



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.



## Passiv solvärmeteknik

Beskrivning och utvärdering av ett småhus i Växjö

Åke Blomsterberg  
Bo Ulmås

INSTITUTET FÖR BYGGDOKUMENTATION	
Accnr	Plac 802

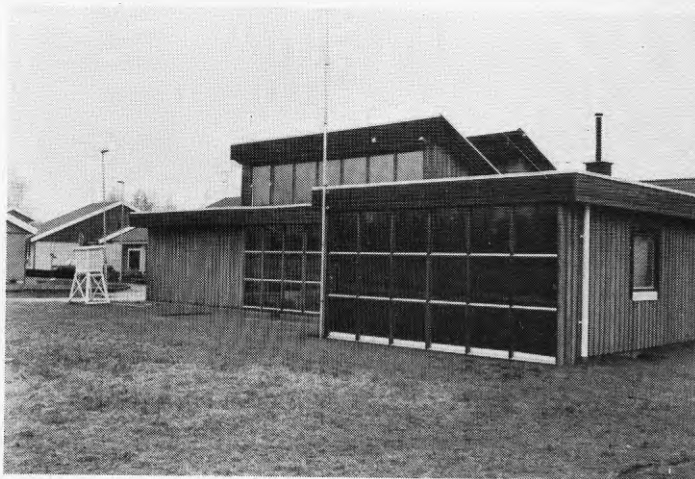
K  
ANR

R16:1984

PASSIV SOLVÄRMETEKNIK

Beskrivning och utvärdering av ett  
småhus i Växjö

Åke Blomsterberg  
Bo Ulmås



Denna rapport hänför sig till forskningsanslag  
810560-0 från Statens råd för byggnadsforskning  
till Laboratoriet för byggnadsfysik vid Statens  
provvningsanstalt, Borås.

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

R16:1984

ISBN 91-540-4082-5  
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm  
Liber Tryck Stockholm 1984



## INNEHÅLLSFÖRTECKNING

		Sid
FÖRORD		
1	SAMMANFATTNING	
1.1	Bakgrund och tidplan	7
1.2	Mätåret	7
1.3	Beskrivning av byggnaden	8
1.4	Beskrivning av den passiva solvärme- tekniken	10
1.5	Beskrivning av mätprogrammet	10
1.6	Resultat	11
1.7	Slutsatser	12
2	TERRÄNG- OCH KLIMATFÖRUTSÄTTNINGAR	
2.1	Situationsplan	15
2.2	Klimat	16
3	ÖVERGRIPANDE BESKRIVNING	
3.1	Allmän beskrivning	
3.1.1	Syfte och förväntad användbarhet	18
3.1.2	Energisparåtgärder	18
3.1.3	Planering och projektering	19
3.1.4	Byggande	22
3.2	Byggnadsteknik	
3.2.1	Allmänt	23
3.2.2	Energikonsekvenser av Masonite-konstruk- tionen	27
3.2.3	Hållfasthetsegenskaper hos Masonite- konstruktionen	29
3.2.4	Beskrivning av stomme och isolering i experimenthuset	29
3.2.5	Täthet	31
3.2.6	Fönster och fönsterplacering	31
3.2.7	Golvbeklädnad	33
3.2.8	Växthus	34
3.2.9	Rörliga isoleringar	36
3.2.10	Värmelager	36
3.2.11	Solfångare	39

	Sid	
3.3	Installationsteknik	
3.3.1	Rumsuppvärmning	39
3.3.2	Friskluft	45
3.3.3	Tappvarmvattenuppvärmning	46
3.3.4	Vedspisar	48
4	MÄTPROGRAM	
4.1	Inledning	51
4.2	Målsättning	53
4.3	Kontinuerliga långtidsmätningar	
4.3.1	Allmänt	53
4.3.2	Sammanställning av mätgivare	54
4.4	Datainsamling	
4.4.1	Allmänt	59
4.4.2	Analog mätning	59
4.4.3	Digital registrering	61
4.4.4	Magnetbandsformat	62
4.4.5	Slutsatser	62
4.5	Engångsmätningar	
4.5.1	Termografering och täthetsprovning	62
4.5.2	Luftomsättningsmätning (spårgas)	63
4.5.3	k-värdesbestämning	63
5	MÄTRESULTAT	
5.1	Klimatförhållanden under mätperioden	64
5.2	Periodvis redovisning av systemet	66
5.3	Månadsvis redovisning av mätresultat	
5.3.1	Insamlad solenergi i växthuset	70
5.3.2	Energiförbrukning	71
5.3.3	Innetemperaturer i bostad	71
5.3.4	Temperaturer i växthus	77
5.3.5	Temperaturer i värmelager	78
5.3.6	Temperaturer i värmeväxlare	84
5.3.7	Luftfuktighet i bostaden	86
5.3.8	Luftfuktighet i växthus	86
5.3.9	Luftfuktighet i värmelager	86
5.4	Redovisning av engångsmätningar	
5.4.1	Täthetsmätning och termografering	86
5.4.2	Luftomsättningsmätning (spårgas)	87
5.4.3	Luftflödesmätning	88

	Sid
5.4.4	k-värdesmätning 92
6	EKONOMI
6.1	Statligt lån och Stadshypotekslån 93
6.2	Experimentbyggnadslån 93
6.3	Fastighetstaxering 93
7	ANALYS
7.1	Värmeväxlarens energibesparing 95
7.2	Värmeisoleringens energibesparing 95
7.3	Energibalans för växthuset och värme- lagret 96
7.4	Energibalans för experimenthuset 105
7.5	Energijämförelse med ett 1 1/2-plans hus 106
7.6	Brukarsynpunkter 110
7.7	Drift och skötsel av huset
7.7.1	Sommartid 110
7.7.2	Vintertid 111
8	SLUTSATSER OCH REKOMMENDATIONER 113
9	LITTERATURFÖRTECKNING 117
Bilaga 1	Passiv solenergi - Begrepp och defini- tioner av Bo Ulmås 118
Bilaga 2	Energiberäkningsprogrammet STAWAD-SP 131
Bilaga 3	Demonstrationstavla i experimenthuset 132

## FÖRORD

På Teleborgsområdet i Växjö har ett experimenthus uppförts för att studera utnyttjandet av passiv solvärmeteknik för rumsuppvärmning. Detta för att erhålla underlagsmaterial för serieproduktion av småhus med passiv solenergiteknik. Tekniken har hittills inte provats i någon större omfattning i Sverige. I experimenthuset ingår en växthusdel där det passiva solvärmestillskottet tillvaratas och lagras i ett värmelager beläget under växthuset. Värmelagret är sammankopplat med husets uppvärmningssystem via en luft-till-luft värmeväxlare.

För experimenthusets idégivning, planering, projektering och byggande samt boende har arkitekt SAR Bo Ulmås svarat. Under hela projekttiden har ett nära samarbete skett med arkitekt Michael Holtz vid Architectural Energy Corporation i Westminster, Colorado, USA.

Syftet med mät- och utvärderingsprojekt har varit att mäta och utvärdera en energibesparing i ett experimenthus som utformats med hänsyn till passivt solvärmestillskott. Projektet har inletts med en omfattande funktionskontroll och besiktning, varefter kontinuerliga mätningar har genomförts under ett år.

För energimätsystemets projektering och uppbyggnad har civ.ing. Åke Blomsterberg och civ.ing. Knut-Olov Lagerkvist vid Statens provningsanstalt i Borås ansvarat. Mätning- och utvärderingsarbetet har handlagts av Åke Blomsterberg. Ing. Reinhold Larsson har ritat figurer. Carina Johansson har skrivit ut texten.

Det företag eller den privatperson som önskar bygga ett hus med den beskrivna teknologin och husutformningen ombedes kontakta arkitekt SAR Bo Ulmås, Skimmelvägen 34, 352 55 VÄXJÖ, tel 0470/829 28, enär Mönsterskydd är inlämnat till Patent och Registreringsverket.

# 1 SAMMANFATTNING

## 1.1 Bakgrund och tidplan

På Teleborgsområdet i Växjö har ett experimenthus uppförts för att studera utnyttjandet av passiv solvärmeteknik för rumsuppvärmning. Tekniken har hittills inte provats i någon större omfattning i Sverige.

Under drygt ett års tid har mätningar utförts, vilka har haft till syfte att utvärdera energibesparingen i experimenthuset.

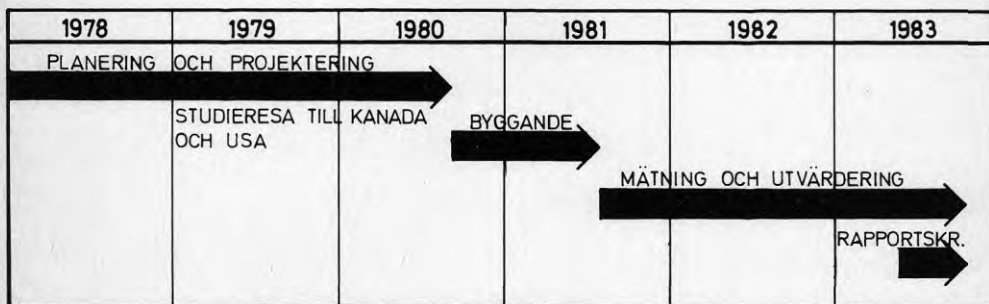


Fig 1.1 Tidplan.

## 1.2 Mätåret

Mätåret i denna rapport omfattar 1982. Medeltemperaturen utomhus under året var något högre än normalt. Antalet dagar med snö på marken var mindre än normalt. Vad beträffar solinstrålningen så finns ingen uppgift om vad som är normalt för Växjö. Vid en jämförelse med normalåret 1971 för Stockholm visar det sig att, solinstrålningen under mätåret i Växjö var ca 20 % större under den aktuella uppvärmningssäsongen.

### 1.3 Beskrivning av byggnaden

Experimenthuset är ett småhus på ca 155 m<sup>2</sup> byggt i ett plan (se fig 1.2 och 1.3). Huset utnyttjar passiv solvärmeteknik i vilken ett växthus med 22 m<sup>2</sup> glasyta ingår. Under växthuset finns ett stenlager för lagring av värme.

Byggnaden är välisolerad med k-värden på 0,15 W/m<sup>2</sup>°C för väggarna, 0,11 W/m<sup>2</sup>°C för taket och 0,18 W/m<sup>2</sup>°C för golvet. Fönstren är försedda med treglas isolerrutor och det finns inga fönster mot norr. För byggnadsskalet har eftersträövats en god lufttäthet.



Fig 1.2 Experimenthuset.



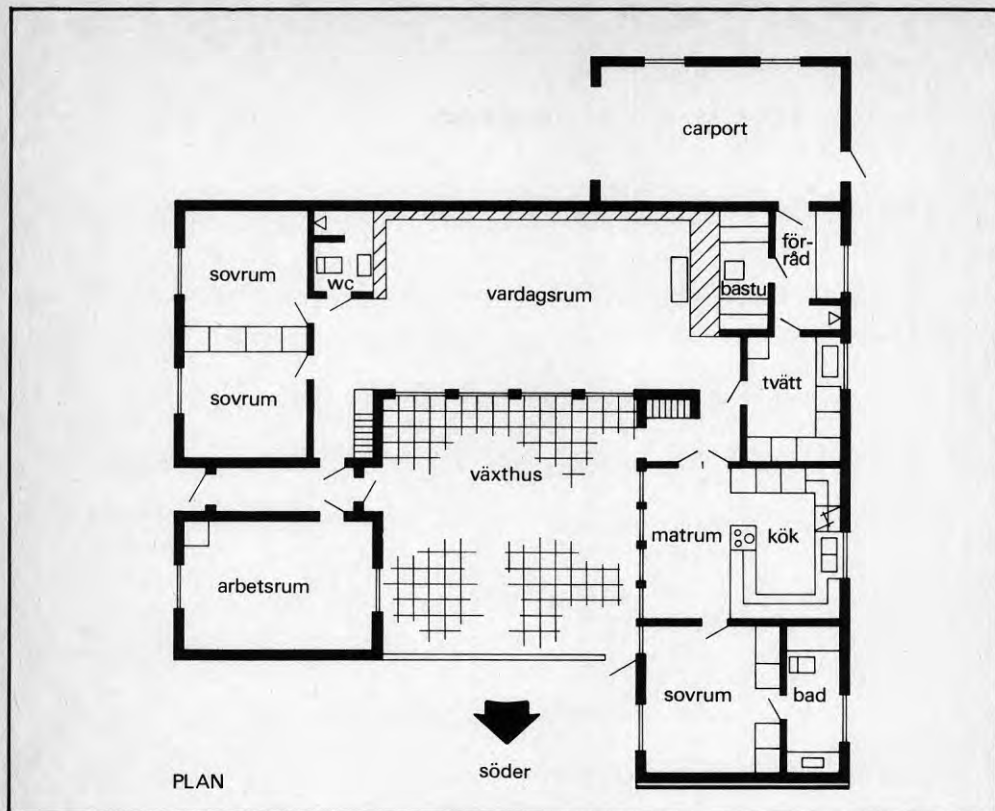


Fig 1.3 Plan över experimenthuset.

Huset är utrustat med ett system för balanserad ventilation. I uppvärmningssystemet ingår en värmväxlare för ventilationsluften. Friskluften tas via krypprunden.

Byggnaden kan värmas upp genom att värme överförs från värmelagret, som är beläget under växthuset. Om detta inte är tillräckligt kopplas ett eldrivet varmluftsaggregat in automatiskt. Inomhustemperaturen kontrolleras av en termostat som mäter temperaturen på återluften.

#### 1.4 Beskrivning av den passiva solvärmetekniken

Solvärmesystemet består av två delar. Huset värms av direkt solinstrålning genom fönstren och av växthuset. Huvudsystemet utgörs av växthuset. Solvärme från växthuset lagras i stenlagret under växthuset. Detta sker genom att varm luft från taknivå i växthuset med hjälp av en fläkt förs genom stenlagret och tillbaka till växthuset vid golvnivå. Fläkten startar när det är 3 °C varmare i växthuset än i stenlagret. En del av den lagrade värmen återförs under natten till växthuset genom värmeledning i golvet.

#### 1.5 Beskrivning av mätprogrammet

Målsättningen med mätningarna har varit att analysera experimenthusets egenskaper vid olika driftssituationer och därigenom göra en bedömning av systemets energibesparing samt eventuella behov av förändringar och förbättringar.

Projektet har inletts med en omfattande funktionskontroll och besiktning, varefter kontinuerliga mätningar har genomförts under ett år.

Mätprogrammet grundar sig på mätprogram som har utvecklats vid Solar Energy Research Institute (SERI) i USA. Huset har varit obebott under några veckor före och efter de kontinuerliga långtidsmätningarna. En person har bott i huset under långtidsmätningarna.

De obebodda perioderna har utnyttjats för engångs och speciella mätningar som t ex täthetsprovning och termografering.

Alla system har noggrant studerats för att säkerställa att de fungerar på avsett sätt.

Mätsystemet för de kontinuerliga långtidsmätningarna är till funktionen av liknande typ som det som existerar vid mätcentralen vid LTH.

En datalogger utplacerad i experimenthuset i Växjö har under mätperioden varit ansluten till en central dator vid Statens provningsanstalt i Borås. Detta har skett medelst en fast uppkopplad telefonledning.

Vid mätningarna har systemets funktioner både vad gäller enskilda komponenter och helheten kunnat studeras. Ett fast mätprogram lagrar temperaturer, elförbrukningar, värmemängder, drifttider m m.

## 1.6 Resultat

Experimenthuset har under året totalt förbrukat 15 400 kWh elektricitet fördelat på 8 050 kWh för rumsuppvärmning, 2 200 kWh för tappvarmvatten och 5 150 kWh för hushållsel. Om en familj på fyra personer hade bott i huset hade den totala förbrukningen blivit ca 16 000 kWh.

Som jämförelse visar beräkningar att ett välbyggt 1 1/2-plans hus isolerat enligt SBN 80 under samma klimatbetingelser och boendevanor skulle förbruka ca 21 000 kWh. Om det passiva solhuset hade haft samma värmeisoleringsnivå som i SBN 80 skulle den årliga energiförbrukningen vara ungefär densamma som i 1 1/2-plans huset. Det passiva solhuset borde i detta fall egentligen förbruka mer energi eftersom förhållandet mellan omslutningsytan och volymen är större än för 1 1/2-plans huset. Huset har emellertid en värmeväxlare för ventilationsluften och erhåller ett större solbidrag. Energibesparingen p g a växthuset är 4 600 kWh, vilken är av samma storleksordning som energibesparingen p g a den förbättrade isoleringsnivån jämfört med SBN 80.

Värmeväxlaren för ventilationsluften har medfört en energibesparing på ca 2 000 kWh. Om värmeväxlaren hade varit korrekt installerad hade besparingen blivit minst ca 3 500 kWh. Dessa värden gäller för en ventilation genom värmeväxlaren på ca 0,4 omsättningar/h.

Alltför liten andel av infångad solvärme har lagrats i värmelagret. En bidragande orsak till detta är förmodligen att ett för litet luftflöde strömmat genom värmelagret p g a för låg flätkapacitet. Möjligheten att kunna värma huset med luft direkt i från värmelagret har aldrig kunnat utnyttjas.

### 1.7 Slutsatser

Experimenthuset har under ett år förbrukat ca 16 000 kWh elenergi vilket skall ställas i relation till ca 21 000 kWh för ett välbyggt 1 1/2-plans hus byggt enligt SBN 80. Denna energibesparing har uppnåtts genom att förbättra isoleringen, bygga ett växthus och installera en värmeväxlare i ventilationssystemet. Det bör observeras att experimenthuset har ett större förhållande mellan omslutningsytan och volymen än 1 1/2-plans huset.

Växthuset utgör ett utrymme där man kan vistas en stor del av året, som inte kräver någon egen uppvärmning, utan istället bidrar till övriga husets uppvärmning. Växthuset har fungerat bra som en buffert som sänker övertemperaturer i bostadsdelen. Experimenthuset har uppnått övertemperaturer av samma storleksordning som i ett hus byggt enligt SBN 80. Övertemperaturer som kan sänkas genom vädring av bostadsdelen och växthuset. Hela den gladsade söderfasaden i växthuset kan öppnas, vilket inte gjordes under mätåret.

Den luftburna värmen har medfört ett behagligt inomhusklimat, frånsett tidigare nämnda övertemperaturer som ej kan skyllas på uppvärmningssystemet. Med bra inomhusklimat menas här: frisk luft, behaglig temperatur och låg ljudnivå.

Experimenthuset har visat att det går att bygga ett anorlunda hus och på samma gång spara energi. Följande förbättringar skulle emellertid kunna göras i experimenthuset:

- Installera fönsterisoleringar i växthuset för att minska värmeförlusterna genom glasytorna.
- Förbättra och förenkla värmelagringsfunktionen i växthuset.
- Ta bort ventilationskanalen mellan värmelagret och värmesystemet, därför att den inte fyller någon funktion.
- Installera värmeväxlaren korrekt, för att öka energibesparingen.
- Förbättra ventilationssystemet, för att uppnå önskad ventilation utan att behöva använda forcerad ventilation.
- Öka återluftsmängden, för att sänka varmluftens temperatur.
- Koppla bort värmeväxlaren under sommaren, för att sänka övertemperaturer.
- Förbättra lufttätheten, för att minska den oavsiktliga ventilationen.

Från mätresultaten bör följande slutsatser kunna dragas, att användas för framtida lågenergihus.

- Noggranna energiberäkningar måste göras innan huset byggs.

Huset skall vara:

- välisolerat.
- tät.
- utrustat med mekanisk ventilation.

- försett med värmeväxling på ventilationsluften under förutsättning att värmeväxlaren är korrekt installerad och injusterad.
- försett med passiv solvärmeteknik, dvs kunna dra nytta av passiv solvärme utan att åstadkomma övertemperaturer.
- försett med energisnåla hushållsapparater, för att undvika att gratisvärmens överskrider uppvärmningsbehovet.



## 2.1 Situationsplan

Huset är beläget i Växjö Kommun inom Teleborgsområdet med adress Skimmelvägen 34, ca 5 km söder om Växjö centrum (se fig 2.1). Norr och väster om byggnaden finns ett småhusområde medan öster gränsar mot ett skogsparti och söder mot en åker (se fig 2.2). Tomten är belägen på ett område med plan mark. Åkern mot söder kommer enligt den gällande detaljplanen inte att bebyggas med hus varför det fria och soliga läget kommer att bestå. Bebyggelsen i norr och väster samt skogspartier mot öster skyddar mot vindar från dessa väderstreck.

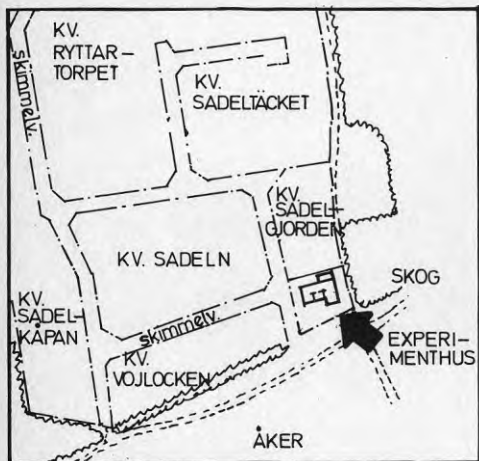
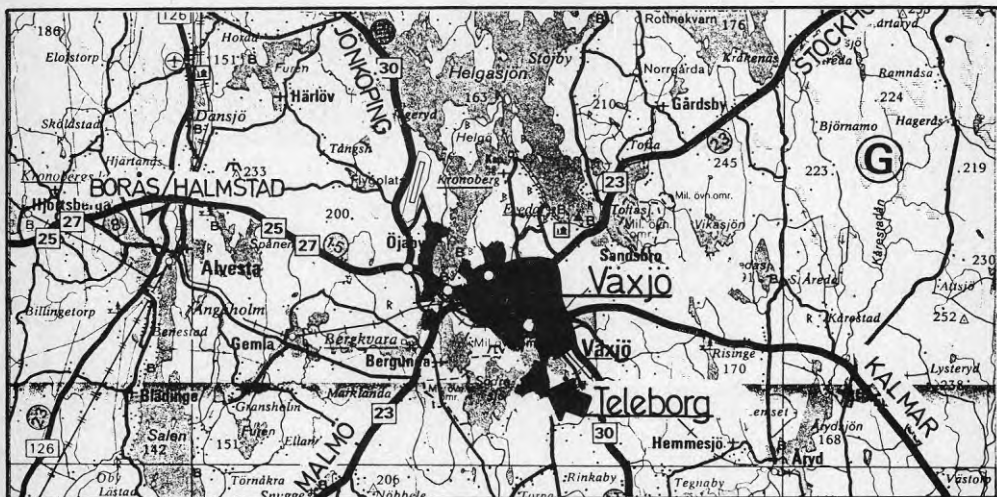


Fig 2.1

Översiktskarta. Experimenthuset ligger i Teleborg.

Fig 2.2

Situationsplan.

## 2.2 Klimat

Lufttemperaturen i Växjötrakten är högst under perioden maj - september med medelvärden på  $+10^{\circ}\text{C}$  till  $+17^{\circ}\text{C}$ . Månaderna april, oktober och november har temperaturmedelvärden mellan  $+3^{\circ}\text{C}$  och  $+7^{\circ}\text{C}$ . Kallaste månaderna är december, januari och februari med ett medelvärde på  $-1,9^{\circ}\text{C}$  (se fig 2.3).

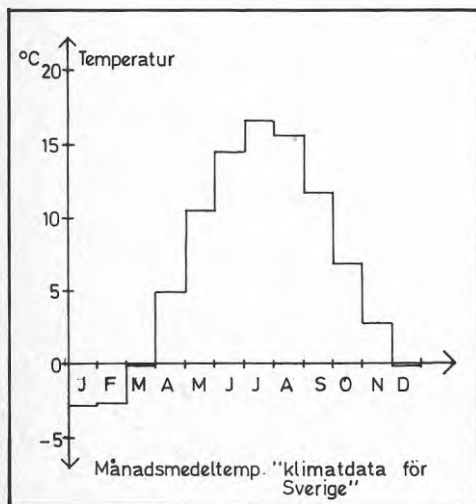


Fig 2.3 Utomhustemperatur i Växjö.

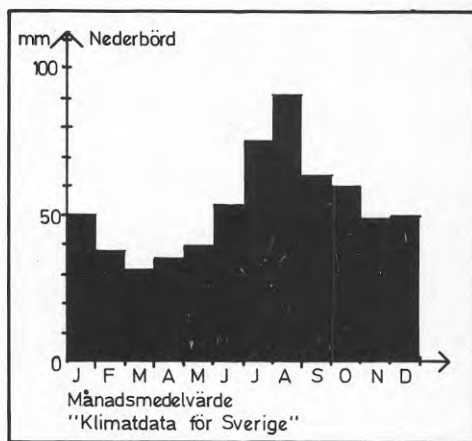


Fig 2.4 Nederbörd i Växjö.

Nederbörden är störst i augusti med ett normalvärde på 90 mm. Nederbördsfattigast är perioden februari - maj med en normalnederbörd lägre än 50 mm per månad (se fig 2.4).

Snö förekommer under december - mars med ett medelvärde på 5-10 cm snödjup. (se fig 2.5).

Den relativa luftfuktigheten är hög med variationer mellan 70 % - 90 %. Hösten och vintern är fuktigast. Maj har det torraste klimatet med en medelluftfuktighet på 68 % (se fig 2.6).

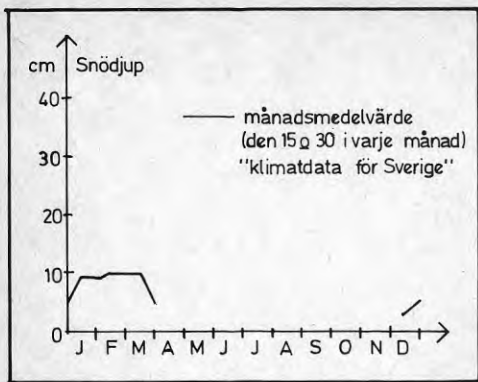


Fig 2.5 Snödjup i Växjö.

