



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.



Soltyphus i Lundaskog

Erfarenheter från ett års mätningar

Kaj Hansson
Sten Jonson
Knut-Olof Lagerkvist

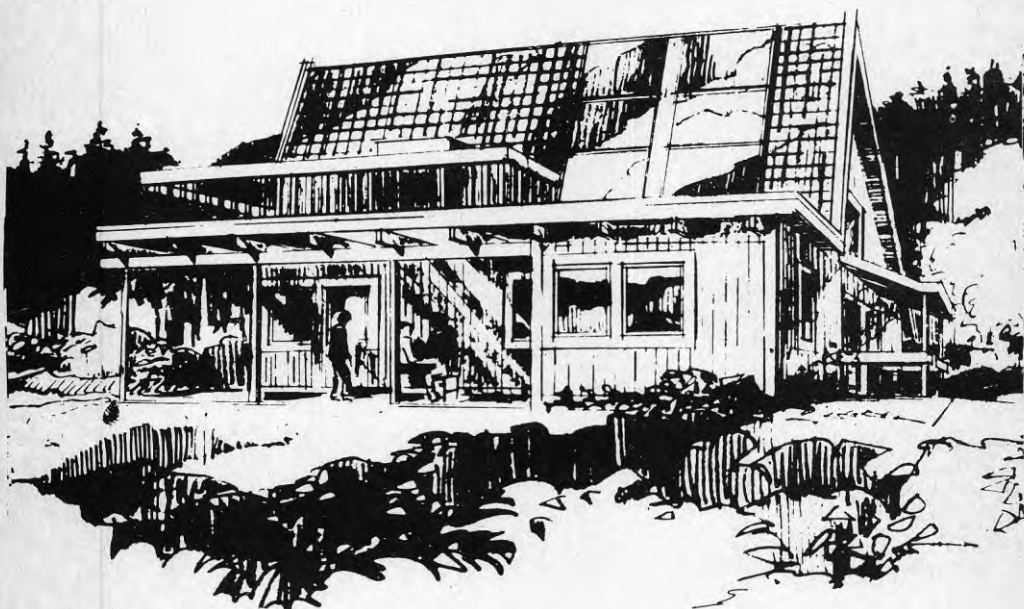
INSTITUTET FÖR BYGGDOKUMENTATION	
Accnr	81-0375
Plac	<i>See</i>

R/JP

R25:1981

SOLTYPHUS-LUNDASKOG

Erfarenheter från ett års mätningar



perspektiv från projekteringsstadiet

Kaj Hansson

Sten Jonson

Knut-Olof Lagerkvist

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 780946-7 från Statens råd för byggnadsforskning till Solarec Låg-energiteknik AB, Borås.



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

R25:1981

ISBN 91-540-3458-2

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

FÖRORD

Solvärmesystem för bostadsbebyggelse började i Sverige på allvar prövas efter det att riksdagen våren 1977 beslutat ge Byggforskningsrådet ansvar för det forskningsinriktade experimentbyggandet.

Svårigheten med solvärmesystem är att finna tekniskt pålitliga lösningar som ger rimliga investeringskostnader. Avancerade system ställer dessutom stora krav på styrning och reglering. För att utveckla energibesparande och ekonomiskt konkurrenskraftiga värmesystem bildades år 1977 ett särskilt utvecklingsbolag - SOLAREC Lågenergi-teknik AB.

Företaget har i sitt utvecklingsarbete främst nyttjat teknisk kompetens från RNK Installationskonsult AB och Contekton Arkitektkontor AB.

Under hösten 1977 projekterades ett soltyphus i Lundaskog utanför Borås. Huset byggdes under våren 1978 och invigdes av dåvarande statsrådet Elvy Olsson den 9 maj 1978. Soltyphuset har beträffande utvecklingsarbete och experimentbyggnad finansierats av Solarec genom bl a produktutvecklingslån från Utvecklingsfonden i Älvsborgs län. För mätning och utvärdering har statens provningsanstalt anlåtats. Byggforskningsrådet har bidragit (BFR-projekt nr 780946-7) med 41.000:- för mätning, utvärdering och rapportering.

Syftet med föreliggande projekt har varit att utveckla ett soltyphus som beaktar passivt solvärmestillskott och som beträffande värmeproduktionen nyttjar förnyelsebara energikällor. Solvärmesystemet som givits namnet SOLAREC förutsätter energiutvinning från SOL, LUFT och VATTEN genom värmepumpsteknik.

Systemet som styrs av en mikrodator optimerar värmeuttaget efter årstidernas och dygnets temperaturvariationer. Parallellt med att mätning och utvärdering skett av soltyphuset i Lundaskog har huset vidareutvecklats i samarbete med hustillverkare. Detta har lett fram till ett marknadsanpassat soltyphus med namnet VILLA SOLGLIMTEN som tillverkas av Mjöbäck's Entreprenad AB.

Värmepumpsystemet har i ett fortlöpande produktutvecklingsarbete anpassats till industriell produktion. En första prototyp till kompaktbyggd solvärmepump har under våren 1980 testats på statens provningsanstalt. Värmepumpen har givits marknadsnamnet SOLAREC 101 och tillverkas av Borås Elektrokyl AB.

Föreliggande forskningsprojekt har sålunda lett fram till en uppföljande produktutveckling av både solhuset och värmepumpen.

Mätning och utvärdering har utförts av K-O Lagerkvist och Geron Johansson vid statens provningsanstalt i Borås med biträde av husets ägare Mats Linder.

Värmesystemet har beräknats och konstruerats av Thore Abrahamsson, Kaj Hansson och Lennart Eck vid RNK Installationskonsult AB. Projektledning, byggnadsutformning, systemutveckling och rapportlayout har utförts av Sten Jonson och Reinhold Larsson vid Contekton AB och SOLAREC Lågenergiteknik AB i Borås.

Kaj Hansson

Sten Jonson

K-O Lagerkvist

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

FÖRORD		Sid
0	SAMMANFATTNING	1
1	TERRÄNG- OCH KLIMATFÖRUTSÄTTNINGAR	5
1.1	Situationsplan	5
1.2	Klimat	8
2	ÖVERGRIPANDE BESKRIVNING AV BYGGNADER OCH TEKNISKT SYSTEM	10
2.1	Byggnaden	10
2.2	Beskrivning av energisystemet	17
2.2.1	Solfångare	18
2.2.2	Värmelager	22
2.2.3	Värmepump	23
2.3	Styrsystem	25
3	SYSTEMETS FUNKTION	26
4	MÄTPROGRAM	28
5	PRESENTATION AV RESULTATET	30
5.1	Klimatförhållanden under mätperioden	30
5.2	Periodvis redovisning av systemet	32
6	EKONOMI	41
7	ANALYS	44
8	SLUTSÄTSER OCH REKOMMENDATIONER	49
9	LITTERATURFÖRTECKNING	56
10	KÄLLHÄNVISNINGAR	56
11	BILAGA	



O. SAMMANFATTNING

Projektet har syftat till att projektera och bygga ett aktivt solhus med ett värmepumpsystem som nyttjar "gratisenergi" i sol, luft och vatten. Projektering och byggande har skett under perioden okt 1977 - maj 1978. Under sommaren 1978 visades huset för allmänheten och under hösten injusterades värmesystemet.

Husets speciella utformning och den relativt höga kostnaden innebar att huset såldes först i slutet av 1978. Mätningarna startade under 1979 och intensifierades under perioden okt 1979 - aug 1980. Värmepumpsystemet har fungerat bra med undantag av vissa mindre driftstörningar under intrimningsperioden. Mikrodatorn har vid några tillfällen satts ur spel p g a åsknedslag och fel på temperaturgivare.

Resultatet av mätningar framgår översiktligt av nedanstående figur O.1.

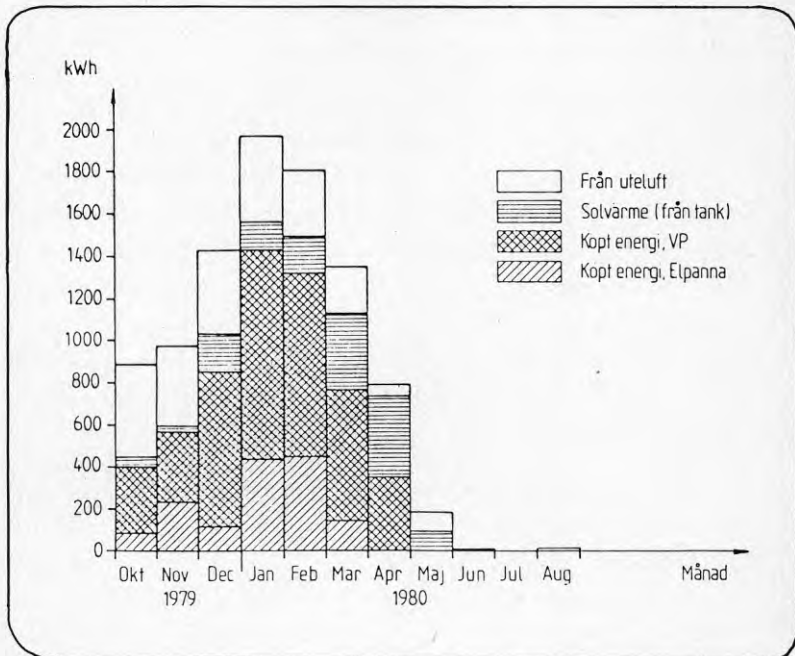


Fig. O.1 Värmeförbrukning månadsvis fördelat på energikälla.

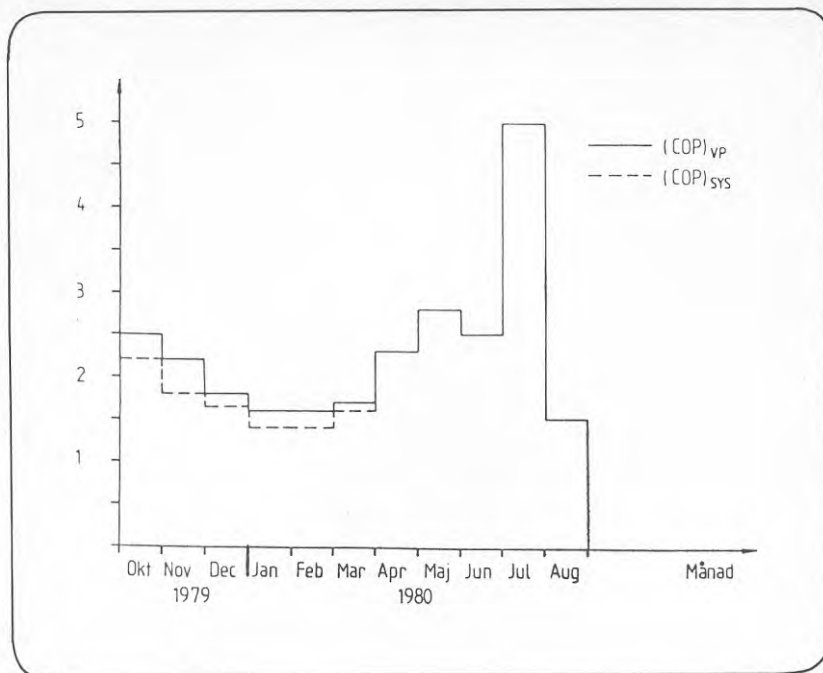


Fig. O.2 Värmefaktor månadsvis

I fig. ovan redovisas värmefaktorn månadsvis. Det bör observeras att eftersom elpannan ej varit i drift under april - aug så är $(COP)_{vp}$ lika med $(COP)_{sys}$.

Under höst- och vårperioden har värmepumpen haft gynnsamma driftsförhållande med en värmefaktor mellan 2 och 3 medan svåra vinterförhållanden medfört en värmefaktor mellan 1,5 och 2. Under höstperioden okt - jan hämtas energi främst från uteluften och under vårperioden mars - maj är det främst solen som bidragit med gratisenergi. Energibesparingen under mätperioden har uppgått till 43% vilket i stort motsvarar den beräknade.

Solvärmesystemet har under hela perioden fungerat tillfredsställande. Systemverkningsgraden för solvärmesystemet beräknat för hela mätperioden har varit ca 30%. Systemverkningsgraden avser förhållandet mellan den insamlade solenergin och uppmätt instrålad solenergi mot solfångarytan. Både sol- och temperaturförhållandena har under mätperioden varit sämre än normalvärden för perioden 1931 - 1960.

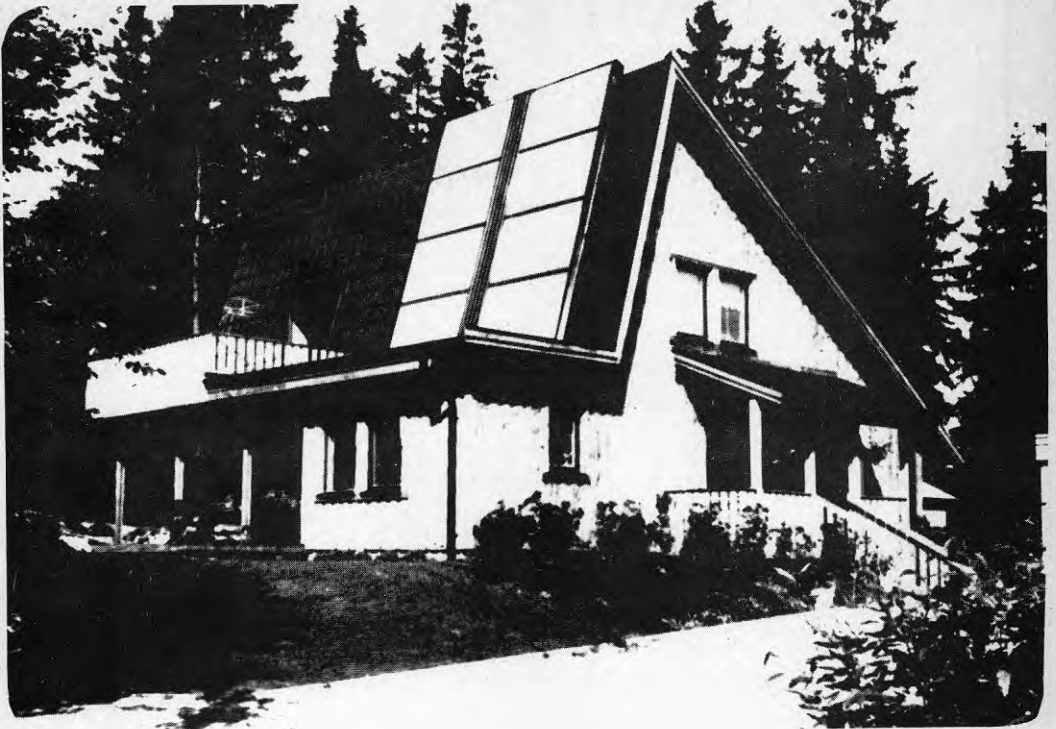


Fig. 0.3 Foto av soltyphuset

I det aktuella projektet uppgår investeringskostnaden för värmesystemet till 110.000:- motsvarande en årlig driftskostnad på 8.600:- vid en marginals katt på 60%. Om oljepriset ökar med 15% per år och elpriset med 10% blir anläggningen lönsam år 1990. Om värmesystemets investeringskostnad kan nedbringas till 60.000:- blir anläggningen lönsam efter 3-5 år.

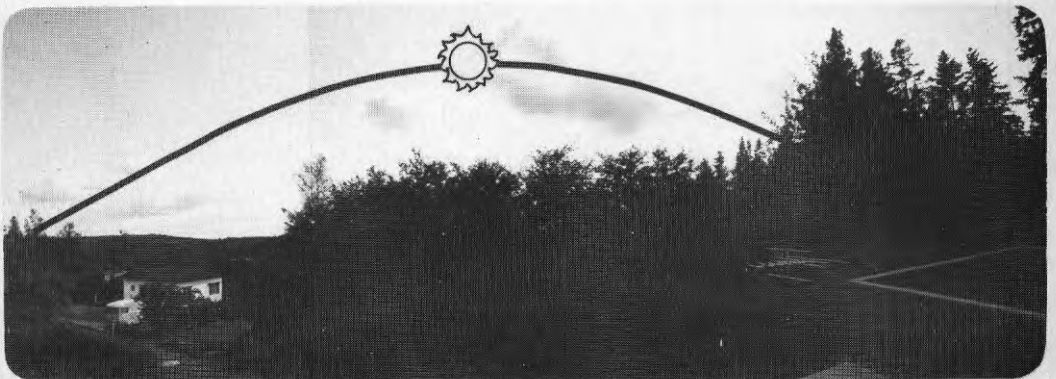


Fig. 0.4 Solens vandring över horisonten vid månads skiftet september - oktober.

Följande huvudslutsatser kan uppställas:

- Temperatur- och solförhållanden under ett specifikt år påverkar vilken "gratisenergi" som tillförs systemet. Mätningar visar dock att trots relativt dåliga klimatförhållanden under mätperioden har systemet fungerat enligt beräkningarna.
- Platsbyggnation av komplexa systemkonstruktioner ger problem ur teknisk och ekonomisk synpunkt. Förtillverkning av husstomme och industriell tillverkning av värmepumpsystem ger sannolikt bättre möjligheter att styra resultatet. Köldmediekretsen i värmepumpen bör byggas i industriell miljö. Styrsystem av mikrodatortyp behöver utvecklas ytterligare för att känslighet mot yttre störningar skall undvikas samt för att ge lägre servicekostnader.
- Värmepumpsystemet behöver förenklas avsevärt för att tillverkningskostnaden skall kunna sänkas. Traditionellt rörarbete som idag utförs på byggarbetsplatsen blir mycket dyrbart i komplexa system. Tillverkning industriellt i längre serier är nödvändigt om investeringskostnaden skall nå rimlig nivå.
- Det enskilda hushållets "energibeteende" påverkar i mycket hög grad den totala energikonsumtionen. Att jämföra enstaka hus eller teoretiska beräkningar med verkliga är därför vanskligt. En riktigare metod är då att jämföra verklig förbrukad energi med "köpt" energi.
- Energibesparingen är i den teoretiska beräkningen 43%, vilket motsvarar de mätvärden som erhållits. Temperatur- och solförhållanden har dock under mätperioden varit sämre än under ett "normalår". Temperaturskillnaden motsvarar 1-2% försämring och solförhållanden 1-3%. Detta innebär att systemet ett "normalår" har en energibesparing på 45-48%. Därvid har inte beaktats gratisenergi typ passiv solvärme, personvärme och värmeöverskott från hushållsmaskiner.

1. TERRÄNG OCH KLIMAT- FÖRUTSÄTTNINGAR

1.1 SITUATIONSPLAN

Soltyphuset är beläget i Lundaskog strax väster om Borås intill statens provningsanstalt. Huset som är placerat högst uppe på en bergsrygg är i väster omgivet av fullvuxen granskog. I öster och söder finns äldre villor och uppväxta trädgårdar. Åt norr sluttar marken ner mot Ramnaslätt Industriområde.

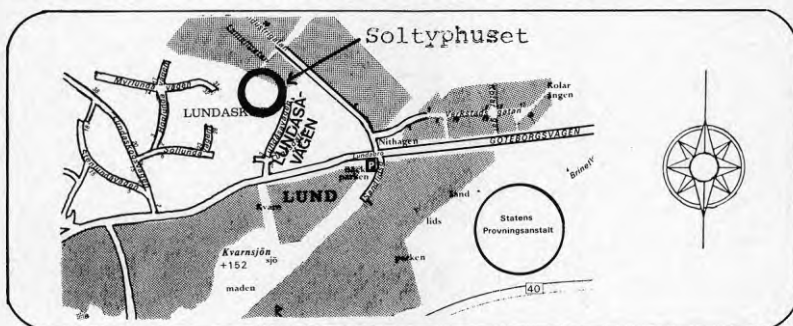


Fig. 1.1 Området Lundaskog $57,9^{\circ}$ Lat. $13,2^{\circ}$ Longitud

Huset har ett högt och fritt läge åt söder, medan granskogen i väster skuggar kvällssolen. Det fria läget gör att huset är relativt utsatt för blåst speciellt från nordost. Den förhärskande vindriktningen som är sydvästlig dämpas av tät granskog.

