lutning mot horisonten på 24° och vars normal avviker 8° österut från sydriktningen strålar det ner 1250 kWh solenergi under ett år. Därav 880 kWh som direkt strålning och 370 kWh som diffus strålning.



Figur 7 Fördelningen av direkt och diffusstrålning under ett normalår i Kungälv.

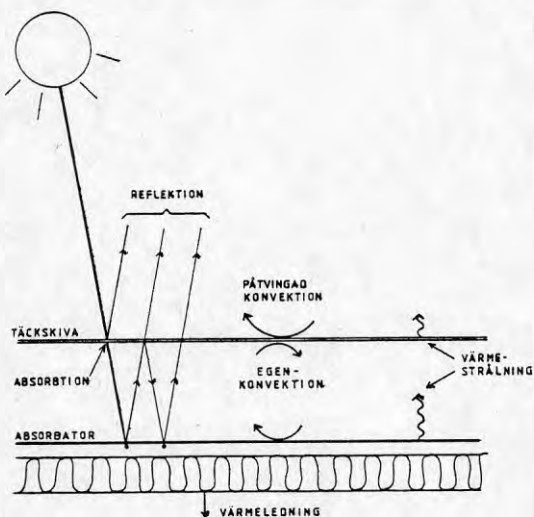
## 5.3 Solfångare

För en solfångare gäller:

instrålad energi minus förluster = nyttiggjord energi.  
Med instrålad energi bestämd gäller det alltså att bestämma förlusterna.

I referens (1) finns ekvationer som beskriver förlusterna från en plan solfångare. Dessa ekvationer tar hänsyn till reflektion och absorption i täckskivorna så att den del av strålningen som absorberas i absorptorplåten kan beräknas. Denna absorberade energi reduceras med förluster som uppkommer i samband med egenkonvektion i spalter och påtvingad konvektion vid den yttersta täckskivan.

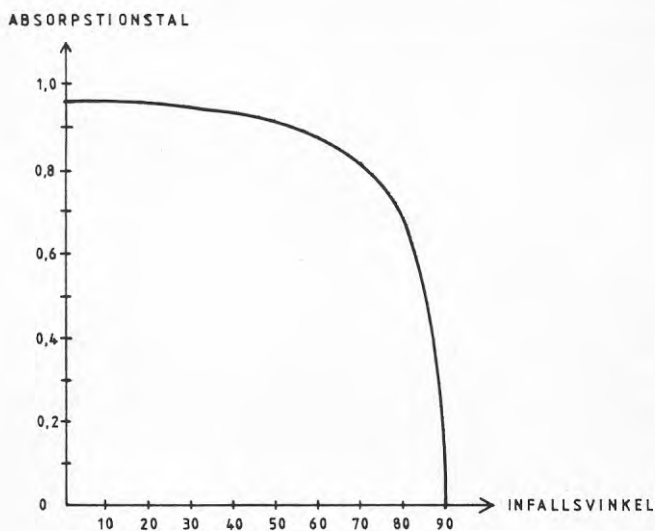
Förlusterna ökar vidare med ökat strålningsutbyte mellan absorptorplattan och omgivningen. Dessutom togs hänsyn till förlusterna genom baksidan och sidorna. Om täckskivorna består av ett material som helt eller delvis transmitterar långvågig värmestrålning (t ex PVC, PE) uppkommer ytterligare en förlustfaktor som beaktas i beräkningarna.



Figur 8 Förlustbilden i en plan solfångare.

### 5.3.1 Absorbatoren

Absorbatoren skall ha ett högt absorptionstal, d v s så mycket som möjligt av den infallna solenergien skall absorberas och omvandlas till värme. För en yta målad med mattsvart färg är absorptionstalet cirka 0,96 vid vinkelrätt infall. Så gott som all inkommande strålning absorberas alltså. Vid ökande infallsvinkel minskar absorptionstalet.



Figur 9 Absorption som funktion av infallsvinkel för en matt-svart yta.

Hur stora förlusterna blir, beroende på att värme strålar ut från absorbatoren, bestäms av emissionskoefficienten. För en icke selektiv yta är denna av samma storlek som absorptionstalet. Sålunda emitteras nästan lika mycket långvågig strålning som en svart kropp skulle ha gjort vid samma temperatur. Man vill alltså att absorbatoren skall ha en låg emissionskoefficient.