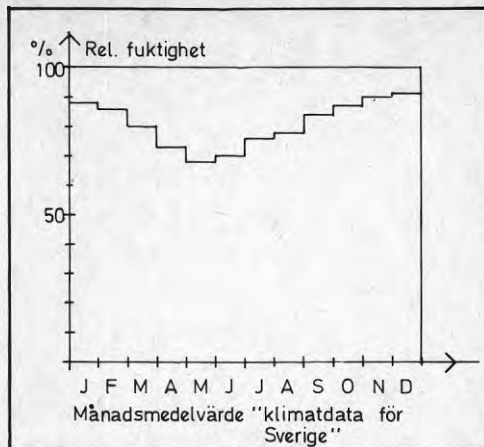


Fig 2.6 Relativ luftfuktighet i Växjö.

### 3 ÖVERGRIPANDE BESKRIVNING

#### 3.1 Allmän beskrivning

##### 3.1.1 Syfte och förväntad användbarhet

Det övergripande syftet med projektet har varit att praktiskt visa på den passiva solenergiteknikens energihushållande möjligheter under svenska förhållanden. Detta i kombination med energibesparande planutformning samt dito byggnads- och installationstekniska lösningar skulle ge en produkt som även var tekniskt/ekonomiskt lämpad för serieproduktion.

##### 3.1.2 Energisparåtgärder

En låda är den närmast praktiskt tillämpbara formen för ett energihushållande hus. Denna form ger en liten ytterväggsyta per volymenhet. Experimenthuset utformades därför som en rektangulär envåningsbyggnad utan källare men med ett växthus. Växthusdelen är integrerad med den övriga byggnadskroppen genom att samtliga väggar utom glasväggen mot söder omsluts av det egentliga bostadsutrymmet.

Den energitekniska utformningen av huset bygger på idén att man skall försöka finna former att slösa så litet som möjligt med den energi man har att tillgå. Följande faktorer har härvid varit vägledande.

- definition av de energikonsumerande funktionerna och analys beträffande vilka av dessa funktioner som är nödvändiga för husets funktion.
- de energiförbrukande funktioner som inte var nödvändiga för huset uteslöts. För de återstående funktionerna försökte vi reducera energiåtgången så mycket som möjligt, så långt detta var praktiskt och ekonomiskt möjligt.

- då energiförbrukningen av de återstående funktionerna minimerats, söktes former för den erforderliga energiförsörjningen genom passiv solenergiteknik med åtföljande lagrings- och distributionssystem samt kompletteringsvärme.

Av det relaterade tillvägagångssättet utgjorde reduktionen av energiåtgången tyngdpunkten, vid sidan av lösningar för den passiva solenergitekniken, med tillämpning av principen: "Skall man täta en behållare ordentligt så skall den tätas överallt". Detta ledde till följande tillvägagångssätt:

- reduktion av värmeförluster p g a luftläckage genom speciell utformning och montering av det diffusions-täta skiktet på insidan av byggnadskonstruktionen.
- val av en optimal isoleringsteknik i de olika konstruktionselementen.
- utformning och konstruktion av ett kontrollerbart värme- och ventilationssystem som inkluderar funktioner för tillvaratagande av värmen ur värmelagret i växt-huset, värmen ur den använda luften i bostadsdelen, förvärmning av ventilationsluften via kryppgrunden under bostadsdelen samt uppvärmning av luften för erhållande av erforderlig rumsuppvärmning i mån av att den passiva solenergin ej klarar detta.
- reduktion av uppvärmningsenergin för tappvarmvattnet genom en förvärmare i värmegrunden, som är kopplad till den ordinära tappvarmvattenuppvärmaren i bostadens tvättstuga.

### 3.1.3 Planering och projektering

För planering och projektering har Bo Ulmås ansvarat. Planerings- och projekteringsaktiviteterna för ett projekt av detta slag är betydligt mer omfattande och tidskrävande än vid ett vanligt husbyggnadsprojekt. Planeringsarbetet, med åtföljande förhandlingar, varvades

under åren 1978 och 1979 med idégivning, förprojektering och projektering för att under 1980 konkretiseras i form av anbudshandlingar och byggnadslovshandlingar. Detta arbete tog ungefär 2 1/2 år i anspråk innan själva byggandet kunde påbörjas.

I planeringsdelen av projektet har även ingått fältstudier, med åtföljande avrapportering, för såväl Styrelsen för Teknisk Utveckling (STU) som för Byggeforskningsrådet (BFR). STU-delen innebar bl a studier av lågenergihus i provinsen Saskatoon i Kanada där byggnader belägna i städerna Regina och Saskatchewan studerades. Det var under detta arbete som formerna för kombinationen mellan värmeväxlare och varmluftsuppvärmning, integrerad med den passiva solenergitekniken, växte fram som ett mycket intressant alternativ även för experimenthuset i Växjö. Även konstruktions-, isolerings- och täthetsförfarandet tryckte man hårt på från kanadensiskt håll. BFR-arbetet i Nordamerika innebar bl a analys, utvärdering och avrapportering av den industri som håller på att växa fram inom området passiv solenergiteknik i USA. Det var härvid glädjande att konstatera att 100-tals producenter utvecklar och marknadsför produkter, komponenter och system inom området passiv solenergiteknik.

Planeringsdelen innefattade även förhandlingar med Växjö kommun beträffande tomtinköp på lämplig plats i kommunen. Dessa förhandlingar ledde fram till att kommunstyrelsen beslutade om att två tomter på Teleborgsområdet i Växjö kunde inköpas för ändamålet. Den ena tomten skulle användas för experimenthuset och den andra för ett referenshus. Avtal tecknades även med Växjö kommun om att Växjö kommun skulle få tillgång till de tekniska lösningar och de erfarenheter som projektet kunde ge. Detta för att ge underlag till Växjö kommuns egen planering för en energihushållande bebyggelse. Dessutom ingavs en ansökan till Växjö Energiverk om befrielse från fjärrvärmeanslutning. Detta därför att Teleborgs-



området är fjärrvärmeuppvärmt, och det energisystem vi valt som tillskottsvärme till den passiva solenergitekniken var varmluftsuppvärmning med el. Denna ansökan beviljades. Länsbostadsnämnden var en annan myndighet som var betydelsefull i sammanhanget. Om inte experimenthuset inrymdes inom ramarna för de statliga lånereglerna så skulle inte heller experimenthuset komma att byggas - och därmed skulle heller ingen serieproduktion kunna starta av hus med passiv solenergiteknik enligt det koncept som arbetats fram. Efter åtskilliga turer och mängder av förslag godkändes så experimenthuset av länsbostadsnämnden. Det var dessutom svårt att få projektet antaget som ett BFR-projekt, med åtföljande ekonomiskt stöd i form av projekteringsbidrag och experimentbyggnadslån. Efter ett segt och utdraget förhandlingsarbete lyckades emellertid även detta. Mycket tack vare att ett handläggargbyte skedde under förhandlingens gång.

Projekteringsarbetet har bedrivits i samarbete mellan Bo Ulmås, arkitekt Michael Holtz (USA) samt el- och VVS konsulter. Arkitekt Michael Holtz var tidigare chef för avdelningen för passiv solenergiteknik vid Solar Energy Research Institute (SERI) i Golden, Colorado. SERI är Amerikanska Energidepartementets Forskningsinstitut inom solenergiområdet. Numera är Michael bl a projektansvarig för sektionen "Passive and Hybrid Low Energy Buildings" vid International Energy Agency (IEA). Michael har en flerårig erfarenhet av hus byggda med passiv solenergiteknik i USA varför hans medverkan vid projektet var utomordentligt värdefull. Förutom ovan nämnda deltagare i projekteringsarbetet medverkade Masonite AB (utvecklingschef Åke Thorn) vid de tekniska lösningarna beträffande de bärande och isolerande konstruktionerna. Anledningen till samarbetet med Masonite AB var att studierna av lågenergihusen i Saskatoon i Kanada bl a resulterade i insikten och betydelsen av en optimal isolering i kombination med en enkel konstruktion. Kanadensarnas konstruktioner bestod av en ytterväggskonstruktion av dubbla träkonstruktioner med mellanliggande isolering. Anledningen till detta utförande var att åstad-

komma superisolerade konstruktioner utan köldbryggor och med mycket stor täthet. Emellertid är detta en mycket tids- och materialkrävande utförande varför den valda konstruktionen, utförd av Masonite-komponenter, i experimenthuset i Växjö är betydligt enklare och billigare att utföra. Och ändå uppnås samma resultat i energihänseende som i de kanadensiska lågenergihusen.

#### 3.1.4 Byggande

Byggandet av experimenthuset och referenshuset påbörjades i oktober 1980 och avslutades i juli 1981.

Experimenthuset uppfördes i egen regi av Bo Ulmås, med anställd personal. Detta förfaringssätt var inte bestämt från början utan mer eller mindre framtingat av att de anbudsförhandlingar som skedde såväl med entreprenadföretag som med flera småhusföretag gav dystra besked i fråga om vad bygget skulle kosta. I en del fall kom vi inte heller fram till att något pris kunde (ville?) lämnas av företaget i fråga framförallt beroende på ovanan att arbeta, och därmed prissätta, med Masonitekonstruktionen. Konstruktionslösningarna som den passiva solenergitekniken gav material- och arbetskostnader som ej motiverades av utförandet utan som mera kunde hänföras till att man ville gardera sig mot "eventuellt odefinierade kostnader". Överhuvudtaget var det en svårförståelig attityd som visades av de tillfrågade företagen. Om sedan denna attityd bottnar i rädsla för nytänkande och tekniska innovationer eller om det bottnar i snävt ekonomiskt tänkande (företagsekonomiskt?) må vara osagt. Byggandet i egen regi innebar i sin tur en omfattande paperexercis och kontakter med länsstyrelse, länsarbetsnämnd, fackförening, skattemyndigheter m fl som ytterligare belastning ovanpå det byggnadstekniska och utförandedämsiga. En stor organisation med resurser kan naturligtvis svälja allt detta utan stora komplikationer, men för oss innebar det mycket stora påfrestningar. Inte minst därför att materialinköp och avrop, arbetsledning m m dessutom skulle utföras samtidigt.

En god sak kan konstateras, och det är att vi har skaffat en mycket värdefull erfarenhetsbas som plattform inför nästa experimentbygge.

### 3.2 Byggnadsteknik

#### 3.2.1 Allmänt

Huset är byggt i ett plan med en U-formad bostadsdel (se fig 3.1-3.5). Mitt i huset finns ett växthus som är omgivet på tre sidor av bostadsdelen. Hela huset är försett med plant tak och är grundlagt med kryptgrund. En sammanställning över byggnadstekniska data finns i tabell 7.2, kapitel 7.5.

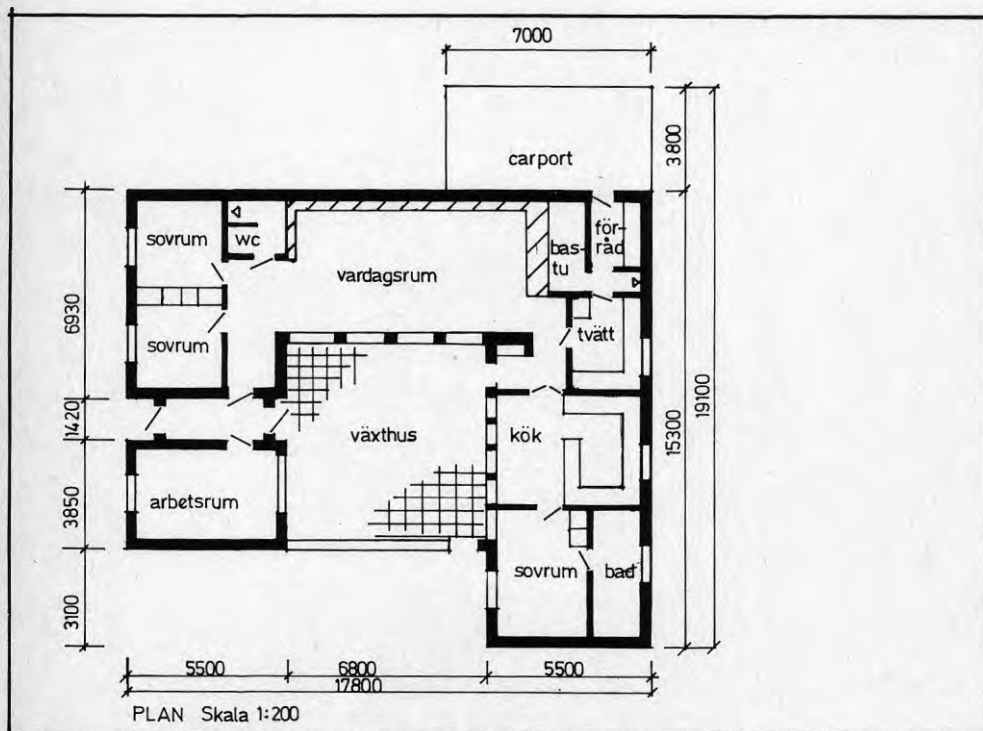


Fig 3.1 Plan över experimenthuset.



Fig 3.2 Experimenthusets södra fasad.



Fig 3.3 Experimenthusets västra fasad.



Fig 3.4 Experimenthusets norra fasad.



Fig 3.5 Experimenthusets östra fasad.



För såväl golv som för väggar och tak har Masonitebalkar och -reglar använts. Bakgrunden till detta är följande: om man jämför tre hus A, B och C, där hus A byggdes 1974 eller tidigare, hus B byggdes 1975 och hus C byggdes 1980 så kommer man fram till följande (se även fig 3.6):

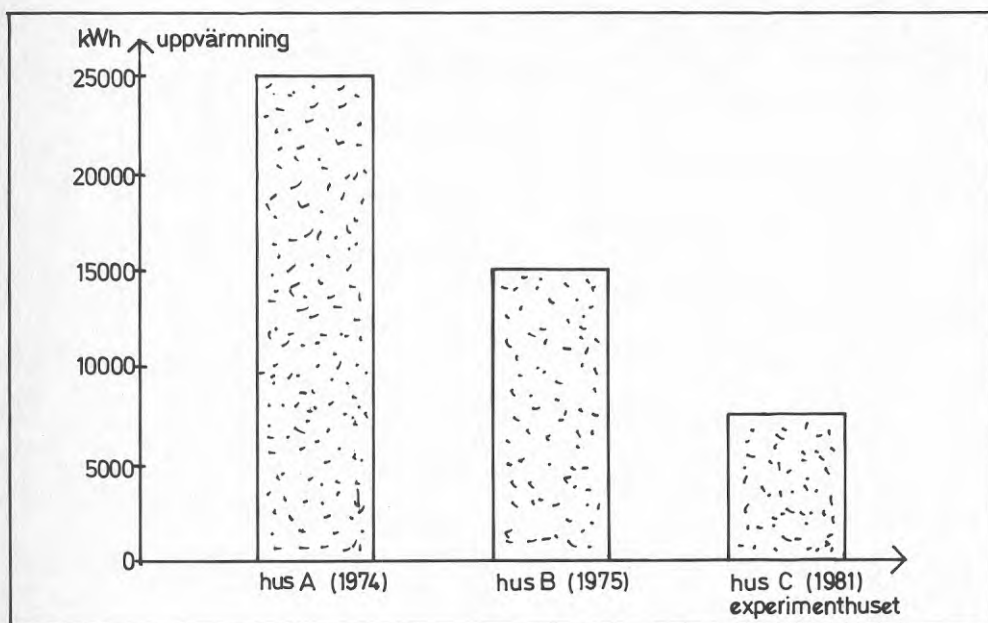


Fig 3.6 Erforderlig energi för uppvärmning av småhus byggda 1974, 1975, 1981, i kWh.

Hus A har en stomme av trä. Isoleringstjockleken i väggarna är 10 cm. Erforderlig energi för uppvärmning är 25 000 kWh.

Hus B har en stomme av trä. Isoleringstjockleken i väggarna är 17 cm, vilket var isoleringskravet enligt SBN 75. Treglasfönster. Erforderlig energi för uppvärmning är 15 000 kWh.

Hus C, vilket motsvarar experimenthuset, har en stomme av Masonite byggkomponenter. Isolertjockleken i väggarna är 24 cm. Erforderlig energi för uppvärmning är 8 000 kWh/år. Figur 3.6 visar förhållandet mellan uppvärmningsbehoven för de olika hustyperna.



Med en stomme av Masonite-balkar (se fig 3.7) åtgår mindre trä än vid en traditionell träregelstomme. Köldbryggorna kan reduceras vilket medför att väggjockleken kan minskas utan att öka värmeförlusterna. Detta är

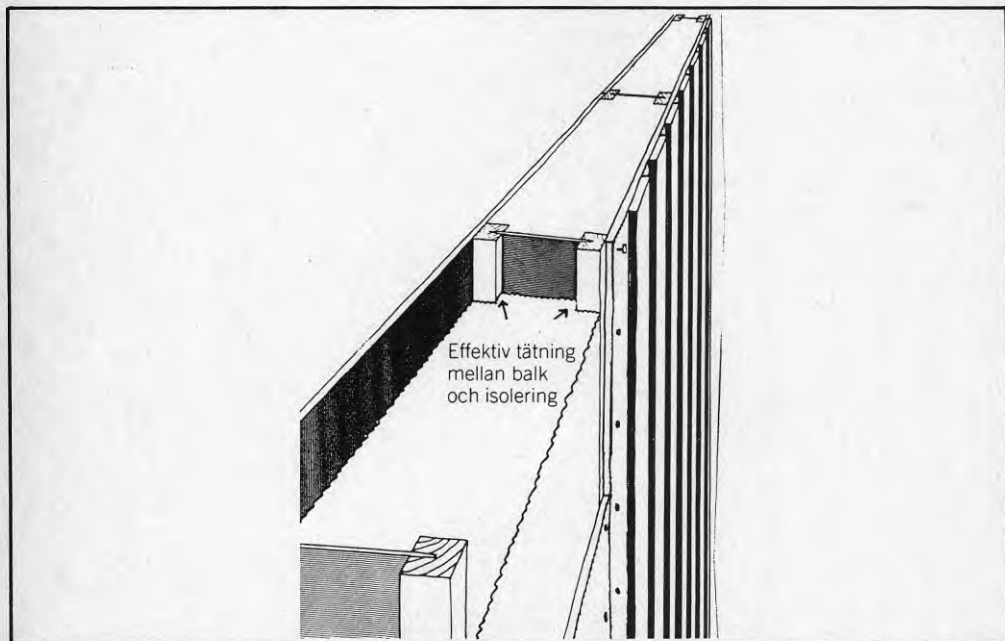


Fig 3.7 Genomsnitt av Masonite-vägg.

av stor betydelse vid högisolerade konstruktioner som i experimenthuset.

### 3.2.2 Energikonsekvenser av Masonite-konstruktion

Med en Masonite-konstruktion minskar köldbryggorna i antal och i storlek. Andra fördelar är t ex att den speciellt tillskurna isolerskiva Gullfiber AB tagit fram, medför att regler kan t o m få stå lite fel utan att utfyllnaden av isoleringen äventyras.

Som framgår av figur 3.8 kan träreglar vrida sig i en konstruktion med homogent virke, då träet torkar. Detta medför "otäthet" mellan isolering och virke med åtföljande värmeläckage som följd. I en Masonite-konstruktion däremot innebär den formskurna isoleringen, jämte det förhållande att Masonite-regeln är torrare än konstruktionsvirke, att en konstruktion utan tomrum erhålles med åtföljande goda isoleringsegenskaper.

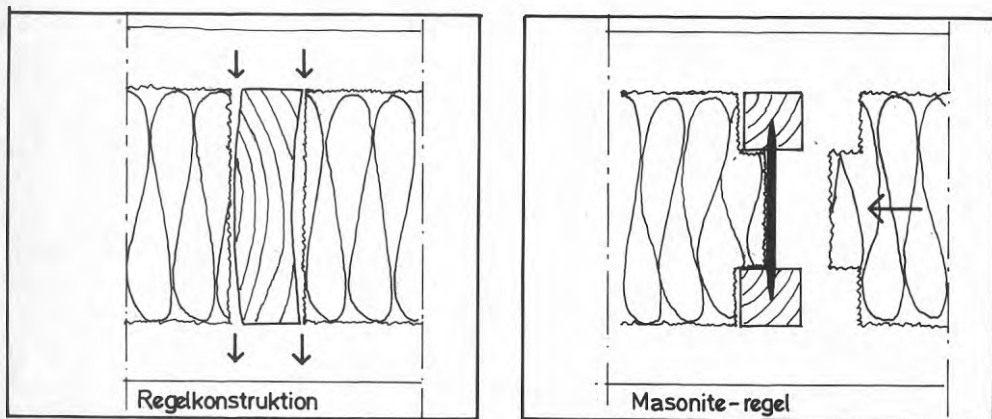


Fig 3.8 Jämförelse mellan traditionell regelkonstruktion och Masonite-regelkonstruktion.

Vid ett regelsystem av homogent trä erhålles extra värmeförluster som en följd av den ovan beskrivna "otätheten", samt genom att träregeln fungerar som en köldbrygga. Masonite-konstruktionen, med sitt smala liv, reducerar köldbryggan till en tiondedel av den homogena träregelns värmeläckage (se fig 3.9).

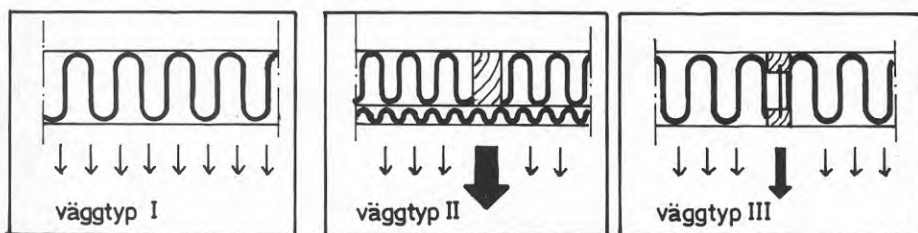


Fig 3.9 Jämförelse mellan olika väggkonstruktioner.

Enbart isolering genomgående reglar. Denna väggtyp har ett isoleringsvärde på 100 %.

Vanlig konstruktion. Denna väggtyp har ett isoleringsvärde på 60 % dvs 40 % sämre än väggtyp I.

Masonite-konstruktion. Denna väggtyp har ett isoleringsvärde på 96 % dvs endast 4 % sämre än väggtyp I.

### 3.2.3 Hållfasthetsegenskaper hos Masonite-konstruktionen

Ett annat förhållande som förtjänar att framhållas är hållfasthetsegenskaperna hos Masonite-balkarna jämfört med vanligt homogent virke (se fig 3.10).

Råmaterialförbrukningen för Masonite-balken är ca 50 % av materialåtgången för den homogena balken.

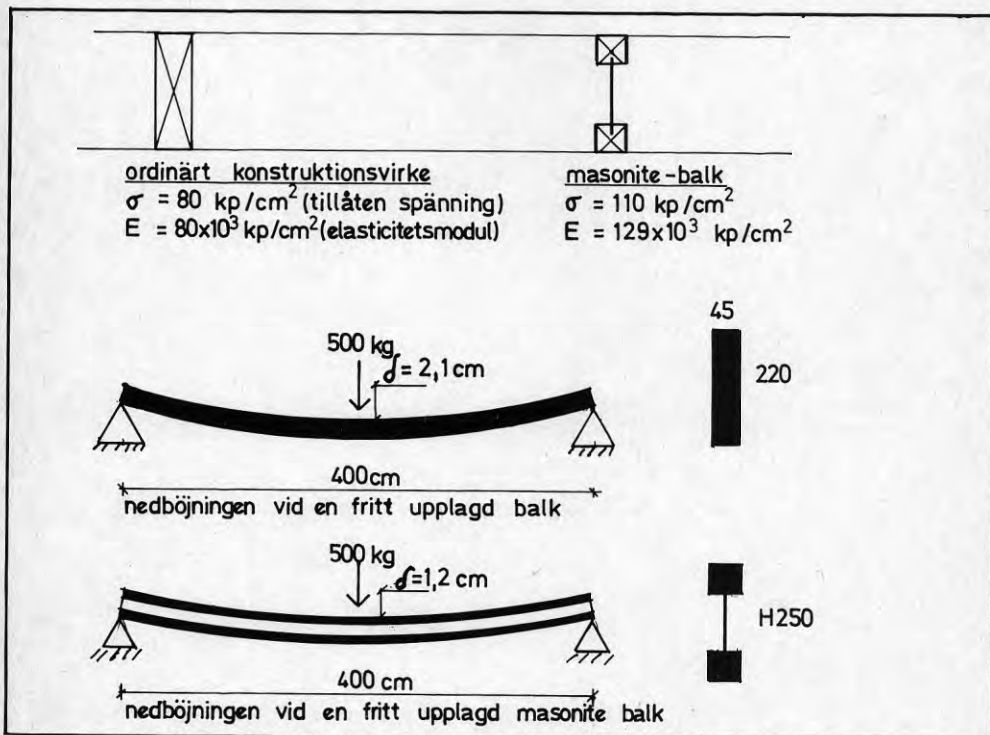


Fig 3.10 Jämförelse mellan träbalk och masonitebalk.

### 3.2.4 Beskrivning av stomme och isolering i experimenthuset

I figur 3.11-3.13 redovisas tvärsektioner genom experimenthusets väggar, golv och tak.