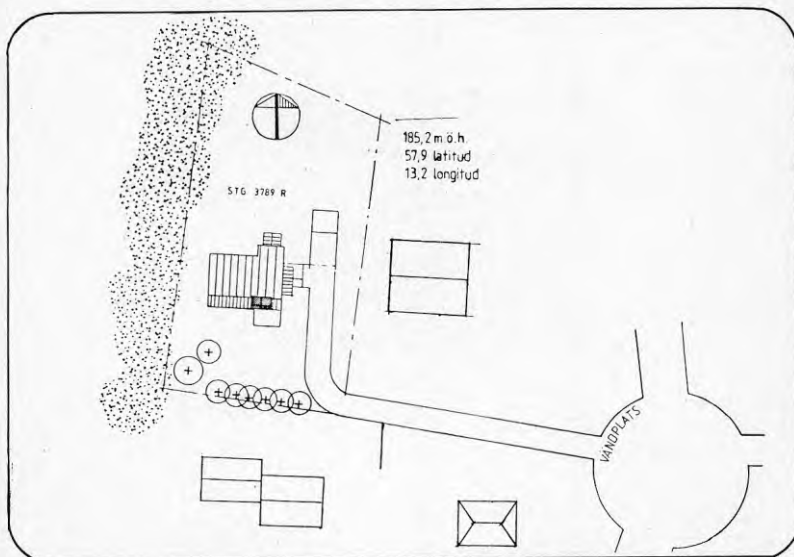
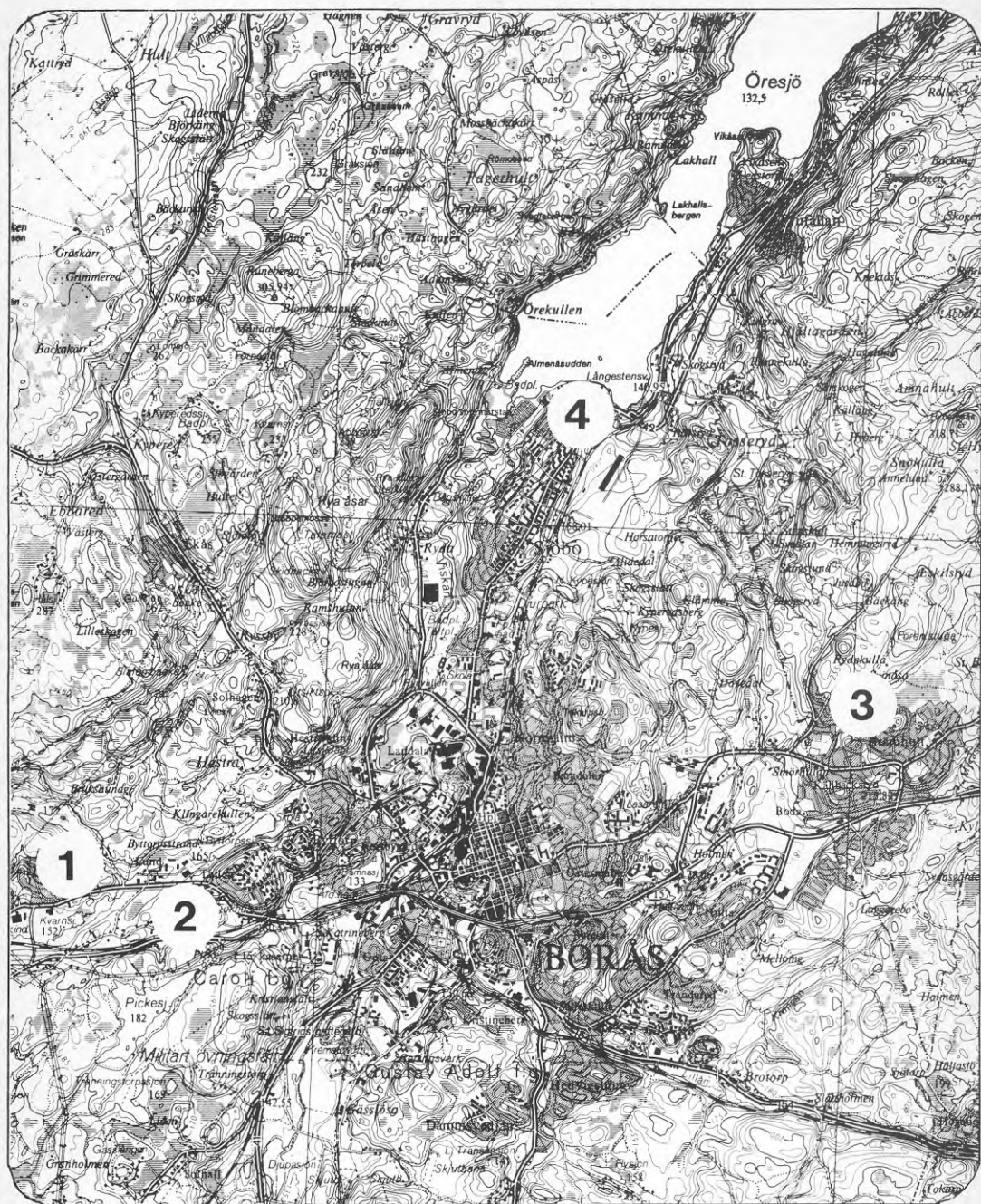


Fig. 1.2 Situationsplan



1. Lundaskogshuset
2. Statens Provningsanstalt
3. Brämhultsprojektet
4. SMHI:s mätstation

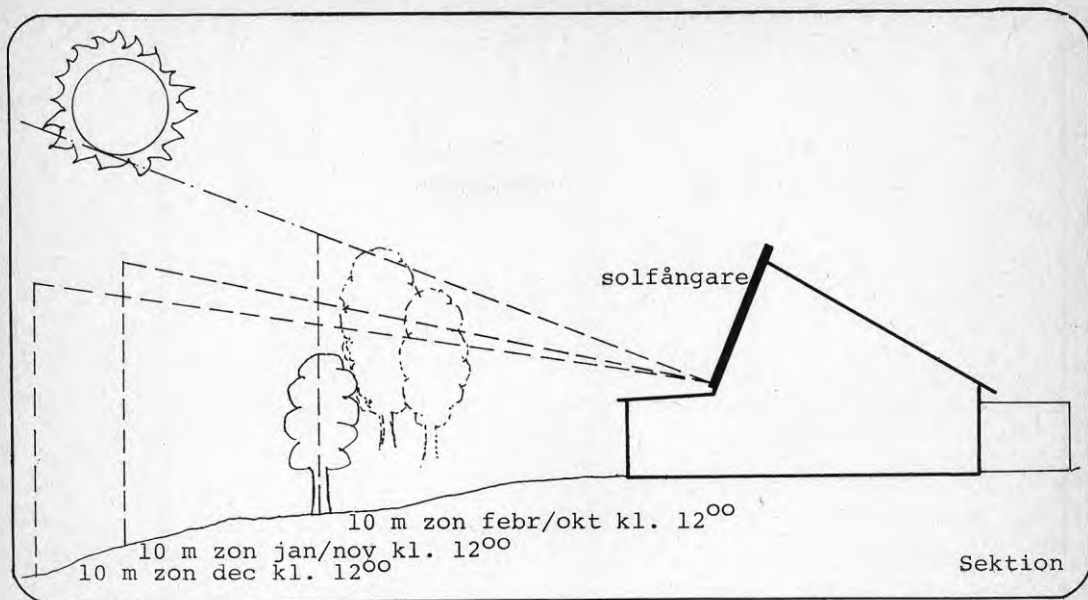


Fig. 1.3 Sektion av rymdfrihet för solinfall vid olika tidpunkter.

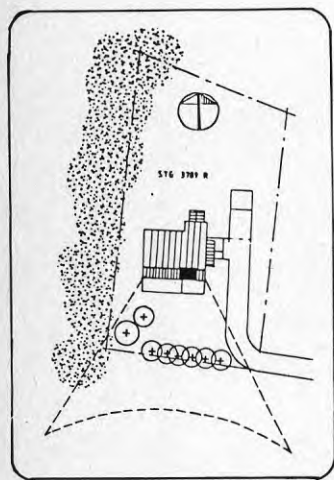


Fig. 1.4 10 m:s rymdzon för dec. kl. 10-14

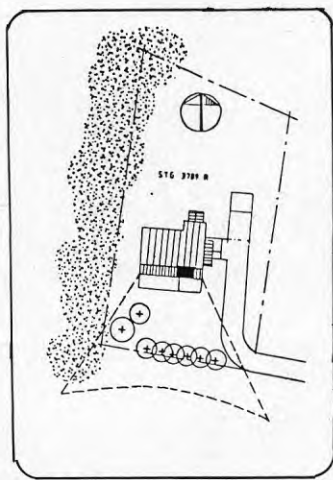


Fig. 1.5 10 m:s rymdzon för jan/nov kl. 10-14.

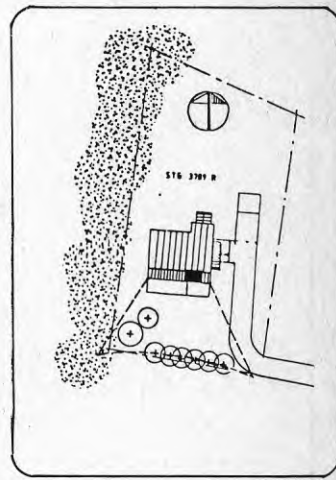


Fig. 1.6 10 m:s rymdzon för febr/okt. kl. 10-14.

I fig. 1.3 ovan visas ändringen rymdfri zon vid olika tidpunkter. Inom markerat område kan vegetation högre än 10 m ej förekomma utan att skugga solfångarna. I fig. 1.4 till 1.6 framgår skillnaden för rymdfri zon mellan månaderna vid lika tidpunkter.

1.2 KLIMAT

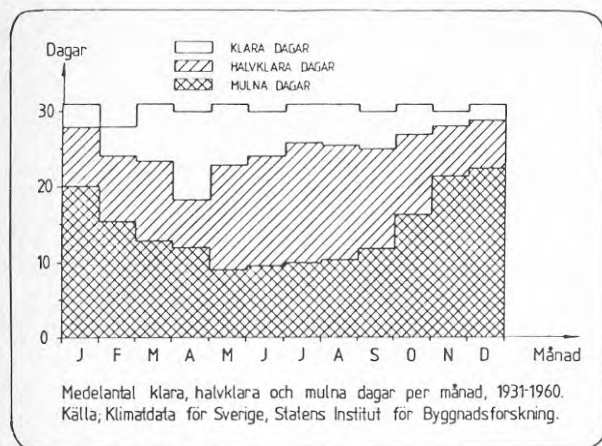


Fig. 1.7 Solförhållanden per månad.

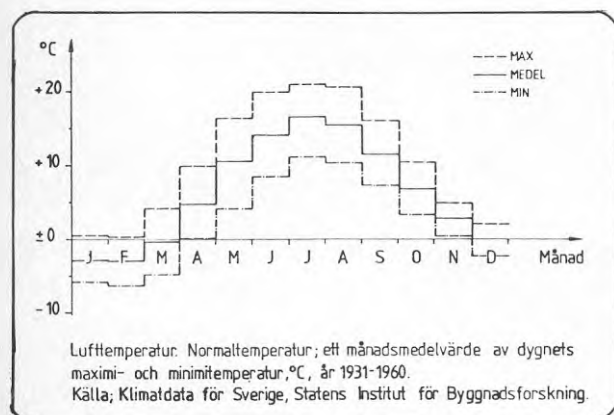


Fig. 1.8 Lufttemperatur per månad

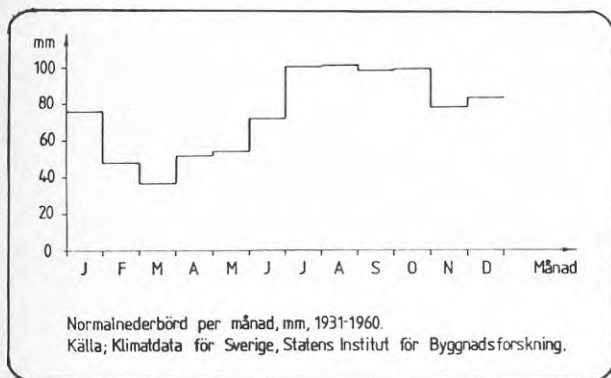
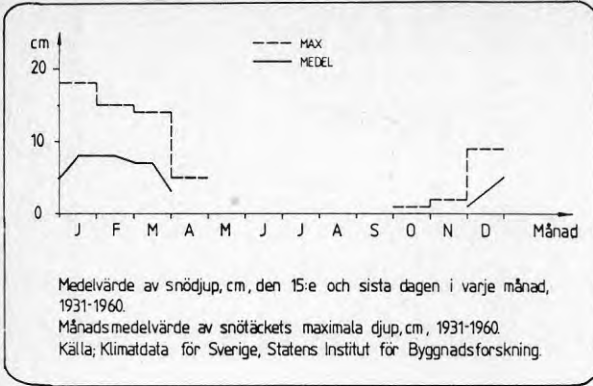


Fig. 1.9 Normalnederbörd per månad

Solförhållanden finns uppdelat på klara, halvklara och mulna dagar. Under okt-feb. uppgår antalet mulna dagar till 15-20. Halvklara dagar dominerar perioden maj - sept. Klara dagar förekommer mest under våren. I genomsnitt är antalet klara dagar 5 per månad.

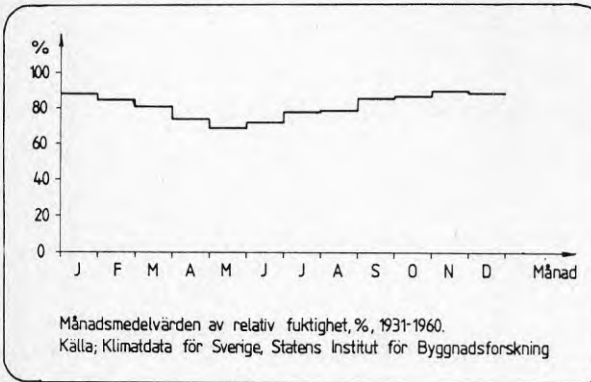
Lufttemperaturen är högst under perioden maj - sept. med medelvärden på $+10^{\circ}$ - $+15^{\circ}\text{C}$. Månaderna maj, april, okt. och nov. har medelvärden mellan -0 till $+8^{\circ}\text{C}$. Kallaste månaderna är december, januari och februari med ett medelvärde på -3°C .

Nederbörden är störst under sommaren. Perioden juni - okt. har normalnederbörd per månad på ca 100 mm. Nederbördfattigast är perioden febr. - mars med normalnederbörd på ca 50 mm per månad.



Snö förekommer normalt under december - mars med ett medelvärde på 5-10 cm snödjup.

Fig. 1.10 Snödjup



Den relativa fuktigheten är mycket hög med variationer mellan 70-90%. Hösten och vintern är fuktigast. Maj har de torraste värdena nämligen 70%.

Fig. 1.11 Relativ fuktighet

2. ÖVERGRIPANDE BESKRIVNING AV BYGGNADER OCH TEKNISKT SYSTEM

2.1 BYGGNADEN

Huset har utformats för att beakta passivt solvärmetillskott. Detta har inneburit att vardagsrum och kök fått sina fönsterytor åt söder. Norrfasaden är mycket sluten med ett långt neddraget tak.

Taklutningen åt söder har givits en vinkel på 70° med hänsyn till solinstrålning mot solfångarytor under eldningssäsongen. Detta har inneburit att rummen på övre plan fått sina fönster mot gavelfasaderna d.v.s åt öster och väster. Solfångarytan är placerad över en reflektoryta som består av ett sluttande papptak bestruket med reflekterande aluminiumfärg.

Typhusets planlösning har anpassats till alternativa tomtutformningar och möjligheter till olika rumsindelningar. Detta framgår närmare av fig. 2.2.



Fig. 2.1 Foto av soltyphuset från söder.

- Rumsförteckning
 1 Entréhall
 2 Vardagsrum
 3 Kök
 4 Tvätt-app. rum
 5 Dusch - Bastu
 6 Sovrum
 7 Allrum
 8 Badrum
 9 Trappa
 10 Klädkammare

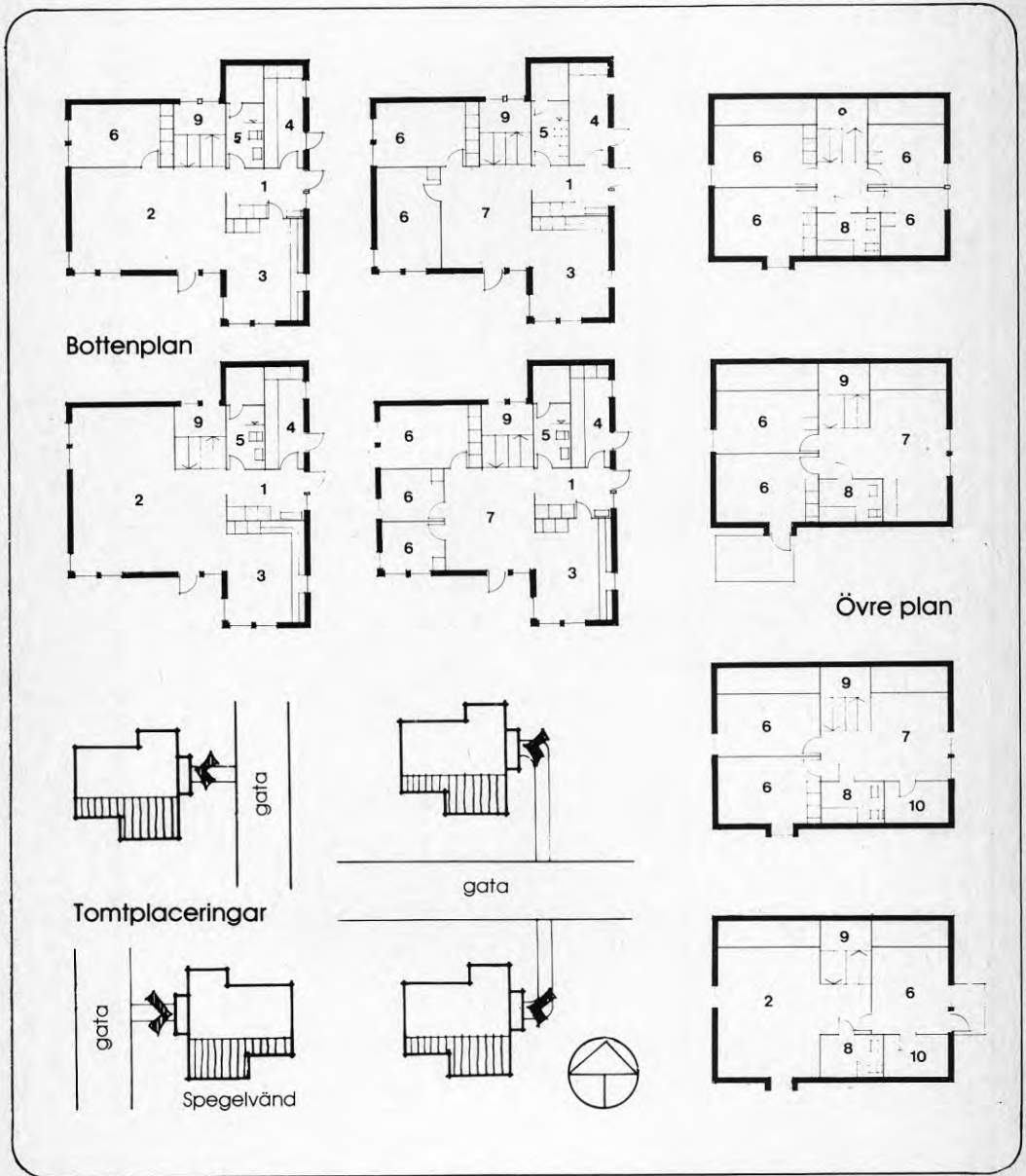


Fig. 2.2 Alternativa planförslag och tomtplaceringar.

Huset är 1 1/2 plans trähus med en asymmetrisk takkonstruktion som gett utrymme för solfångare på 70°-gradigt takplan som skall riktas åt söder.

Huset har entré på gaveln för att möjliggöra olika placeringar på tomten med hänsyn till sydriktning och omgivande gatunät. Se fig 2.2.

Nedre botten innehåller i en installationszon kök, hall, tvättrum, bad, bastu och apparatrum. Resten av utrymmet är öppet för att möjliggöra olika planvarianter.

På övre plan finns centralt trappa och badrum samt utrymme för ett varierat antal sovrum från 1 till 4. De olika planvarianterna redovisas i fig. 2.2.