En absorbator med s k selektiva skikt har ett högt absorptionstal och en låg emissionskoefficient.

Flänsverkningsgraden för absorbatoren enligt figur 3 och 4 varierar mellan 0,86 - 0,94, beroende på vilket täckmaterial som användes och vilken vindhastighet som råder vid beräkningstillfället.



## 5.3.2 Täckmaterialet

Avgörande för ett materials lämplighet som täckmaterial till en solfångare är dess brytningsindex, absorptionskoefficient, emissionskoefficient och om det har förmågan att förhindra transmission av den långvågiga värmestrålning som absorbatörplåten sänder ut. De värden på dessa koefficienter som har använts finns angivna i nedanstående tabell.

	Brytningsindex $\underline{N_2}$	Emissionskoefficient $\underline{E}$	Absorptionskoefficient $\underline{A}$ ( $m^{-1}$ )	Genomsläppl. av långvågig strålning $\underline{GV}$ (%)
Fönsterglas	1,52	0,876	16,7	0
Fönsterglas med låg $Fe_3O_2$ -halt	1,52	0,876	3,0	0
Acryl	1,49	0,8	16,8	0
PVC	1,54	0,8	12,5	35
PE	1,51	0,8	7,5	75
Polyester	1,57	0,8	231,0	32
PVF	1,46	0,8	34,3	35
PC	1,60	0,8	27,8	6
SUN-LITE	1,58	0,8	17,8	10

Tabell 1

Infallsvinkel och brytningsindex bestämmer hur mycket av den infallande strålningen som reflekteras. Ett lägre brytningsindex medför mindre reflektion och därmed större transmission av solljuset.

Emellertid skiljer sig brytningsindex inte mycket för de material som har undersökts. Därför blir transmissionen med hänsyn till endast reflektionen i stort sett lika. T ex är transmissionen för glas ( $n = 1,52$ ) 91,6% och för polycarbonat ( $n = 1,6$ ) 89,7% med infallsvinkeln  $30^\circ$ .

Absorption i täckmaterialet beror av absorptionskoefficienten, täckskivans tjocklek och infallsvinkeln. Den del av strålningen som intränger i mediet reduceras p g a absorption.

Andelen som transmittteras är  $e^{-a \cdot s}$ , där  $a$  är absorptionskoefficienten ( $m^{-1}$ ) och  $s$  är strålningens väg genom materialet. Absorption i glas beror i huvudsak på förekomsten av järnoxider.

Emissionskoefficienten är ett mått på hur mycket energi täckmaterialet strålar ut i förhållande till en svart kropp vid samma temperatur. En lägre emissionskoefficient innebär att temperaturen på täckskivan blir högre vilket i sin tur betyder att de totala förlusterna minskar. Alltså ju lägre emissionskoefficient desto bättre.

#### 5.4 Ackumulatorn

Beräkningsmodellen för ackumulatorn grundar sig på det faktum att vatten av olika temperatur skiktat sig p g a densitetsskillnader. Därför kommer alltid det kallaste vattnet att finnas längst ner i ackumulatorn.

Efterhand som solenergi tillförs det understa skiktet värms detta upp. Om temperaturen där skulle uppnå samma värde som skiktet närmast ovanför kommer dessa båda skikt att förvandlas till ett och energin från solen kommer nu att tillföras hela detta nya skikt. Om det således laddas in tillräckligt mycket energi i ackumulatorn kommer antalet skikt att så småningom bli ett.