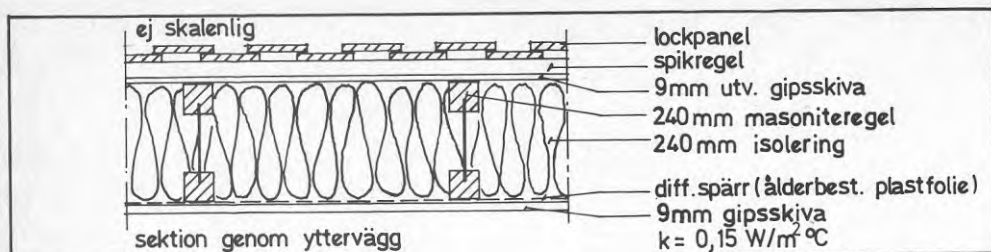


Fig 3.11

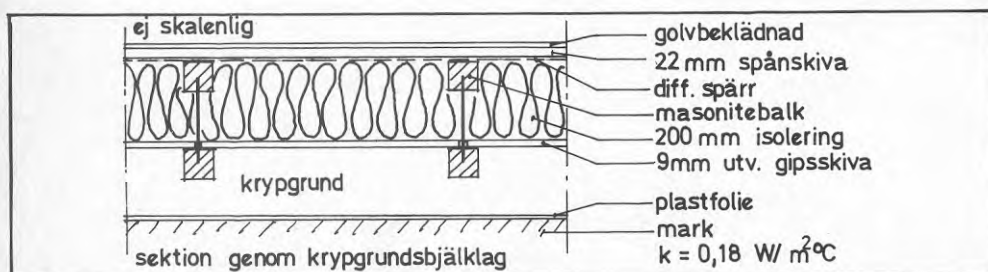


Fig 3.12

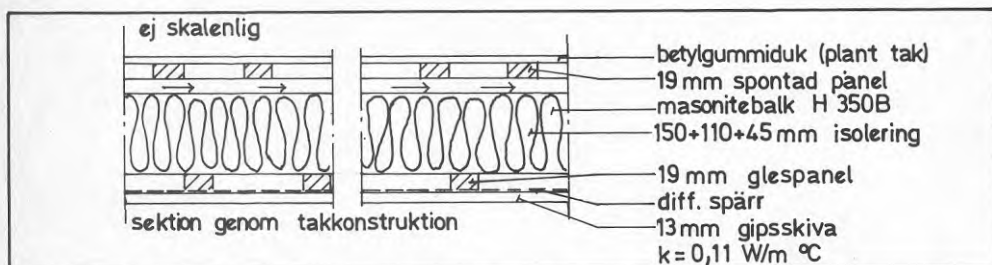


Fig 3.13

### 3.2.5 Täthet

Vid konstruktion och byggande har en god lufttäthet eftersträfvats. Eftersom luft används som energibärare för såväl den passiva solenergitekniken som för uppvärmningssystemet i övrigt är det av stor betydelse att man har kontroll på luften för såväl ventilations- och uppvärmningssystemet. En speciell tätningsteknik har därför utarbetats för det diffusionstäta skiktet och för rörgenomföringar m m.

Som diffusionstätt skikt valdes AB Celloplasts specialfilm som går under varubenämningen Tenotät. Denna film är en 0,2 mm tjock specialfilm, avsedd att användas som vattenång- och luftspärr. Tenotät har testats vid Chalmers Tekniska Högskola varvid filmen behöll styrkan under 25 veckor vid en temperatur av 100 °C, vilket anges motsvara en åldringsbeständighet av ca 100 år vid normaltemperatur.

För att åstadkomma täthet vid rörgenomföringar, skarvar o dyl, användes en speciell fogmassa för diffusions- och akustiktätning av dolda fogar. Denna fogmassa benämns Tremseal och saluförs i Sverige av Götakemi AB i Göteborg. Fogmassan är baserad på petrokemiska bindemedel (typ NM-Bygg 541) och har mycket god vidhäftning och rörelseupptagning. Fogmassan appliceras med en speciell fogspruta.

### 3.2.6 Fönster och fönsterplacering

Huset är försett med 3-glas isolerrutor överallt utom i växthusets glaspartier, som är försedda med 2-glas isolerrutor. Fönstren är öppningsbara, och placerade så långt ut som möjligt i husfasaden. Anledningen till detta är att den ljusinsläppande glasytan på detta sätt blir större än om fönstren placerats längre in i ytterväggen. Principen åskådliggörs bäst med hjälp av figur 3.14-3.16.



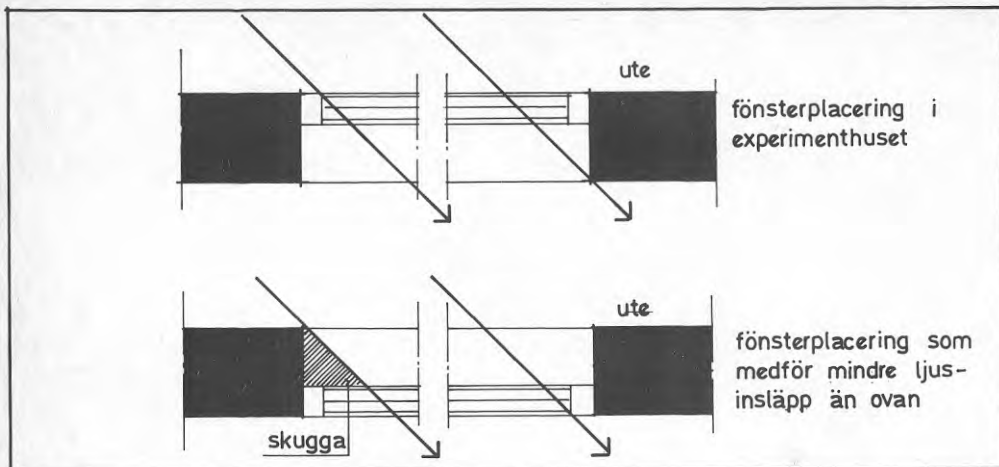


Fig 3.14 Olika fönsterplaceringar i en vägg.



Fig 3.15 Fönster.

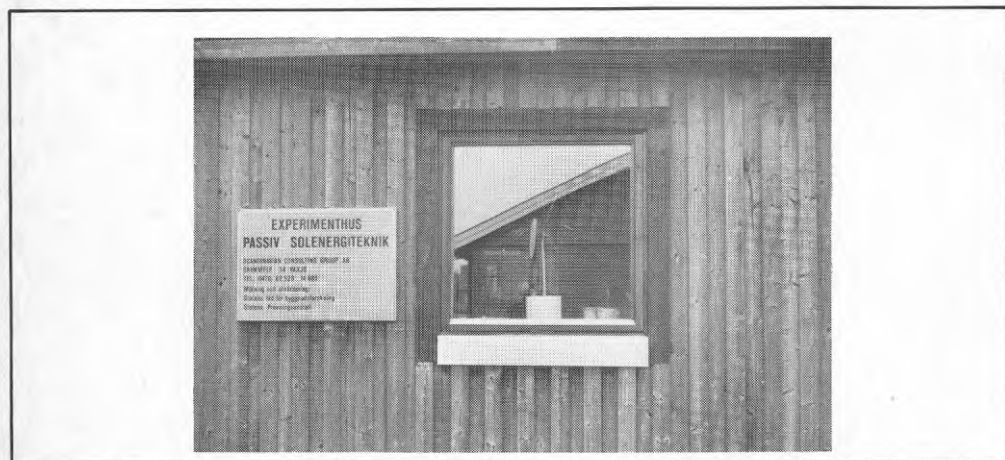


Fig 3.16 Fönster.



## 3.2.7 Golvbeklädnad

På de golv där solstrålarna kan träffa golvytan är dessa försedda med keramiska plattor för att möjliggöra värme-lagring direkt i plattorna. Plattorna är lagda direkt på spånskivorna i ett fästbruk speciellt lämpat för detta ändamål. Dessutom behandlades spånskivorna med en emulsion som har till uppgift att hårdgöra ytan hos spånski-van för att förhindra rörelser i ytan.

Golven i vardagsrummet och i arbetsrummet har försetts med brädor som delar in klinkerplattorna i lämpligt stora fält (se fig 3.17). Orsaken till detta är följande: dels förhindras eventuell sprickbildning i fogarna mellan klinkerplattorna, som annars kunde blivit fallet om golvytor-na lagts enbart med klinkerplattor. Dessutom ger kombina-tionen mellan trä och klinker ett tilltalande golv ur estetisk synpunkt.



Fig 3.17 Vardagsrummet med klinkerplattor. Till höger syns fönsterväggen som skiljer vardagsrummet från växthuset.

Sedan huset byggdes för ca 2 år sedan har ingen klinkerplatta lossnat. Däremot har fogarna mellan brädorna och plattorna i vardagsrummet (ej i arbetsrummet) visat tendens att spricka. Den troligaste orsaken till detta är att brädorna hade för hög fuktkvot då golvet utfördes och att den efterföljande uttorkningen medverkat till sprickbildningen. Om man använt en elastisk fogmassa i stället för den använda hårda fogmassan så hade denna sprickbildning sannolikt undvikits.

### 3.2.8 Växthuset

Växthuset på ca 45 m<sup>2</sup>, är kringbyggt av den egentliga bostadsdelen åt alla håll utom mot söder (se fig 3.18). Så stor del som möjligt av väggarna mellan växthuset och bostadsdelen är glasade för att få in ljus till de inre delarna av huset samt för att de boende skall kunna se in i det "gröna rum" som växthuset utgör.

Växthusets södervägg är utformad som ett skjutbart glasparti, indelat i två sektioner för att de skall vara enk-



Fig 3.18

Växthusets glasade söderfasad. Växthuset är på tre sidor omgivet av bostadsdelen.

la att hantera (se fig 3.19). Den totala bredden av dessa glaspartier motsvaras av bredden på söderväggen i den västliga bostadsdelen. Anledningen till detta utförande är att ingen del av glaspartiet skall skjuta utanför fasaden då glaspartiet är fråndraget, d v s sommartid. Förutom den skjutbara delen av glaspartiet innefattas i växthusets södervägg även en fast glasad del där en glasad altandörr tjänstgör som genomgång mellan trädgården och växthuset. Glaspartierna är försedda med isolerrutor av säkerhetsglas (Pilkington).

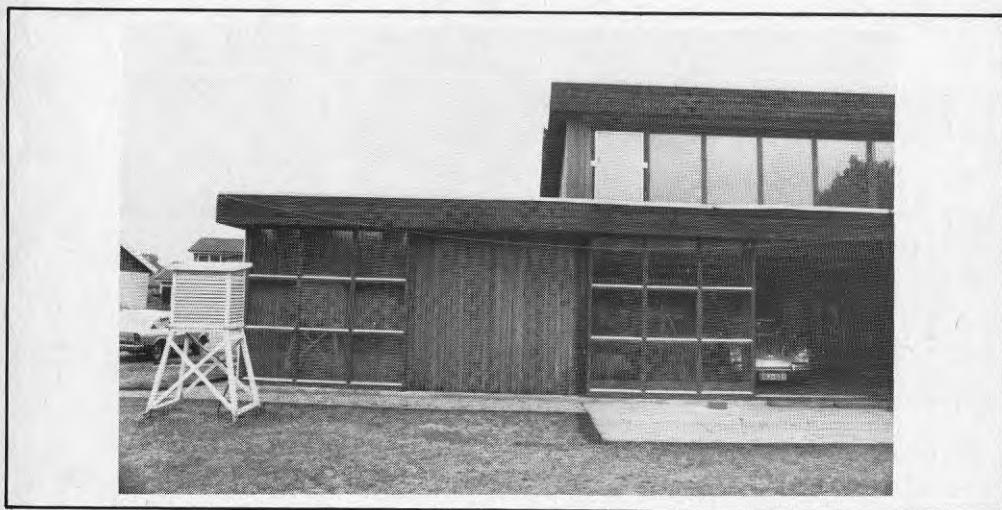


Fig 3.19 Växthusets skjutbara glaspartier.

Växthustaket är försett med två mot söder orienterade glasöverbyggnader som släpper in ljus såväl till växthuset som till rummen belägna innanför växthuset. Glasöverbyggnadens tak mot norr är isolerade i ett konstruktionsutförande lika husets takkonstruktion i övrigt.

### 3.2.9 Rörliga isoleringar

I syfte att förbättra isoleringsegenskaperna i växthusets glasparti har rörliga isoleringar konstruerats. Dessa är avsedda att användas på insidan av glaspartierna mot söder. Isoleringssluckorna vid det skjutbara glaspartiet är utformat som ett vikväggssystem medan luckorna vid glasöverbyggnaderna hängs i överkanten av glaspartierna. Montering har ännu ej skett, men när detta genomförts kommer de rörliga isoleringarna att regleras automatiskt så att de är fördragna nattetid och fråndragna under dagen.

### 3.2.10 Värmelager

Stenlagret under växthuset tjänstgör som värmelager för den solvärme som strålar in genom växthusglaset mot söder. Solvärme lagras dessutom i det marktegel som utgör golvet i växthuset. Den varma luften i växthuset sugns ner i värmelagret (fig 3.20, 3.21). Detta sker i två spirorör  $\varnothing$  200 mm placerade utmed växthusets hela taklängd, och med hål  $\varnothing$  30 mm borrade på cc 200 mm avstånd utmed hela rörlängden. Insugningen möjliggörs av en fläkt som är placerad i värmelagret. Fläkten är av märket Ziehl

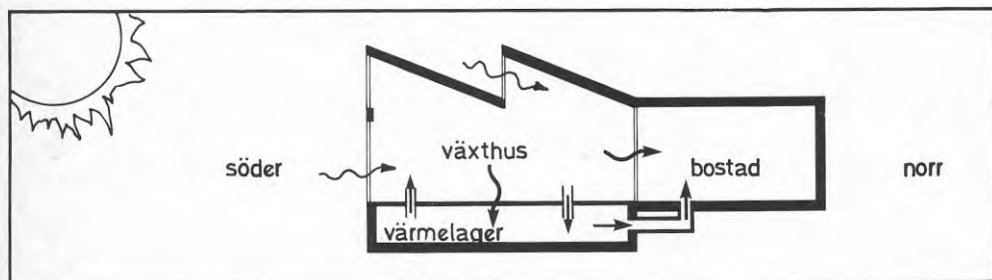


Fig 3.20 Principskiss för solvärmesystemet.

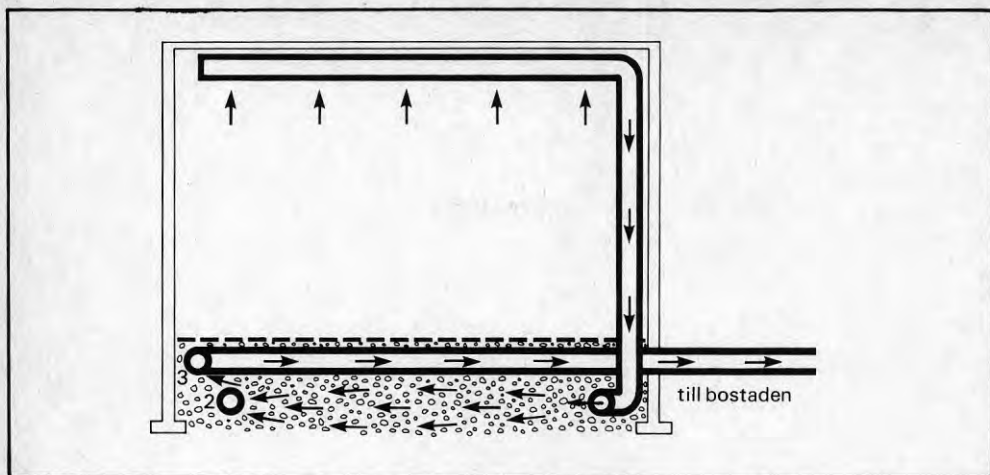


Fig 3.21 a Principskiss för växthuset med värme-lager.

310 radialfläkt. Denna fläkt arbetar intermittent på så sätt att den startar först när luftens temperatur i växthuset är  $3^{\circ}\text{C}$  högre än temperaturen i stenlagret. Detta för att undvika att luft med lägre temperatur än vad som finns i stenlagret blåses ned i detsamma och härigenom kyler av lagringsfunktionen.

Den varma luften passerar först förvärmaren för tappvarmvatten för att därefter, via ett spirorör, fortsätta genom stenlagret till det spirorör som är beläget i stenlagrets västra del (se fig 3.22). Under luftens förflyttning genom stenlagret avges det mesta av luftens värmeinnehållet till stenmaterialet. Håligheterna mellan stenarna används härvid som kanaler för lufttransporten. Av denna anledning är det betydelsefullt att man använder natursten (singel) i stenlagret och inte krossad sten (makadam) enär det då blir för små håligheter mellan de krossade stenarna för luftens förflyttning. Stenstorlekarna varierar mellan  $\varnothing 20$  mm till  $\varnothing 60$  mm vilket medför att en stor värmeupptagande yta hos stenmaterialet erhålles.



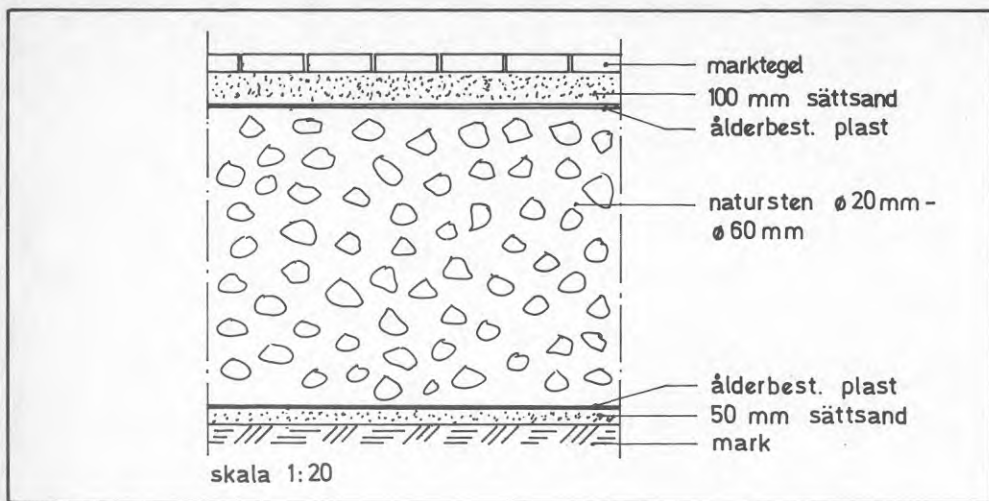


Fig 3.21 b Sektion genom värmelager.

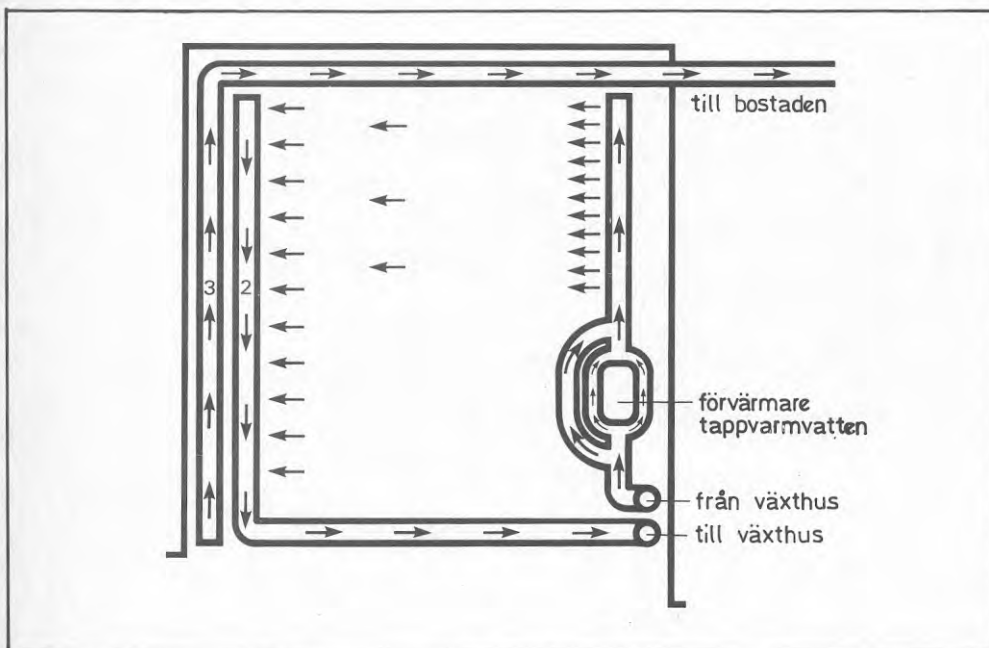


Fig 3.22 Principlösning för värmelagret under växthuset.

Värmelagret är isolerat endast mot grundmuren mot söder. Detta för att förhindra värmeförluster i denna riktning. Mot övriga vädersträck "läcker" värme ut i krypgrunden.



### 3.2.11 Solfångare

Förutom växthuset innefattas även en solfångare med luftburen värme i det solvärmesystem som huset utrustats med. Denna solfångare är belägen på söderfasaden i den östra delen av den U-formade byggnadskroppen (se fig 3.23). Via spirorör är denna solfångare integrerad med värmelagringsfunktionen och medverkar härigenom som en delfunktion till den passiva solenergitekniken.

Under den mätperiod som relateras i denna rapport var ovan nämnda solfångare fränkopplad för att inte inverka på växthuset värmealstring- och lagring, för att därigenom försvåra mätning och utvärdering av densamma.

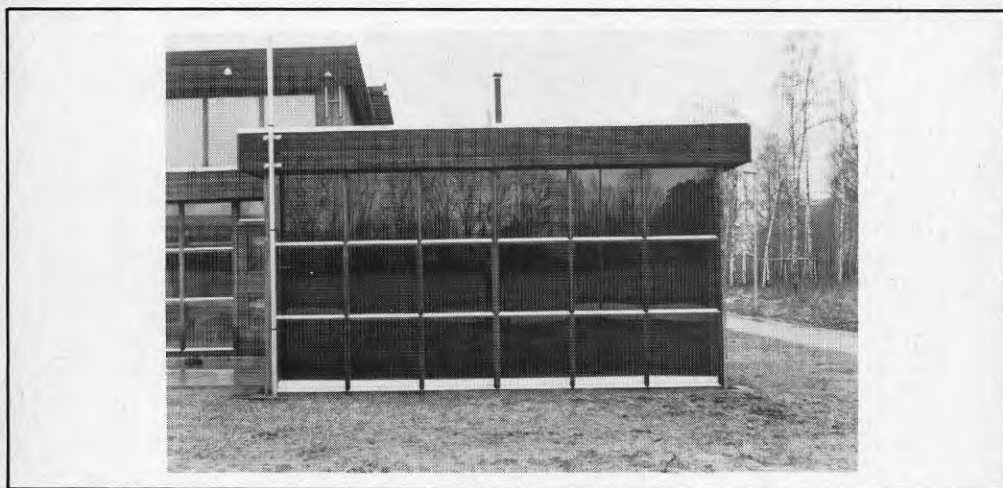


Fig 3.23 Solfångaren.

## 3.3 Installationsteknik

### 3.3.1 Rumsuppvärmning

Förutom rumsuppvärmning med den passiva solenergitekniken sker uppvärmning, då så erfordras, med hjälp av ett varmluftsaggregat (se fig 3.24 och 3.25) beläget i tvättstugan. Detta varmluftsaggregat innehåller en plattvärmväxlare där värme överförs från den utgående rumsluften (avluften) till den inkommande uteluften (friskluften).

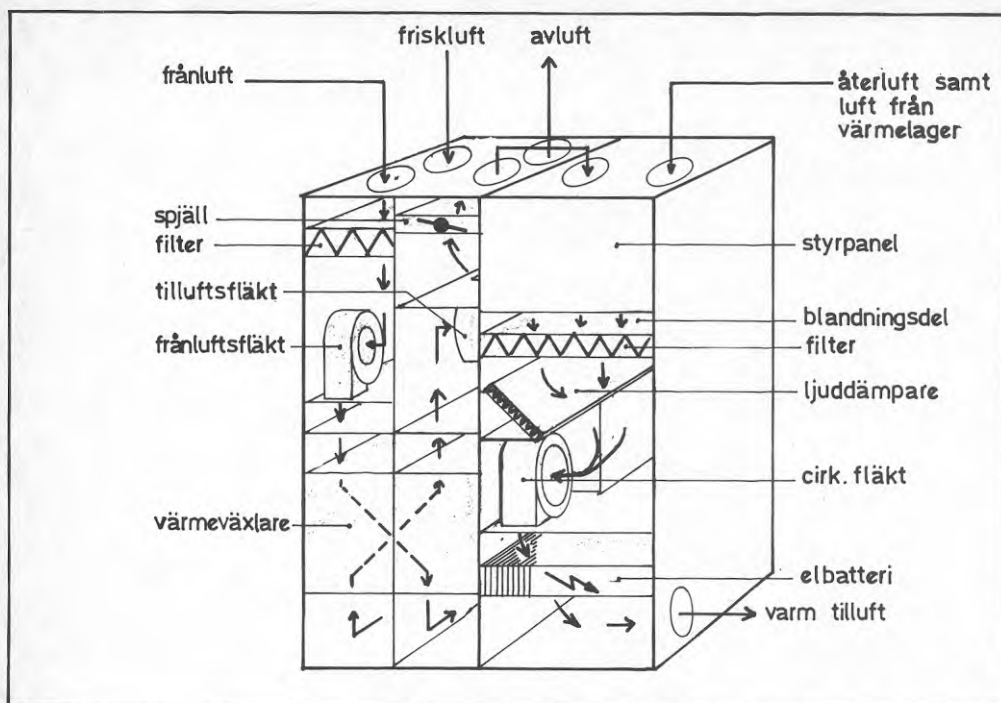


Fig 3.24 Principskiss över varmluftsaggregatet.

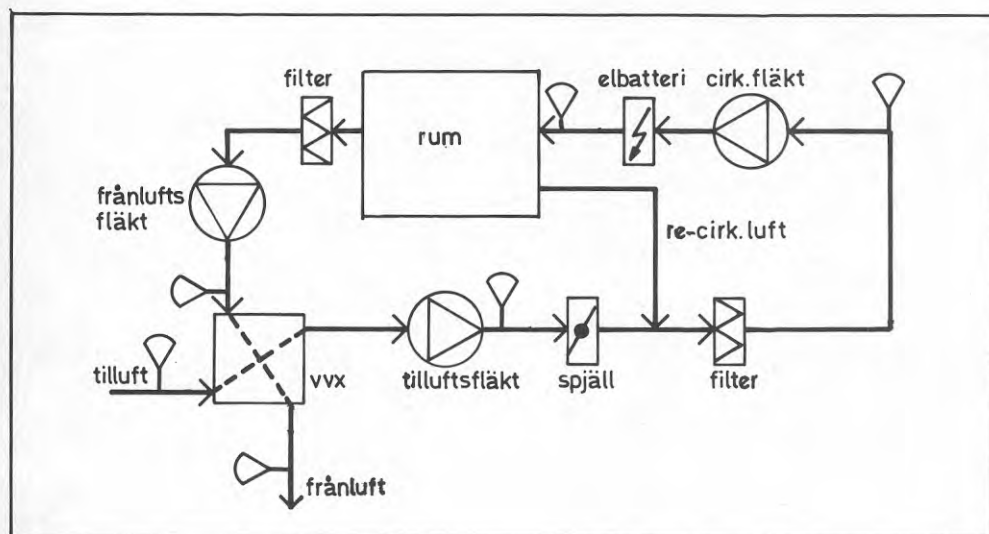


Fig 3.25 Principschema för varmluftsaggregatet.