Fig. 2.3 Foto från norr



Fig. 2.4 Foto från öster

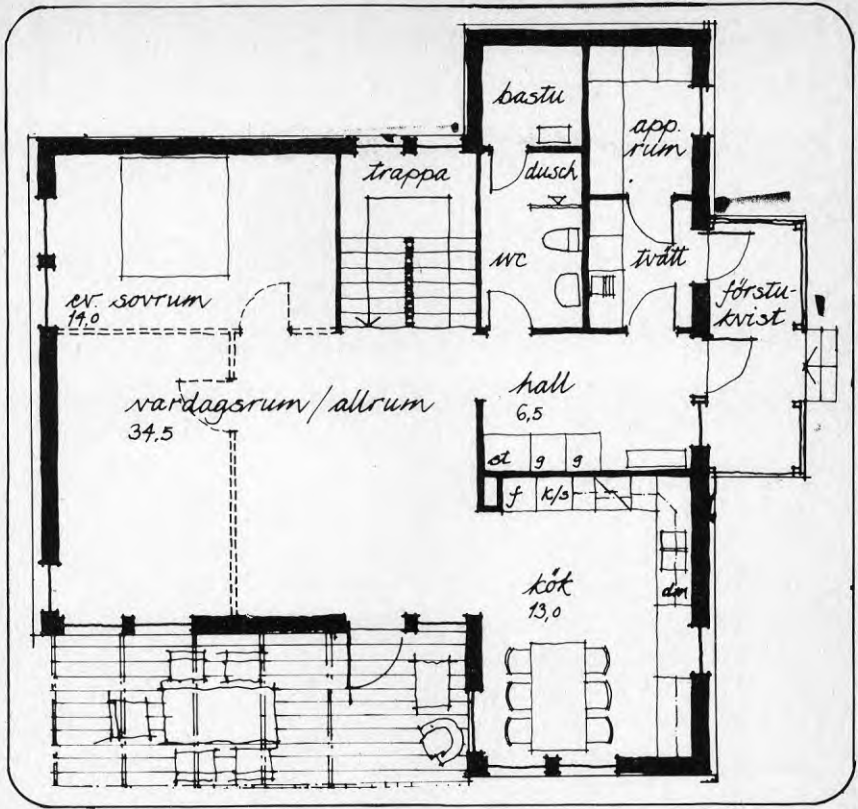


Fig. 2.5 Nedre våningsplan

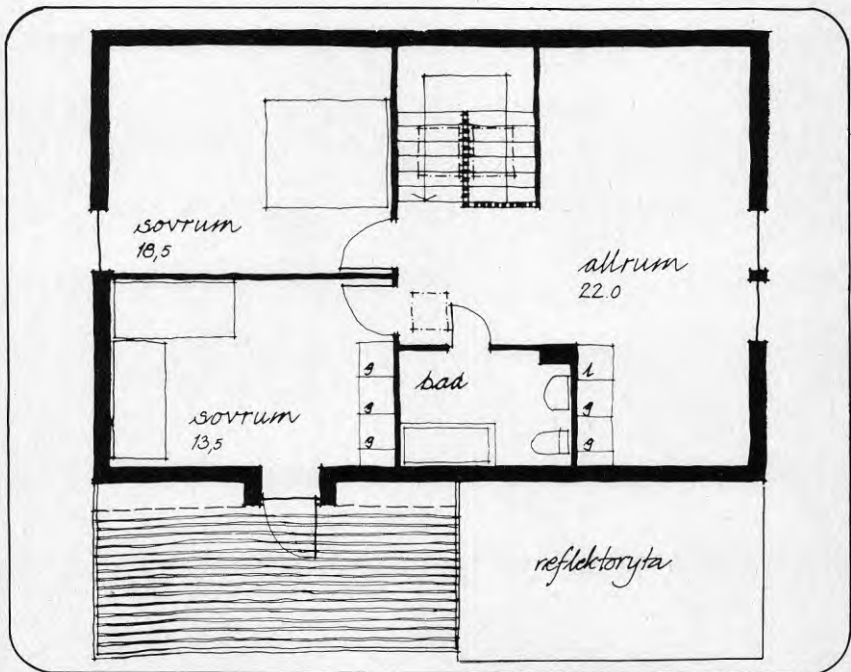


Fig. 2.6 Övre våningsplan

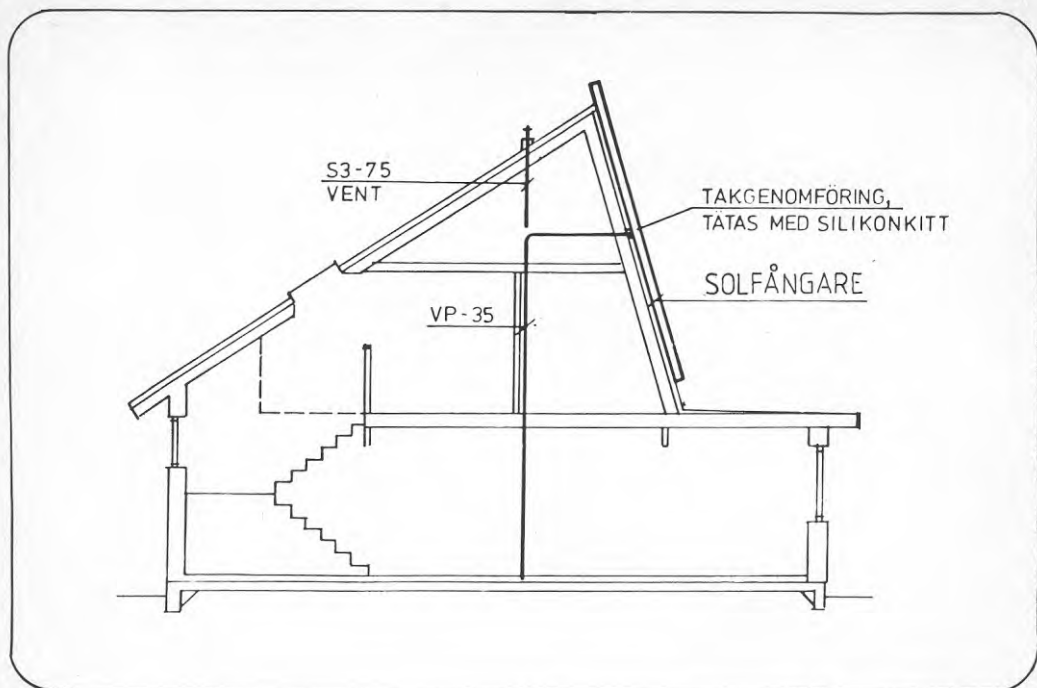


Fig. 2.7 Sektion

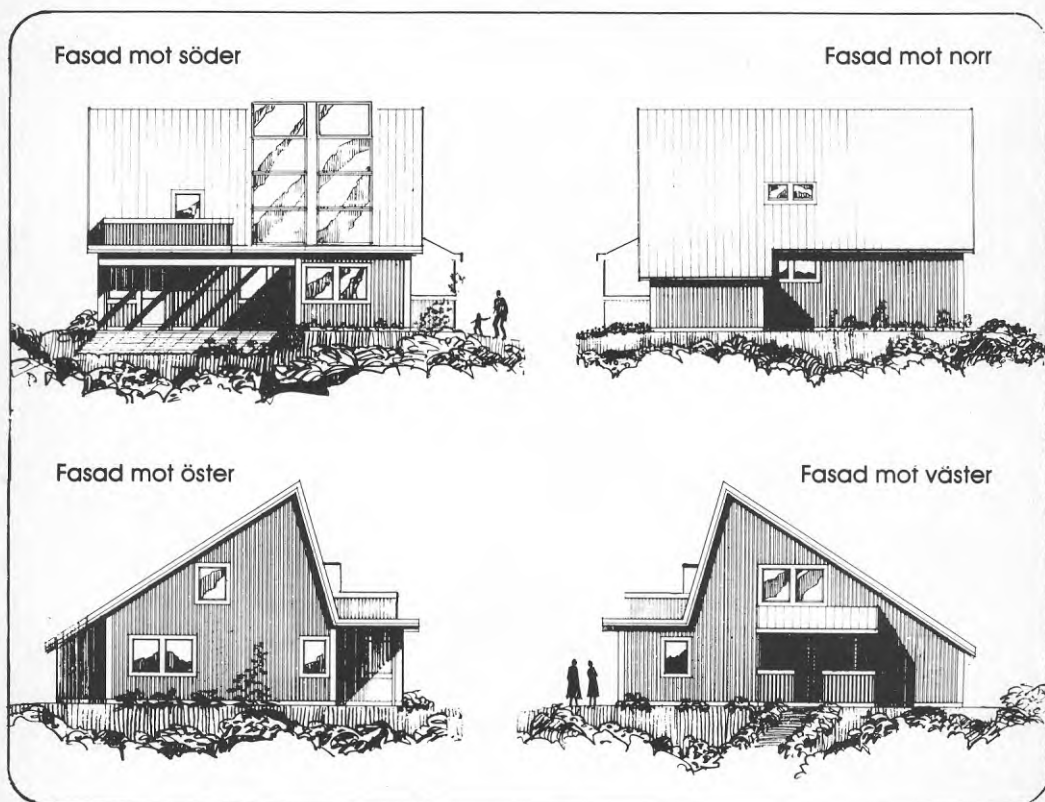


Fig. 2.8 Fasader

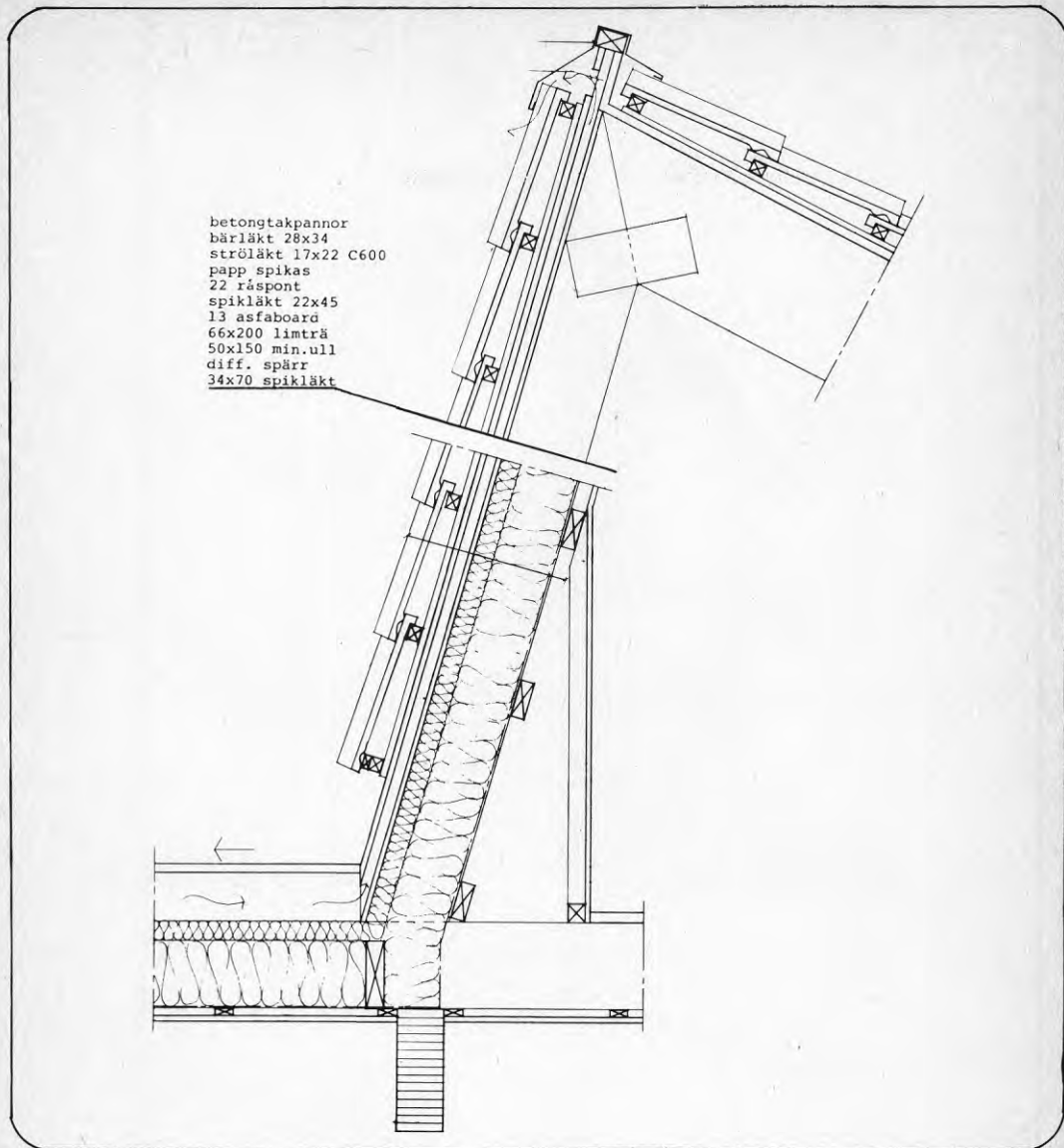


Fig. 2.9 Sektion genom tak.

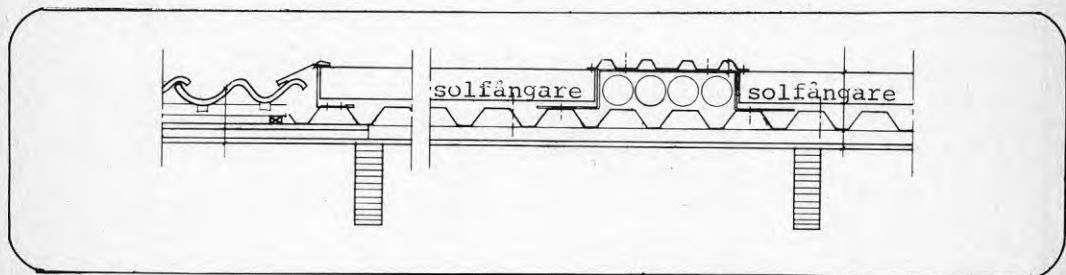


Fig. 2.10 Sektion genom solfångarekonstruktion

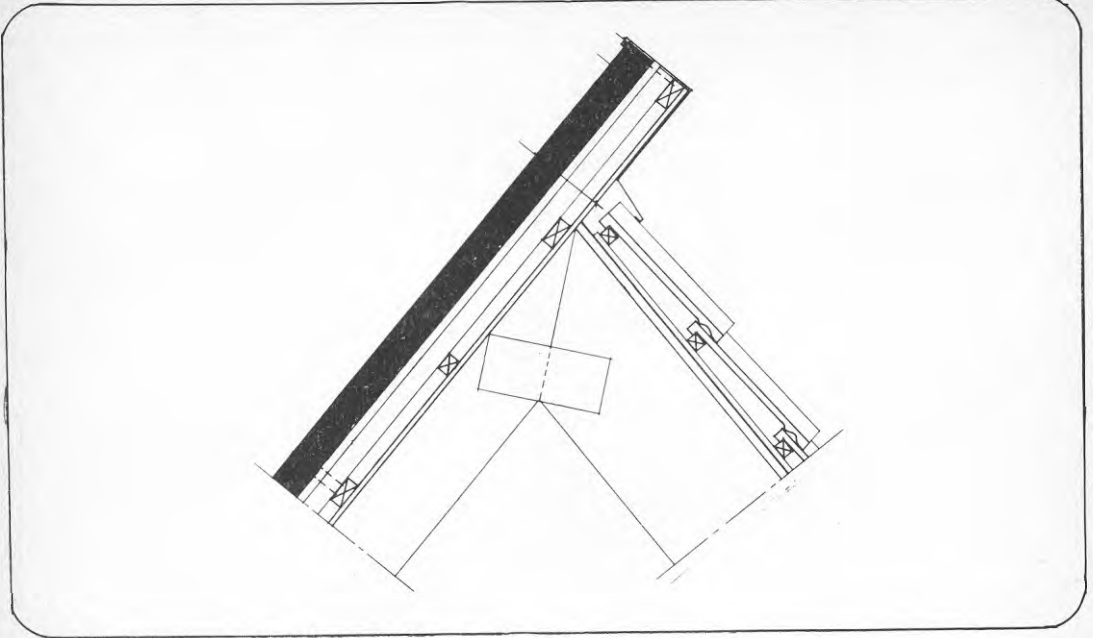


Fig 2.11 Taknock vid solfångare

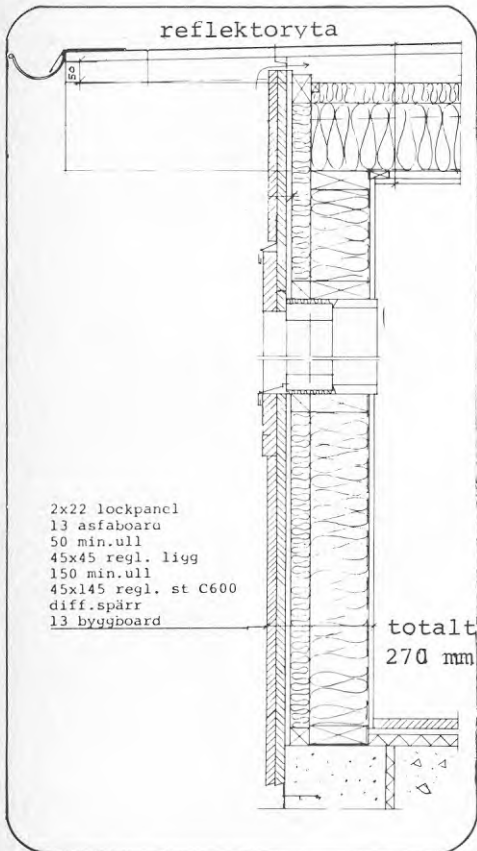


Fig. 2.12 Sektion genom vägg

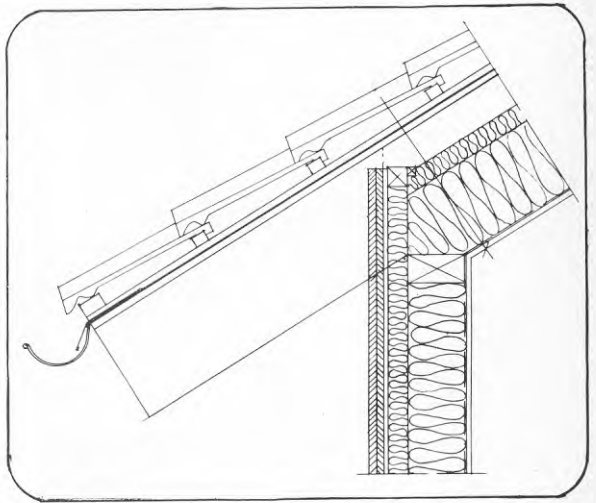


Fig. 2.13 Takfot

Följande k-värden har beräknats.

golv	$k = 0,30 \text{ W/m}^2 \times ^\circ\text{C}$
ytterväggar	$k = 0,24 \text{ W/m}^2 \times ^\circ\text{C}$
yttertak	$k = 0,18 \text{ W/m}^2 \times ^\circ\text{C}$

Huskonstruktionerna i detalj framgår av vidstående figurer.

2.2 BESKRIVNING AV ENERGISYSTEMET

Lågenergianläggningen omfattar ca 19 m^2 solfångare, en värmepump, en solvärmeackumulator å 3 m^3 samt en ackumulator å 300 liter för förvärmning av förbrukningsvarmvatten. För eftervärmning av förbrukningsvarmvattnet finns en elberedare å 150 liter resp. 1 kW. Rumsuppvärmningen sker via radiatorer dimensionerade för $50/43^\circ\text{C}$. En elpanna å 9 kW är installerad som reserv.

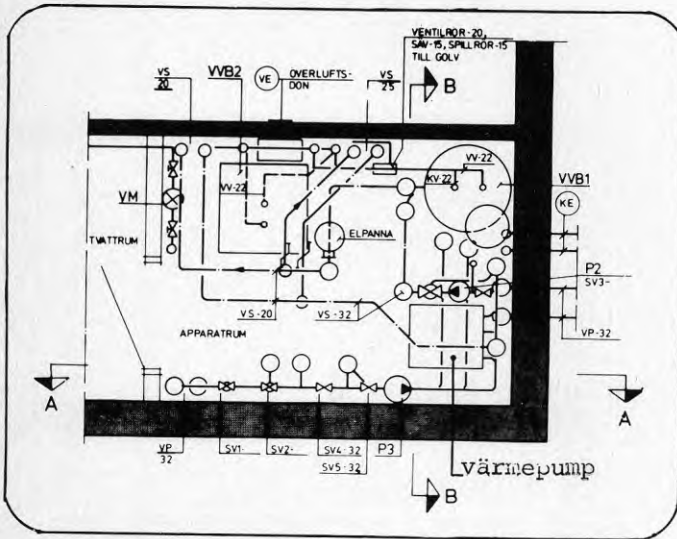


Fig. 2.14 Planritning apparatrum

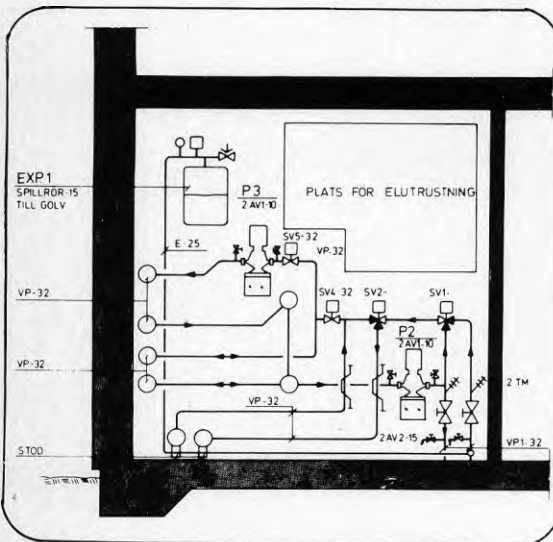


Fig. 2.15 Sektion A-A

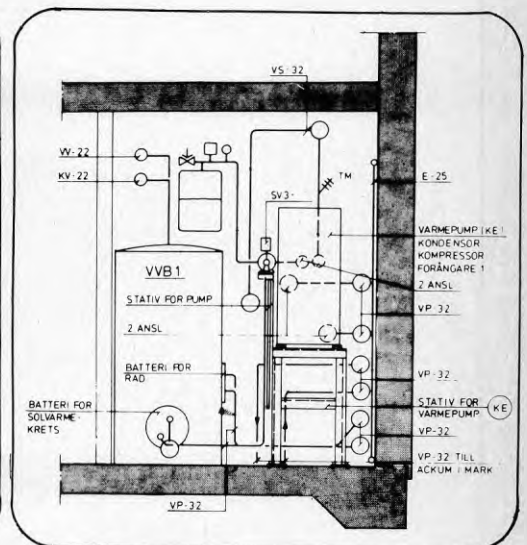


Fig. 2.16 Sektion B-B

2.2.1 SOLFÅNGARE

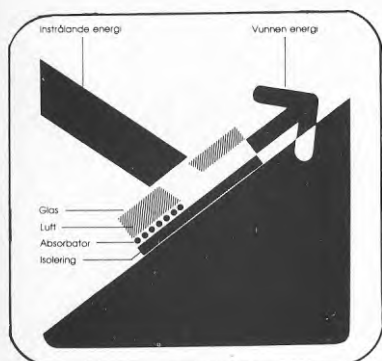


Fig. 2.17 Princip



Fig. 2.18 Foto solfångare

Solfångarna är av tyskt fabrikat (John & Co, Achern) och består av 8 st enheter, med yttermått 2,00 x 1,30 m². Den sammanlagda genomsnittliga frontarean är 19,2 m².

Solfångarna är orienterade mot söder med lutningsvinkeln 70^o mot horisontalplanet. Absorbatorytan består av en aluminiumplatta med svart ytbehandling och försänkta rörslingor av rostfritt stål.