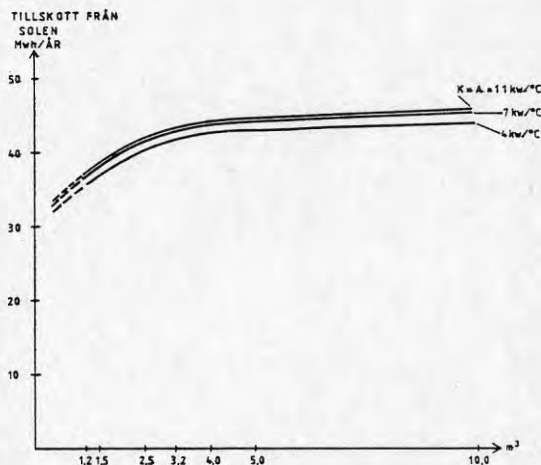
Så länge temperaturen i toppskiktet är  $45^{\circ}C$  eller större uttages ett flöde som motsvarar effekten av det för stunden aktuella varmvattenbehovet. Om temperaturen är mindre än  $45^{\circ}C$  uttages ett flöde som motsvarar behovet. Se figur 1.

## 6 BERÄKNINGSRESULTAT

Med antalet kvadratmeter solfångare bestämt till 100 gäller det att dimensionera ackumulatorn och varmvattenbatteriet på bästa sätt. För detta valda system beräknas sedan hur olika täckmaterial inverkar på tillskottet från solen.

Den genom infästningslister, skuggor samt inramningar reducerade ytan  $94 \text{ m}^2$  användes i följande beräkningar.

I datorberäkningarna varierar således storleken på ackumulatorn och varmvattenbatteriets yta. Dessa beräkningar utfördes för solfångaren som är beskriven i kapitel 4 med en 4 mm tjock glasskiva som täckning.



Figur 10 Tillskott från solen per normalår som funktion av ackumulatorns och varmvattenbatteriets storlek.

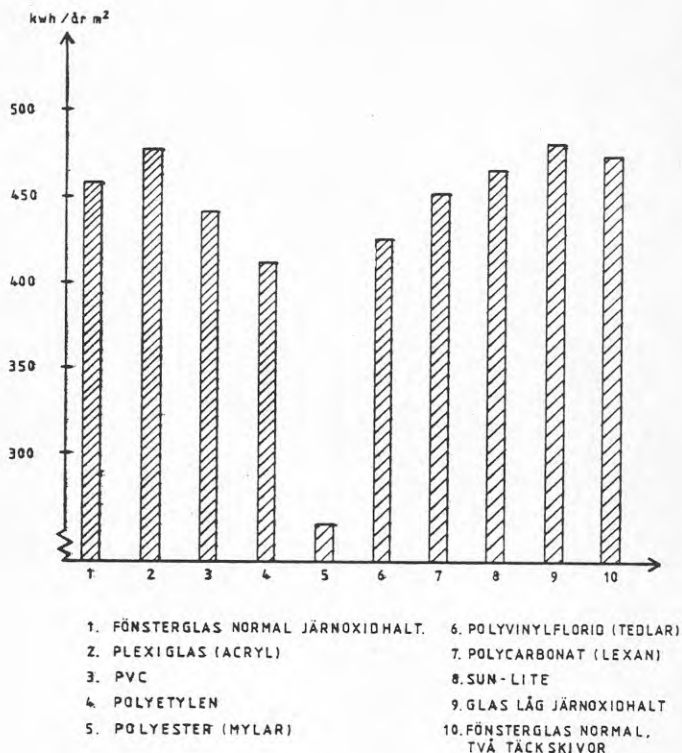
Det årliga energibehovet för att värma tappvattnet är  $81 \text{ MWh}$ . Av figuren framgår att ungefär hälften kan sparas genom att utnyttja solen. Man ser vidare att ackumulatorns storlek i stort sett inte spelar någon roll om den är större än cirka  $4 \text{ m}^3$ .

Av rent ekonomiska skäl skulle en ackumulator på  $2,5 \text{ m}^3$  vara motiverad. Men med tanke på att kraftiga toppar i behovet kan uppträda och att prisskillnaderna mellan  $2,5 \text{ m}^3$  och  $4 \text{ m}^3$  är relativt små har den senare storleken valts. Vidare har det varmvattenbatteri som har  $k \times A = 7,0 \text{ kW}/^\circ\text{C}$  valts. Visserligen är detta dyrare

än alternativet med  $k \times A = 4 \text{ W/}^\circ\text{C}$  men ökningen av energitillskottet och tryckfallen i batterierna motiverar valet.