Ytterligare värme kan tillföras med ett elbatteri. Varm-  
luftsaggregatet och värmeväxlaren är monterade i två vit-  
lackerade plåtskåp med en sammanlagd bredd på 90 cm och  
höjd på 210 cm (se fig 3.26).

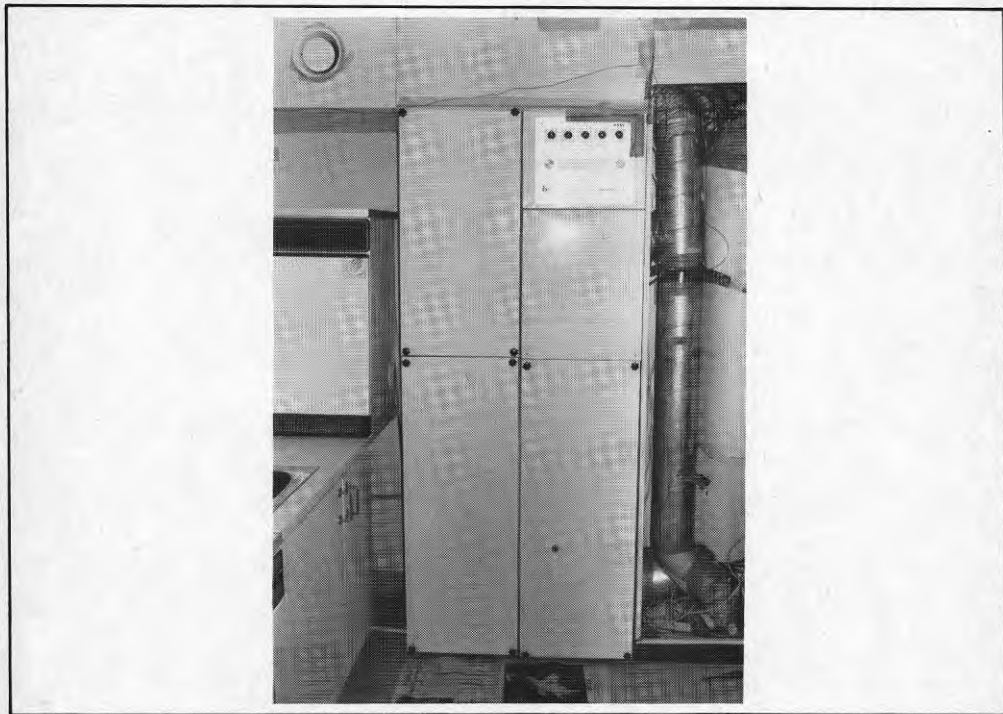


Fig 3.26 Varmluftsaggregatet.

Då huset projekterades 1979/80 fanns ingen kombinerad värmeväxlare och varmluftsaggregat i handeln. Därför specialbeställdes en sådan kombinationsanläggning av företaget TemoVex AB i Åstorp. Detta företag har nu även på sitt produktionsprogram kombinationsaggregat där tillsatsvärme tillförs med ett elbatteri eller ett värmevattenbatteri.

Bakgrunden till att varmluftsaggregat kombinerad med värmeväxlare valdes är att luft används som värmebärare vid den passiva solenergitekniken och att värmeväxlaren arbetar med luftburen värme på följande sätt: den varma "använda" rumsluften (frånluften) i huset förs via separata kanaler (spirorör) från köket, hygienutrymmen och tvättstugan till värmeväxlaren (se fig 3.27 och 3.28).

I värmeväxlaren avger frånluften värme till den inkommande friskluften. Dessutom leds ytterligare luft (återluft) till varmluftsaggregatet. Detta för att öka tilluftsmängden ut till rummen och därmed undvika alltför höga temperaturer på varmluften. För att värmeväxlaren skall fungera optimalt är friskluftmängden lika stor som frånluftsmängden. Från värmeväxlaren leds friskluften vidare till varmluftsaggregatet för ytterligare uppvärmning om så erfordras. Detta för att erhålla den rumstemperatur som önskas i huset. Rumstemperaturen regleras med en termostat

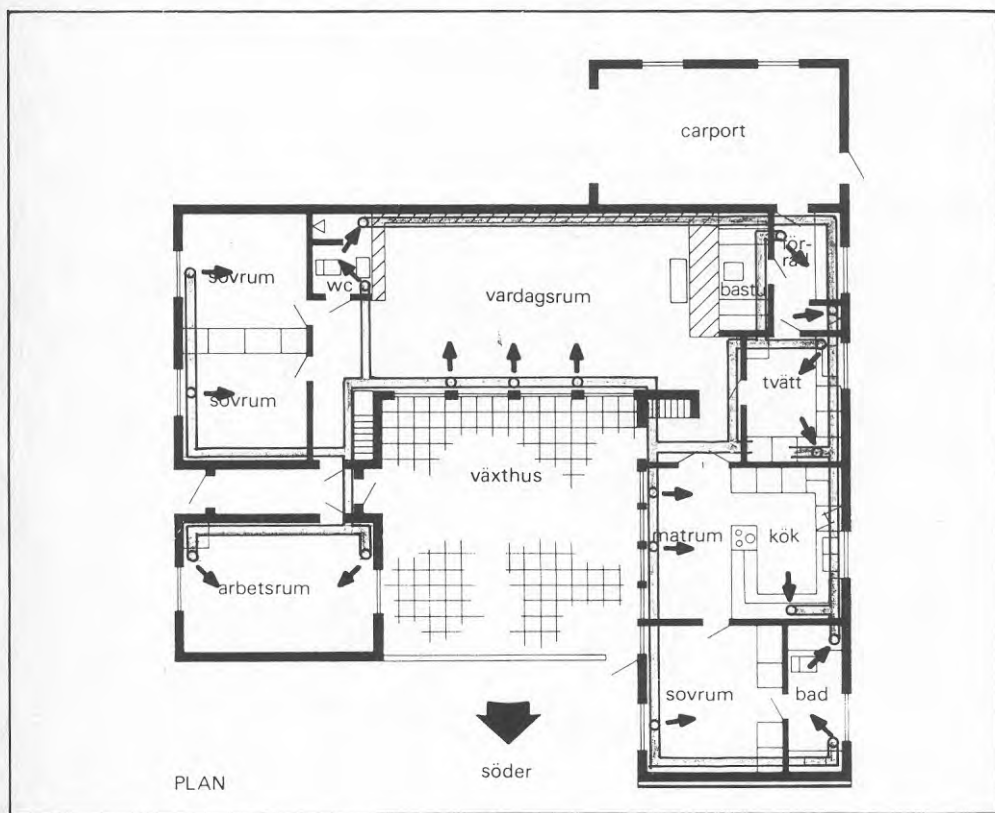


Fig 3.27 Plan över ventilationssystemet.

som mäter temperaturen i återluftskanalen. Med hjälp av termostaten kopplas eftervärmning in i fyra steg:

Steg 1 - värmelager, om dess temperatur är högre än inställt värde på termostat som mäter temperaturen i värmelagret

Steg 2 - elbatteri 2,5 kW

Steg 3 - elbatteri 5,0 kW

Steg 4 - elbatteri 7,5 kW

Cirkulationsfläktens hastighet ökar för varje värmesteg som kopplas in.

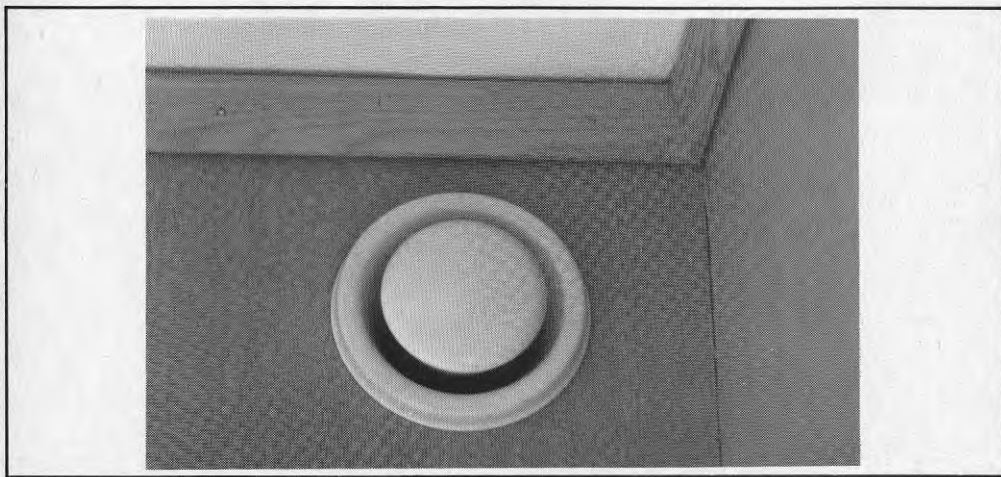


Fig 3.28 Frånluftsdon.

När luften värmts till erforderlig temperatur leds den via ett kanalsystem (spirorör) till de olika utrymmena för uppvärmning. Kanalerna är belägna i vinkeln mellan tak och vägg innanför såväl isolering som det diffusions-täta plastskiktet (se fig 3.29 och 3.30). Detta medför att några distributionsförluster ej uppstår eftersom värmeavgivningen från kanalerna kommer husets rumsluft tillgodo. Ovanför varje fönster i huset finns en tallriksventil ansluten till kanalsystemet (se fig 3.31). Via denna tallriksventil distribueras den varma luften till respektive utrymme. Tallriksventilen är placerad på sådant sätt att luftflödet är nedåtgående.





Fig 3.29 Placering av tilluftskanalen i vardagsrummet.



Fig 3.30 Tilluftsdon i vardagsrummet.

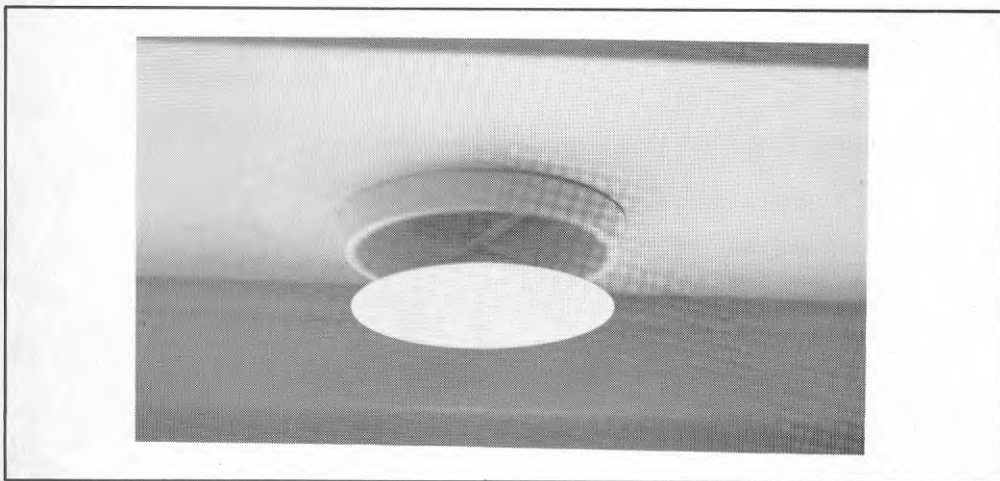


Fig 3.31 Tilluftsdon ovanför fönster.



## 3.3.2 Ventilation

Friskluften till huset tas in via två ventiler, belägna i grundmurarna mot väster respektive mot öster så långt från värmväxlaren som möjligt (se fig 3.32).

Genom att friskluftsventilerna placerats på detta sätt erhålls en förvärmning av friskluften innan den kommer till värmväxlaren. Detta sker genom överföring av markvärmén under husets kryppgrund samt genom att värme tränger ner genom golvkonstruktionen till den underliggande

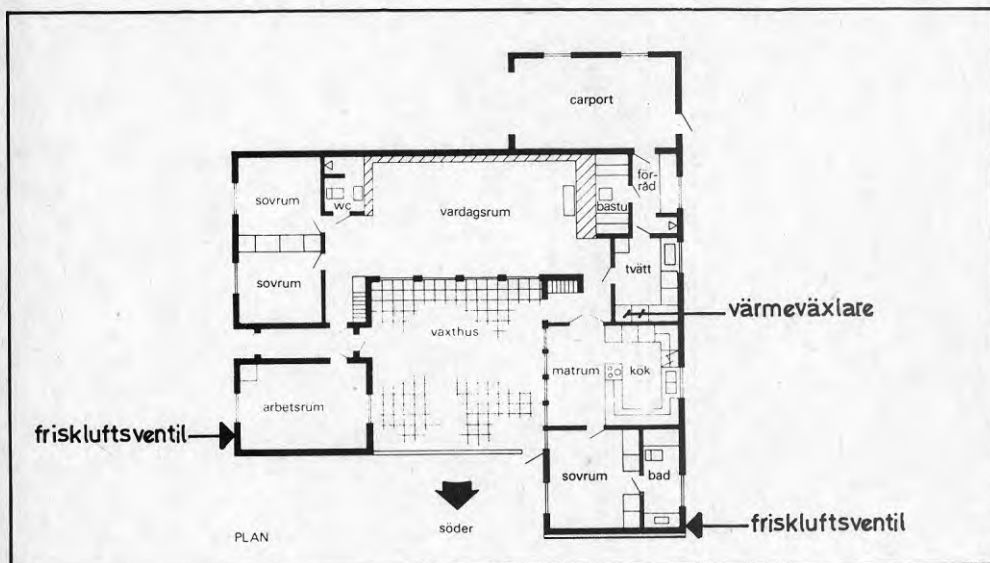


Fig 3.32 Plan med friskluftsintag.

kryppgrunden. Dessutom finns det som tidigare nämnts ingen isolering mellan värmelagret under växthuset och kryppgrunden under husets bostadsdel. Detta medför att värme överförs från värmegrunden till kryppgrundsluften (se fig 3.33).

Förutom den relaterad förvärmningen av friskluften så medför den valda lösningen även att kryppgrunden erhåller sin ventilation med hjälp av friskluften, varvid uppkomsten av röta i golvkonstruktionen förhindras.

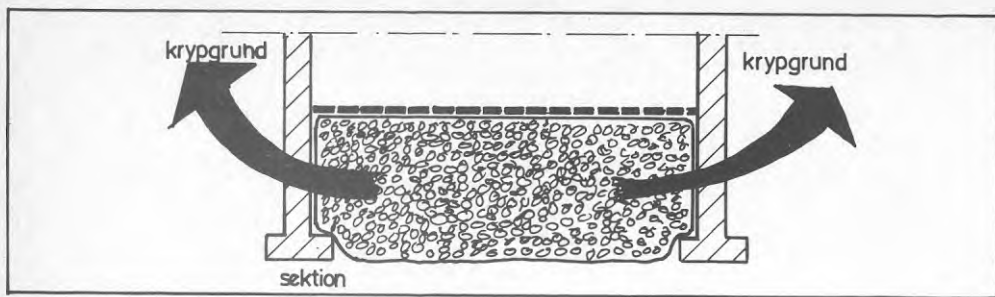


Fig 3.33 Värmeöverföring mellan värmelager och krypgrund.

Det bör i detta sammanhang poängteras att värmeväxlarens fläkt ständigt är i funktion, även om varmluftsaggregatet för rumsuppvärmningen inte är verksam. Detta medför att man har en ständig friskluftstillförsel via krypgrunden, med åtföljande ventilation, såväl av krypgrunden som av huset i övrigt.

### 3.3.3 Tappvarmvattenuppvärmning

Det normala förfaringssättet vid inkoppling av tappvatten för småhus är att man från kommunens vattenledningsnät via en servisledning leder in vattnet till huset för förbrukning. Inne i huset sker en delning mellan det vatten som skall användas som kallvatten och det vatten som skall värmas upp till ca  $45^{\circ}\text{C}$  för att användas som tappvarmvatten. Detta innebär att vattnet som skall användas som tappvarmvatten måste värmas upp ca  $40^{\circ}\text{C}$  eftersom vattnet, då det kommer från kommunens ledningsnät håller ca  $5-7^{\circ}\text{C}$  som en följd av att marken som omger rörledningarna och servisledningarna håller denna temperatur.

I experimenthuset används solenergin indirekt till förvärmning av tappvarmvattnet. I växthusets värmelager finns nämligen en förvärmare till tappvarmvattnet. Denna förvärmare består av en 300 liters kopparbehållare med ytterhölje, där den varma luften som alstrats i växthuset passerar mellan kopparbehållaren och ytterhöljet varvid värme avges till vattnet i kopparbehållaren genom ledning (se fig 3.34). Sedan luften passerat förvärmaren

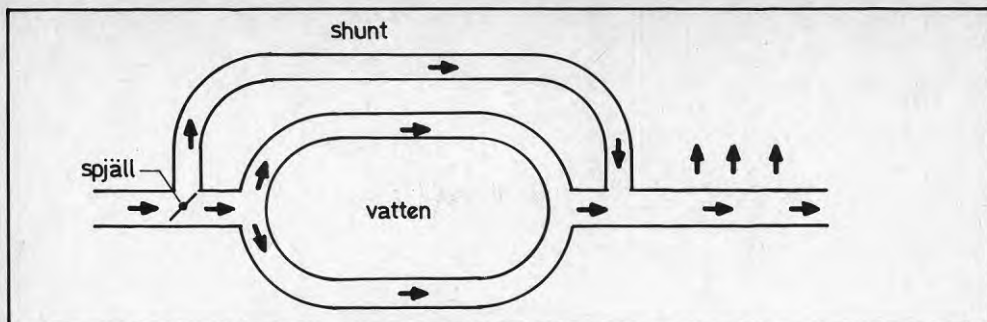


Fig 3.34 Principlösning för tappvarmvattenförvärmaren.

fortsätter den ut i värmegrundens stenmaterial. Genom detta förfaringssätt håller vattnet i förvärmaren minst samma temperatur som värmelagret.

Förvärmaren är kopplad till en ordinär 300 l elektrisk varmvattenberedare placerad i tvättstugan, där vattnet erhåller sin slutliga temperatur på 45 °C.

På dusch- och badkarskranar finns termostater som reglerar vattentemperaturen.

Kallvattenbehandlingen sker på sedvanligt sätt för småhus.

I syfte att nedbringa värmeförlusterna under tappvarmvattnets förflyttning från varmvattenberedaren i tvättstugan till respektive tappställe har ledningarna separerats på så sätt att tappvarmvattenledningen är dragen längst upp i isoleringen i bottenbjälklaget, genom masonitelivet i masonitebalken, medan kallvattenledningen är placerad under isoleringen närmast krypprunden (se fig 3.35). Vattenledningen mellan förvärmaren i värmelagret och tappvarmvattenuppvärmaren i tvättstugan är dessutom isolerad.

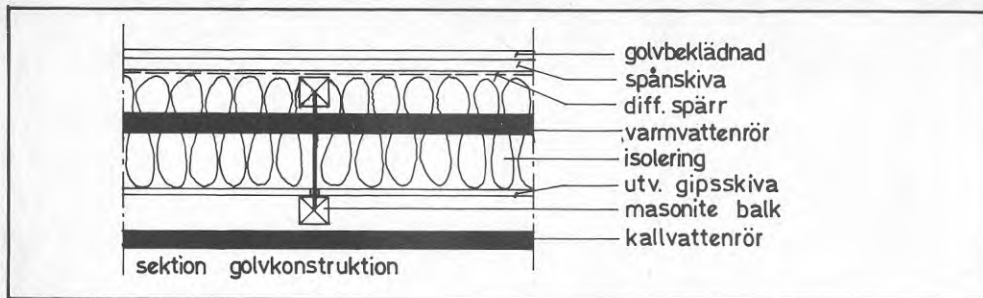


Fig 3.35 Vattenledningarnas placering i golvet.

### 3.3.4 Vedspisar

Det finns två vedeldade spisar i huset. Anledningen till detta är att de kan tjänstgöra som värmekällor för rumsuppvärmning om eltillförseln av någon anledning skulle utebli, eller om man ytterligare önskar minska på elkonsumtionen för rumsuppvärmning. Förutom nämnda orsaker så medför spisarna även ett tillskott ur trivselsynpunkt. Spisarna är placerade i vardagsrummet respektive i köket.

Spisen i vardagsrummet är inmurad i väggen mot öster och öppningen täcks av två luckor av säkerhetsglas. Luckorna är tätade av den anledningen att luften som använts för vedens förbränning leds in till förbränningsrummet via en separat kanal direkt utifrån. Anledningen till detta utförande är att då man eldar i en öppen spis åtgår mellan 200 och 400 m<sup>3</sup> luft per timme. Detta innebär att man på en till två timmar tömmer ett hus på 20 °C varm rumsluft om man eldar i en spis som tar sin förbränningsluft inifrån huset. Det är därför utomordentligt viktigt att separera luften som används för förbränning från rumsluften.

Som framgår av figur 3.36 är spisen i vardagsrummet integrerad med en lagringsfunktion belägen i vardagsrummets norrvägg. Den luft som skall värmas upp leds in under förbränningsrummet och in i en värmeväxlare speciellt konstruerad för detta ändamål. Denna värmeväxlare är placerad i bakre delen av förbränningsrummet. Detta medför,



Fig 3.36 Vedspisen med lagringsfunktion i vardagsrummet.

att luften som används vid förbränning är separerad från den luft som används för rumsuppvärmning. Från värmväxlaren leds den uppvärmda luften vidare in till lagring i norrväggen, som består av en dubbel tegelvägg med mellanliggande luftspalt. Denna konstruktion är placerad innanför den isolerande och bärande Masonitekonstruktionen mot norr. Tegelstenarna i den dubbla tegelväggen är murade med öppna fogar (se fig 3.37). Detta för att åstadkomma en så stor värmeupptagande yta som möjligt.

Som framgår av interiörbilden finns det förbindelser mellan vardagsrummet och luftspalten i norrväggen. Dessa förbindelser (tegelrör) är placerade så långt från spisen som möjligt, vid innertaket respektive vid golvet.

Spisen i köket (se fig 3.38) är även den försedd med luftintag direkt utifrån via ett spirorör. Normalt tas förbränningsluften inifrån huset på den valda spistypen. Därför byggdes den om så att luften utifrån förs in direkt till förbränningsrummet. Spisen är även lämpad för matlagning.



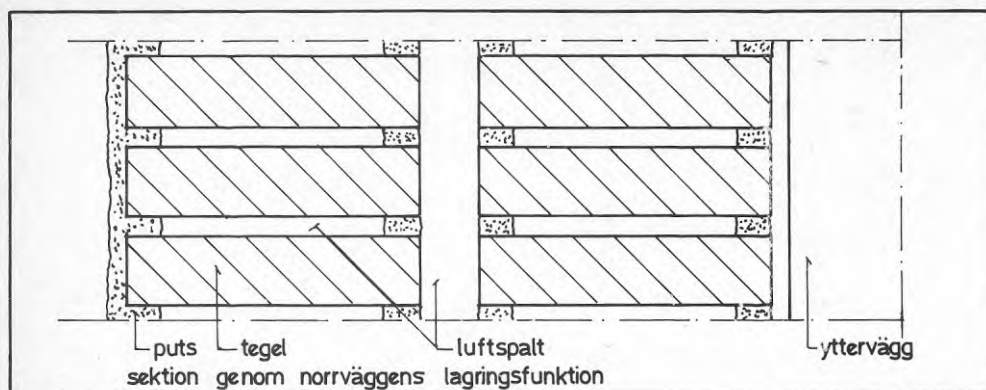


Fig 3.37



Fig 3.38 Vedspisen i köket.

Vedspisen i köket är kringbyggd med tegel åt tre håll. Detta för att minska på olycksrisken p g a vidrörning av plåten som omger förbränningsrummet. Teglet medför dessutom att en viss energilagring sker i detta material då man eldar i spisen. Det frilagda rökröret mellan överkanten av spisen och undersidan av taket medför dessutom att värme direkt avges till rumsluften i köket då man eldar i spisen.



## 4 MÄTPROGRAM

### 4.1 Inledning

För projektering och uppbyggnad av mätsystemet samt för mättnings- och utvärderingsarbetet har Åke Blomsterberg vid statens provningsanstalt (SP) ansvarat.

Mätprogrammet grundar sig på mätprogram som har utvecklats vid Solar Energy Research Institute i USA. Huset har varit obebott under några veckor före och efter de kontinuerliga långtidsmätningarna. En person har bott i huset under långtidsmätningarna. Ingen vedspis har använts. Solfångaren och förvärmaren för varmvatten har varit bortkopplad. De rörliga isoleringarna har inte varit monterade.

De obebodda perioderna har utnyttjats för engångs och speciella mätningar där alla system har noggrannt studerats för att säkerställa att de fungerar på avsett sätt:

- täthetsprovning av byggnadsstomme
- täthetsprovning av ventilationskanaler
- luftomsättningsmätning med spårgas
- k-värdesmätning
- termografering
- luftflödesmätningar i kanaler
- bestämning av värmväxlarens temperaturverkningsgrad etc.

Mätsystemet för de kontinuerliga långtidsmätningarna är till funktionen av liknande typ som det som existerar vid mätcentralen vid LTH. En datalogger utplacerad i experimenthuset i Växjö (se fig 4.1) har under mätperioden varit ansluten till en central dator vid Statens provningsanstalt i Borås. Detta har skett medelst en telefonledning. Med anledning av det relativt korta avståndet i sådana här sammanhang, ca 180 km, kunde telefonledningen vara fast uppkopplad.



Fig 4.1 Mätutrustningen i experimenthuset.

Den datoranläggning som installerades 1977 vid Statens provningsanstalts laboratorium för byggnadsfysik och VVS-teknik har byggts ut både vad gäller datalagringskapacitet och vad gäller bearbetningsmöjligheter för att motsvara de krav som ställs på en modern dataanläggning.

Den kortvariga datalagringen, några veckor, för övervakning av projektet skedde med hjälp av skivminnet till en kapacitet av två månaders lagring av data. För långtidslagring nyttjades en magnetbandstation och en skivstation. Vid utvärderingen användes skivstationen. Lagringen på magnetband är en ren säkerhetsåtgärd. Vid mätningarna har systemens funktioner både vad gäller enskilda komponenter och helheten kunnat studeras. Ett fast mätprogram lagrar temperaturer, elförbrukningar, värmemängder, drifttider m m.