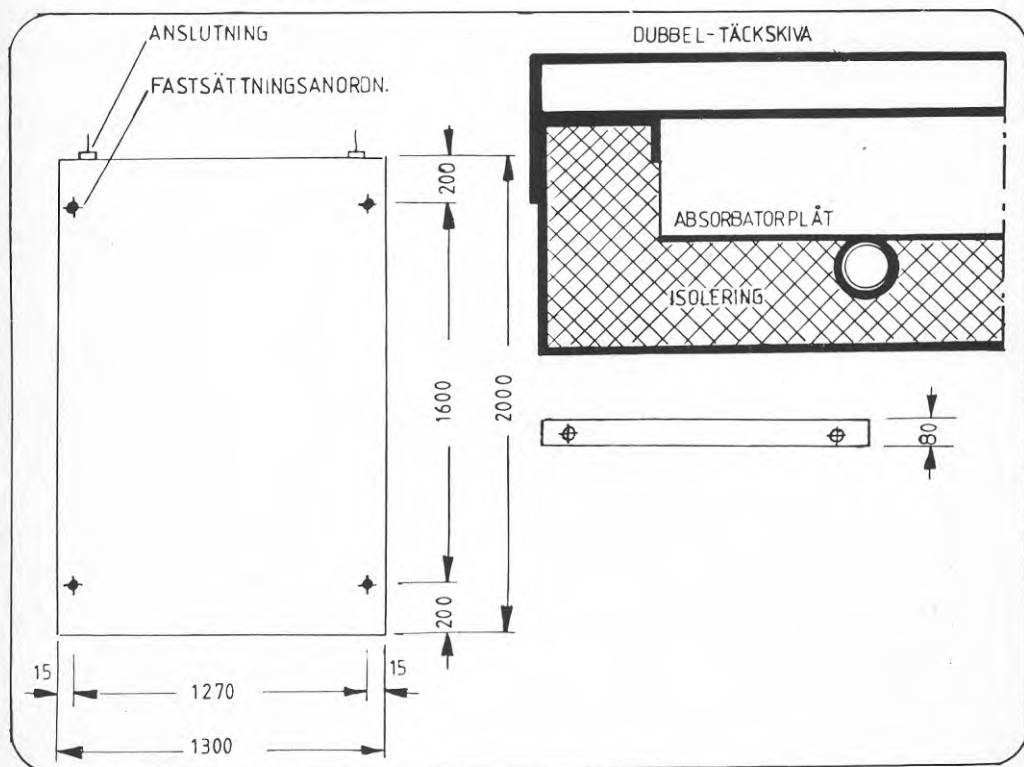


Fig. 2.19 Måttuppgifter, solfångare

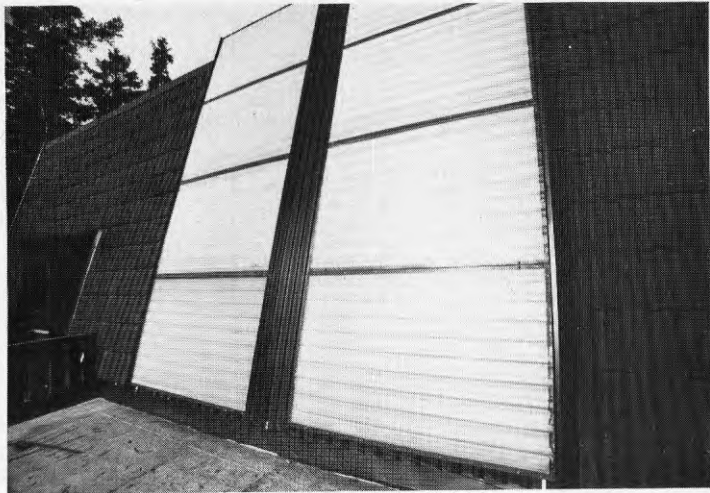


Bild 2.20 Foto av solfångarna

Tekniska data från fabrikanter

Längd	2000 mm
Bredd	1300 mm
Total solfångararea	2,6 m ²
Genomsnittlig frontarea	2,4 m ²
Specifik vatteninnehåll	0,92 l/m ²
Vatteninnehåll	2,20 l
Vikt	40 kg
Provtryck för värmeförande rör (SIS 2350)	25000 kPa
Provtryck för kollektor	5000 kPa
Temperaturbeständighet vid stille- stånd	+180°C
Köldbändighet	-40°C
Tryckhållfasthet för täckskivan	1800 kp/cm ²
Slaghållfasthet för täckskivan	40-60 kp/cm ²
Täckskivans transmission	80%
Absorbatorytan, absorption	94%
"-"- emission	78%
Anslutningsfärdig med R 1/2" in- vändig gänga	
Täckskiva	Glasfiberarmerad polyester
Rörregister	Rostfria stålrör
Absorbator	Aluminium
Isolering	Polyuretan (PUR)

Som värmebärarmedium används glykolblandat vatten med 50% glykolhalt. (Antifrogen L). Flödet uppgår till ca 65 liter/m², h. Glykolvattensystemet är dimensionerat för ett högsta arbetstryck av 3500 kPa, vilket ger en kokpunkt av ca +140°C. Normalt arbetstryck är ca 1500 kPa.

Solfångarnas front täcks av en dubbel täckskiva av glasfiberarmerad polyester. Både kant- och baksidaisoleringen är av polyuretan (PUR). Kantisoleringen är dessutom belagd med en tunn aluminiumfolie vänd in mot absorbatoren.

Installationsmässigt har solfångarna hopkopplats parvis i serie. Varje par är anslutet till samlingsledningen, som står i förbindelse med varmvattenackumulator, solvärmeackumulator och värmepump. Distributionsledningarna är av koppar.

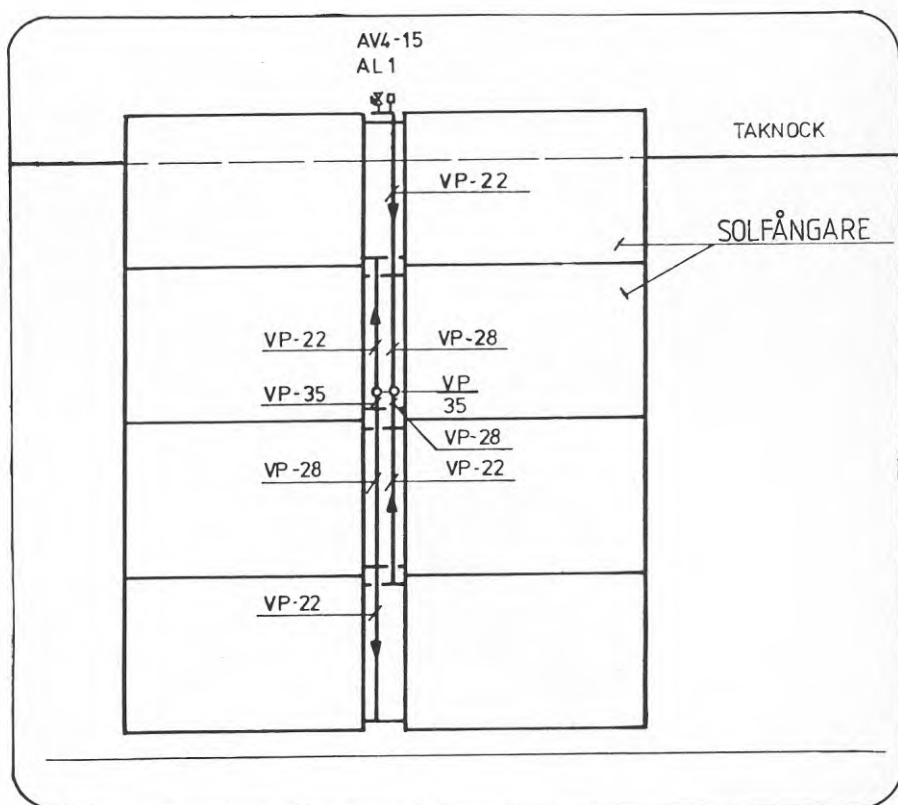


Fig. 2.21 Solfångarnas röranslutning



Fig. 2.22 Foto av soltyphuset



Fig. 2.23 Foto av solfångare

2.2.2 VÄRMELAGER

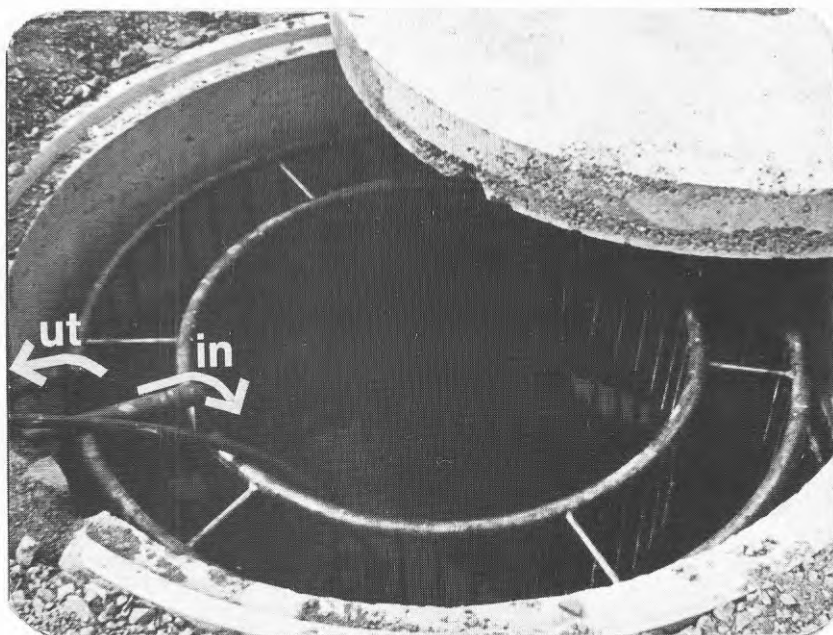


Fig. 2.24 Foto värmelager

Värmelagret utgörs av tre stycken brunnringar nedgrävda i mark och utförda med täta skarvar. Volymen är ca 3 m^3 . Lock och mantelns övre del är isolerad för att reducera värmeförlusterna till uteluften. Brunnen är fylld med vatten och innehåller 160 m kopparrör med dimensionen 15/13 mm i vilka cirkulerar glykolvatten till solfångare resp. värmepumpens vattenkylare.

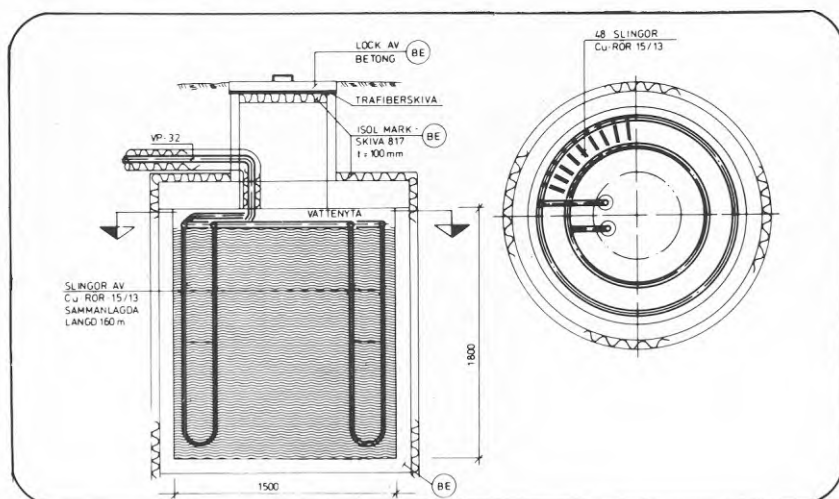


Fig. 2.25 Värmelager - konstruktionsritning

2.2.3 VÄRMEPUMP

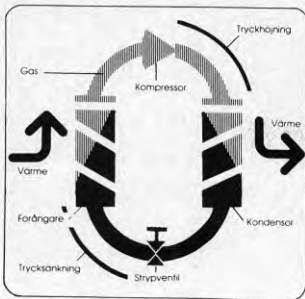


Fig. 2.26 Princip

Värmepumpen har en eldriven kompressor med en maximal värmepumpeffekt av 9 kW vid ca 0°C förångar-temperatur och 50°C kondenseringstemperatur. Värmepumpen har två förångare - en luftkylare placerad på mark norr om byggnaden, där uteluften nyttjas som värmekälla, och en vattenkylare med glykolblandat vatten som köldbärare. Köldbäraren hämtar sitt värme från ackumulatorn och/eller solfångarkretsen.

Kondensorsidan är vattenkyld och inkopplad till husets värmesystem samt till en slinga i ackumulatorn för förbrukningsvarmvatten.

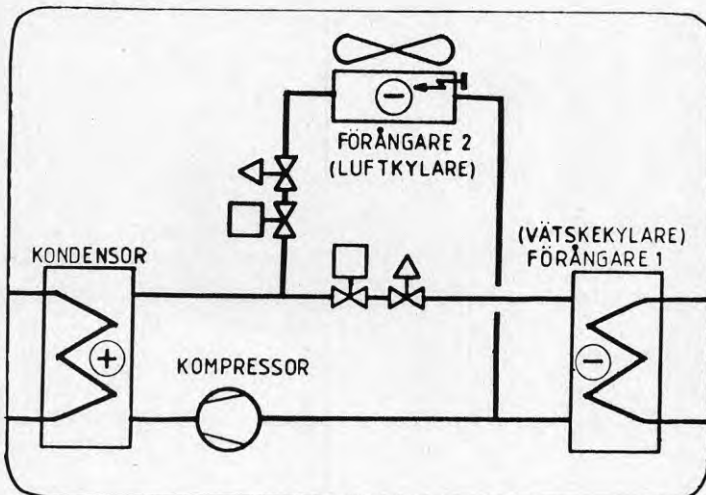


Fig. 2.27 Principschema, värmepump

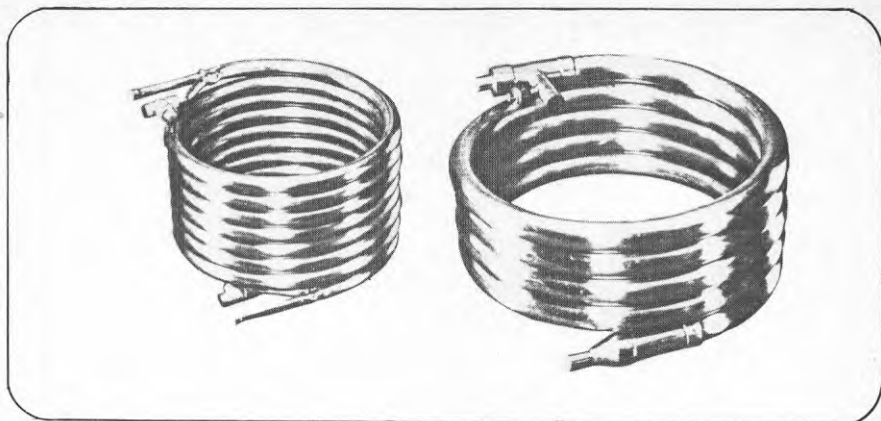


Fig. 2.28 Kondensor och vätskekylare

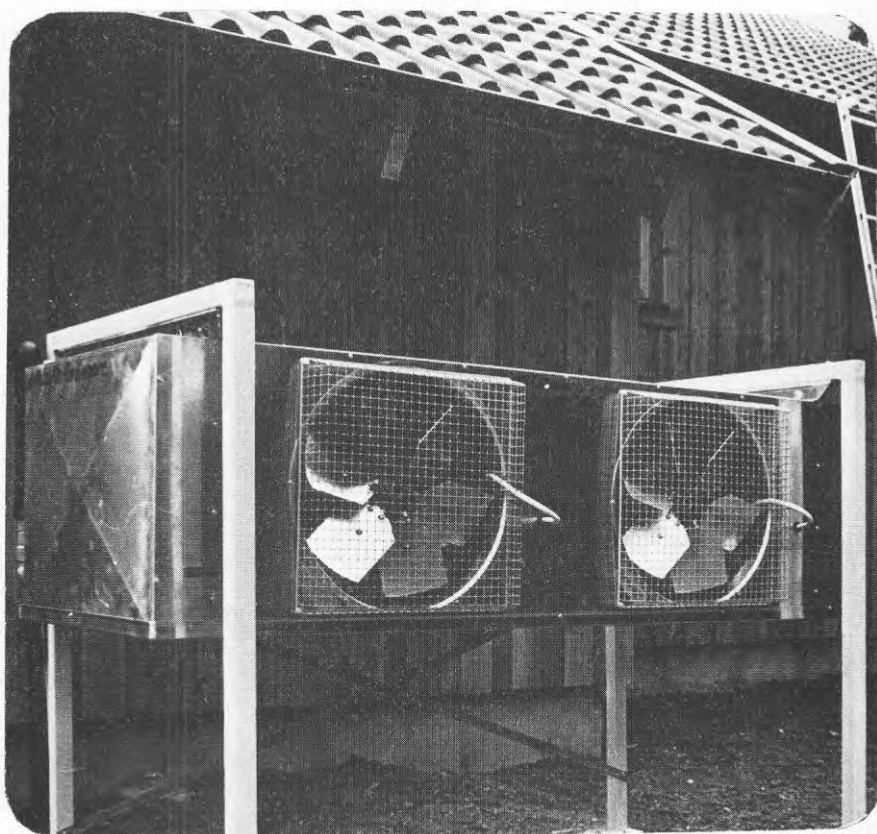


Fig. 2.29 Luftkylare

2.3 STYRSYSTEM

Den aktuella anläggningen styrs och övervakas av en mikro-dator. Datorn är uppbyggd kring en Motorola mikroprocessor typ 6802 med 8 bitars ordlängd och består av:

- 1 huvudkort
- 1 utgångskort
- 1 analogingångskort

Huvudkortet innehåller processor med 4 kiloords program-minne, 128 ords dataminne, 256 ords batteriuppsatt data-minne, kretsar för knappar, tumhjul och display.

På huvudkortet sitter dessutom 8 optoisolerade digitala ingångar och 16 digitala utgångar. Utgångskortet har 16 digitala utgångssignaler. Analogingångskortet har 7 in-gångar för mätning av temperaturer med Cuproswemgivare.

Samtliga in- och utgångar är galvaniskt isolerade från datorns arbetsspänning för att minimera externa störningar.

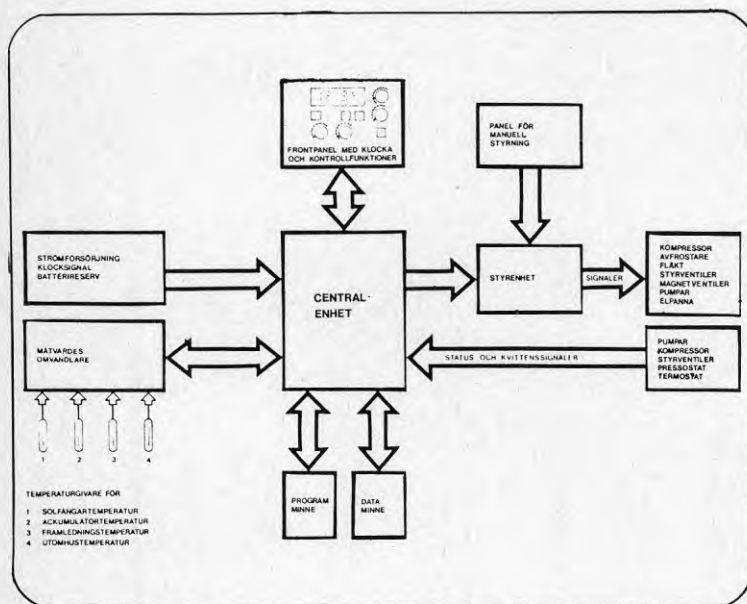


Fig. 2.30

Princip för mikrodator

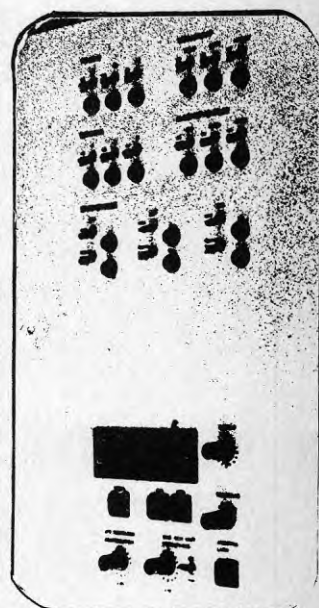


Fig. 2.31

Foto manöverpanel

3. SYSTEMETS FUNKTION

Den aktuella anläggningen omfattar 3 vattensystem med totalt 4 vattenkretsar, nämligen förbrukningsvarmvattenkretsen, värmevattenkretsen och glykolsystemet mellan solfångare, ackumulator och värmepump. Det senare är uppdelat i två cirkulationssystem med var sin cirkulationspump. Den ena pumpen upprätthåller flödet mellan solfångare och ackumulatorer, medan den andra pumpen cirkulerar vatten mellan lågtemperaturackumulatören och värmepumpens vattenvärmda förångare.

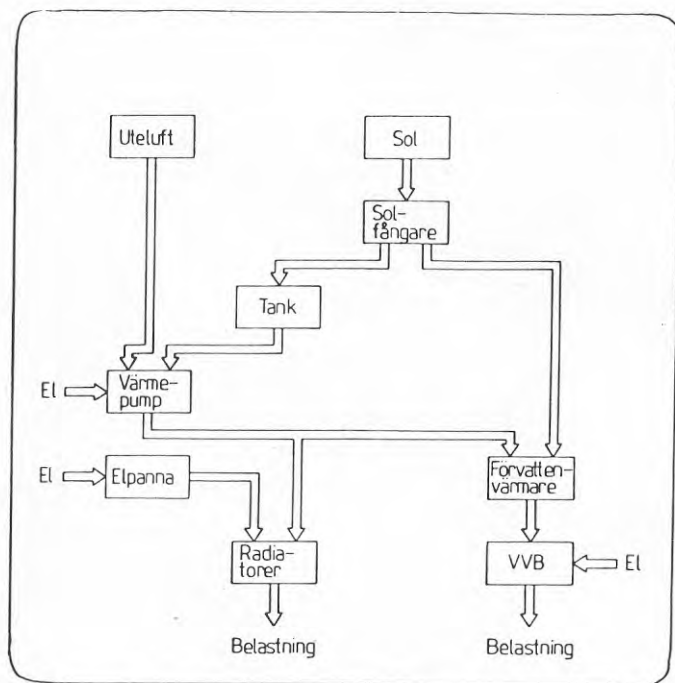


Fig. 3.1 Energiflödesschema

Funktionen är följande: Den ur solfångarna insamlade solenergin överförs i första hand till förbrukningsvarmvattenackumulatören (högtemperaturackumulator) och därefter transporteras resterande energi till lågtemperaturackumulatören. Se fig. 3.1

Kretsens cirkulationspump styrs på impuls av differensen mellan två temperaturgivare.

Värmepumpen arbetar antingen med uteluften eller lågtemperaturackumulatorn som värmekälla beroende på rådande temperaturförhållanden. Om ackumulatortemperaturen är högre än utetemperaturen startas cirkulationspumpen i ifrågavarande glykolvattenkrets samtidigt som värmepumpen omkopplas för drift från vattenkylare. Vid omvänt temperaturförhållande stoppas cirkulationspumpen och värmepumpen omkopplas för drift från uteluftskylaren där fläktarna startas. Avfrostning av uteluftsförångaren sker med elvärme och under avfrostningsfasen arbetar värmepumpen från ackumulatorn.