Med systemet bestämt till  $94 \text{ m}^2$  effektiv solfångaryta,  $4 \text{ m}^3$  ackumulator och ett varmvattenbatteri med  $k \times A = 7,0 \text{ kW/}^\circ\text{C}$  beräknas hur olika täckmaterial på solfångaren inverkar på tillskottet från solen.

Täckmaterialens data enligt tabell 1.

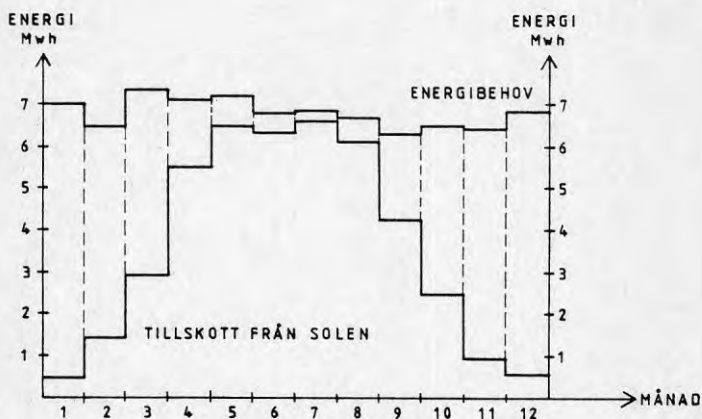


Figur 11 Tillskott från solen med olika täckmaterial.

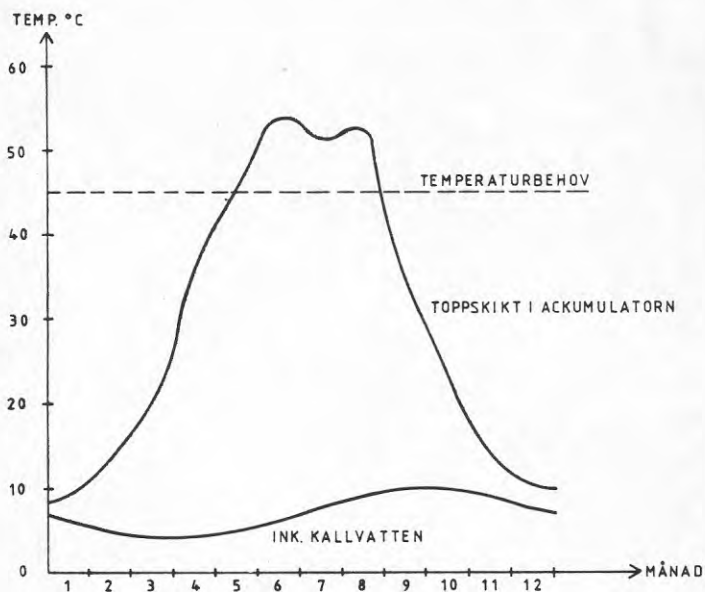
Man finner att vanligt fönsterglas (1) står sig gott vid jämförelsen. Plexiglas (2) visar sig vara något bättre men det är betydligt dyrare än glas (3 - 4 ggr). Anledningen till att Polyester (5) ger så lite är dess stora absorptionskoefficient. Sun-lite är ett speciellt glas för solfångare som har utvecklats av Kalwall Corporation. I USA kostar Sun-lite omkring  $50 \text{ kr/m}^2$ . Vanligt fönsterglas kostar  $30 - 40 \text{ kr/m}^2$ .

Det är intressant att konstatera att glas med låg järnoxidhalt ( $A = 3,0 \text{ (m}^{-1}\text{)})$  överträffar de andra materialen. Man ser vidare att två normala glas som täckning inte är bättre än ett glas med låg järnoxidhalt. Detta beror på den låga temperatur som solfångaren håller vilket medför att värmeförlusterna är förhållandevis små jämfört med de reflektionsförluster som uppstår med dubbla glas.

Ett enkelt fönsterglas förefaller vara det mest ekonomiska alternativet.



Figur 12 Energibehovet varje månad och hur mycket av detta som täcks av solenergi.



Figur 13 Temperaturerna på inkommande kallvatten och utgående solvärmda vatten varierar under året.