## 4.2 Målsättning

Målsättningen med mätningarna har varit att analysera experimenthusets egenskaper vid olika driftssituationer och därigenom göra en bedömning av systemets energibesparing samt eventuella behov av förändringar och förbättringar.

Utgående från erhållen kunskap om energiflödena i experimenthuset, kan de olika delsystemen utvärderas med avseende på funktion, energibesparing och ekonomi.

## 4.3 Mätutrustning

### 4.3.1 Allmänt

För att erhålla en bild av energiflödena inom experimenthuset (se fig 4.2), vilket är beroende på flera olika faktorerers samverkan, har relativt omfattande mätningar utförts under ca 1,5 års tid (aug 81 - dec 82). Mätningarna har dels bestått av en kontinuerlig mätvärdes-

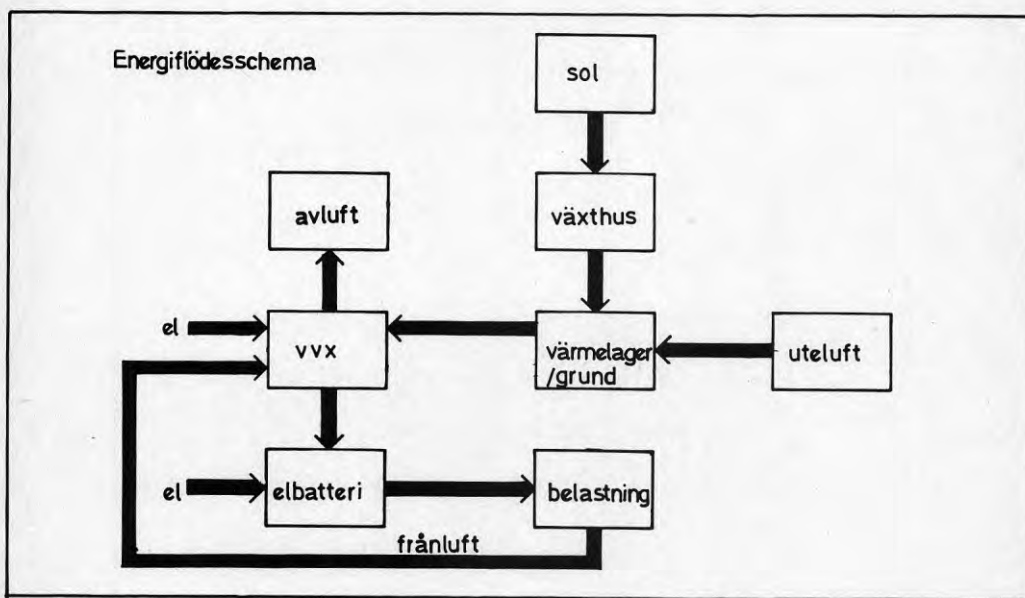


Fig 4.2 Förenklat energiflödesschema.

insamling och dels av kortare delstudier av komponenter i byggnaden m m. För de kontinuerliga mätningarna har installerats ca 60 mätgivare för registrering av temperatur, förbrukad elenergi, solstrålning, uteklimat etc.

Värmeanläggningens levererade energi och de enskilda komponenternas bidrag har bestämts genom mätningar på ett flertal ställen i systemet (se ex i fig 4.3). Dessutom har drifttider, tillförd energi till elbatteri, fläktar m m registrerats.

#### 4.3.2 Sammanställning av mätgivare

Alla mätgivare, som använts i de kontinuerliga långtidsmätningarna, redovisas i nedanstående tabell. För varje givare anges:

- kanalnummer
- beskrivning av mätt parameter
- placering av givare
- typ av givare
- insamlingsperiod
- uppskattad mätonoggrannhet

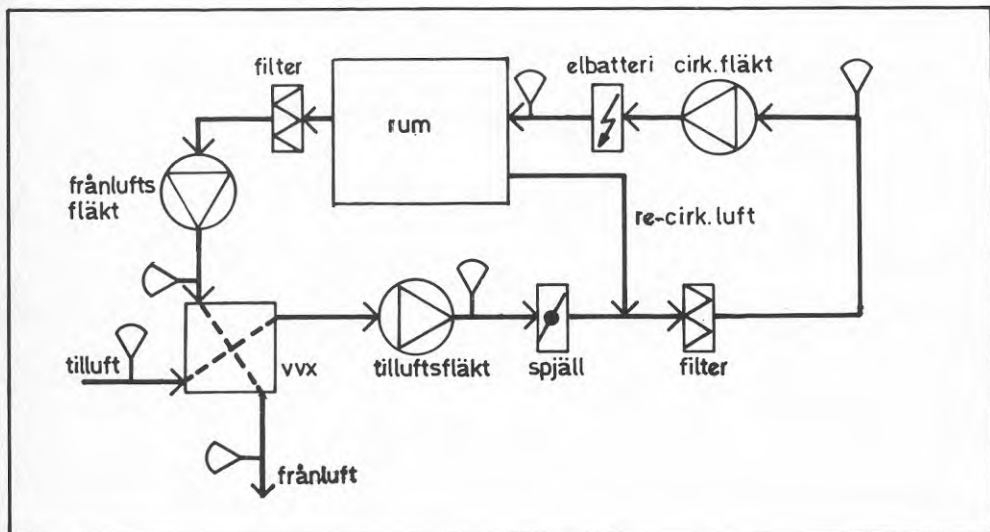


Fig 4.3

Temperaturmätpunkter i varmluftsaggregatet.

Tabell 4.1

Sammanställning av mätgivare

Kanal	Beskrivning	Placering	Typ	Insamlingsperiod	Uppskattad mät- onoggrannhet
<u>Klimat</u>					
A57	Solinstrålning på det horisontella planet, W/m <sup>2</sup>	Taket	Schenk modell Star	5 min	±5 %
A56	Solinstrålning på söderfasaden, W/m <sup>2</sup>	Söderfasaden vid växthus	Schenk modell Star	5 min	±5 %
A54	Vindhastighet, m/s	Vindmast på 10 m	SMHI	5 min	
A55	Vindriktning	Vindmast på 10 m	SMHI	5 min	
A45	Luftfuktighet, %	Väderbur	Vaisala HMP 14u	5 min	±5 %
A21	Lufttemperatur, °C	Väderbur	Rousemount Pt 100	15 min	±0,3 °C vid 0 °C
<u>Växthus</u>					
A31, A32, A33	Lufttemperatur, °C	1,2 m, 2,8 m, 2,8 m i växthus	Pentronic termoelement koppar-kon- stantan	15 min	±0,5 °C
A34	Lufttemperatur, °C	Kanal från värme- lager till bostad	Pentronic termoelement koppar-kon- stantan	5 min	±0,5 °C
A35	Lufttemperatur, °C	Kanal från växt- hus till värme- lager	Pentronic termoelement koppar-kon- stantan	5 min	±0,5 °C



Kanal	Beskrivning	Placering	Typ	Insamlingsperiod	Uppskattad mät- onoggrannhet
A53	Lufttemperatur, °C	Kanal från värme- lager till växt- hus	Pentronic termoelement koppar-kon- stantan	5 min	±0,5 °C
A44	Luftfuktighet, %	Vid tak	Vaisala HMP 23u	15 min	±5 %
A41	Luftfuktighet, %	Kanal från växt- hus till värme- lager	Vaisala HMP 23 u	5 min	±5 %
A42	Luftfuktighet, %	Kanal från värme- lager till växt- hus	Vaisala HMP 23 u	5 min	±5 %
D5	Drifttid, fläkt lagrar värme i värmelager, h			Kontinuerlig	±0,01 h
<u>Värmelager</u>					
A1, A3, A5, A7, A17, A9, A11, A13, A15	Temperatur, °C	25 cm djup	Pentronic Pt 100	15 min	±0,3 °C vid 0 °C
A2, A4, A6, A8, A19, A10, A12, A16	Temperatur, °C	75 cm djup	Pentronic Pt 100	15 min	±0,3 °C vid 0 °C
A40	Luftfuktighet, %	0,5 m	Nova-Sina	5 min	±5 %
<u>Bostad</u>					
A51	Lufttemperatur, °C	Arbetsrum, 1,2 m	Pentronic termoelement koppar-kon- stantan	15 min	±0,5 °C

Kanal	Beskrivning	Placering	Typ	Insamlingsperiod	Uppskattad mät- onoggrannhet
A24	Lufttemperatur, °C	Litet sovrum 1,2 m	Pentronic termoelement koppar-kon- stantan	15 min	±0,5 °C
A25	Lufttemperatur, °C	Vardagsrum 1,2 m	- " -	15 min	±0,5 °C
A28, A29 A30	Lufttemperatur, °C	Vardagsrum, 0,4 m, 1,2 m, 2,0 m	- " -	15 min	±0,5 °C
A26	Lufttemperatur, °C	Kök, 1,2 m	- " -	15 min	±0,5 °C
A27	Lufttemperatur, °C	Stort sovrum, 1,2 m	- " -	15 min	±0,5 °C
A52	Lufttemperatur, °C	Kryppgrund vid tilluft	- " -	15 min	±0,5 °C
A36	Lufttemperatur, °C	Tilluft före VVX	- " -	5 min	±0,5 °C
A37	Lufttemperatur, °C	Tilluft efter VVX	- " -	5 min	±0,5 °C
A48	Lufttemperatur, °C	Tilluft före elbatteri	- " -	5 min	±0,5 °C
A49	Lufttemperatur, °C	Tilluft efter elbatteri	- " -	5 min	±0,5 °C
A38	Lufttemperatur, °C	Frånluft före VVX	- " -	5 min	±0,5 °C
A39	Lufttemperatur, °C	Frånluft efter VVX	- " -	5 min	±0,5 °C
A51	Lufttemperatur, °C	Apparat och mät- skåp	- " -	15 min	±0,5 °C
A43	Luftfuktighet, %	Tak, vardagsrum	Vaisala HMP 23u	15 min	±5 %

Kanal	Beskrivning	Placering	Typ	Insamlingsperiod	Uppsattad mät- onoggrannhet
D0	Drifftid, värme finns att tillgå från värmelager, h			Kontinuerlig	±0,01 h
D1	Drifftid, värme har hämtats från värmelager, h			Kontinuerlig	±0,01 h
D2	Drifftid, cirkulationsfläkt steg 2, elbatteri steg 1, h			Kontinuerlig	±0,01 h
D3	Drifftid, cirkulationsfläkt steg 3, elbatteri steg 2, h			Kontinuerlig	±0,01 h
D4	Drifftid, cirkulationsfläkt steg 4, elbatteri steg 3, h			Kontinuerlig	±0,01 h
C0	Elmätare, elbatteri, kWh	Apparatrum	ERMI VKN 22 (en puls/kWh)	Kontinuerlig	±2 %
C1	Elmätare, varmvattenberedare, kWh	Apparatrum	- " -	Kontinuerlig	±2 %
C2	Elmätare, total el, kWh	Skåp vid garage	ERMI (en puls/kWh)	Kontinuerlig	±2 %

#### 4.4 Datainsamling

##### 4.4.1 Allmänt

Datainsamlingen utförs av en delvis specialbyggd data-logger. Loggern har en mikrobaserad styrdel som också innehåller modemingång och digitala ingångar. Till styrdelen är kopplad en logger för spänningsmätning och mätning på resistanstermometrar. De digitala ingångarna utgörs av pulsräknare, som mäter på energi- och flödesmätare samt drifttidsmätare som registrerar inkopplings-tiden hos olika komponenter.

Mätningarna styrs från laboratoriets mätdator som begär mätning av analoga värden och överföring av insamlade digitala. Alla mätvärden lagras som timvärden. Varje nytt dygn startas med att en dygnsfil med enbart nollor skapas. Om kontakt med experimenthuset ej uppnås vid en enskild avläsning så tolkas mätvärdena som noll. När mätdatorn sedan beräknar timmedelvärden så räknas endast medelvärdena på de mätvärden som inte är noll. Information om enstaka misslyckade avläsningar finns lagrade i en felfil. Om alla avläsningar under en timme misslyckas kommer alltså dygnsfilen att innehålla nollor för timmen i fråga. Om mätinsamlingen av någon anledning ej fungerar så meddelas detta på huvudterminalen vid mätdatorn. Meddelandet lagras även i felfilen. Mätdata finns tillgängliga under ca 1 månad på fast skivminne varefter de överförs på magnetband och löst skivminne. För utvärdering finns tillgängligt grafisk utrustning och ett interaktivt standardpaket.

Mätvärdena kontrolleras varje vecka genom att plotta veckoprofiler av de viktigaste mätkanalerna, varefter en rimlighetsbedömning göres.

##### 4.4.2 Analog mätning

Det analoga mätsystemet utgörs av en Solartron 3510 datalogger. Denna har en känslighet om 1 mV och en noggrannhet som överstiger de använda givarnas med god marginal.

Instrålad solenergi mäts direkt från en pyranometer. Mätningarna görs med 5 minuters mellanrum. Dessa värden medelvärdesbildas och lagras liksom alla andra mätvärden som timvärden.

Temperaturer mäts med resistanstermometrar av typ Pt 100 och med termoelement av typ koppar-konstantan. I allmänhet har inte speciella krav ställts utan standardgivare används. Mätning sker med t ex 15 minuters intervall. För givarna används en gemensam omräkningsfunktion till temperatur.

Solartronsystemet använder en speciell metod för resistansmätning (se fig 4.4). Två strömgeneratorer används som skickar en programmerbar ström genom givarna. Detta sker endast under mättillfället. En hög ström, 10 mA, kan då utan olägenhet användas eftersom inkopplingstiden är kort, ca 100 ms. Skillnadsspänningen över motstånden registreras, och eftersom strömmarna är lika kommer skillnaden att bero på olika resistans. Motståndet  $R_R$  är ett internt referensmotstånd om 100 ohm.  $R_X$  representerar en av de olika resistanstermometrarna.

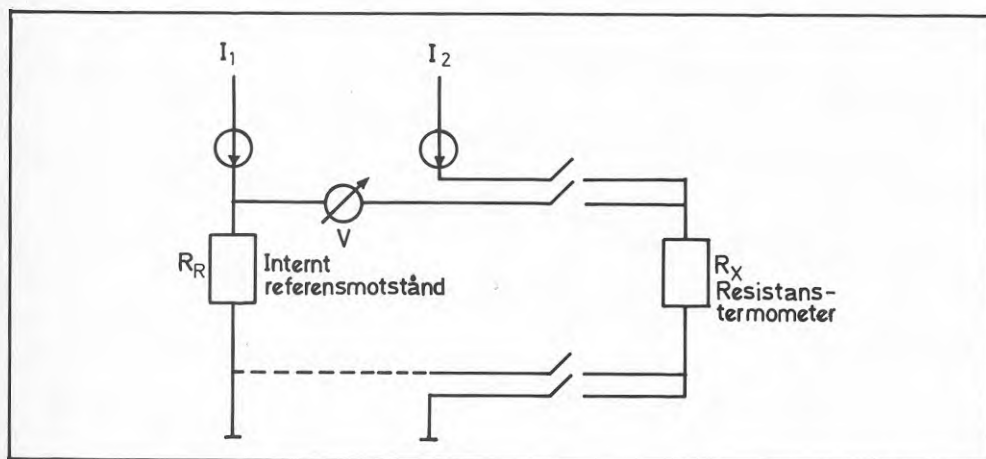


Fig 4.4

Solartronsystemets resistansmätningssätt.



Stor noggrannhet kan nås genom att först koppla in ett precisionsmotstånd som  $R_x$ . Det uppmätta värdet används för att kalibrera strömgeneratorerna varefter omedelbart följer mätning på resistanstermometrarna.

#### 4.4.3 Digital registrering

Ett antal givare har pulsutgång som registreras digitalt. Pulserna lagras som antal per timme. Elenergi mäts på detta sätt (se fig 4.5).

För mätning av total elenergiförbrukning i huset användes Energiverkets elmätare. Mätarna försågs med  $\gamma$ -kontakt för fjärravläsning. Elbatteriets och varmvattenberedarens elförbrukning uppmättes med separata elmätare. Elenergiförbrukningen registrerades med 1 kWh upplösning.

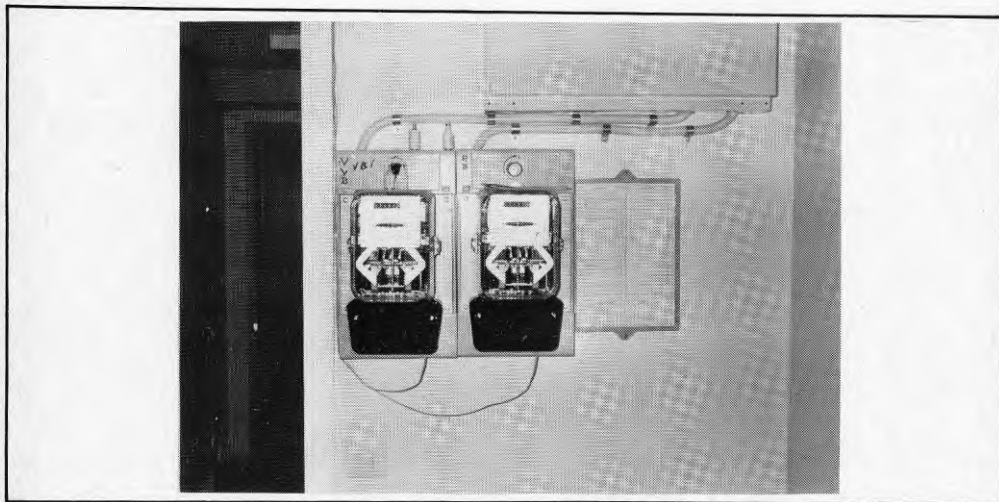


Fig 4.5 Elmätare för varmvattenberedare och elbatteri.

Drifttiden registreras som den tid vissa komponenter är i drift per timme. Tiden mäts med 0,01 h upplösning. Resultaten används mest för driftanalys och kontroll, men kan också användas för registrering i allmänhet på extra kontakter på de reläer som är avsedda att koppla in utrustningen.

#### 4.4.4 Magnetbandsformat

Alla mätdata finns lagrade på 600 foot, 800 bpi, 9-spårs magnetband och skiva.

Data är lagrade som reella tal i poster om 150 tal. Varje post motsvarar i timmar medelvärden av använda givare. För varje dygn samlas posterna i en fil. Filens första post innehåller filnamn varefter följer 24 poster med mätdata. Filnamnet innehåller månad och dag då mätdata är insamlade och en projektkod - VXJ. Dessutom är filen märkt som datafil med ändelsen - .DAT. Mätdata från 6 februari lagras alltså i filen VXJ0206.DAT.

All övrig information beträffande vilket mätvärde som hör till en speciell givare och dylikt måste tillföras utvärderingsprogrammen på annat sätt.

#### 4.4.5 Slutsatser

Överbelastning i mät datorn har skapat driftproblem med medföljande stillestånd. Speciellt telefonledningen har varit känslig för elektriska fel i samband med åskväder. Dessutom ger de digitala avläsningarna vid sällsynta tillfällen helt orimliga värden. Orsaken är troligen elektriska störningar i mikrodatorsystemet. Dessa fel är lätta att upptäcka eftersom de avlästa värdena i dessa fall saknar all likhet med förväntade värden.

#### 4.5 Engångsmätningar

##### 4.5.1 Termografering och täthetsprovning

För att undersöka den byggnadstekniska kvaliteten bestämdes byggnadens lufttäthet med hjälp av över- resp. undertryck enligt metoden SS 02 15 51. I samband med täthetsprovningen undersöktes också isoler- och täthetsutförande med hjälp av en värmekamera av typ AGA Thermovision 750.

#### 4.5.2 Luftomsättningsmätning

Luftomsättningsmätningar med spårgas har utförts. Mätningarna utfördes vid två tillfällen.

Metoden innebär att friskluftstillförseln till varje individuellt rum uppmättes. Mätningarna gjordes med en vid Statens provningsanstalt utvecklad automatiserad metod. Spårgas tillföres varje rum på ett sådan sätt så att en konstant spårgaskoncentration upprätthålles i hela huset. Med kännedom om tillförd spårgasmängd och verklig spårgaskoncentration uträknas friskluftstillflödet:

$$Q = \frac{q}{C}$$

där  $Q$  = friskluftsflöde

$q$  = spårgasflöde

$C$  = spårgaskoncentration

Dessutom kontrollerades frånluftsflödena med en Wallac termoanemometer försedd med en kalibrerad mätstos. Tilluftsflödena bestämdes med påsmetoden.

#### 4.5.3 k-värdesbestämning

Experimenthusets k-värde har bestämts på två sätt, dels med värmeflödesmätare och dels med "electric coheating". Den sistnämnda metoden tillgår enligt det följande:

Alla värmekällor och ventilationssystem stänges av. Huset lämnas obebott under mätningarna. I varje rum installeras en elektrisk värmebläkt. Hela huset uppvärms till en konstant temperatur. Elförbrukningen, innetemperaturer och utetemperaturer mätes kontinuerligt. Parallellt med ovannämnda mätes ventilationen kontinuerligt med den tidigare nämnda spårgasmetoden (4.5.2). Under mätningarna täckes fönstren för, detta för att minska inverkan av solinstrålningen. Helst bör mätningen göras under flera dygn med mulet och kallt väder. Resultatet av mätningarna blir ett total k-värde.

## 5.1 Klimatförhållanden under mätperioden

Nedan angivna klimatförhållanden för mätåret har hämtats från väderstationen vid experimenthuset. Förhållandena har i diagrammen jämförts med normalvärden 1931-1960 enligt "klimatdata för Sverige". Normalvärdena härrör sig från SMHI's väderstation i Växjö som beskrivs med orden: "något kuperad, skogsbevuxet landskap med ett flertal större och mindre sjöar. Stationen har haft flera olika lägen, sedan 1954 ligger den i ett villaområde i S delen av staden ca 500 m öster om Växjö-sjön. Läget är något instängt p g a omgivande bebyggelse".

Solinstrålningen på det horisontella planet och på söderfasaden finns redovisad i fig 5.1. Dessvärre finns ingen uppgift om vad som är normalt i Växjö. En jämförelse har istället gjorts med normalåret 1971 för Stockholm. Solinstrålningen är större (ca 20 %) i Växjö än i Stockholm under uppvärmningssäsongen (se fig 5.2).

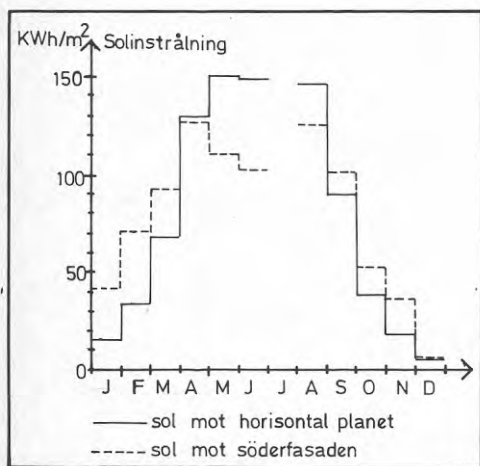


Fig 5.1

Solinstrålning uppmätt vid experimenthuset.

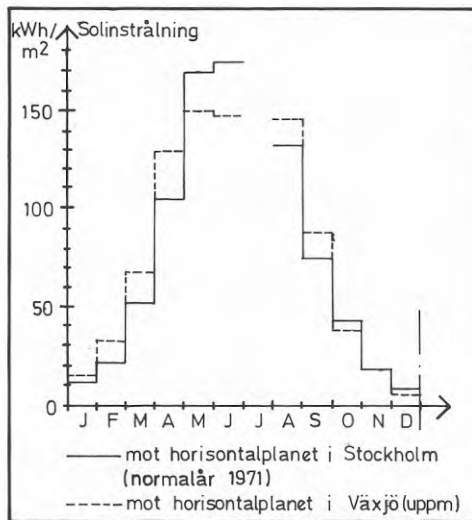


Fig 5.2

Solinstrålning i Stockholm och Växjö.

Medeltemperaturen under mätåret var något högre ( $0,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) än normalt. Mätåret började avsevärt kallare än normalt, men slutade sedan varmare än normalt. Slutet av sommaren och början av hösten var varm (se fig 5.3).

Nederbörden under mätåret var något lägre än normalt (ca 40 mm). Mätåret började torrt, för att sedan övergå till större nederbörd än normalt i mars. Juli var en mycket torr månad. Mätåret slutade med en månad med stor nederbörd (se fig 5.4).

Antal dagar med snö på marken var mindre än normalt. Snödjupet, under den tid som det fanns snö på marken, var dock mycket större än normalt (se fig 5.5).

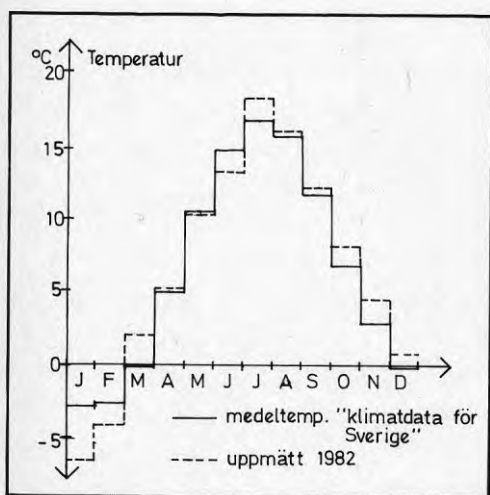


Fig 5.3 Utomhustemperatur i Växjö.

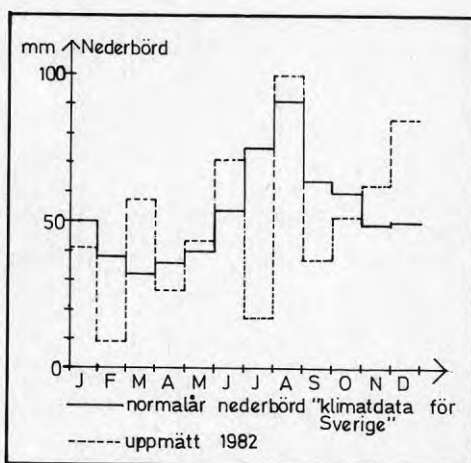


Fig 5.4 Nederbörd i Växjö.