Värmepumpens kondensorvärme avges till radiatorer och i större eller mindre omfattning till förbrukningsvarmvattenackumulatorn.

Vid behov inkopplas eleftervärmare för förbrukningsvarmvattnet respektive värmevattnet.

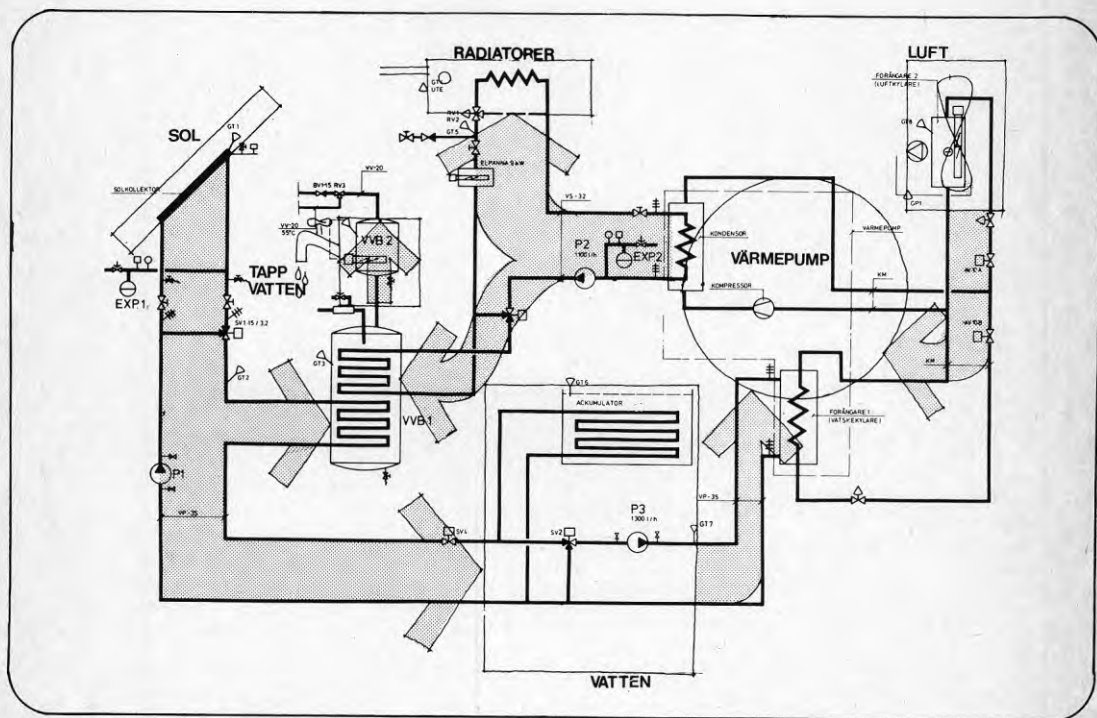


Fig. 3.2 Principschema för SOLAREC-systemet

4. MÄTPROGRAM

Någon mer omfattande utvärdering av anläggningen var inte planlagd under projekterings- och byggtiden. Därför har mätutrustning endast insatts i sådan omfattning att alltför stora ingrepp i anläggningen undvikits. Mätdata har registrerats på räkneverk som avlästs en gång per vecka.

Följande energiflöden har kunnat mätas:

- av solfångarna insamlad energi
(Värmemätare fabrikat AB Svensk Värmemätning, typ SVM 65)
- förbrukad energi för uppvärmning
(Värmemätare fabr. AB Svensk Värmemätning, typ SVM 65)
- av elpannan förbrukad elenergi
(Elmätare fabr. Asea Skandia)
- av värmepumpen förbrukad elenergi
(Kompressor, luftkylarfläktar, avfrostning, brinepump m.m., kringutrustning till värmepump)
(Elmätare fabrikat Asea-Skandia)
- förbrukad elenergi i varmvattenberedare
(Elmätare fabrikat Asea Skandia)
- total elförbrukning
(Elmätare fabr. AEG)

Dessutom har vissa drifttider registrerats såsom

- elavfrostning
- pump till vattenkylare
- fläktar till luftkylare
- pump i solvärmesystem
- pump i värmesystem

Placeringen av mätutrustningen framgår av (följande) princip-schema.

Klimatdata har hämtats från provningsanstaltens meteorologiska station, vilken är belägen ca 1 km från huset. Här används likadan utrustning som i SMHI:s automatiska stationer. Data om solinstrålning (horisontellt och 70^o lutningsvinkel), utetemperatur, luftfuktighet, vindhastighet, vindriktning och nederbörd lagras på dator i form av timmedelvärden.

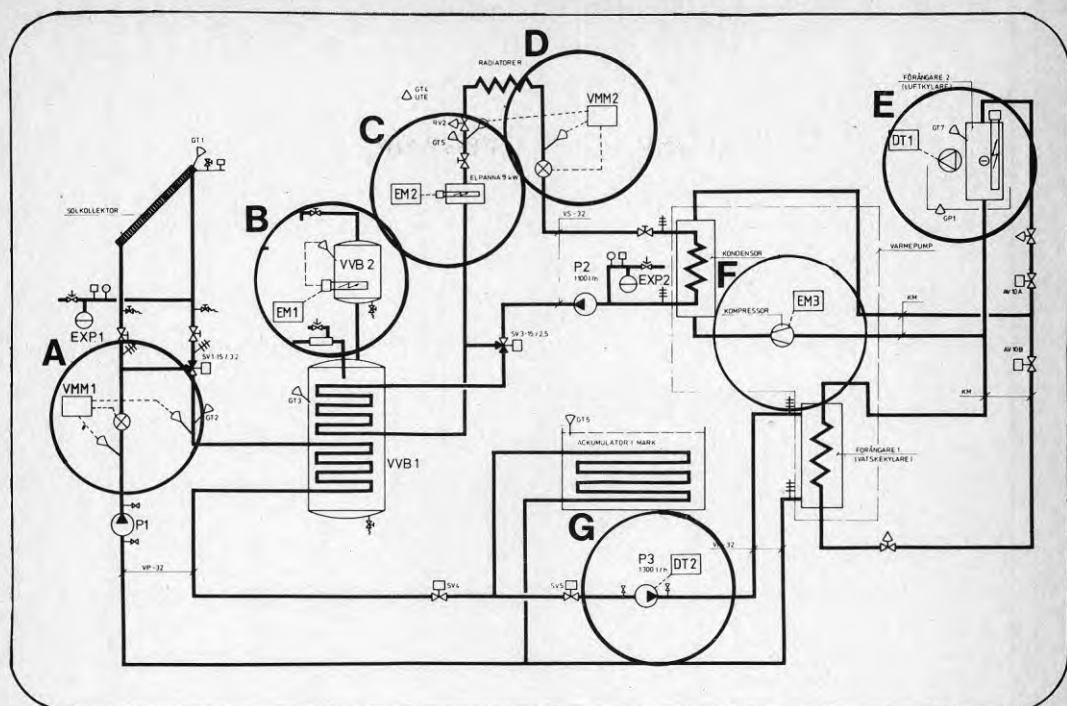


Fig. 4.1 Mätpunkternas placering i systemet

I fig. 4.1 redovisas olika mätpunkter enligt nedan:

- A VMM1 mäter insamlad solenergi
- B EM1 mäter tillförd elenergi i varmvattenberedaren
- C EM2 mäter förbrukad elenergi i elpannan
- D VMM2 mäter förbrukad energi för uppvärmning
- E DT1 mäter drifttid hos luftkylaren
- F EM3 mäter förbrukad elenergi hos kompressorn
- G DT2 mäter drifttid hos pump P3 (värmelager - vätskekylare)

5. PRESENTATION AV RESULTATET

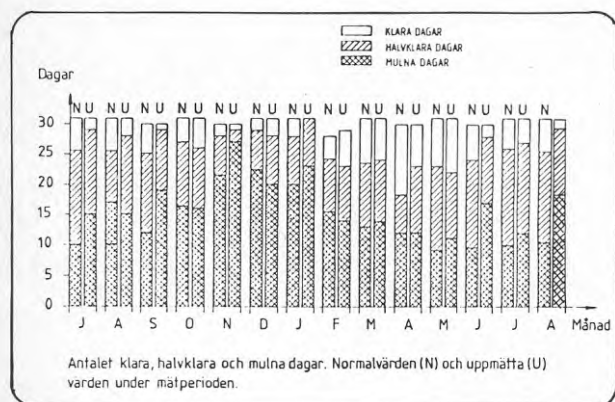
5.1 KLIMATFÖRHÅLLANDEN UNDER MÄTPERIODEN

Nedan angivna klimatförhållanden för mätperioden har hämtats från SMHI:s månadssammanställningar. Förhållandena har i diagrammen jämförts med normalvärden 1931-1960 enligt "Klimatdata för Sverige".

I "Klimatdata för Sverige" beskrivs stationen i Borås på följande sätt:

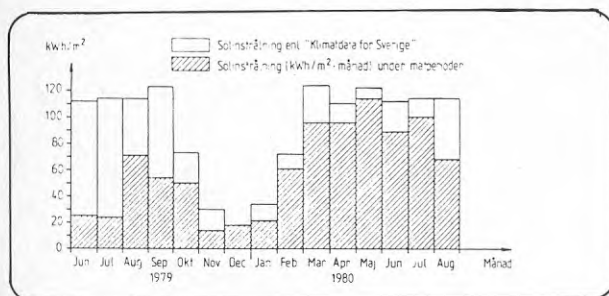
P711,57°46'N, 12°57'E, 140 m ö.h

Tämligen öppen terräng vid S änden av Öresjön i dalgång orienterad i SW-NE. På ca 1 km avstånd från stationen finns högre, skogbevuxen terräng. Stn belägen ca 50 m S om Öresjön, ca 5 km N om Borås centrum. Marken utgörs av gräsmattor och asfalterade ytor, enstaka byggnader i närheten.



Antalet klara dagar har för nästan samtliga månader varit färre än normalvärden för perioden. Nov -79 och jan 1980 var synnerligen solfattiga månader. Juli, aug och sept 1979 hade totalt endast 6 klara dagar. Vintern 1979/1980 hade i genomsnitt 20 mulna dagar per mån. Under perioden mars - aug 1980 var antalet mulna dagar i genomsnitt 10. Sommaren 1980 (maj-juli) hade 15 klara dagar.

Fig. 5.1 Solförhållanden



Solinstrålningen mätt i kWh/m² - mån. under mätperioden låg generellt under normalvärden. Speciellt stor skillnad förekom under perioden juni-sept 1979 då värdena låg 60% under de normala. Under perioden jan-aug 1980 låg värdena 10-20% under normalvärdena.

Fig. 5.2 Solinstrålning

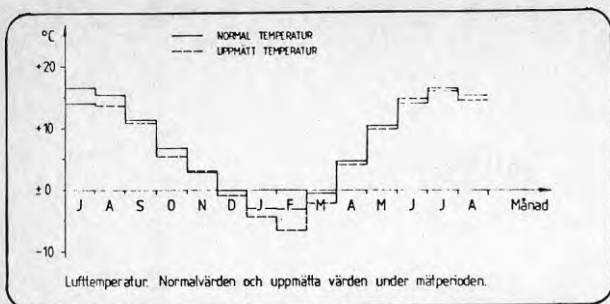


Fig. 5.3 Lufttemperatur

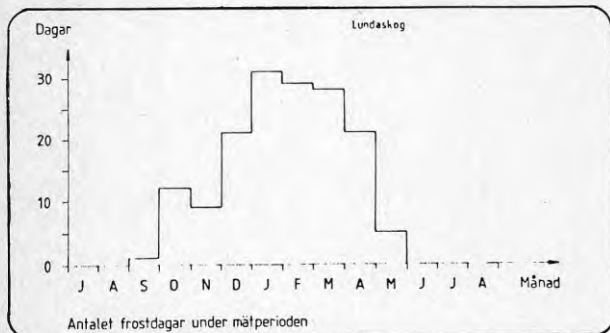


Fig. 5.4 Frostdagar

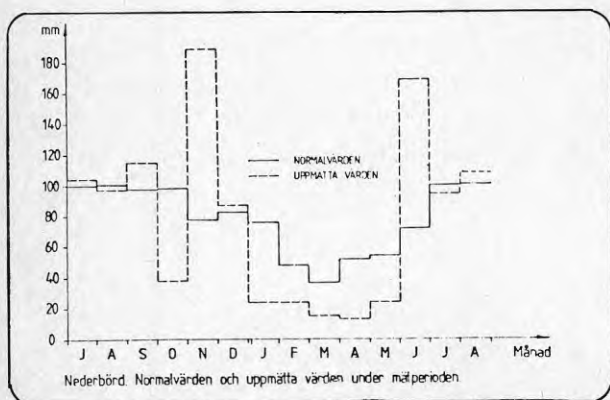


Fig. 5.5 Nederbörd

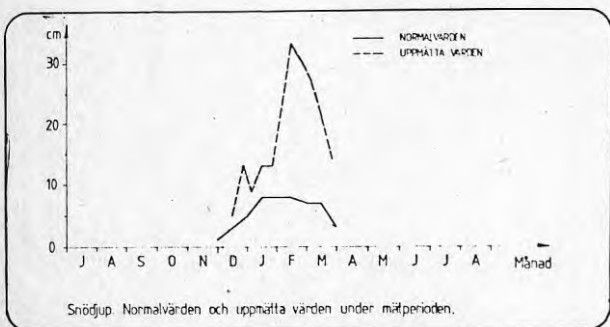


Fig. 5.6 Snödjup

• Perioden har varit något kallare än normalt. Speciellt kallare var juli-aug. 1979 och jan-febr. 1980.

• Antalet frostdagar är självfallet koncentrerade till vinterhalvåret men frostdagar förekom även i sept 1979 och maj 1980 som hade 5 frostdagar.

• Stora variationer förekom i nederbörden med betydande avvikelser i nov 1979 och juni 1980 då det regnade mer än dubbelt så mycket som normalt. Jan-maj 1980 hade endast hälften av normalvärden. Nederbörden under sist-nämnda period var ca 20 mm per månad.

Snödjupet var avsevärt mer än normalt med ett max. djup på drygt 30 cm i mitten av februari 1980. Generellt ligger snödjupet över normalvärdena.

5.2 PERIODVIS REDOVISNING AV SYSTEMET

Nedan redovisas mätresultaten för varje avläsningsperiod sammanställda i diagram månad för månad.

Staplarnas bredd anger tiden mellan avläsningarna. Medelvärden resp. totala energisummor för perioden mellan två avläsningar har inritats i diagrammen.

Under juli och aug. -79 var inte värmepumpen i drift p g a ombyggnadsarbeten, varför enbart resultat från solvärmesystemet har redovisats. Värmepumpen togs åter i drift i slutet av september. Maj - aug. 1980 har inte redovisats här eftersom avläsningar endast gjorts vid månadsskiftena. Resultaten för dessa månader framgår av den månadsvisa sammanställningen.

Som tidigare nämnts har klimatdata hämtats från provningsanstaltens meteorologiska station. Solinstrålningen har mätts med en solarimeter, fabrikat Kipp & Zonen med samma lutningsvinkel som solfångarna i Lundaskog. Utetemperatur har mätts i en termometerbur typ SMHI. Solvärmesystemets verkningsgrad har beräknats genom att dividera den under avläsningsperioden totalt insamlade solenergin (VMM1) med den totala solinstrålningen. Härigenom erhålls verkningsgraden för hela systemet. Detta värde blir något lägre än om verkningsgraden beräknas för den tid då solfångarna är i drift. De värden som anges i diagrammen tar alltså även hänsyn till solvärmesystemets kringutrustning såsom reglerutrustning.

Värmepumpens värmefaktor, $(COP)_{vp}$ har beräknats genom att dividera den avgivna energimängden (VMM2) med den förbrukade elenergin (EM3). Värmepumpens förbrukade elenergi inkluderar all kringutrustning såsom fläktar i luftkylare, avfrostningsutrustning m.m. Här bör poängteras att den totala angivna värmen från värmepumpen inte uppmätts p g a att VMM2 enbart mäter den energimängd som avges till uppvärmningssystemet. En viss energimängd från VP avges även till VVBl. Därför har ett något för lågt värde på värmefaktorer erhållits. Den avgivna energin till VVBl har inte kunnat mätas p g a platsbrist i apparatrummet.

$(COP)_{sys}$ har beräknats genom att dividera den förbrukade energin för uppvärmning med den i uppvärmningssystemet förbrukade elenergin (elpanna och värmepump).

Även detta värde blir något för lågt om hänsyn tas till att en viss mängd elenergi använts av värmepumpen för att förvärma tappvarmvattnet.