Beräkningarna ger alltså att detta system skulle klara av cirka 44 MWh d v s drygt hälften av energibehovet för tappvarmvattnet under ett år. Man konstaterar också i figur 12 att under sommarmånaderna klarar solfångarsystemet av så gott som hela behovet.

## 7 EKONOMI

## 7.1 Investeringskostnad

Vid uppförandet av ett pilotprojekt i denna storlek måste allt material specialtillverkas styckvis. Detta innebär givetvis väsentligt högre kostnader för införskaffandet av de detaljer som ingår i systemet, än vad fallet hade varit om produkterna hade funnits på marknaden i rätta dimensioner.

Detsamma gäller vid själva monteringen, där metoder och svårigheter icke är kända.

Kostnaderna för detta pilotprojekt i nedanstående tabell är av dessa anledningar baserade på offerter med löpande räkning och takpris som utgångspunkt.

Kostnaderna för serieprojekt har baserats på vad motsvarande material och arbete kostar vid uppförandet av växthus, där kostnaderna per ytenhet är väsentligt lägre.

Trots projektets karaktär, är kostnaderna lägre än vad som hittills har varit möjligt att åstadkomma. I större projekt kan även den specifika kostnaden för apparaturen minskas.

Kostnadsläge 1981-03-01.

KOSTNADSBÄRARE	KOSTNAD FÖR DETTA PILOT- PROJEKT	KOSTNAD FÖR SERIEPROJEKT BEF BEBYGGELSE	KOSTNAD FÖR SERIEPROJEKT NY BEBYGGELSE
Isolering	3.000	3.000	
d:o montering	3.000	2.000	
Absorbator och stödlister	16.000	14.000	14.000
d:o montering	15.000	8.000	8.000
Glas	12.500	3.500	3.500
d:o montering	6.300	4.000	4.000
Anslutningar absorbator	2.000	2.000	2.000
d:o montering	3.000	2.000	2.000
SUMMA SOLFÅNGARE	<u>60.800</u>	<u>38.000</u>	<u>33.000</u>
Ackumulator	34.000		
d:o montering	2.000	Avgår taktäckning	10.000
Styr och el	1.500	SUMMA	
d:o montering	1.500	SOLFÅNGARE	<u>23.000</u>
Övrig utrustning	28.700		
d:o montering	17.500		
SUMMA APPARATUR	<u>85.200</u>		
S U M M A	<u><u>146.000</u></u>		



## 7.2 Besparad kostnad

Den energimängd som produceras av solfångarna är 44.000 kWh.

Med ett energipris på 25 öre per kWh blir den besparade kostnaden 11.000 kronor per år.

## 7.3 Lönsamhet

Enligt besparingsmetoden (proposition 1977/78:76) (10% inflation, kalkylränta 16%, livslängd 25 år, 12% årlig oljeprisstegring, merinvesteringskostnad 146.000 kronor, merunderhållskostnad 1000 kronor/år, årlig energibesparing 44 MWh) blir energipriset för den inbesparade energin 22 öre/kWh.

Energipriset för den solproducerade energin är således i ungefär samma nivå som elenergi och oljeenergi.

## 8 REFERENSLISTA

- (1) Duffie & Beckman: Solar Energy Thermal Processes  
John Wiley & Sons New York 1974
- (2) Godbey, Bond & Zornig: Solar and long Wavelength Energy Transmission of Materials.  
American Society of Agricultural Engineers  
Paper NO. 77 - 4013.
- (3) Solvarme Vejledning i projektering og udførelse af anlæg.  
Teknologisk Institut, varmeteknik  
1980.
- (4) Uppslagsverk: Landholt - Börnstein  
II. Band  
8. Teil OPTISCHE KONSTANTEN.
- (5) Uppslagsverk: ENCYCLOPEDIA OF POLYMER  
SCIENCE AND TECHNOLOGY  
Volume 9. Refractive index  
sid 530.

**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag  
800288-4 från Statens råd för byggnadsforskning  
till Eksta bostadsstiftelse, Kungsbacka.**

**R70: 1981**

**ISBN 91-540-3520-1**

**Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm**

**Art.nr: 6700370**

**Abonnemangsgrupp:  
W. Installationer**

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

**Cirkapris: 20 kr exkl moms**