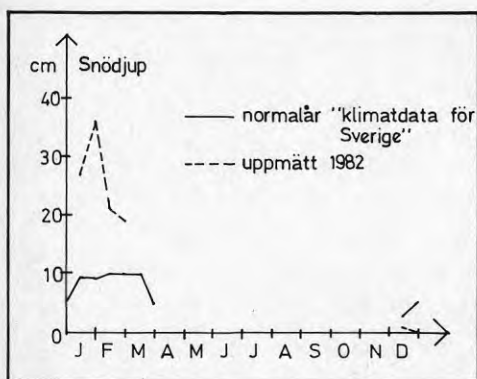


Fig 5.5 Snödjup i Växjö.



## 5.2 Periodvis redovisning av systemet

- Augusti 1981 Mätinsamlingssystemet för de kontinuerliga långtidsmätningarna startades.
- September 1981 Mätinsamlingssystemet provades. Uppvärmningssystemet provkördes och injusterades.
- Oktober 1981 En första täthetsmätning av byggnadsskalet gjordes. Huset var alltför otätt (se kap 5.4.1). Huset tätades. Luftflöden i ventilationskanalerna kontrollmättes (se kap 5.4.3). Tilluftsflödet var större än frånluftsflödet. Obalansen visade sig i en dålig temperaturverkningsgrad hos värmväxlaren. Frånluftsflödet i duschrummet (WC) var för lågt. Flödena justerades. Fläkten för lagring av värme i värmelagret gick kontinuerligt. Orsaken var felkoppling som åtgärdades.
- November 1981 Ytterligare täthetsmätningar gjordes. Huset termograferades. Ytterligare tätningar gjordes. Huset blev tätare men ej tillräckligt tätt (se kap 5.4.1). Luftflödena uppmättes och befanns stämma bättre. Systemet var i balans, men totalflödena var något för låga. Ett spjäll hade monterats in i tilluftskanalen. Ny starkare fläkt monterades i värmelagret.
- December 1981 En kanalfläkt monterades i frånluftskanalen för att höja totalflödet och flödet från duschrummet (WC). Luftflödena uppmättes och kunde godkännas. Frånluftskanalen från duschrummet (WC) täthetsprovades och visade sig vara tillräckligt tät. Ytterligare en täthetsprovning gjordes av byggnadsstommen. Tätheten var alltför o-

tillfredställande. I slutet av månaden upphörde mätinsamlingssystemet att fungera p g a mätatorfel.

- Januari 1982 Mätinsamlingssystemet var ur funktion fram t o m den 10. Månaden var några grader kallare än normalt. Värmelagrets temperatur varierade mellan +6 °C och +8 °C. Växthusets temperatur varierade mellan +2 °C och +20 °C. Mätvärden från åtta timmar saknas under perioden 11-31. Vid tolv enskilda avläsningar erhöles inga mätvärden.
- Februari 1982 En täthetsmätning genomfördes och gav resultatet att ytterligare tätning måste göras. En termografering visade var. En spårgasmätning av hela huset med och utan växthus utfördes (se kap 5.4.2). Medeltemperaturen för månaden var 2,2 °C lägre än vad som är normalt. Värmelagrets temperatur varierade mellan +8 °C och +13 °C. Växthusets temperatur varierade mellan +3 °C och +32 °C. Tilluften till duschrum (WC), dusch i förråd och tvätt stängdes av i början av månaden. Mätvärden från fyra timmar saknas. Vid sex enskilda tillfällen erhöles inga mätvärden.
- Mars 1982 Medeltemperaturen för månaden var 1,6 °C högre än vad som är normalt. Värmelagrets temperatur varierade mellan +9 °C och +16 °C. Växthusets temperatur varierade mellan +6 °C och +31 °C. Mätvärden från 17 timmar saknas. Vid 28 enskilda avläsningar erhöles inga mätvärden.
- April 1982 Medeltemperaturen för månaden var 0,6 °C högre än vad som är normalt. Värmelagrets temperatur varierade mellan +13 °C och +17 °C. Växthusets temperatur varierade

mellan  $+10^{\circ}\text{C}$  och  $+32^{\circ}\text{C}$ . Mätvärden för 16 timmar saknas. Vid 14 enskilda avläsningar erhöles inga mätvärden. Vid slutet av månaden kom från- och tilluft i obalans p g a att fläktarna i värmeväxlaren varvades ner medan kanalfläkten i frånluftskanalen behölls oförändrad. Temperaturverkningsgraden hos värmeväxlaren sjönk drastiskt.

Maj 1982

Medeltemperaturen för månaden var normal. Värmelagrets temperatur varierade mellan  $+12,5^{\circ}\text{C}$  och  $+18^{\circ}\text{C}$ . Växthusets temperatur varierade mellan  $+11,5^{\circ}\text{C}$  och  $+33^{\circ}\text{C}$ . Mätvärden för fem timmar saknas. Vid 28 enskilda avläsningar erhöles inga mätvärden. Den 12 var värmeväxlaren åter i balans.

Juni 1982

Medeltemperaturen för månaden var  $1^{\circ}\text{C}$  lägre än normalt. Värmelagrets temperatur varierade mellan  $+16^{\circ}\text{C}$  och  $+22^{\circ}\text{C}$ . Växthusets temperatur varierade mellan  $+13^{\circ}\text{C}$  och  $+37^{\circ}\text{C}$ . Mätvärden för två timmar saknas. Vid 41 enskilda tillfällen erhöles inga mätvärden.

Juli 1982

Större delen av månaden var varmare än vad som är normalt. Värmelagrets temperatur varierade mellan  $+15^{\circ}\text{C}$  och  $+23^{\circ}\text{C}$ . Växthusets temperatur varierade mellan  $+17^{\circ}\text{C}$  och  $+38^{\circ}\text{C}$ . Mätinsamlingssystem var ur funktion sammanlagt under 17 dagar p g a åskväder som satte telefonmodemet i experimenthuset ur funktion. Vid 10 enskilda avläsningar erhöles inga mätvärden.

Augusti 1982

Medeltemperaturen för månaden var  $1,2^{\circ}\text{C}$  högre än vad som är normalt. Värmelagrets temperatur varierade mellan  $+17,5^{\circ}\text{C}$  och

+25 °C. Växthusets temperatur varierade mellan +17 °C och +40 °C. Mätvärden för en timme saknas. Vid 13 enskilda avläsningar erhöles inga mätvärden.

September 1982 Medeltemperaturen för månaden var 0,9 °C högre än vad som är normalt. Värmelagrets temperatur varierade mellan +17 °C och +19 °C. Växthusets temperatur varierade mellan +16 °C och +33 °C. Inga timmätvärden saknas. Vid 43 enskilda avläsningar erhöles inga mätvärden.

Oktober 1982 Medeltemperaturen för månaden var 1,3 °C högre än vad som är normalt. Värmelagrets temperatur varierade mellan +13 °C och +20 °C. Växthusets temperatur varierade mellan +12 °C och +34 °C. Mätvärden för fyra timmar saknas. Vid 30 enskilda avläsningar erhöles inga mätvärden.

November 1982 Medeltemperaturen för månaden var 2,4 °C högre än vad som är normalt. Värmelagrets temperatur varierade mellan +11 °C och +15 °C. Växthusets temperatur varierade mellan +9 °C och +30 °C. Mätvärden för 1 timme saknas. Vid tre enskilda avläsningar erhöles inga mätvärden.

December 1982 Medeltemperaturen för månaden var nära den normala. Värmelagrets temperatur varierade mellan ca +9 °C och +11 °C. Växthusets temperatur varierade mellan ca +5 °C och +16 °C. Mätinsamlingssystemet upphörde att fungera den 16 och var sedan ur funktion månaden ut. Orsaken var fel i dataloggern.

Februari 1983 Dataloggern åter i funktion. En total k-värdesmätning av experimenthuset gjordes.

### 5.3 Månadsvis redovisning av mätresultat

#### 5.3.1 Insamlad solenergi

Total solinstrålning på växthusets söderfasad (22 m<sup>2</sup> glas) fördelar sig relativt jämnt under perioden februari till september. Lägst solinstrålning har december - januari. Under februari - september ligger värdena på ca 1 600 - 2 800 kWh/mån medan december - januari ligger mellan 100 - 600 kWh. Totalt under ett år har ca 21 000 kWh instrålats varav ca 2 500 kWh har utnyttjats för uppvärmning av värmelagret. Detta ger en årsverkningsgrad på 11 %. I figur 5.6 redovisas dels total solinstrålning och insamlad solenergi.

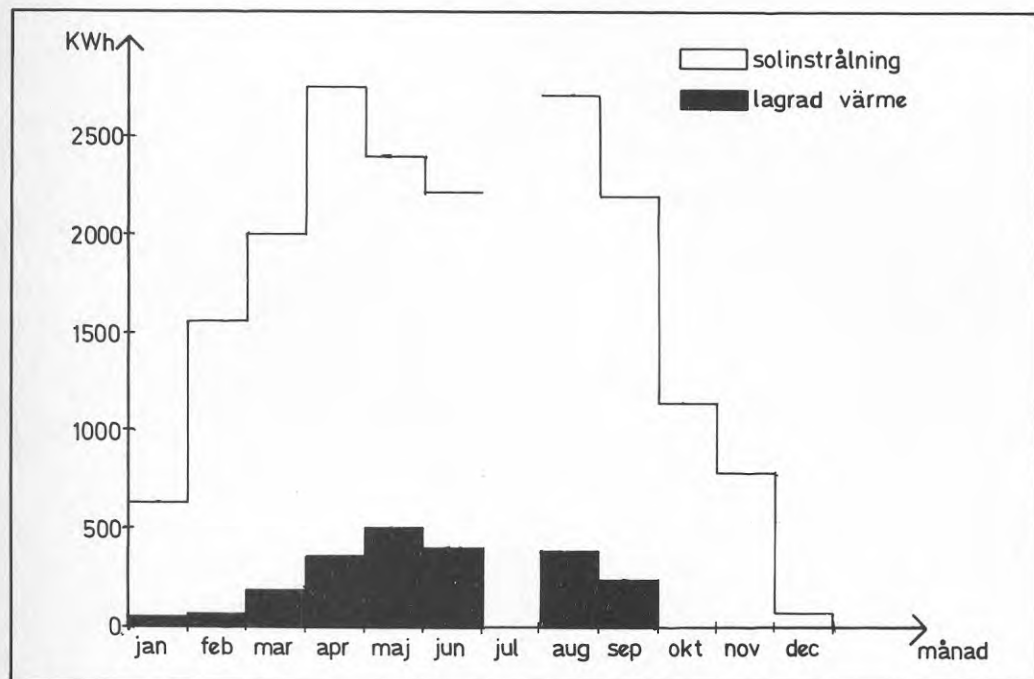


Fig 5.6 Solinstrålning per månad i kWh. Den svärtade ytan anger insamlad energi.



### 5.3.2 Energiförbrukning

All köpt energi är i form av el. Uppvärmningen sker indirekt med el dvs luftburen värme där luften värms av ett elbatteri. Tappvarmvattnet värms av en elektrisk varmvattenberedare.

Totalt under året har förbrukats 8 050 kWh för rumsuppvärmning, 2 200 kWh för tappvarmvatten, 5 150 kWh för hushållsel. I figur 5.7 redovisas månadsvärden. I rumsuppvärmningen ingår 500 kWh för cirkulationsfläkten. I hushållselen ingår även mätutrustningens energiförbrukning på 1 750 kWh, till- och frånluftsflyktarnas energiförbrukning på ca 1 000 kWh och värmelagerfläktens energiförbrukning på ca 100 kWh. Decembervärdena för rumsuppvärmningen har korrigerats eftersom rumstemperaturen var +18 °C och ej +20 °C. Någon korrektion för värmeväxlarens nedsatta verkningsgrad under maj månad har ej gjorts. Rumsuppvärmningen har endast vid enstaka tillfällen krävt full värmeeffekt (se fig 5.8).

### 5.3.3 Innetemperaturer i bostad

Månadsmedelvärdet för hela huset på innetemperaturen har varit ca +20 °C under tiden oktober - april. Under somarmånaderna har medeltemperaturen varit upp mot +25 °C (se fig 5.9).

Under tiden maj - oktober ligger den maximala temperaturen under månaden i intervallet +25 °C till +30 °C. Även under övriga delen av året kan temperaturen gå över +20 °C. Antalet timmar med övertemperaturer finns redovisade dels för hela året och dels per månad i fig 5.10 och 5.11. Övertemperaturerna kan reduceras genom vädring.

Temperaturvariationerna mellan olika rum är relativt stora vid kallt väder. En kall vecka med en utomhustemperatur kring -5 °C och nästan ingen solinstrålning ligger temperaturen i arbetsrummet tidvis kring +15 °C och i lilla sovrummet kring +17,5 °C (se figur 5.12 för vecka 0118-0124).

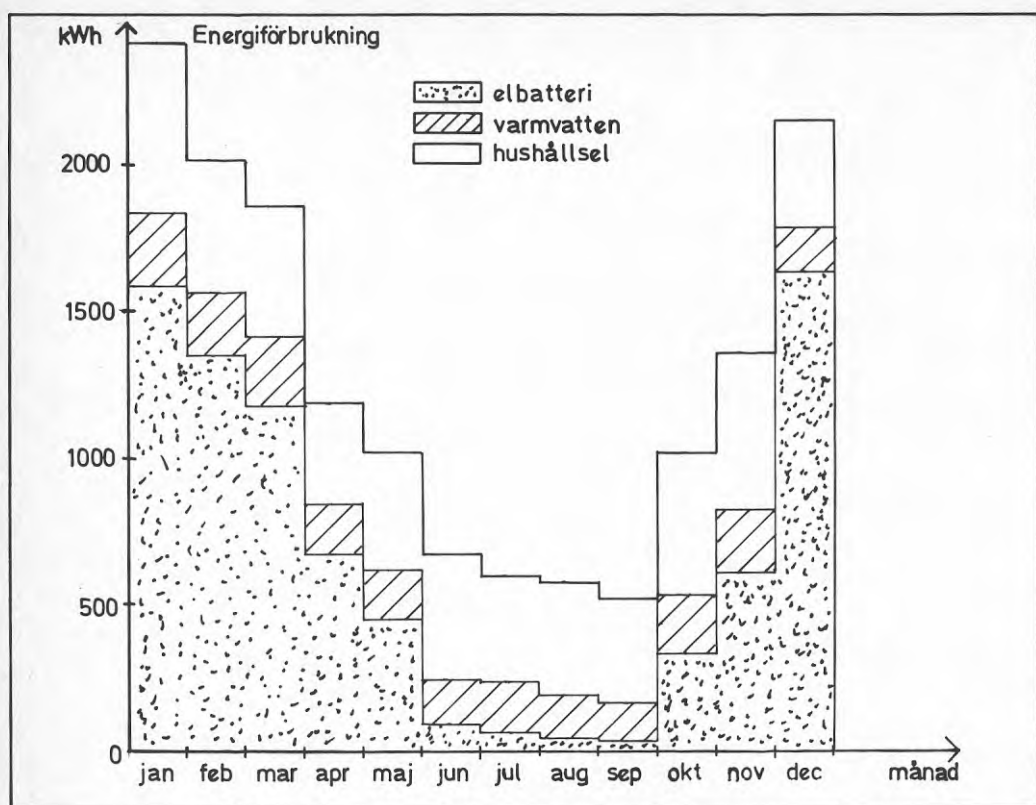


Fig 5.7

Energiförbrukning per månad i kWh. Förbrukningen är uppdelad på elenergi för uppvärmning, till varmvattenberedare och till hushåll.

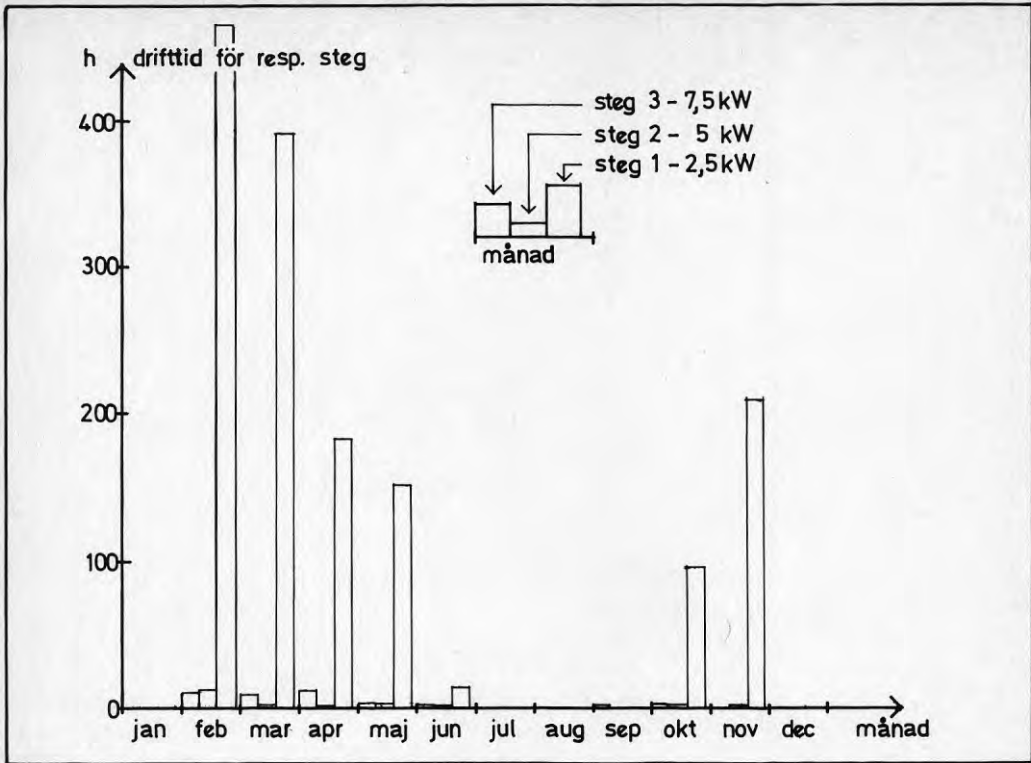


Fig 5.8

Drifttid för elbatteriet (uppvärmning) i h.

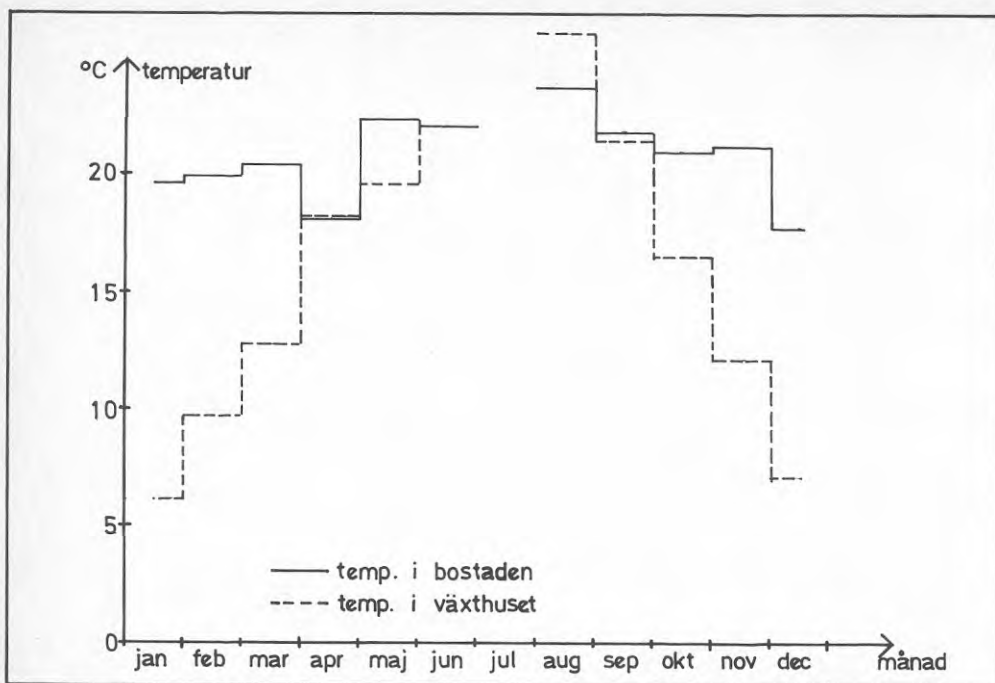


Fig 5.9 Månadsmedel temperatur i bostad och växthus, °C. För januari saknas de 10 första dagarna och för december de 15 sista dagarna.

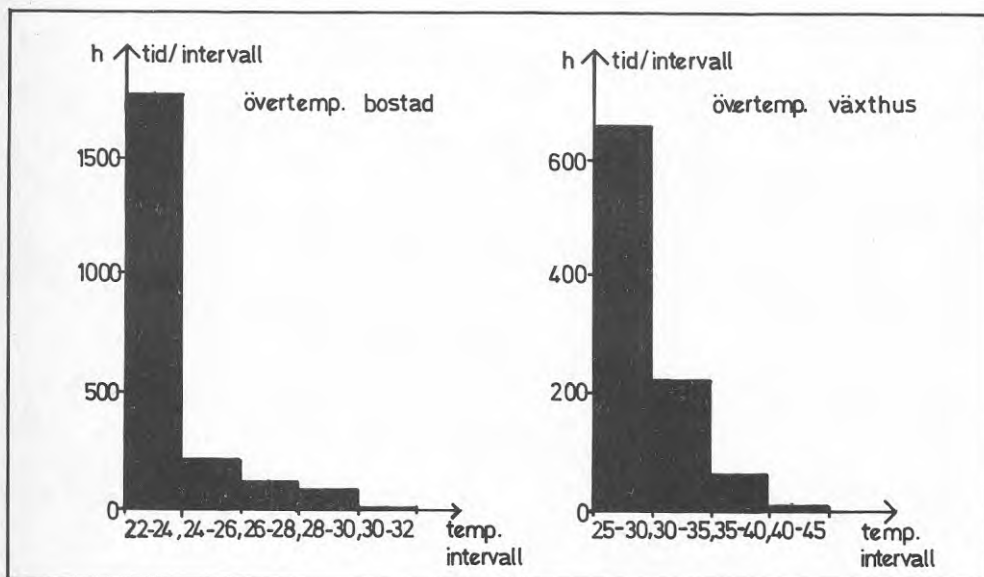


Fig 5.10 Antal timmar med övertemperaturer (°C) i bostad och växthus. Mätvärden saknas helt för juli.

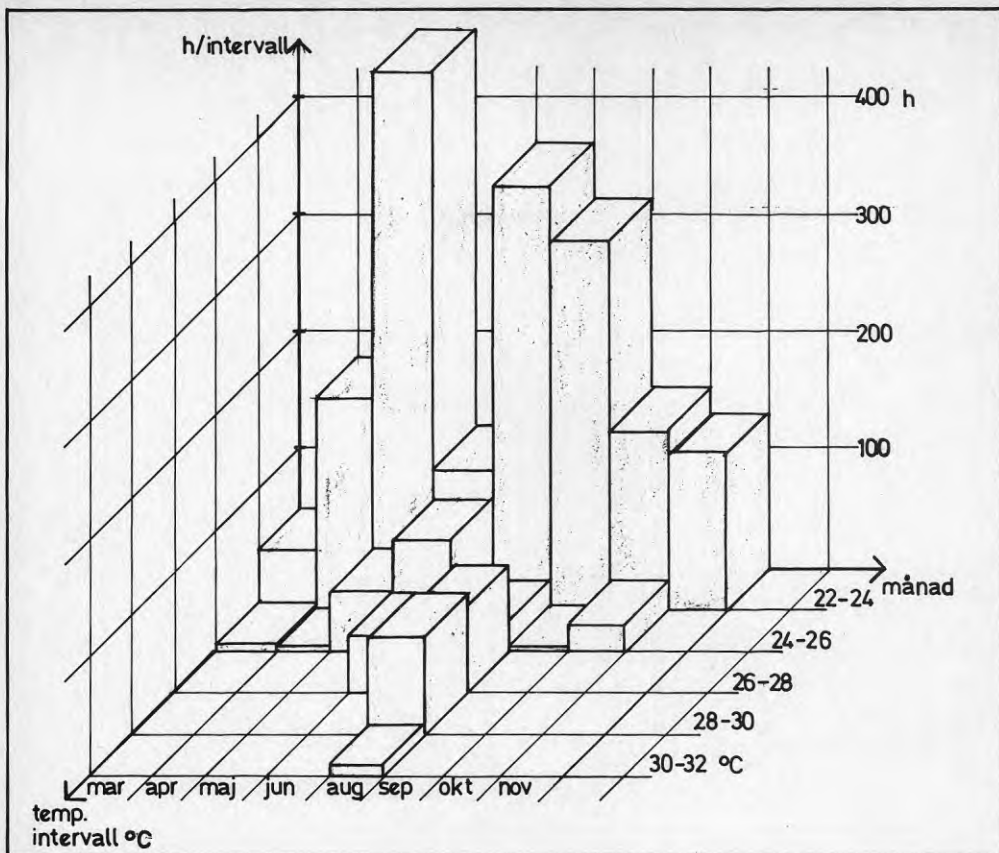


Fig 5.11 Antal timmar med övertemperaturer i bostadsdelen i °C.