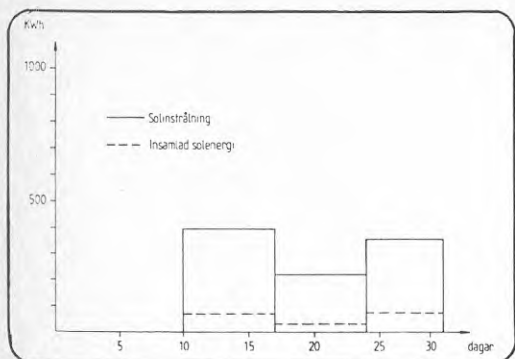


Fig. 5.7 Solinstrålning o insamlad solenergi

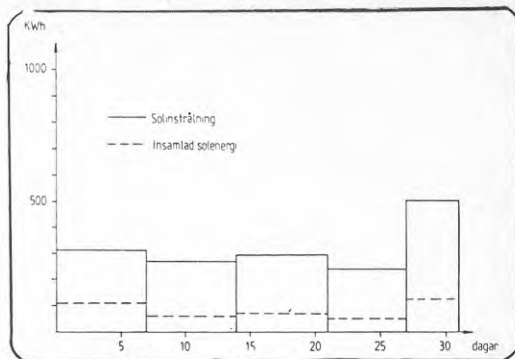


Fig. 5.9 Solinstrålning o insamlad solenergi

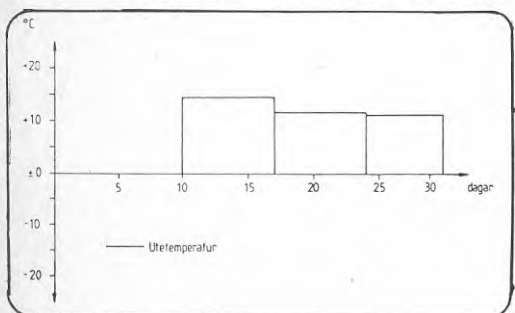


Fig. 5.8 Utetemperatur

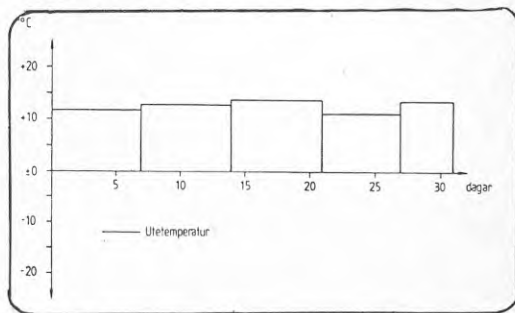


Fig. 5.10 Utetemperatur

SEPTEMBER -79

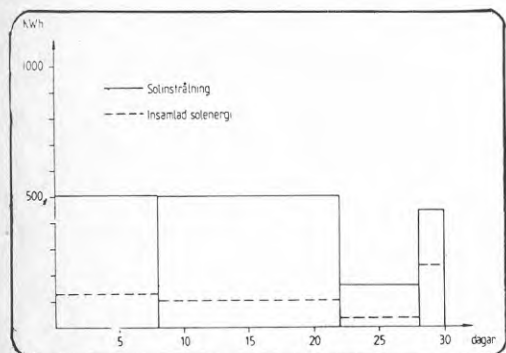


Fig. 5.11 Solinstrålning o insamlad solenergi

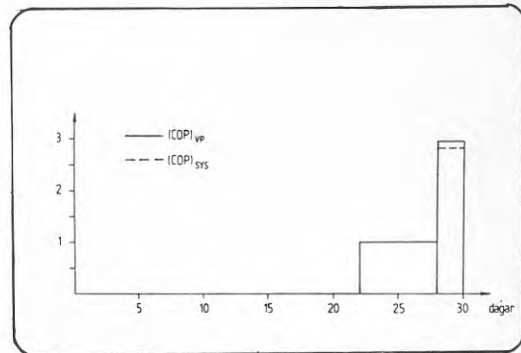


Fig. 5.13 Värmepump- o systemverkningsgrad

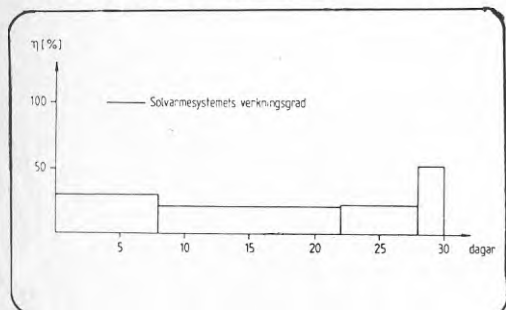


Fig. 5.12 Solvärmesystemets verkningsgrad

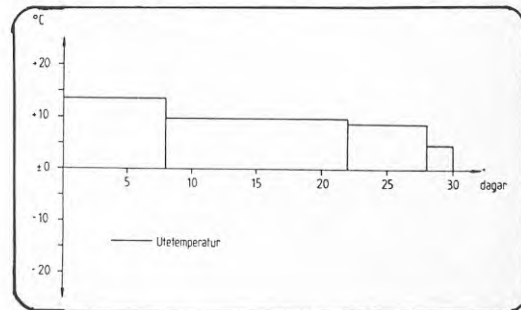


Fig. 5.14 Utetemperatur

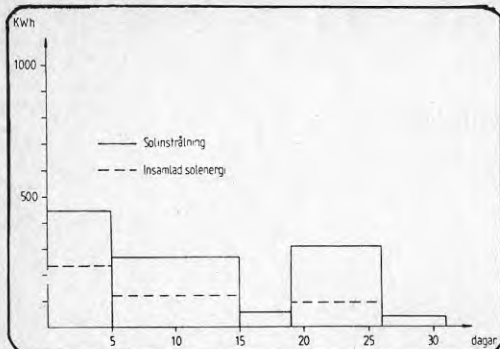


Fig. 5.15 Solinstrålning o insamlad solenergi

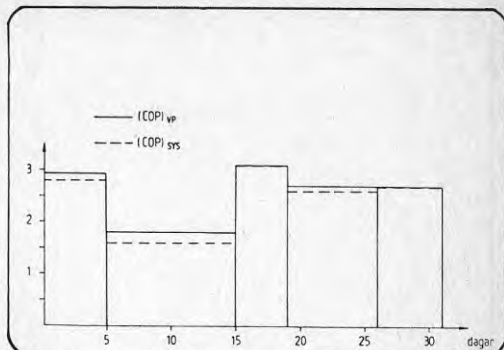


Fig. 5.17 Värmepump- o systemverkningsgrad

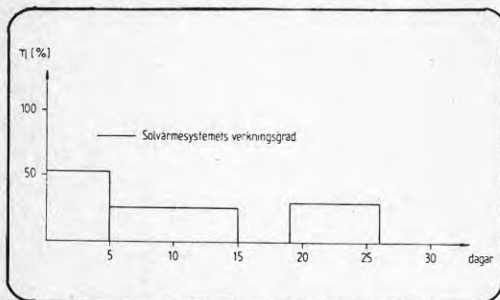


Fig. 5.1 Solvärmesystemets verkningsgrad

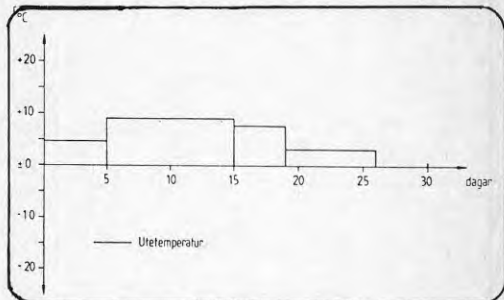


Fig. 5.18 Utetemperatur

NOVEMBER -79

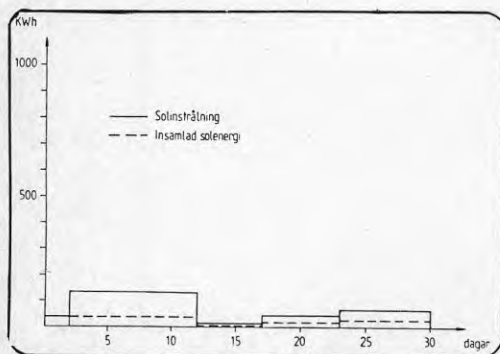


Fig. 5.19 Solinstrålning o insamlad solenergi

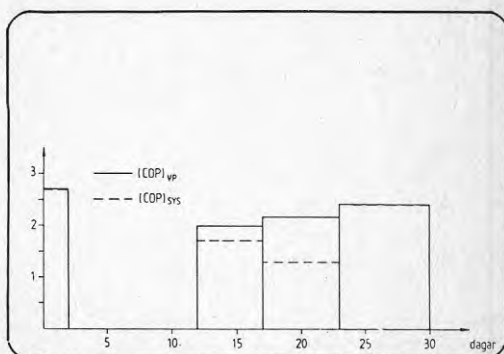


Fig. 5.21 Värmepump- o systemverkningsgrad

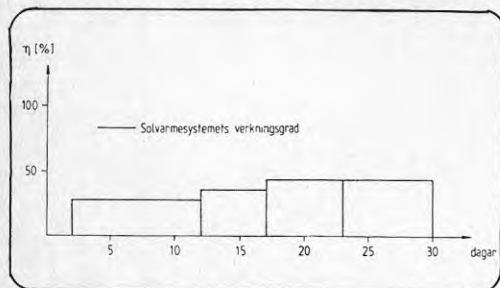


Fig. 5.20 Solvärmesystemets verkningsgrad

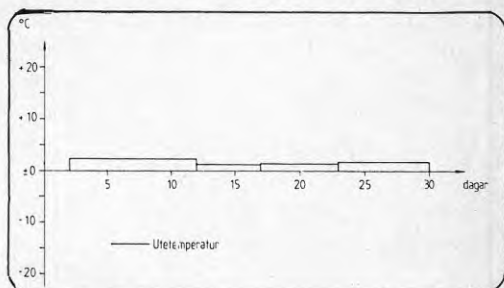


Fig. 5.22 Utetemperatur

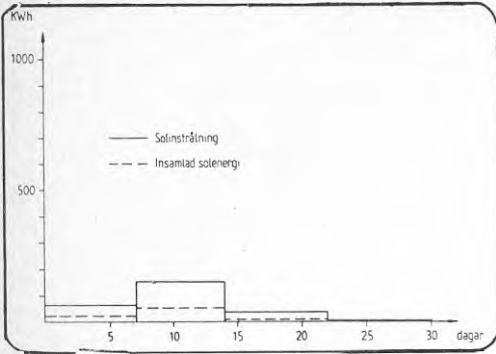


Fig. 5.23 Solinstrålning o insamlad solenergi

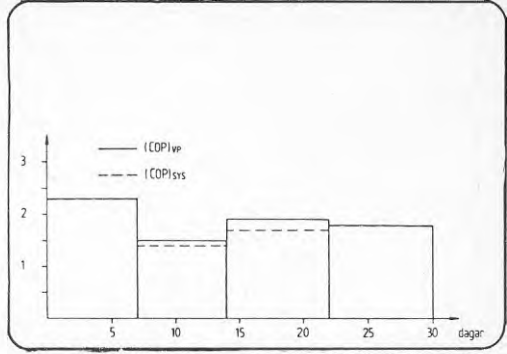


Fig. 5.25 Värmepump- o systemverkningsgrad

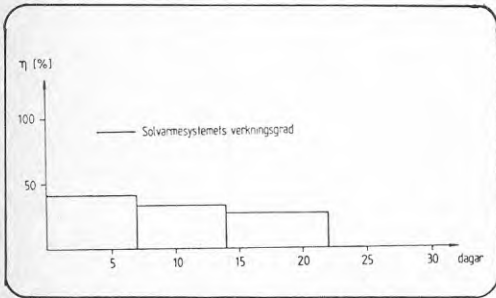


Fig. 5.24 Solvärmesystemets verkningsgrad

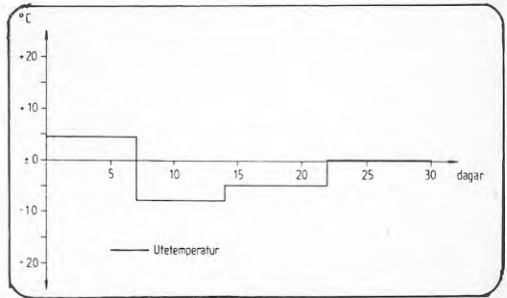


Fig. 5.26 Utetemperatur

JANUARI -80

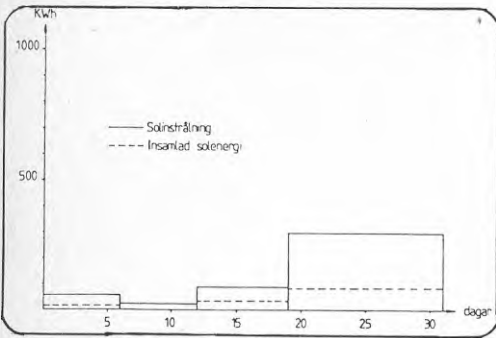


Fig. 5.27 Solinstrålning o insamlad solenergi

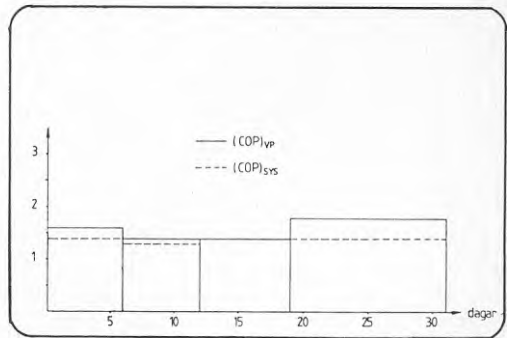


Fig. 5.29 Värmepump- o systemverkningsgrad

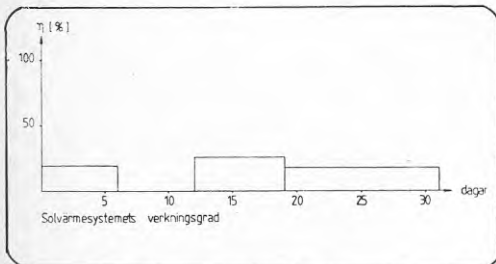


Fig. 5.28 Solvärmesystemets verkningsgrad

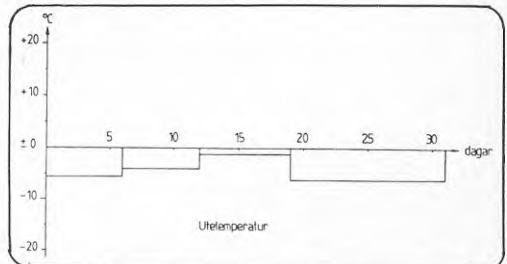


Fig. 5.30 Utetemperatur

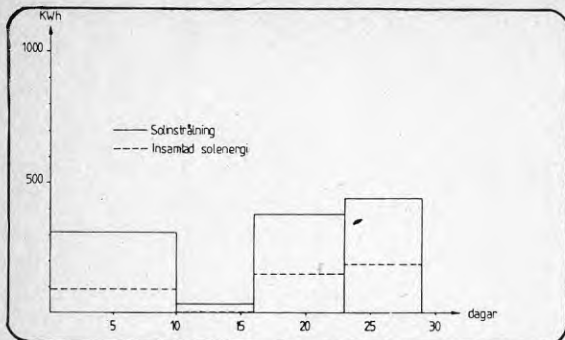


Fig. 5.31 Solinstrålning o insamlad solenergi

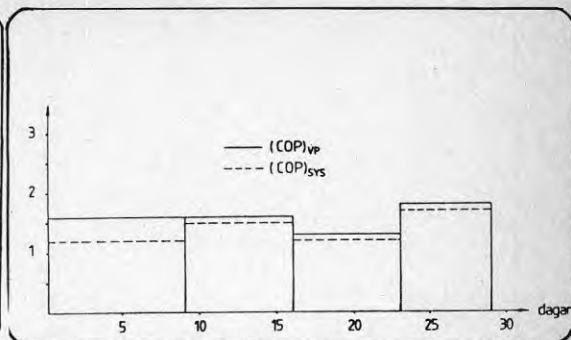


Fig. 5.33 Värmepump- o systemverkningsgrad

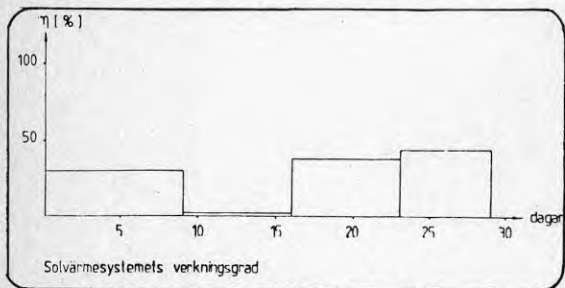


Fig. 5.32 Solvärmesystemets verkningsgrad

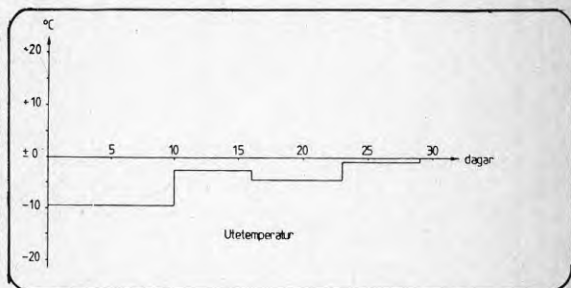


Fig. 5.34 Utetemperatur

MARS -80

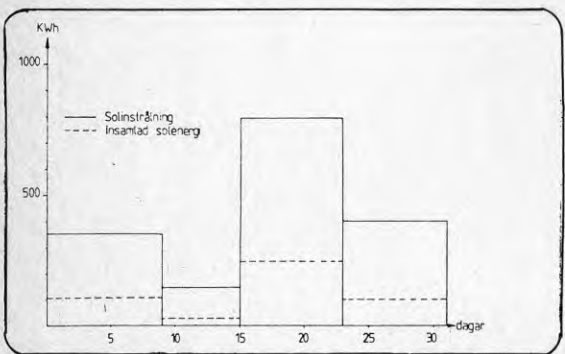


Fig. 5.35 Solinstrålning o insamlad solenergi

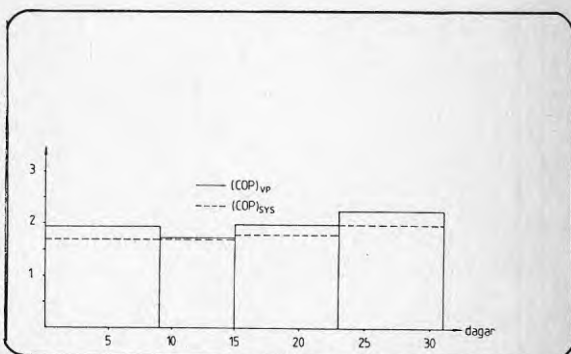


Fig. 5.37 Värmepump- o systemverkningsgrad

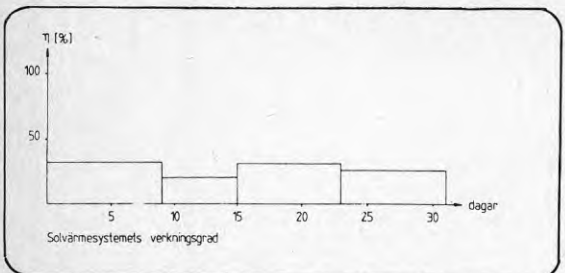


Fig. 5.36 Solvärmesystemets verkningsgrad

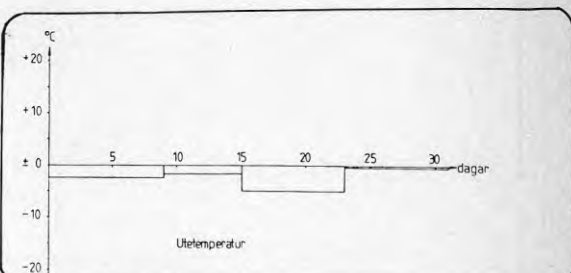


Fig. 5.38 Utetemperatur

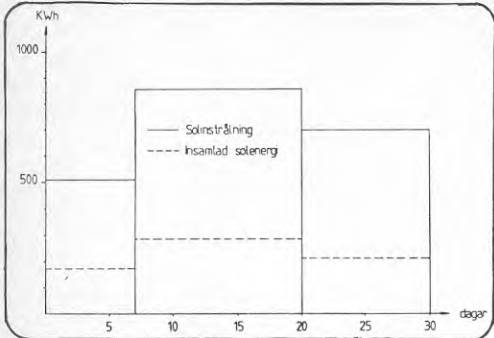


Fig. 5.39 Solinstrålning o insamlad solenergi

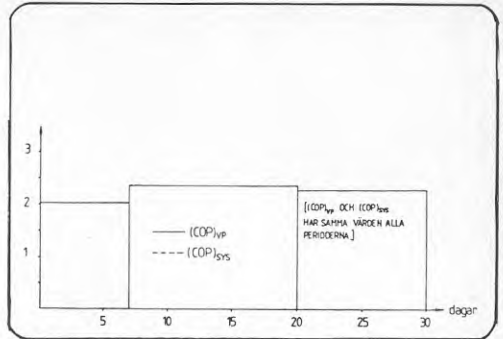


Fig. 5.41 Värmepump- o systemverkningsgrad

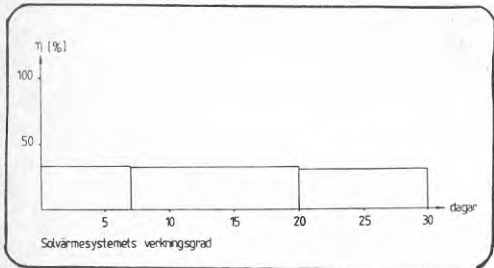


Fig. 5.40 Solvärmesystemets verkningsgrad

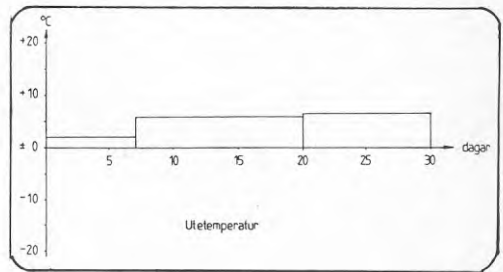


Fig. 5.42 Utetemperatur

MAJ -80

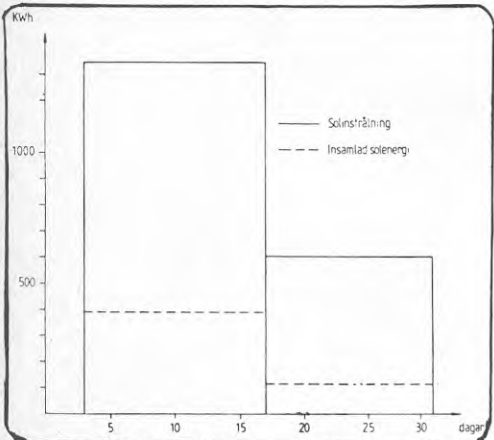


Fig. 5.43 Solinstrålning o insamlad solenergi

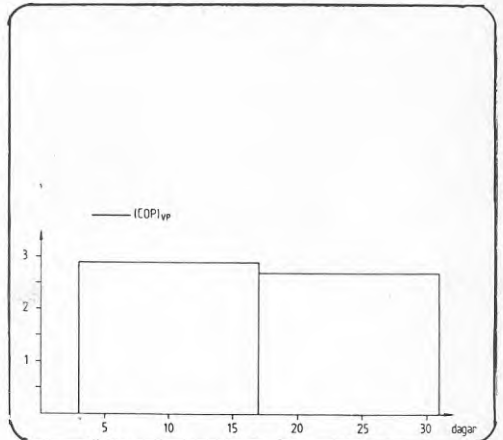


Fig. 5.45 Värmepump- o systemverkningsgrad

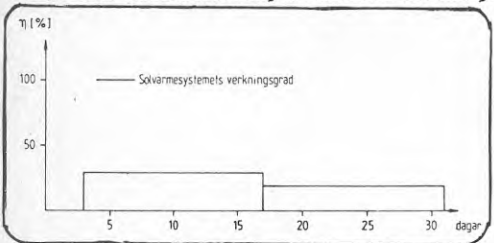


Fig. 5.44 Solvärmesystemets verkningsgrad

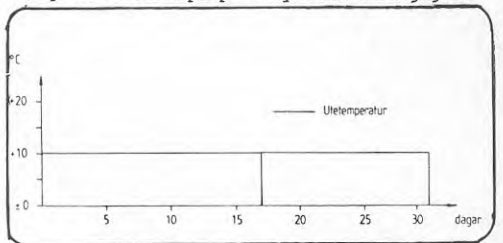


Fig. 5.46 Utetemperatur

5.3 MÅNADSVIS REDOVISNING AV SYSTEMET

Mätresultatet redovisas sammanställt månadsvis, dels i tabellform dels i diagramform. Under juli - okt. 1979 har inte elförbrukningen för elpanna, värmepump och varmvattenberedare separerats p g a att enbart den totala elförbrukningen (inkl. hushållsel) registrerats. Se fig. 5.48.

$(COP)_{vp}$ och $(COP)_{sys}$ skiljer sig åt enbart då elpannan varit i drift. Under april till aug. -80 har endast värmepumpen gått, varför $(COP)_{vp}$ och $(COP)_{sys}$ är lika. Se fig. 5.50.

Månad	Ute- temp. °C	Sol- instr. kWh/m ² dygn	Insam- lad sol- energi kWh/m ² dygn	Solvär- mesyst. månads- verknings- grad %	Elförbr. elpanna kWh	Elförbr. VP kWh	Lev. värme VP kWh	(COP) VP	Förbr. energi uppv. kWh	Elförbr. VVB kWh	(COP) Sys	Total elför- brukning kWh
Juli-79	12,9	0,8	0,3	19	-	-	-	-	-	-	-	570
Aug.	12,8	2,3	0,6	26	-	-	-	-	-	-	-	793
Sept.	10,0	1,8	0,5	28	-	-	-	-	-	-	-	1860
Okt.	5,4	1,6	0,6	38	83	315	798	2,5	881	-	2,2	1877
Nov.	2,3	0,5	0,2	35	237	331	805	2,2	1042	237	1,8	1787
Dec.	-1,6	0,6	0,2	33	117	737	1319	1,8	1436	224	1,7	2142
Jan-80	-4,6	0,7	0,2	29	434	987	1525	1,6	1959	275	1,4	2824
Feb.	-5,0	2,1	0,8	38	444	873	1359	1,6	1803	283	1,4	2601
Mars	-2,2	3,1	1,0	32	141	621	1068	1,7	1209	247	1,6	1929
Apr.	5,9	3,2	1,1	34	1	350	787	2,3	788	354	2,3	1642
Maj	9,7	3,7	1,0	27	-	87	244	2,8	244	273	2,8	1002
Juni	14,1	3,0	0,8	27	-	6	15	2,5	15	238	2,5	765
Juli	14,7	3,2	0,9	28	-	1	5	5,0	5	238	5,0	743
Aug.	13,4	2,2	0,7	31	12	2	3	1,5	15	285	1,5	850
Period	6,3	2,1	0,64	30	1469	4310	7928	1,8	9397	3720	1,6	21385

Fig. 5.47 Mätresultat per månad redovisat i tabellform. Värdena blir i verkligheten något högre eftersom hänsyn inte tagits till värmepumpens tillskott till tappvarmvatten.

Det bör observeras att tabellen enbart redovisar energibalansen för uppvärmning. Hänsyn har således inte tagits till värmepumpens eller solfångarens tillskott till tappvarmvatten.

Uppmätt energibesparing under mätperioden	39%
Uppmätt årsverkningsgrad hos solvärmesystemet	30%
Uppmätt årsvärmefaktor hos värmepumpen	1.8
Uppmätt årsvärmefaktor för hela uppvärmningssystemet	1,6

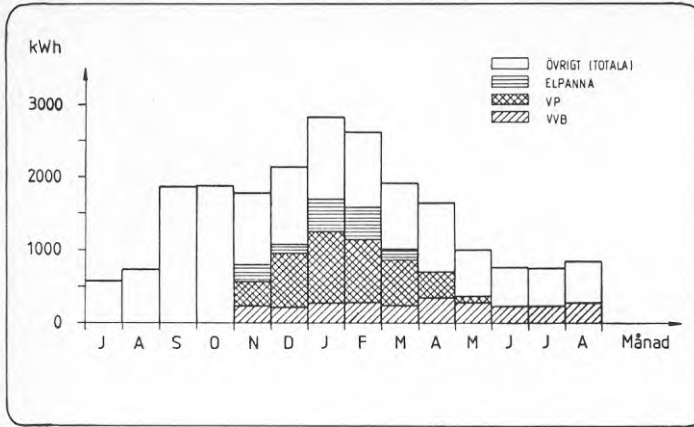


Fig. 5.48 Elförbrukningens fördelning under mätperioden

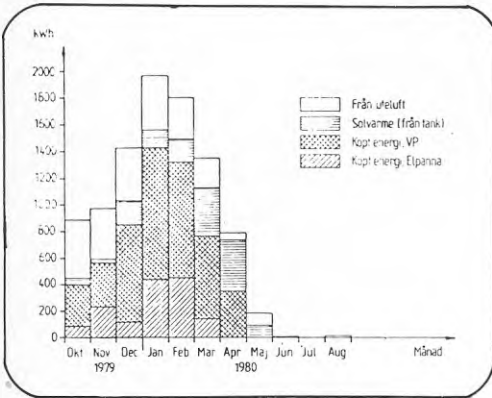


Fig. 5.49 Värmesystemet

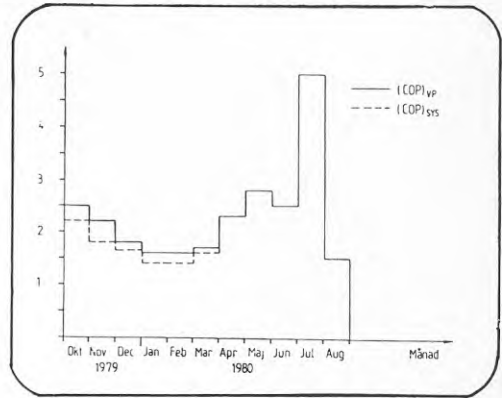


Fig. 5.50 Värmefaktorn

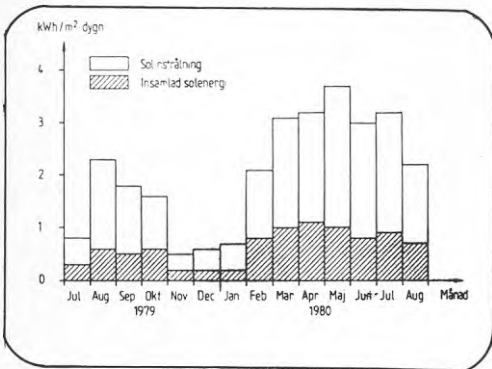


Fig. 5.51 Solinstrålning

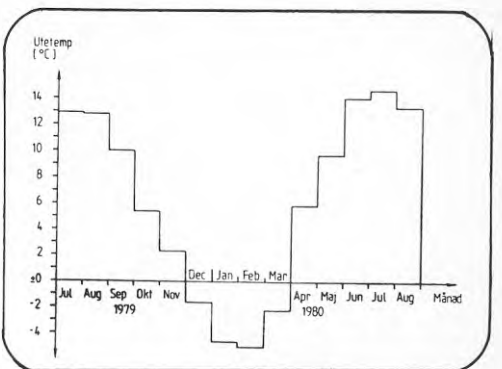


Fig. 5.52 Utetemperatur

6. EKONOMI

Huset har byggts utan statliga lån p g a höga markkostnader och kort byggtid. Kostnader för mark, byggnad och tekniska försörjningssystem framgår av nedanstående uppställning i prisläge maj 1979.

mark	70.000:-
yttre VA	10.000:-
grovplanering, sprängning	30.000:-
byggnadsstomme, material	225.000:-
färdigställande	75.000:-
rörentreprenör	80.000:-
elentreprenör	15.000:-
värmepump	25.000:-
sofångare	12.000:-
mikrodator (exkl. utveckling)	15.000:-
värmelager	<u>8.000:-</u>
Totalt (exkl. måln, mattor)	565.000:-

Av denna kostnad hänför sig ca 110.000,- till värmesystemet. Värmesystemet är platsbyggt av rörentreprenören i ett apparatrum. Vissa komponenter är specialkonstruerade och därför mycket dyra i prototypform. Anläggningen är självfallet inte ekonomisk försvarbar med här redovisad systemkostnad. Av den anledningen har en analys och produktutveckling av systemet skett.

Denna produktutveckling har omfattat både byggnad, värmepump, sofångare och värmelager.

Byggs soltyphuset på fabrik och levereras i stommelement samt färdigställs på byggnadsplatsen beträffande snickeri, VVS och el blir kostnadsbilden följande i prisläge aug 1980.

stommonterat hus inkl. material	225.000:-
värmesystem	60.000:-
rörentreprenör	35.000:-
elentreprenör	15.000:-
färdigställande	<u>75.000:-</u>
Totalt	410.000:-

Tar man med mark, kapitalkostnader, inre och yttre ytbeklädnader blir totalkostnaden ca 500-550.000:-. Denna kostnad ligger inom ramen för en statlig bostadsfinansiering. Detta ger en gynnsammare driftskostnadskalkyl än vid en privatfinansiering, vilket redovisas på sid 43.

Den betydligt lägre kostnaden för värmesystemet hänför sig främst till en kostnadsoptimering av de ingående komponenterna samt enbart nyttjande av standardenheter. Värmesystemet kan kostnadsmässigt detaljredovisas enligt nedan i prisläge aug 1980.

Värmepumpenhet (kondensator, kompressor, förångare)	15.000:-
Styrsystem	5.000:-
Värmelager (300 liter + 300 liter)	5.000:-
Elpatron, pumpar, värmeväxlare, skåp m.m.	5.000:-
Värmelager 3000 l med spillvärmewäxlare	6.000:-
Solfångare 12 m ²	8.000:-
<u>Installationsarbete m.m.</u>	<u>16.000:-</u>
Totalt	60.000:-

Värmedistributionssystemet dimensioneras för 45°C i framledningstemperatur vilket innebär en utökning av värmeavgivningsytan. Merkostnaden för detta är ca 1.000:-. En kostnadsjämförelse kan göras med oljeeldning som framgår av nedanstående tabell. Följande antaganden har gjorts:

SOL proto = solsystem i prototyp	110.000:-
SOL utv. = solsystem produktutvecklat	60.000:-
OLJA = traditionellt oljesystem med skorsten	25.000:-

För SOL-systemen har antagits en energibesparing på 50% för ett "normalår" i Mellansverige. Beträffande energiprisutveckling antages 15% år ökning för olja och 10% årlig ökning för el med hänsyn till det osäkra läget på oljemarknaden och det relativt säkra läget vad avser landets elförsörjning. Följande finansieringsförutsättningar kan uppställas enligt nuvarande låneförutsättningar.

	Sol proto	Sol utv.	Olja
Invest. kostnad	110.000:-	60.000:-	25.000:-
Statliga lån 5,5% ränta	1.842:-	1.842:-	825:-
Topplån 13% ränta	9.945:-	3.445:-	1.300:-
Amortering	1.602:-	627:-	245:-
Räntekostnad	11.787:-	5.287:-	2.125:-
60% marg.skatt	6.317:-	2.742:-	1.095:-

Som framgår av tabellen påverkas kapitalkostnaden starkt av finansieringsform och marginalskatteeffekt.

Driftskostnaden avser dels inköp av el. resp. olja för uppvärmning och varmvatten dels service och underhåll. Service och underhåll har beräknats till 500:- per år för olja och 800:- per år för SOL-alternativen.

Sol innebär köp av el för värme och varmvatten motsvarande 15.400 kWh och OLJA inköp av olja till en mängd av 1,9 m³. I tabellen nedan antages 60% marginals katt.

Alternativ		1980	1985	1990	1995
SOL-proto	kapital	6317:-	6317:-	6317:-	6317:-
	el+drift	2325:-	3742:-	6029:-	9709:-
	Totalt	8642:-	10059:-	12346:-	16026:-
SOL-utv.	kapital	2742:-	2742:-	2742:-	2742:-
	el+drift	2325:-	3742:-	6029:-	9709:-
	Totalt	5067:-	6484:-	8771:-	12451:-
OLJA	kapital	1095:-	1095:-	1095:-	1095:-
	olja	3065:-	5963:-	11675:-	24213:-
	Totalt	4160:-	7058:-	12770:-	25308:-

Som framgår av tabellen har alternativ OLJA en total-kostnad på 4.160:- kr/år 1980. Redan år 1985 är SOL-utv. det fördelaktigaste alternativet. SOL-proto som avser i denna rapport redovisat projekt ger år 1995 en årlig driftskostnad på 16.000:- vilket kan jämföras med alternativ OLJA som samma år har en kostnad på 25.000:-. Detta innebär att om antagen energiprisökning inträffar kommer även prototypanläggningen bli lönsam, men det tar ca 8-10 år. Livslängden hos anläggningen har antagits bli 15 år.

7. ANALYS

Temperatur- och solförhållanden har varit avsevärt sämre än normalt vilket redovisats tidigare i denna rapport. Detta synes dock i mindre utsträckning påverkat resultatet.

Vid beräkning av driftsförhållanden enligt fig. 7.1 har nyttjats klimatdata enligt kap. 1.2.

Månad	Värme behov MWh	Sol- kol.	Ackumu- lator		Tillopps- temp.	VP-ack		VP-luft		Tillsats	Summa driv	
			t ₁	t ₂		Tot	Driv	Tot	Driv			
6	0,3	0,3	80	80	-	-		-	-	-		
7	0,3	0,3	80	80	-	-		-	-	-		
8	0,6	0,4	80	35	-	-		-		0,043	0,043	
9	0,9	0,7	35	20	-	-		-		0,148	0,148	
10	1,9	0,5	20	+7	+32	0,723	0,178	0,910	0,271	0,267	0,716	
11	2,6	0,2	+7	+2	+33	0,290	0,072	2,05	0,692	0,260	1,025	
12	3,0	0,1	+2	IS	+35	0,210	0,067	2,55	1,068	0,240	1,375	
1	3,3	0,2	IS	IS	+37	0,295	0,095	2,20	0,953	0,800	1,848	
2	3,1	0,5	IS	IS	+38	0,738	0,238	1,562	0,590	0,800	1,628	
3	2,5	0,8	IS	IS	+36	1,180	0,380	0,920	0,331	0,400	1,111	
4	1,7	1,0	IS	+4	+33	1,403	0,452	-	-	0,297	0,749	
5	0,8	1,0	+4	+80	+29	0,550	0,110	-	-	0,250	0,360	
	21,0		x) 10-15% av ackumulatorns volym består av is.									9,00 motsv. ca 43%

Fig. 7.1 Beräknade driftsförhållanden - värme och varmvatten

I tabellen har energibehovet för värme och varmvatten beräknats till 21.000 kWh, varav drivenergi och tillsatsenergi beräknats till 9000 kWh. Detta ger en beräknad energibesparing på 43%. (Förhållandet mellan utnyttjad gratisenergi och värmebehov).

Den verkliga förbrukningen ligger dock på ca 16.000 kWh eller ca 5.000 kWh lägre än beräknat behov. Det är inte osannolikt att dessa 5.000 kWh kan hänföras till maskin- och personvärme samt passivt solvärmestillskott. Därutöver kan värmebehovet ha överskattats p g a bristande driftserfarenheter från täta och mycket välisolerade hus.

Någon mätning har inte skett av totalt förbrukat hushållsvarmvatten. Antages att denna förbrukning varit 7.000 kWh, så har ca 3.300 kWh tillförts från värme-pumpsystemet. Totala förbrukningen för värme och varmvatten har med detta antagande därför antagits vara 16.400 kWh.

Uppoffrad energi har utgjorts av tillskottsenergi 1500 kWh, drivenergi 4300 kWh och el till VVB 3700 kWh eller totalt 9500 kWh.

Energibesparingen har varit 43% om både uppvärmning och varmvatten inräknas. Uppmätt verklig energibesparing för uppvärmningsenergin under mätperioden uppgår till 39%.

Huset har förbrukat avsevärt mindre energi för uppvärmning än beräknat. Totalt har krävts 9400 kWh för uppvärmning. Energibalansen för uppvärmningsenergin redovisas nedan i fig. 7.2.

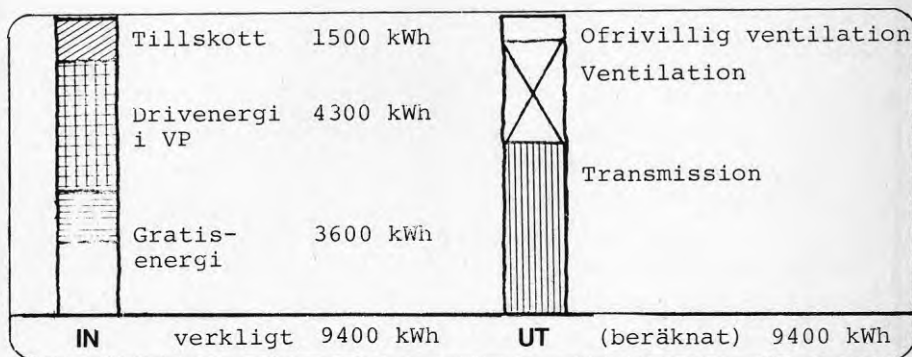


Fig. 7.2 Energibalans uppvärmning

Det som tillförts (IN) avser verkligt uppmätta värden. Det som lämnat huset (UT) har beräknats bli fördelat enligt fig. 7.2. Värdena för ofrivillig ventilation, ventilation och transmission är således ej uppmätta. För att värma huset har erfordrats endast 5800 kWh i el till elpanna och värmepump

I fig. 7.3 nedan redovisas beräknat och verkligt resultat.

Mån.	Elpanna		Värmepump		Lev.värme värmepump	Uppvärmn totalt
	tillsats verklig	tillsats beräknad	drivenergi verklig	drivenergi beräknad		
<u>1979</u>						
Sept	0	148	0	0	0	0
Okt	83	267	315	449	799	881
Nov	237	260	331	764	733	1042
Dec	117	240	737	1135	1319	1436
<u>1980</u>						
Jan	434	800	987	1048	1525	1959
Febr	444	800	873	828	1359	1803
Mars	141	400	621	711	1068	1204
April	1	297	350	452	787	788
Maj	0	250	87	110	244	244
Juni	0	0	6	0	15	15
Juli	0	0	1	0	5	5
Aug.	12	0	2	0	3	15
	1500	3500	4300	5500	7900	9400

Fig. 7.3 Uppvärmningsenergin - verkligt och beräknat i kWh.

Tillsats elpanna har blivit 2000 kWh mindre och drivenergi till värmepumpen 1200 kWh mindre än i de teoretiska beräkningarna. Att huset förbrukat betydligt mindre uppvärmningsenergi än beräknat kan bero på följande faktorer:

- Huset har blivit tätare än beräknat och/eller ventilationsförlusterna är mindre
- Stort tillskott av passiv solvärme
- Nyttiggörande av värme från hushållsmaskiner i större utsträckning än beräknat.

Totala elförbrukningen under mätperioden uppgår till ca 20.000 kWh varav hushållsel är 10.500 kWh motsvarande 875 kWh per månad. (Referenshusen i Brämhult har en elförbrukning som varierar mellan 500-900 kWh per månad). Det är sannolikt att en hel del av elförbrukningen omvandlas till värme som nyttiggörs. Detta kan således till viss del förklara den låga förbrukningen av uppvärmningsenergi.

En energibalans enligt fig. 7.4 kan konstrueras. Det bör dock betonas att det föreligger betydande osäkerheter beroende på den begränsade mätinsatsen och att husets energiförluster enbart uppskattats eller teoretiskt beräknats.

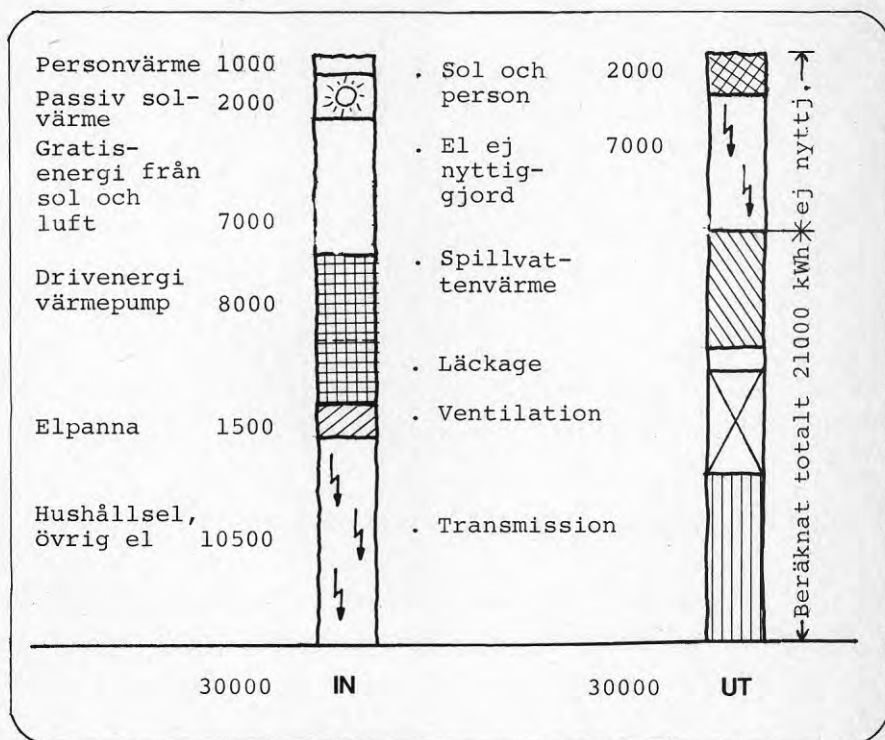


Fig. 7.4 Uppskattad total energibalans i kWh.

I tabellen har gjorts en serie antaganden värda en kommentar:

- Person- och passiv solvärme har skattats till 3000 kWh varav merparten inte kunnat nyttjas.
- Gratisenergi från sol, luft och vatten har uppgått till ca 7000 kWh som dels tillförts värmeavgivningssystemet dels varmvattnet. Värmedelen ca 3600 kWh har lämnat huset genom läckage, ventilation och/transmission. Varmvattendelen ca 3.300 kWh har lämnat huset som spillvärme.
- Drivenergin till VP 4300 kWh har tillförts värmeavgivningssystemet och lämnat huset genom läckage, ventilation och transmission.
- El till VVB har lämnat huset i huvudsak som spillvärme.
- Tillskott elpanna har lämnat huset genom läckage, ventilation och transmission.
- El för hushållsmaskiner som uppgår till 10.500 kWh har antagits till viss del komma huset till godo innan det lämnat huset genom läckage, ventilation eller transmission. Merparten av den eller ca 7.000 kWh har bedömts bli bortventilerad eller tillhöra extern elförbrukning som t ex motorvärmare, garageuppvärmning. Utgår man ifrån att ovanstående antaganden är riktiga kan konstateras att betydande energimängder lämnar huset som spillvärme i avloppsvattnet och i frånluften.

8. SLUTSATSER OCH REKOMMENDATIONER

BYGGNADEN

- Huset har utformats så att södertaket fått en lutning på 70° för att solinstrålning under eldnings-säsongen skall kunna nyttjas optimalt. Detta ger huset en mycket speciell arkitektur som för många människor är främmande. För att minska takets drastiska byggnadspåverkan, kan det vara bättre att placera solfångarna vertikalt (90° mot horisontalplanet) eller att minska södertakets storlek genom uppdelning i olika vinklar. Nedanstående exempel i fig. 8.1 redovisar alternativa möjligheter.

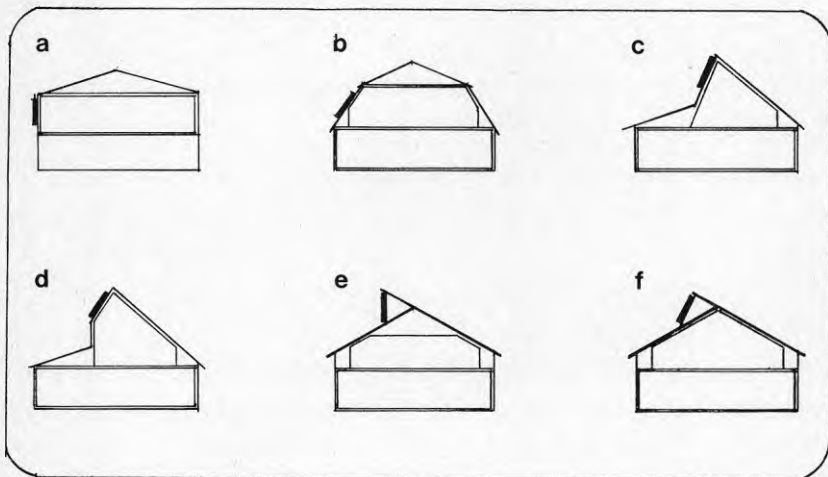


Fig. 8.1 Alternativa takutformningar

I den fortsatta utvecklingen av soltyphuset har alternativ d) valts eftersom det ger söderljus i vertikalt sittande fönster och solfångarna får en hög placering med tanke på solinstrålning vintertid.