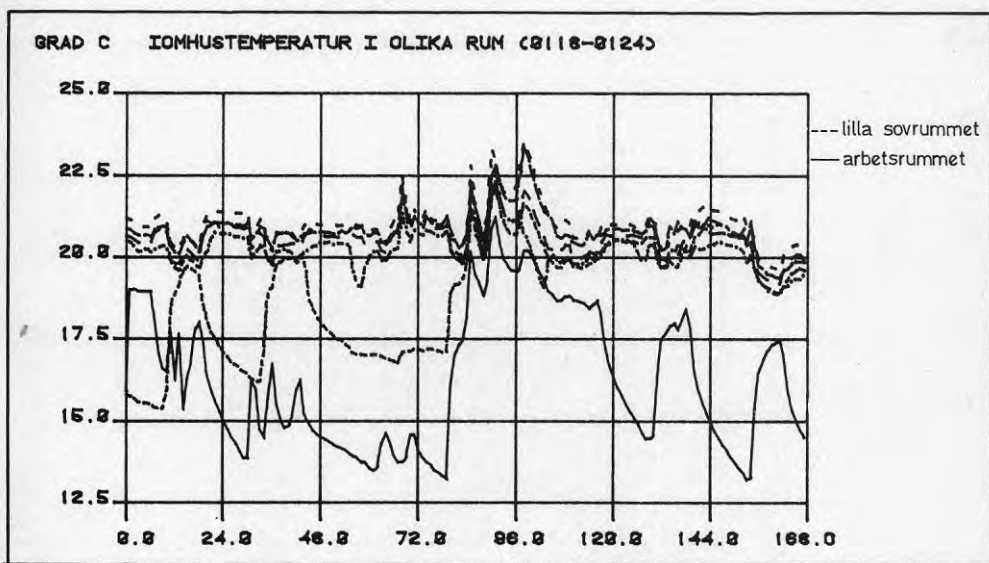


Fig 5.12

Dessa rum ligger längst bort i från elbatteriet och har alltför låga tilluftsflöden. De övriga rummen klarar av att hålla  $+20^{\circ}\text{C}$  och håller ungefär samma temperatur. Stora sovrummet kan bli mycket varmt fram emot slutet av eftermiddagen p g a solen (se figur 5.13 för vecka 0329-0404). De övriga rummen uppnår inte samma höga övertemperatur p g a att växthuset fungerar som en buffert. Stora sovrummet är ej skyddat av växthuset.

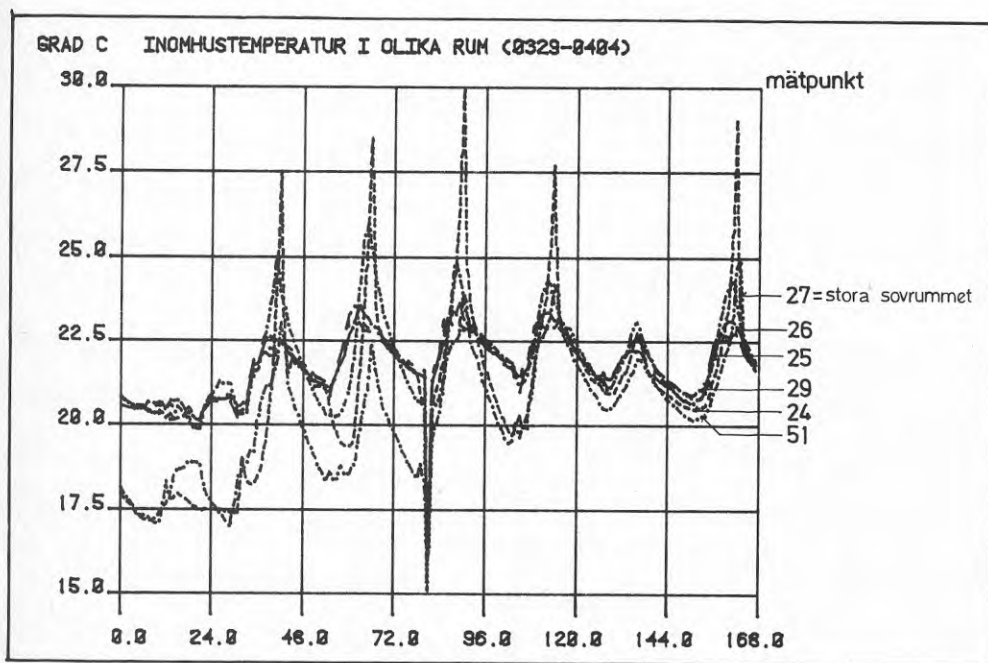


Fig 5.13

Under kalla dagar kan temperaturskillnaden i höjddled bli stor. I figur 5.14 visas temperaturen på 0,4 m, 1,2 m, 2,0 m höjd i vardagsrummet för veckan 0201-0207. Temperaturskillnaden mellan 0,4 m och 2,0 m är  $4^{\circ}\text{C}$  -  $5^{\circ}\text{C}$ . Orsaken är att den varma luften blåses in vid taket. Luft som lämnar värmeaggregatet håller normalt vid uppvärmning ca  $+45^{\circ}\text{C}$ , men vid de få tillfällen som fullt värmeeffektuttag kräves går temperaturen upp till  $+60^{\circ}\text{C}$ . Återluftsmängden torde vara för liten.



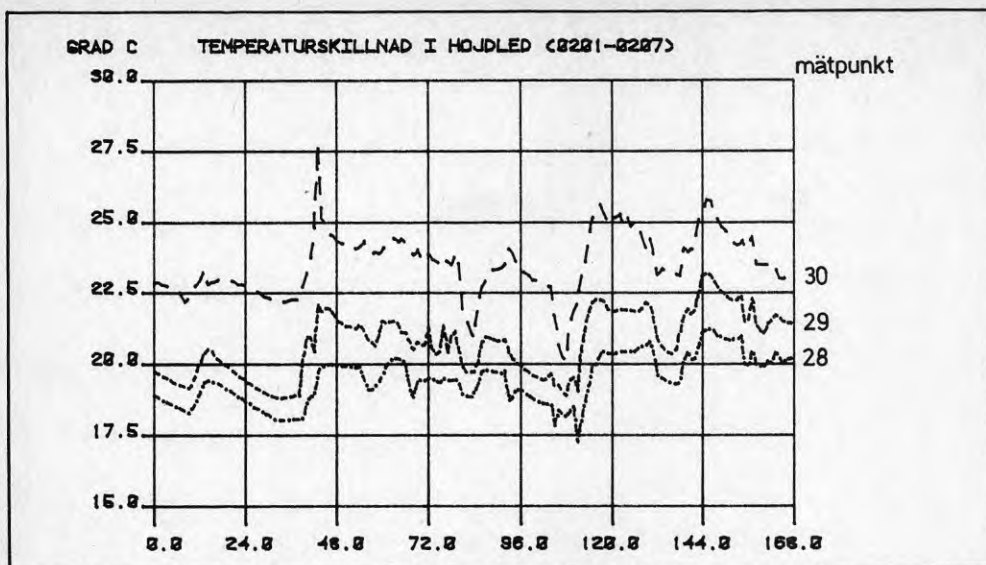


Fig 5.14

#### 5.3.4 Temperaturer i växthus

Månadsmedelvärdet på lufttemperaturen varierar mellan  $+6^{\circ}\text{C}$  och  $+26^{\circ}\text{C}$ , med det högsta värdet för augusti och det lägsta värdet i januari (se fig 5.9).

Den varmaste temperaturen  $+40^{\circ}\text{C}$  erhöles i augusti med helt stängda fönster och den kallaste  $+2^{\circ}\text{C}$  erhöles i januari (se fig 5.10 och 5.15). Variationerna i temperaturen är avsevärda under en månad (se fig 5.16). Dygnsvariationerna är som störst i februari (se fig 5.17 för tiden 0215-0222) där temperaturen går från  $+6^{\circ}\text{C}$  på natten till  $+29^{\circ}\text{C}$  på dagen. Nattemperaturen utomhus är låg och solinstrålningen på söderfasaden under dagen är stor (max  $1\ 100\ \text{W/m}^2$ ) under denna period.

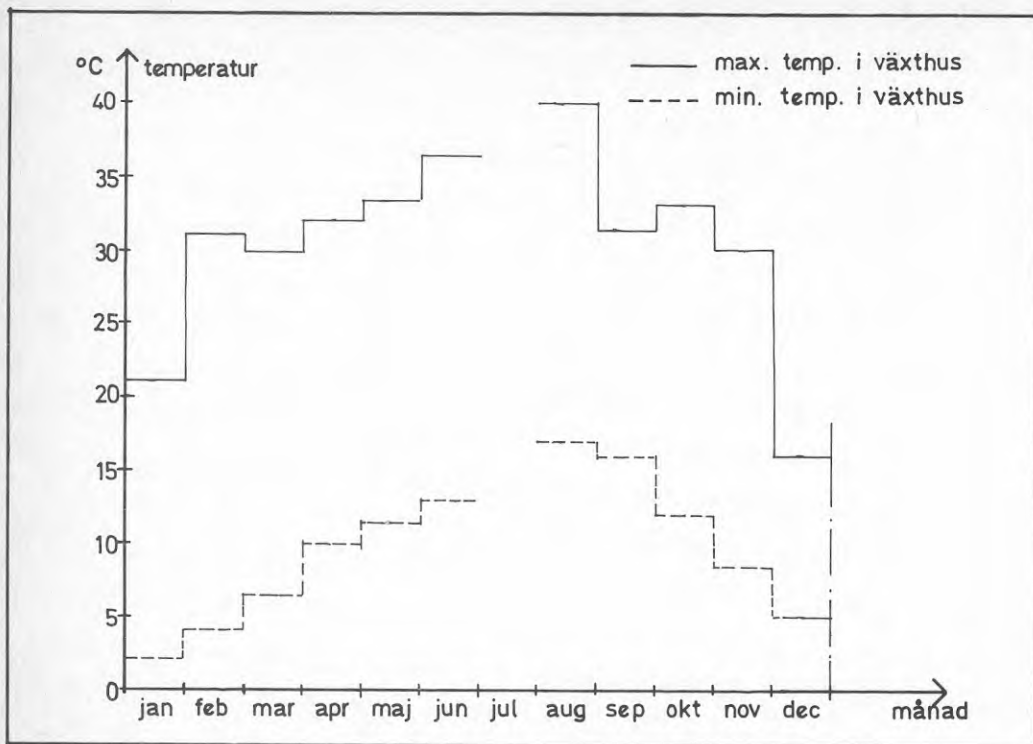


Fig 5.15 Max och min temperatur per månad i växthus i °C.

### 5.3.5 Temperaturer i värmelager

Temperaturen i värmelagret har varierat mellan +6 °C och +25 °C under mätåret (se månadsmedelvärden i fig 5.18). Medeltemperaturen i värmelagret under året är ca +16 °C. Värmelagret är som varmest i augusti och som kallast i januari. Under större delen av året är värmelagret kallast i den nedre delen. Temperaturskillnaden i höjddled varierar mellan +0,5 °C och +4 °C. I december och januari är förhållandena de omvända, eftersom att nästan ingen lagring av värme sker. Värme transporteras från värmelagret till växthuset genom transmission.

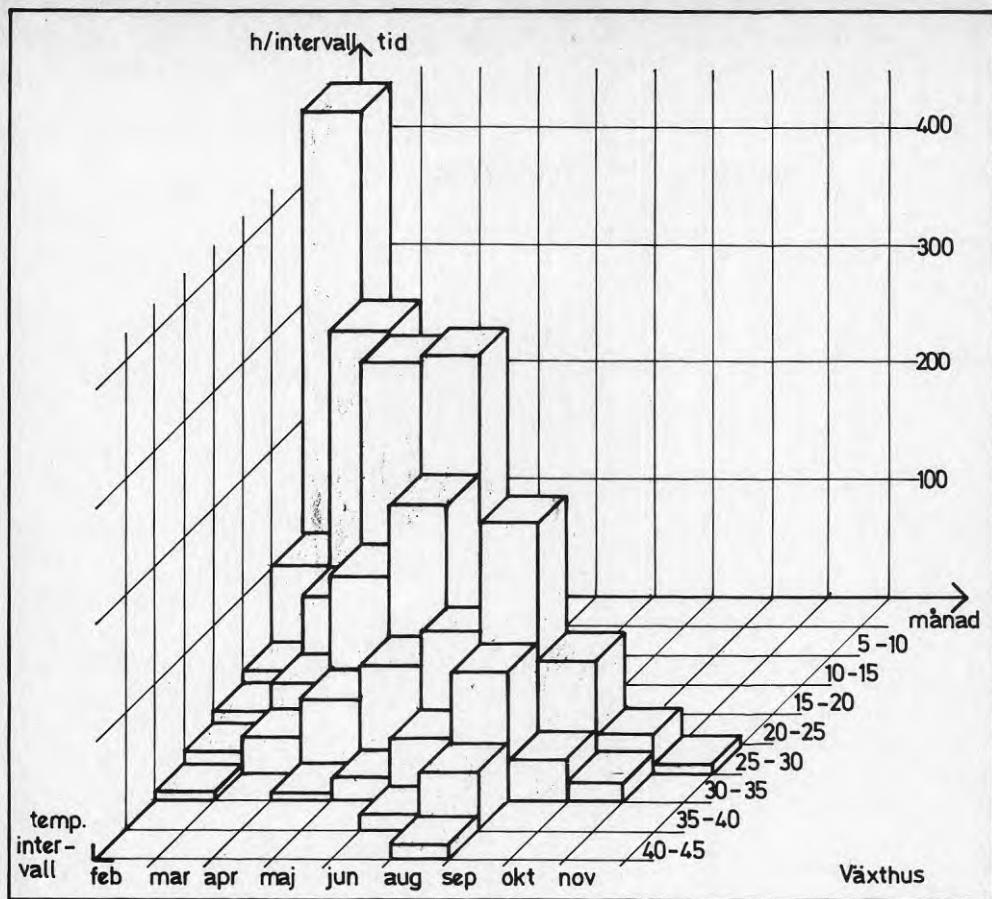


Fig 5.16 Antal timmar med olika temperaturer i växthuset.

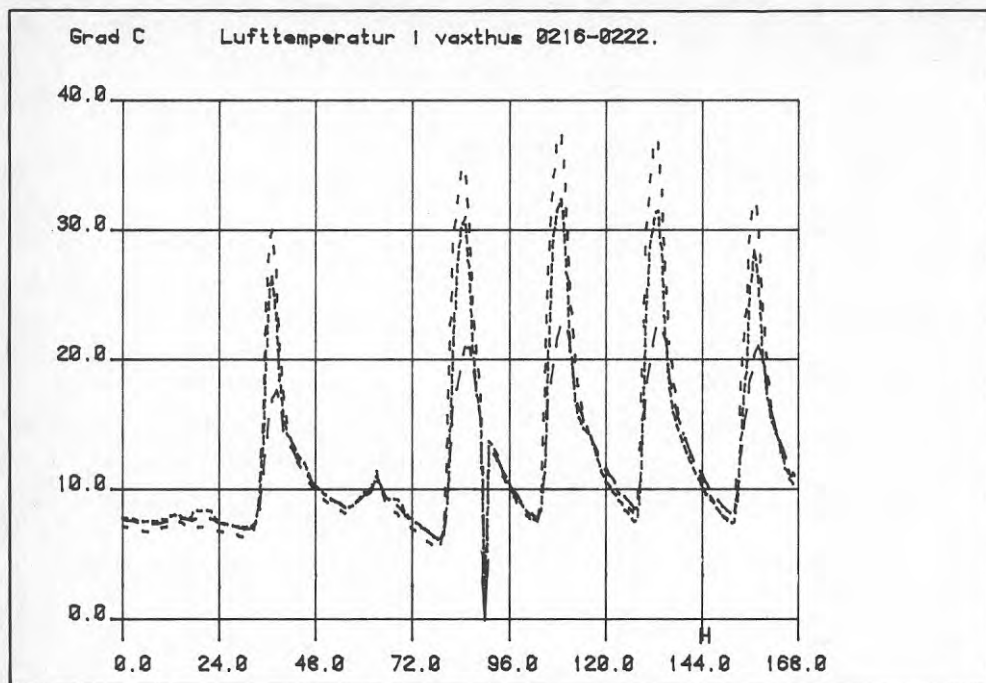


Fig 5.17

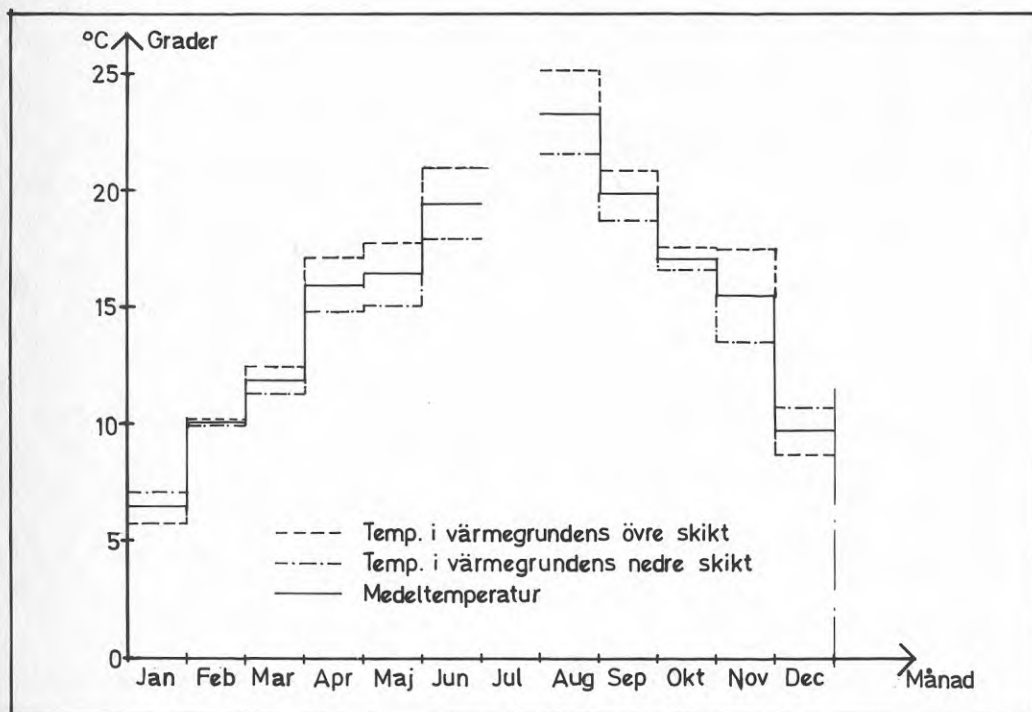


Fig 5.18

Temperatur i värmelager i °C. Värdena är månadsmedelvärden för hela värmelagret, på 25 cm djup och på 75 cm djup.

Olika delar av värmelagret uppvisar olika temperaturer  
 Exempel på detta ges i figur 5.19-5.23 för perioden 0510  
 -0516. Den 10/5 när ingen värme lagrades i värmelagret  
 är den maximala temperaturskillnaden inom värmelagret +7  
 °C. Under inlagringsskedet ökar temperaturskillnaden till  
 ca +20 °C.

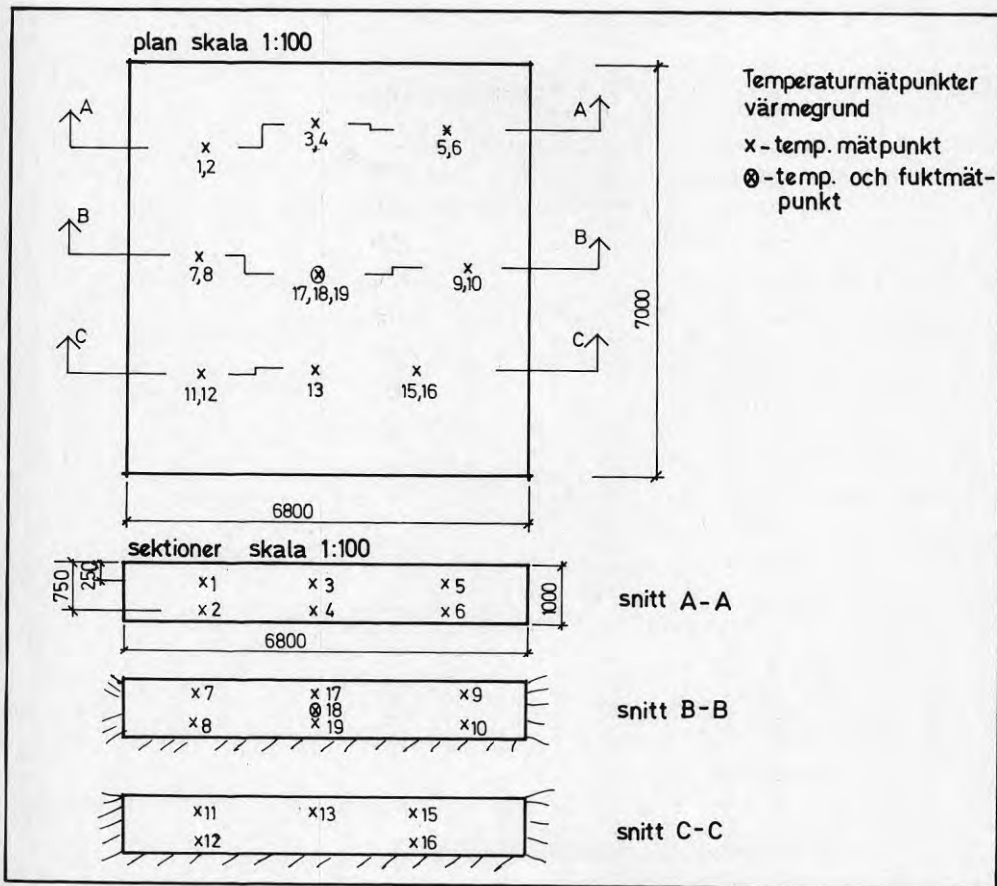


Fig 5.19 Värmelager.

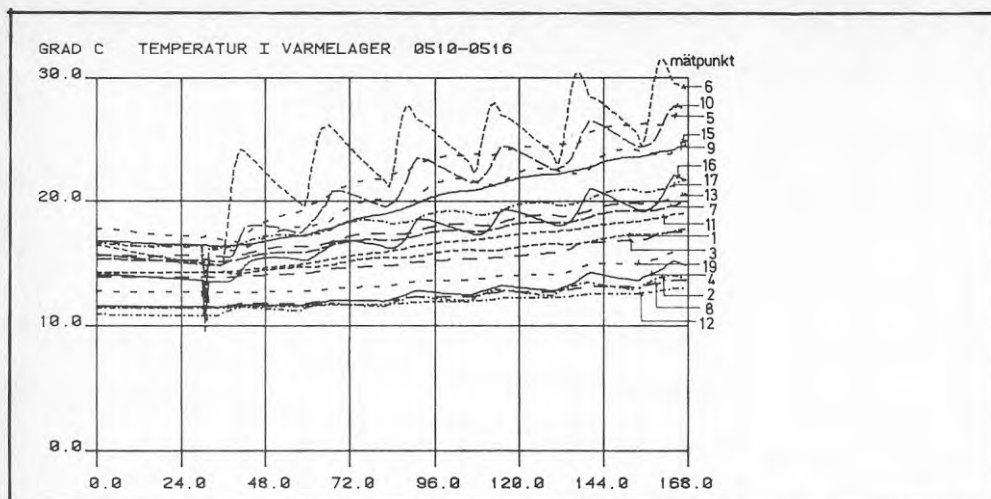


Fig 5.20

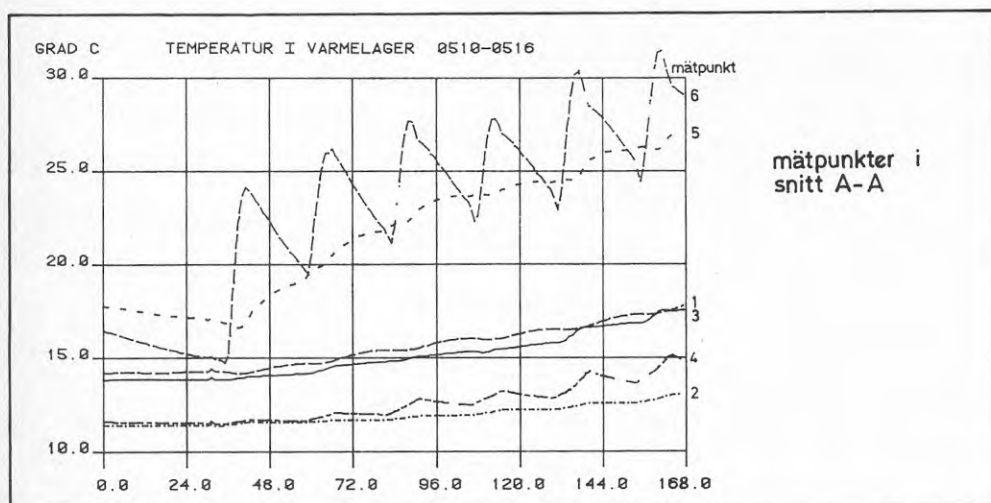


Fig 5.21



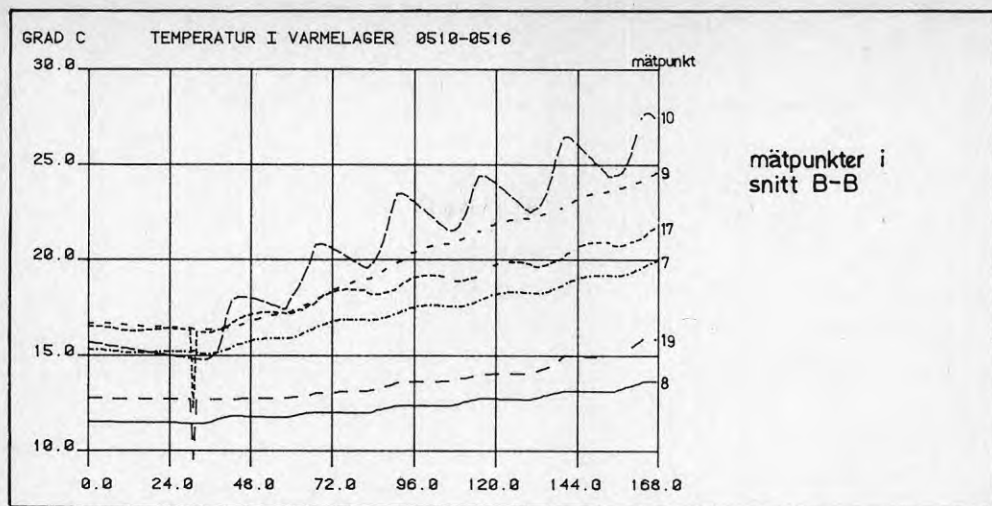


Fig 5.22

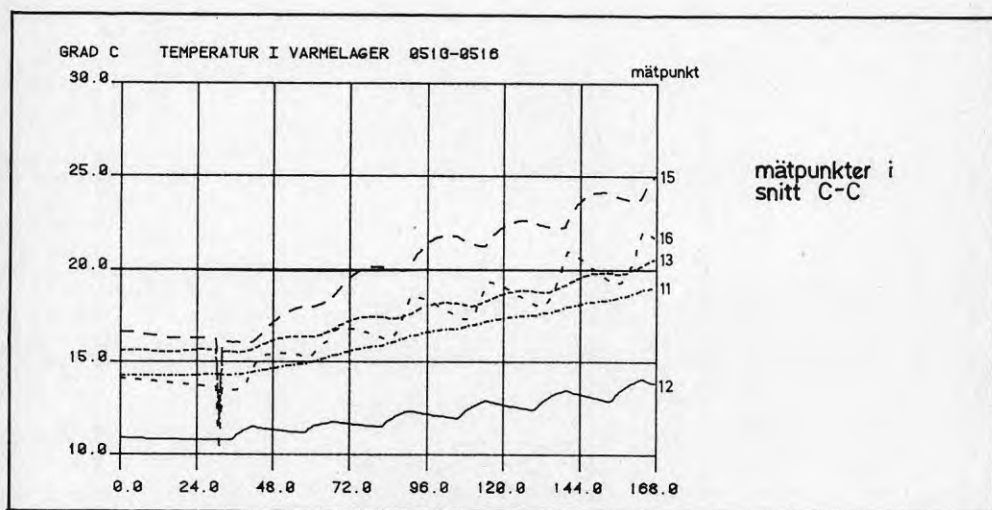


Fig 5.23

## 5.3.6 Temperaturer i värmeväxlare

Månadsmedelvärdet på lufttemperaturen i krypgrunden, varierar från tilluften tas, varierar mellan  $+8^{\circ}\text{C}$  och  $+15^{\circ}\text{C}$  (se fig 5.24). Krypgrunden är som varmast i augusti och som kallast i januari - mars. Temperaturen är högre än utomhustemperaturen under hela året utom under sommaren. Detta beror på värmeförluster från marken och huset, till en del även på värmeförluster från värmelagret. Temperaturen hos tilluften vid inträdet i värmeväxlaren är mellan  $1^{\circ}\text{C}$  och  $5^{\circ}\text{C}$  högre än temperaturen i krypgrunden.