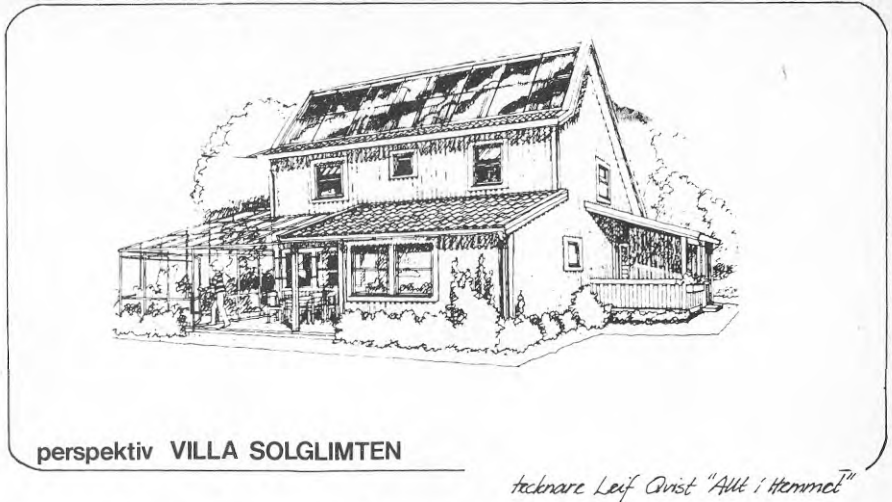


Fig. 8.2 Ny byggnadsutformning

För att ytterligare ge byggnaden en mjukare karaktär har den delats upp i olika volymer.

Köket och entrén bildar mindre volymer som skalmässigt hjälper till att bygga upp den högre volymen. Se fig. 8.2.

PLANLÖSNINGEN

- Apparatrummet bör flyttas ut ur själva byggnadskroppen dels för att det kräver mindre exklusiv yta, dels för att det ur servicesynpunkt bör vara åtkomligt direkt utifrån och inte som nu via tvättstugan.
- Köket bör kunna nås direkt från entrén och inte via vardagsrummet.
- Entrén bör utformas som ett vindfång, varifrån man når kök, entréhall och tvättstuga.
- I övre plan bör 2 sovrum och badrum kunna få söderljus genom ny takutformning enligt alternativ d.
- I övre plan bör det finnas möjlighet till 4 sovrum totalt för att maximal flexibilitet ska erhållas för stora barnfamiljer.

I fig. 8.3 redovisas hur planlösningen förändrats under det fortsatta utvecklingsarbetet med ledning av ovanstående synpunkter och slutsatser.

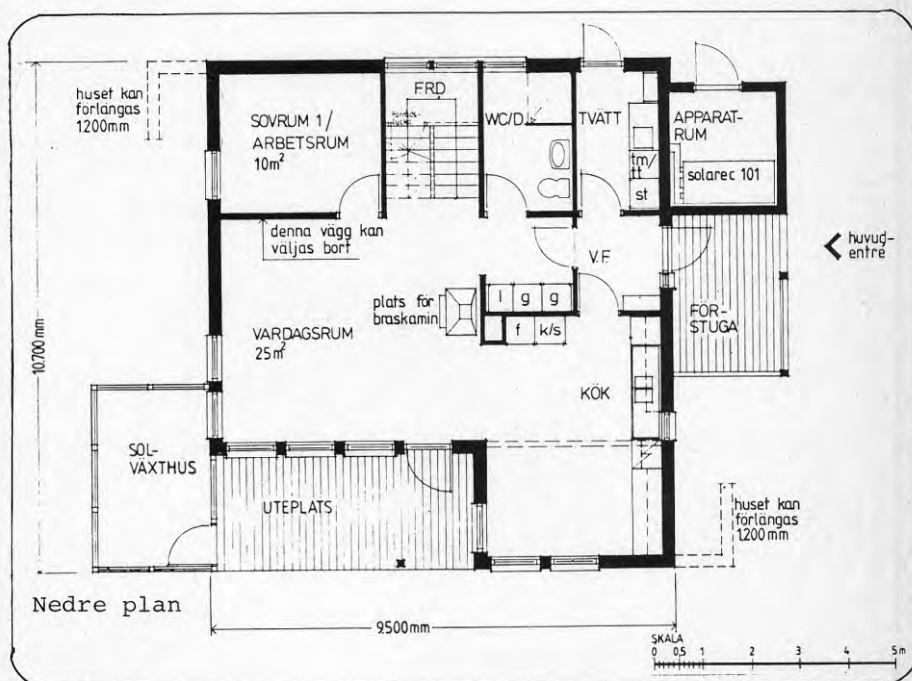
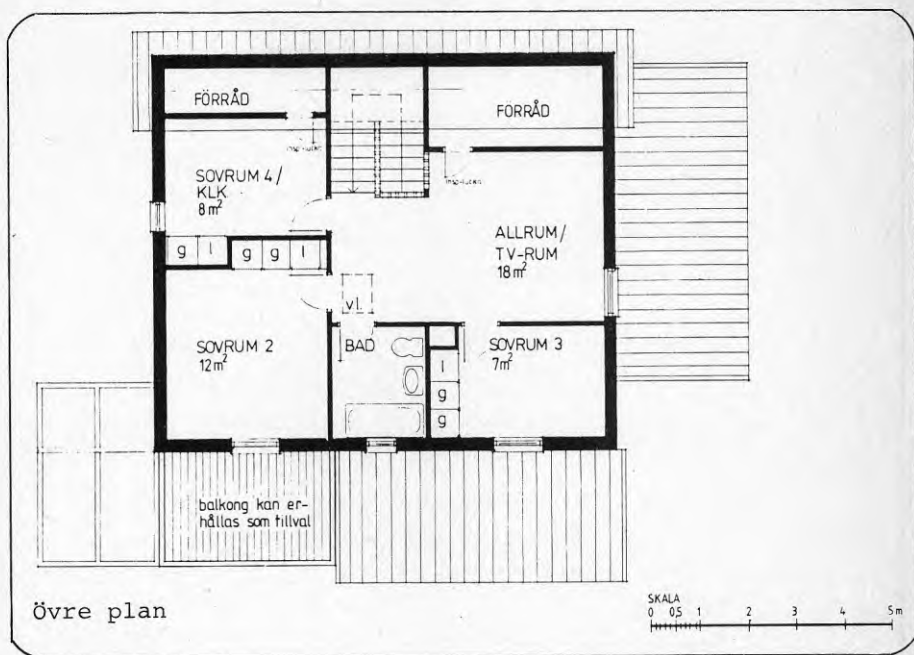


Fig. 8.3 Utvecklad ny planlösning

BYGGNADSTEKNIK

- Täthetsprov tagna i anslutning till färdigställandet av soltyphuset visade på mycket otillfredsställande värden. En analys av otätheterna visar att vissa byggnadskonstruktioner som exempelvis hörn, möten mellan väggar och tak, ej var godtagbara. Huset har efterhand tätats. Besvärliga vinterförhållanden var i huvudsak orsak till otätheterna. Förtillverkning på fabrik av väggelement i kombination med en mycket noggrann montering kan vara ett sätt att under byggtiden direkt få ett bra resultat.
- Byggnaden har erhållit en låg energiförbrukning för uppvärmning (9400 kWh). Ytterligare byggnadstekniska åtgärder som exempelvis ökad isolering synes inte nämnvärt påverka energibesparingen eftersom transmissionsförlusterna endast är en mindre del av totalförbrukningen.
- Fönstren utgörs av treglas och totala fönsterarean var i soltyphuset 21 m^2 eller 13 % av våningsytan. Av dessa fönster fanns 40 % mot söder, 21 % mot öster och 29 % mot väster samt 10% mot norr. En ökning av fönsterarean kan inte motiveras utan istället har valts ytterligare koncentration av fönster mot söder. I VILLA SOLGLIMTEN finns 53 % mot söder, 12 % mot öster, 31 % mot väster och 4% mot norr. Teoretiskt beräknat torde detta ge en förbättrad energibesparing med 2-3 %. Det är sannolikt av större vikt att erhålla ljusa trivsamma rum med minskad elförbrukning för lampor än att erhålla s.k passivt solvärmeskott. Att öka treglasfönstren till fyrglas är inte motiverat.

VÄRMESYSTEMET

- Värmesystemet har i stort motsvarat förväntningarna vad avser funktion och energibesparing. Problemet är snarast att sänka investeringskostnaderna utan att funktion och

kvalité åsidosätts. Man kan likna värmesystemet med en kylskåpsenhet eller bilmotor ur kostnadssynpunkt. Denna liknelse innebär att ett stort antal komponenter skall monteras till en kompakt enhet så rationellt som möjligt i långa serier för att tillverkningskostnaden skall kunna sänkas. Varje komponent måste optimeras beträffande storlek, kostnad och funktion. Detta innebär att storleken ibland kan behöva anpassas till standard för att rimliga kostnader skall erhållas. Ett stort problem är därvidlag varmvattenberedarna som idag finns i ett begränsat antal modeller hos ett mycket litet antal tillverkare.

- Solfångarna har inte ur teknisk synpunkt vållat några problem. Ur utseendesynpunkt har dock täckskivan fått en viss färgförändring genom att den gulnat. En viss del av solfångarna skuggas lätt genom den vertikala utbredningen. En placering horisontellt utmed taknock synes mer fördelaktigt för att undvika skuggning från angränsande vegetation och fastigheter. Solfångarna har placerats ovanpå en täckplåt och byggts in med olika plåt-avtäckningar. Detta ger merkostnader i både byggnad och plåtdetaljer. En bättre metod är att bygga traditionella tak och placera solfångarna ovanpå takteglet. Därigenom skapas också ett effektivt skydd mot vattenläckage från solfångarsystemet. Att integrera solfångarna i takkonstruktionen ger tekniska nackdelar och eventuella ekonomiska fördelar är tveksamma eftersom man får många speciallösningar.
- Värmelagret har utförts som en specialkonstruktion av gjutna betongringar. I värmelagret har sänkts ned ett kylbatteri i kopparrör. Den utförda lösningen har blivit mycket dyrbar. Ett sätt att förbilliga värmelagret är att nyttja standardkomponenter som används i andra sammanhang. Exempel på sådana standardenheter är förtillverkade avloppstankar i glasfiberarmerad plast, plastdukbelagda träbassänger eller oljetankar som isoleras.

- Värmepumpen har i Lundaskogshuset byggts som en färdig enhet på fabrik men sammankopplingen av köldmediekretsen skedde på byggarbetsplatsen. Detta förfaringssätt innebär problem med risk för fukt i köldmediet och dyra installationskostnader.
- Varmvattenberedaren är specialtillverkad till hög kostnad. Specialutformade varmvattenberedare kräver långa serier samtidigt som benägenheten att tillverka sådana är begränsad hos de få svenska tillverkarna. För värmepumpsystem av det slag som finns i Lundaskogshuset är det nödvändigt att finna lösningar med standardvarmvattenberedare.
- Styrning av systemet sker med hjälp av en mikrodator som framtagits till en mycket hög utvecklingskostnad. Mikrodatorer av här aktuellt slag kan enbart hanteras av ett fåtal specialister, vilket innebär att störningar och fel i datorsystemet enbart kan repareras av ett begränsat antal specifika personer. Detta ger i dagsläget höga service- och reparationskostnader. Vid ett ökat nyttjande av mikrodatorsystem krävs någon form av serviceorganisation eller ett "plug-in"-system som innebär att husägaren har en reservmodul liggande som han själv kan sätta in om fel uppstår.

Det förfinade datorsystemet kan ge upphov till viss onödig energiförbrukning eftersom perfektionismen alltid ser till att rätt temperaturförhållande råder. Sjunger exempelvis temperaturen under $+15^{\circ}\text{C}$ sommartid startar anläggningen. I ett traditionellt system kanske man stänger av värmen i mitten av maj till september och accepterar vissa temperaturvariationer inomhus.

- Av vikt är att skapa solvärmesystem med viss generalitet. Samtidigt krävs flexibilitet i val av värmekälla beroende på lokala förutsättningar. Ett sätt att lösa detta problem är att bygga en generell basenhet till vilken olika värmekällor kan anslutas.

Parallellt med utvärderingen av Lundaskogshuset har framtagits en sådan värmepump som givits marknadsnamnet SOLAREC 101. SOLAREC 101 kan anslutas till ny och befintlig bebyggelse. Vid ny bebyggelse har den utformats för att nyttja solen, frånluften och spillvattnet som värmekällor. Vid befintlig bebyggelse är det ofta svårt och dyrbart att hämta värme ur frånluften och spillvattnet. Av den anledningen har värmepumpen SOLAREC 101 en utformning som gör det möjligt att nyttja sol och uteluft som värmekälla. Dvs samma värmekällor som i Lundaskogshuset.

Befintlig villabebyggelse som har oljepanna och en oljetank på 3 m³ kan vara intressant vid en mer allmän systemtillämpning. Oljepannan ersätts då av en värmepumpenhet och oljetanken isoleras samt nyttjas som lågtemperaturluft. Som primära värmekällor nyttjas sol och uteluft.

HUSHÄLLETS ENERGIBETEENDE

- Olika hushåll har olika vanor beträffande tvätt, hygien, matlagning, disk, belysning m.m. vilket resulterar i olika elkonsumention för belysning, hushållsmaskiner, tappvarmvatten m.m. Elanvändningen i bostaden omvandlas till värme som kan nyttiggöras för uppvärmning. Ofta kyls dock tillfälliga värmeöverskott bort genom ventilation eller genom spillvattnet. Elförbrukningen i Lundaskogshuset har varit hög liksom i Brämhultshuset.

Tyvär finns inte mätvärden för att analysera till vad den höga elförbrukningen har använts. Tvättmaskin, diskmaskin, torktumlare, kyl-, frys- och svalskåp, motorvärmare m.m. skapar betydande elbehov.

En kraftig sänkning av uppvärmningsenergin till höga kostnader kan inte försvaras om inte motsvarande uppoffring sker av övrig elkonsumention. Detta kan ske antingen genom förändrade och energisnålare hushållsbeteende, eller genom att hushållsmaskiner görs mindre energikrävande och att energiinnehållet i frånluft och spillvatten nyttjas. Sistnämnda kan ske i ny bebyggelse där frånluft och spillvatten kan kylas med hjälp av värmepumpen. I äldre bebyggelse är det betydligt svårare att ta tillvara dessa värmekällor.

9. LITTERATURFÖRTECKNING

Bruce Anderson

1977 Solar energy Fundamentals in Building design

Edward Mazria

1979 The passive solar energy book

T. Nejat Veziroglu

Solar cooling and heating I, II, III

A.A.M Sayigh

Solar energy Appl. in Building

A.A.M Sayigh

Solar energy Eng.

Victor Olgyay

Design with climate

10. KÄLLHÄNVISNINGAR

Patentansökan:	Västtyskland	P 2855926-4	1978-12-23
-"-	Danmark	78-4298	1978-09-28
-"-	Sverige	7710877-7	1977-09-29
-"-	USA	974090	1978-12-28

Patent beviljat i USA.

11. BILAGA

Detaljerad funktionsbeskrivning

SYSTEM 1 - Värmeackumulering

- 1.1 Villkor för start av ackumulering
- Laddning av ackumulatorn i mark startar när differensstemperaturen mellan solfångaren (temperaturgivare GT1) och ackumulatorn i mark (temperaturgivare GT6) är större än $+5^{\circ}\text{C}$.
- 1.2 Villkor för styrventil för solfångare
- Ventilen skall öppna vid stigande differensstemperatur. Vid 4°C differensstemperatur skall ventilen vara stängd.
- 1.3 Villkor för stopp av laddning
- När styrventilen SV1 stängt skall laddningen stoppas.
- 1.4 Villkor för stopp av laddning vid för hög ackumulator-temperatur
- Laddningen avbryts om ackumulatortemperaturen överstiger 90°C , eller om temperaturen i VVB1 överstiger 95°C .

SYSTEM 2 - Varmvattenberedning

2.1 Villkor för varmvattenberedning - Ackumulatordrift

Är differensstemperaturen mellan ackumulator i mark och varmvattenberedare VVB1 större än 5°C startas laddning av varmvattenberedaren från ackumulatorn i mark.

2.4 Villkor för stopp av varmvattenberedning - Ackumulatordrift

Varmvattenberedningen avbryts om differensstemperaturen understiger 5°C .

SYSTEM 3 - Värmeanläggning

- 3.1 Villkor för drift av värmeanläggning
- Värmeanläggningen blockeras av pump P2. Status via kontakter.
- 3.2 Villkor för start av pump P2
- Pumpen startas när utetemperaturen understiger $+15^{\circ}\text{C}$.
- 3.3 Villkor för stopp av pump P2
- Pumpen stoppas när utetemperaturen överstiger $+17^{\circ}\text{C}$.
- 3.4 Villkor för utetemperaturens inverkan på framledningstemperaturen
- Framledningstemperaturen styrs som en funktion av utetemperaturen.
- 3.5 Villkor för nattnedsättning av framledningstemperaturen
- Vid önskat klockslag nedsätts framledningstemperaturen. Önskad nattnedsättning skall kunna ställas in vid en potentiometer. Inställningsområde $0-10^{\circ}\text{C}$.
- Nattnedsättningen sker enligt följande:
- Utetemperatur mellan $+17^{\circ}\text{C}$ och -10°C .
 - Framledningstemperaturen sänks med inställt antal grader
 - Vid utetemperatur under -10°C sker ingen nattnedsättning
 - Påbörjad nattnedsättning avslutas ej även om utetemperaturen understiger -10°C .

- 3.6 Villkor för övergång till dagtemperatur
- På morgonen höjs framledningstemperaturen under cirka 30 minuter med samma antal grader, som nattnedsättningen varit, över dagtemperaturen.
- Övergång till morgontemperatur sker proportionellt med tidsaxeln.
- 3.7 Villkor för solstrålningens inverkan på framledningstemperaturen
- Är solfångartemperaturen högre än utetemperaturen sänks framledningstemperaturen proportionellt enligt följande:
- Differenstemperatur 0°C . Ingen sänkning av framledningstemperaturen
 - Differenstemperatur 15°C . Nedläggning av framledningstemperaturen 5°C .
 - Vid differenstemperatur över 15°C sker ingen ytterligare sänkning
- 3.8 Villkor för styrventil SV3:s arbetsområde
- Framledningstemperaturen konstanthålls till rätt värde via ventil SV3.
- a) Vid direktdrift från VVB1 enligt villkor 4.1 skall ventilen öppna vid stigande värmebehov
 - b) Vid kompressordrift skall ventilen stänga vid stigande värmebehov.
- Vid drift via elpanna skall ventilen vara stängd, d v s flödet genom varmvattenberedaren är stängd.

3.9 Villkor för styrning av elpanna

Elpannan inkopplas enligt villkor 4.14. Inkoppling av värmeeffekten sker i 2 steg.

Framledningstemperaturen skall vid detta driftfall tillåtas avvika $\pm 1,5^{\circ}\text{C}$ från önskat börvärde. Detta för att förhindra täta in- och urkopplingar av eleffekten.

SYSTEM 4 - Val av energikälla

- 4.1 Direktvärme från varmvattenberedare
- Värme skall hämtas från varmvattenberedaren VVB1 när något av nedanstående villkor uppfylls.
- Temperaturen i varmvattenberedaren VVB1 är högre än eller lika med den av uteklimatet bestämda framledningstemperaturen.
 - Temperaturen i ackumulatorn i mark är min. 10°C högre än den av uteklimatet bestämda framledningstemperaturen.
- 4.2 Villkor för start av kompressor
- När villkor 4.1 ej kan uppfyllas startas kompressorn.
- 4.3 Villkor för val av energikälla. Kompressor drift - Ackumulator
- Värmeenergin hämtas alltid från ackumulatorn när temperaturen i denna är högre än $+10^{\circ}\text{C}$. Är temperaturen under 10°C men större än $+2^{\circ}\text{C}$ hämtas värme från uteluftförångaren om utetemperaturen är $>$ ack. temperaturen.
- Är ackumulatortemperaturen $>$ utetemperaturen hämtas värme från ackumulatorn.
- Vid ackumulatortemperatur $< +2^{\circ}\text{C}$ hämtas värme från uteförångaren om utetemperaturen är $> -4^{\circ}\text{C}$. I övriga fall hämtas värme från ackumulatorn.

- 4.4 Avfrostning av uteluftförångare
Avfrostning av uteluftförångare sker när differenstrycket över förångaren blir för högt. Impuls erhålls då från pressostat. Förångarfläktarna stoppas om uteluften understiger $+4^{\circ}\text{C}$.
- 4.5 Stopp av avfrostning av uteluftsförångare
Avfrostningen avbryts när temperaturen i förångaren stigit till inställt värde. Impuls erhålls då från termostat i uteluftsförångaren.
- 4.6 Villkor för val av energikälla. Inkoppling av elpanna
Elpannan inkopplas när nedanstående villkor är uppfyllda.
- Utetemperatur under -4°C . D v s enbart drift från ackumulator i mark
- Framledningstemperaturen är för låg i förhållande till bestämt värde.
- 4.7 Villkor för val av energikälla. Bortkoppling av elpanna samt återgång till kompressordrift
Bortkoppling av elpanna samt återgång till kompressordrift sker när utetemperaturen överstiger -4°C . Kompressorn inkopplas då tillsammans med uteluftförångaren.

SYSTEM 6 - Maximering av vattentemperaturen till förångaren för ackumulatordrift.

6.1 Maximering av utgående vattentemperatur

Vattentemperaturen från ackumulatorn till förångaren maximeras till $+25^{\circ}\text{C}$.



**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 780946-7
från Statens råd för byggnadsforskning till Solarec Låg-
energiteknik AB, Borås.**

R25: 1981

ISBN 91-540-3458-2

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6700325

**Abonnemangsgrupp:
W. Installationer**

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

Cirka pris: 30 kr exkl moms