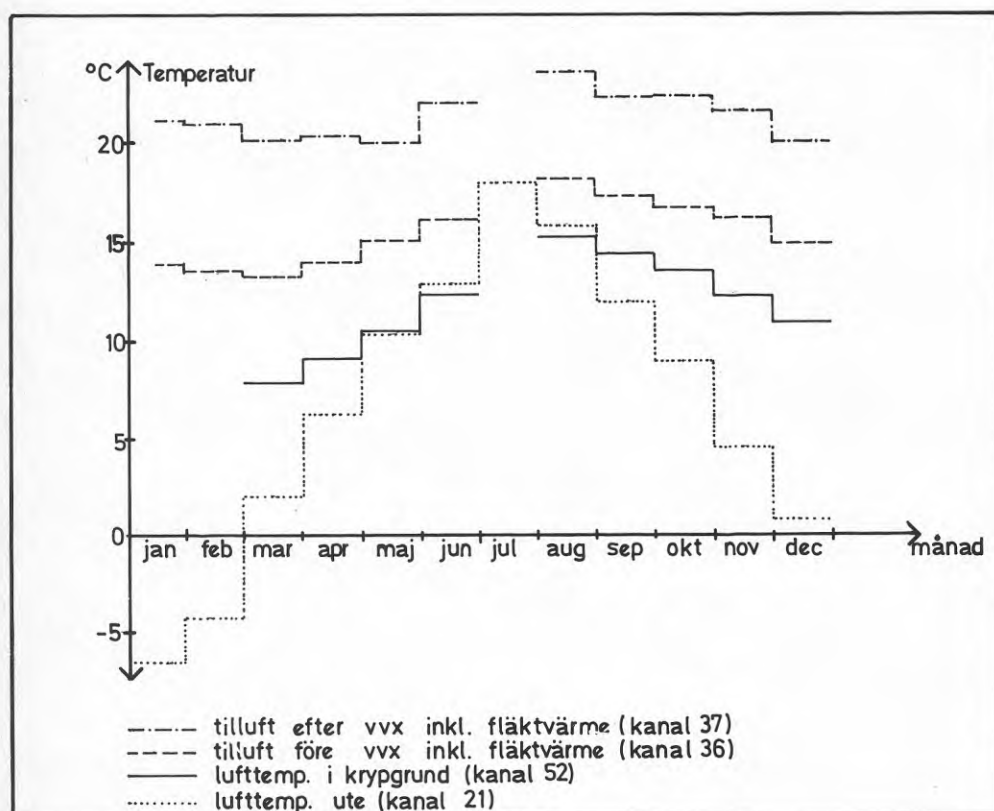


Fig 5.24 Tilluftstemperatur i  $^{\circ}\text{C}$ .

Detta beror på att tilluftskanalen under 4,5 meter är oisolerad inne i apparatskåpet. Temperaturen i apparatskåpet är normalt ca  $+25^{\circ}\text{C}$  p g a 2 meter delvis oisolerad tilluftskanal och att dataloggern är placerad där. I figur 5.24 redovisas tilluftstemperaturer utomhus, i krypgrund, före och efter värmeväxlaren. Temperaturverkningsgraden inklusive fläktvärme är ca 80 % (se månadsvärden i figur 5.25). Den optimala verkningsgraden är 100 %.

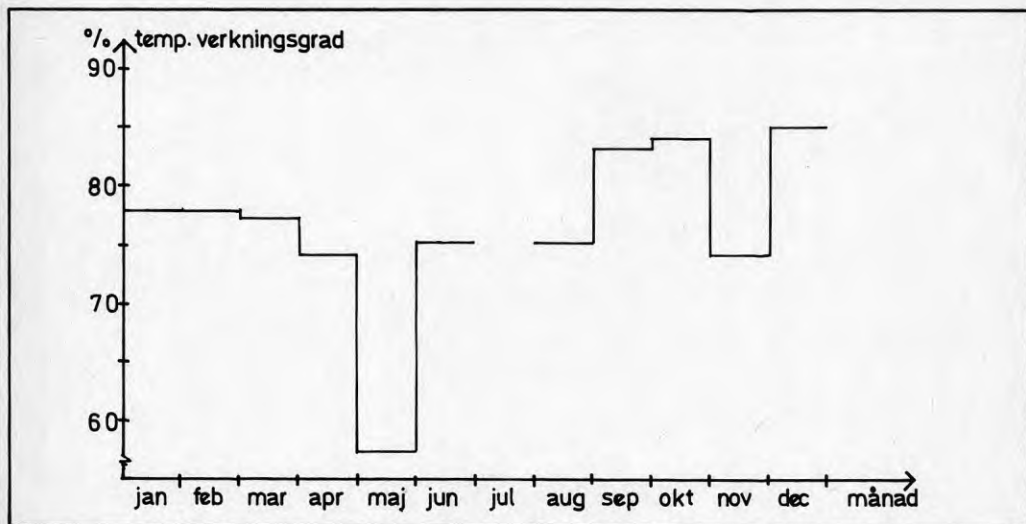


Fig 5.25 Temperaturverkningsgrad hos värmeväxlaren i %. Den låga verkningsgraden under maj berodde på fläktfel.

### 5.3.7 Luftfuktighet i bostaden

Den relativa luftfuktigheten håller sig mellan 40 - 70 % under sommarhalvåret och mellan 30 - 50 % under vinterhalvåret. Värden som får anses vara normala.

### 5.3.8 Luftfuktighet i växthus

Den relativa luftfuktigheten varierar avsevärt under året och ibland även under dygnet. Värdena håller sig dock i regel mellan värdena utomhus och inomhus. Fukttilskottet är av ringa storleksordning eftersom antalet växter var litet under mätperioden.

### 5.3.9 Luftfuktighet i värmelager

Den relativa luftfuktigheten hos luften i värmelagret ligger ofta nära 100 %. Luft från växthuset kyls ner i värmelagret och därmed ökar den relativa luftfuktigheten.

## 5.4 Redovisning av engångsmätningar

### 5.4.1 Täthetsmätning och termografering

Den första täthetsmätningen av experimenthuset exkl växt-huset gav resultatet 6,2 oms/h vid 50 Pa. Resultatet förbättrades till 5,2 oms/h när glasluckorna till spisen i vardagsrummet tejpades. När dessutom genomföringar vid vedspisen i köket och bastu tejpades blev resultatet 4,8 oms/h. Ovannämnda värden gäller med stängt växthus vilket är det normala utom under sommaren. När växthuset var öppet mot ute blev bostadsdelens täthet 10,1 oms/h.

Därefter termograferades byggnaden. Isoleringsutförandet befanns vara gott. Ytterligare otätheter upptäcktes förutom ovannämnda:

- drevning runt fönster
- tätningsslister i vädringsluckor mot växthus
- genomföring för ventilationskanaler
- vägguttag

drevning och tätningslist vid garagedörr  
genomföring vattenledning  
träkonstruktionen runt fönster mot växthus.

Efter att ha förbättrat tätheten på ovanstående punkter blev det slutgiltiga värdet på tätheten 3,5 oms/h vid 50 Pa. Lufttätheten per ytenhet av byggnadsskalet är god men eftersom omslutningsytan är stor i förhållande till volymen fyller ändå tätheten ej SBN 80's krav på 3,0 oms/h.

#### 5.4.2 Luftomsättningsmätning (spårgas)

Tre olika mätningar har genomförts efter slutinjusteringen av ventilationssystemet. Först mättes den totala ventilationen dvs summan av mekanisk och oavsiktlig ventilation. Detta gjordes för bostadsdelen vilket medför att i den oavsiktliga ventilationen ingår även luftutbytet med växthuset. Den totala ventilationen uppmättes till ca 140 m<sup>3</sup>/h (se tabell 5.1 för friskluftsventilationen i enskilda rum). Detta värde får anses vara tillfredsställande. Ventilationen av bastu, förråd och tvätt är onödigt stor när dessa utrymmen inte används. Den oavsiktliga ventilationen antas vara mycket låg p g a den låga vindhastigheten som rådde vid mättillfället (0,5 m/s) och att den termiska drivkraften är liten i en en-våningsbyggnad. Utomhustemperaturen var -12 °C under denna mätning.

Under den andra mätningen stängdes det mekaniska ventilationssystemet av och enbart den oavsiktliga ventilationen uppmättes. Den totala oavsiktliga ventilationen

Tabell 5.1 Friskluftsventi- lation	Mekanisk + oavsiktlig ventilation	Oavsiktlig ventilation
	m <sup>3</sup> /h	m <sup>3</sup> /h
Arbetsrum	10	6
Sovrum	19	3
Sovrum	13	6
Vardagsrum	18	6
Bastu + förråd	25	15
Tvätt	22	3
Kök	16	15
Stort sovrum	18	2
	141	56

visade sig vara ca 50 m<sup>3</sup>/h. För att räkna ut den mekaniska ventilationen måste den på detta sätt uppmätta oavsiktliga ventilationen först reduceras med ca 40 m<sup>3</sup>/h. Vindhastigheten hade nämligen ökat från 0,5 m/s under den första mätningen till 1,5 m/s, vilket kan antas tredubbla den oavsiktliga ventilationen. Temperaturen utomhus var -9 °C. Slutresultatet blev en mekanisk ventilation på ca 130 m<sup>3</sup>/h.

Under den sista mätningen hölls en konstant spårgaskoncentration i hela experimenthuset inkl. växthuset. På detta sätt uppmättes luftutbytet mellan växthus och utomhus till 65 m<sup>3</sup>/h. Utomhustemperaturen var -9 °C och vindhastigheten 0,5 m/s under denna mätning.

#### 5.4.3 Luftflödesmätning

Luftflöden har mätts centralt vid värmeväxlare (VVX) och vid ventilationsdon. Anläggningen var "inreglerad" vid kontrollmätningarna.

Först kunde konstateras att uteluftens storlek varierade med hastigheten på cirkulationsfläkten (se tabell 5.2). Detta löstes genom att montera ett spjäll i uteluftskanalen efter värmeväxlaren.



Frånluftsmängden var alltför låg, mindre än  $45 \text{ m}^3/\text{h}$  dvs 0,12 luftomsättningar per timme (se tabell 5.2) och frånluft saknades i tvätt. För att få acceptabla luftflöden kördes fläkten på näst högsta hastigheten under mätåret dvs forcerad ventilation hela tiden.

Luftflödena var ej balanserade i värmeväxlaren. Detta syns även klart på temperaturverkningsgraden (se tabell 5.2). Ovannämnda spjäll löste detta problem.

Efter att ha monterat ett frånluftsdon i tvätten blev frånluftflödet från duschrummet (WC) för lågt trots att donet var helt öppet. Kanalen i fråga täthetsprovades och befanns ha god täthet (uppfyller täthetsklass B). En kanalfläkt monterades då för att öka luftflödet. Efter denna åtgärd och en injustering ligger det totala tilluftsflödet och frånluftsflödet på ca  $140 \text{ m}^3/\text{h}$ . Mätkorsrör har monterats och kalibrerats på platsen. (Ett mätkorsrör på tilluften och ett på frånluften). Dessa flöden har kontrollerats vid varje besök i experimenthuset.

Försök har gjorts att mäta tilluftsflöden vid resp don och att mäta återluftsflödet. På a besvärlig donplacement har detta emellertid inte kunnat göras med en rimlig noggrannhet. Istället har friskluftsmängden till olika delar av huset mätts upp med spårgas (se föregående kapitel).

Luftflödet från växthus till värmelager har med pitotrör uppmätts till ca  $500 \text{ m}^3/\text{h}$  dvs 3,5 oms/h.

Tabell 5.2 Luftflöden efter "inreglering" men före provningsanstaltens slutinjustering

Tilluften påverkas av cirkulationsfläkten

Tilluft från krypgrund  
(mätt med pitotrör före  
VVX)

Cirkulationsfläkt, högsta fart  
Köksfläkt, lägsta fart  
Köksspjället stängt ~130 m<sup>3</sup>/h

Cirkulationsfläkt, lägsta fart  
Köksfläkt, lägsta fart  
Köksspjället stängt <100 m<sup>3</sup>/h  
(ej mätbart)

Frånluftsmängden alltför låg

Cirkulationsfläkt, lägsta fart  
Köksfläkt, lägsta fart  
Köksspjället stängt Frånluft  
(mätt med Wallac-stos  
vid donen)

Kök <10 m<sup>3</sup>/h

Duschrum (WC) 11 m<sup>3</sup>/h

Badrum <10 m<sup>3</sup>/h

Förråd 14 m<sup>3</sup>/h

Totalt <45 m<sup>3</sup>/h

dvs 0,12 luftomsättningar per timme

Ej balanserade luftflöden i VVX

Tilluft från krypgrund  
(mätt med pitotrör före  
VVX)

Cirkulationsfläkt, näst högsta fart  
Köksfläkt, högsta fart  
Köksspjäll stängt 307 m<sup>3</sup>/h

Frånluft (mätt med  
Wallac-stos vid  
donen)

Cirkulationsfläkt, näst högsta fart  
Köksfläkt, högsta fart  
Köksspjäll stängt 160 m<sup>3</sup>/h

Alltför låg temperaturverkningsgrad på VVX

Frånluft: före VVX +23,5 °C  
          efter VVX +15,3 °C

$$\frac{20-15,5}{23,5-15,5} = 55 \%$$

Tilluft: före VVX +15,5 °C  
          efter VVX +20 °C

(medelvärde en vecka inkl. fläktvärme)

Frånluft Köksfläkt: 4 lägen (I, II, III, IV)

Köksspjäll: ö/s (öppet/stängt)

Cirkulationsfläkt: lägsta fart

Luftflöden i m <sup>3</sup> /h	läge I		läge II		läge III		läge IV		Projek- terat s
	ö	s	ö	s	ö	s	ö	s	
Kök	40	<10	55	11	105	21	150	30	40
Duschrum (WC)	<10	11	<10	16	15	30	23	42	35
Badrum	<10	<10	11	13	20	23	29	32	35
Förråd	12	14	14	20	34	35	48	52	50
Tvätt	Frånluftsdon saknas (installerat vid senare tillfälle)								50
Total fr.luft	72	45	90	60	174	109	255	156	210

## 5.4.4 k-värdesmätning

En lokal mätning av k-värdet med värmeflödesmätare gav resultatet:

	Uppmätt	Teoretiskt
Vindsbjälklag	0,15 W/m <sup>2</sup> °C	0,11 W/m <sup>2</sup> °C
Yttervägg	0,12 W/m <sup>2</sup> °C	0,15 W/m <sup>2</sup> °C
Bottenbjälklag	0,15 W/m <sup>2</sup> °C	0,18 W/m <sup>2</sup> °C

Dessa värden gäller för ytor utan köldbryggor. Förmodligen är värdet för vindsbjälklaget felmätt. De teoretiska värdena är beräknade med värden något högre än i laboratorium uppmätta värden på värmeledningsförmågan. Vid beräkningen har ingen hänsyn tagits till masonite-reglarnas inverkan. Laboratoriemätningar har visat att det går att göra en sådan förenkling.

En total k-värdes mätning visade god överensstämmelse mellan sålunda beräknade k-värden och uppmätta k-värden. De uppmätta k-värdena, där alla köldbryggor i form av genomföringar etc ingår, var några procent bättre än de teoretiska. De teoretiska k-värdena har ansetts gälla eftersom avvikelsen ligger helt inom mätonoggrannheten. Följande k-värden anses gälla:

Vindsbjälklag	0,11 W/m <sup>2</sup> °C
Yttervägg	0,15 W/m <sup>2</sup> °C
Bottenbjälklag	0,18 W/m <sup>2</sup> °C
Fönster	1,8 W/m <sup>2</sup> °C

## 6 EKONOMI

## 6.1 Statligt lån och Stadshypotekslån

I det slutliga beslutet om bostadslån 810925 meddelar länsbostadsnämnden att experimenthuset beviljats ett statligt bostadslån om 130 500 kr med en amorteringstid på 30 år. Detta baserat på en godtaggen högsta produktionskostnad på 523 500 kr, ett låneunderlag på 522 000 kr och att en säkerhet för lånet skall ställas med i form av ett pantbrev om 365 400 kr. Södra Smålands Stadshypoteksförening i Kalmar har detta pantbrev med ett beviljat lånebelopp om 365 400 kr med en effektiv årsränta om 12,95 %. Detta medför för 1983 att innehavaren av experimentbyggnadsfastigheten betalar 47 308 kr i ränta samt 1 184 kr i amortering.

## 6.2 Experimentbyggnadslån

Förutom ovan redovisade lån belastas experimentbyggnadsfastigheten även av experimentbyggnadslån om 125 000 kr + 70 000 kr = 195 000 kr. Detta lån är ränte- och amorteringsfritt t o m 1984-12-31 då en omprövning skall ske. Fram till denna tidpunkt är lånet fritt från ränta och amortering.

## 6.3 Fastighetstaxering

I redovisningen av en fastighets sammanlagda ekonomi ingår även fastighetens taxeringsvärde. Om fastigheten hade åsatts ett högre taxeringsvärde än ett "vanligt" hus hade detta motverkat tillkomsten av hus byggda med passiv solenergiteknik. Emellertid är så inte fallet, utan den lokala skattemyndigheten i Växjö har vid den särskilda fastighetstaxeringen 1982 åsatt fastigheten ett taxeringsvärde som ligger i paritet med övriga småhus inom det bostadsområde där fastigheten är belägen. Växthuset har härvid betraktats som en "yta av biutrymmen" (dvs bl a förråd). Skattemyndighetens tolkning av växthusedelens taxeringsvärde är att betrakta som ett

prejudikat för denna typ av byggnader varför fastighets-  
taxeringen inte utgör ett hinder för tillkomsten av  
byggnader integrerade med växthus.

Som framgår av "underrättelse om särskild fastighetstaxe-  
ring 1982" har fastighetens markvärde angetts till 70 000  
kr (621 m<sup>2</sup>) medan byggnadsvärdet angetts till 280 000 kr.  
Detta ger ett sammanlagt taxeringsvärde på 350 000 kr.



## 7 ANALYS

## 7.1 Värmeväxlarens energibesparing

Den energibesparing, som värmeväxlaren har medfört har beräknats enligt nedan. Beräkningen har gjorts på månadsmedelvärden. Skillnaden mellan tilluftstemperaturen före och efter värmeväxlaren har använts. Luftflödet har antagits vara konstant  $140 \text{ m}^3/\text{h}$ . Sommarmånaderna har ej medtagits eftersom värmeväxlaren då endast bidrar till övertemperaturer inomhus. Detta torde vara fallet delvis också under maj och september.

Värmeväxlaren har med dessa förutsättningar sparat ca  $1\,900 \text{ kWh}$  under mätåret. I fig 7.1 redovisas besparingen månadsvis

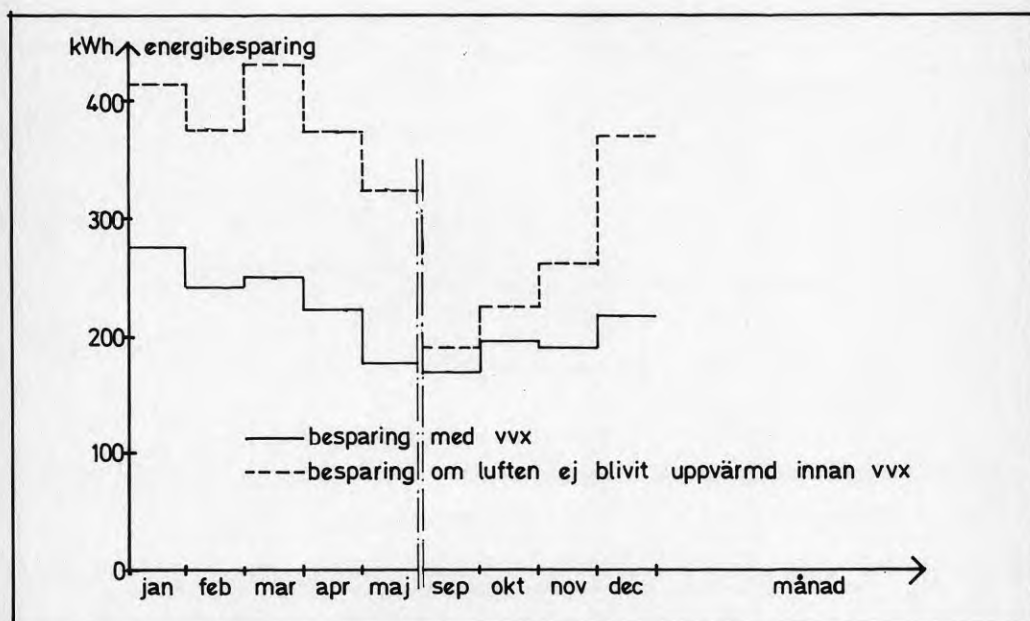


Fig 7.1 Värmeväxlarens energibesparing per månad i kWh.

För att uppnå denna besparing tillfördes ca 1 000 kWh elenergi till frånlufts- och tillluftsfläkten. En stor del av denna energi kommer dock huset tillgodo som värme. Den låga energibesparingen beror på att uteluften vid inträdet i värmeväxlaren redan är uppvärmd, först i krypgrunden och sedan i apparatskåpet (se kap 5.3.6). Om luften vid inträdet i värmeväxlaren istället höll krypgrundstemperaturen skulle energibesparingen bli ca 3 350 kWh (se fig 7.1).

## 7.2 Värmeisoleringens energibesparing

En beräkning av värmeisoleringens betydelse har gjorts. Energiberäkningsprogrammet STAWAD-SP (se bilaga 2) har använts för detta ändamål. En jämförelse mellan experimenthusets verkliga isoleringsnivå och den isoleringsnivå som motsvarar SBN 80 har gjorts. Vid beräkningarna antogs att ytorna mot växthuset inte fanns. Klimatdata uppmätta för experimenthuset användes. Energibesparingen per år blir mellan 4 650 kWh och 5 150 kWh beroende på om hänsyn tas till gratisvärme eller inte.

## 7.3 Växthus och värmelager

Energibalansen för växthuset redovisas i det följande. Värme tillföres växthuset genom

- solinstrålning
- transmission från värmelagret
- transmission från bostadsdelen

Värme bortföres från växthuset genom

- transmission till värmelagret
- transmission till bostaden
- transmission till ute
- lagring i värmelagret
- oavsiktlig ventilation

(Se fig 7.2)

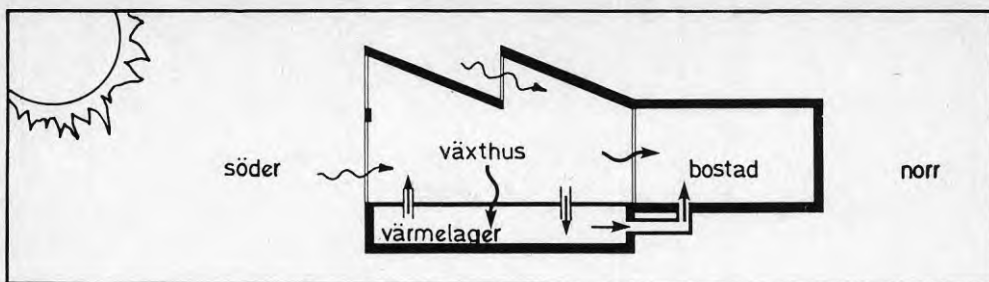


Fig 7.2 Principskiss för solvärmesystemet.

Beräkningarna har gjorts månadsvis. Transmissionen har beräknats som:

$$Q = k \cdot A \cdot \Delta t \cdot \tau$$

där  $Q$  = transmission, Wh

$k$  = k-värde,  $W/m^2 \cdot ^\circ C$

$A$  = yta,  $m^2$

$\Delta t$  = temperaturskillnad,  $^\circ C$

$\tau$  = tid, h

Solinstrålningen har beräknats med energiberäkningsprogrammet STAWAD-SP från aktuella klimatdata. Den oavsiktliga ventilationen har antagits vara konstant  $75 \text{ m}^3/h$ , vilket härrör från ett mättillfälle.

Med kännedom om temperatur in och ut, drifttid, fläktkapacitet så har lagringen i värmelagret tagits fram. En stor osäkerhet ligger i beräkningen av värmeförlusterna p g a den oavsiktliga ventilationen. Skillnaden mellan tillskott och förluster utgör den del av solinstrålningen som går via växthuset in i bostaden (se fig 7.3 och tabell 7.1).

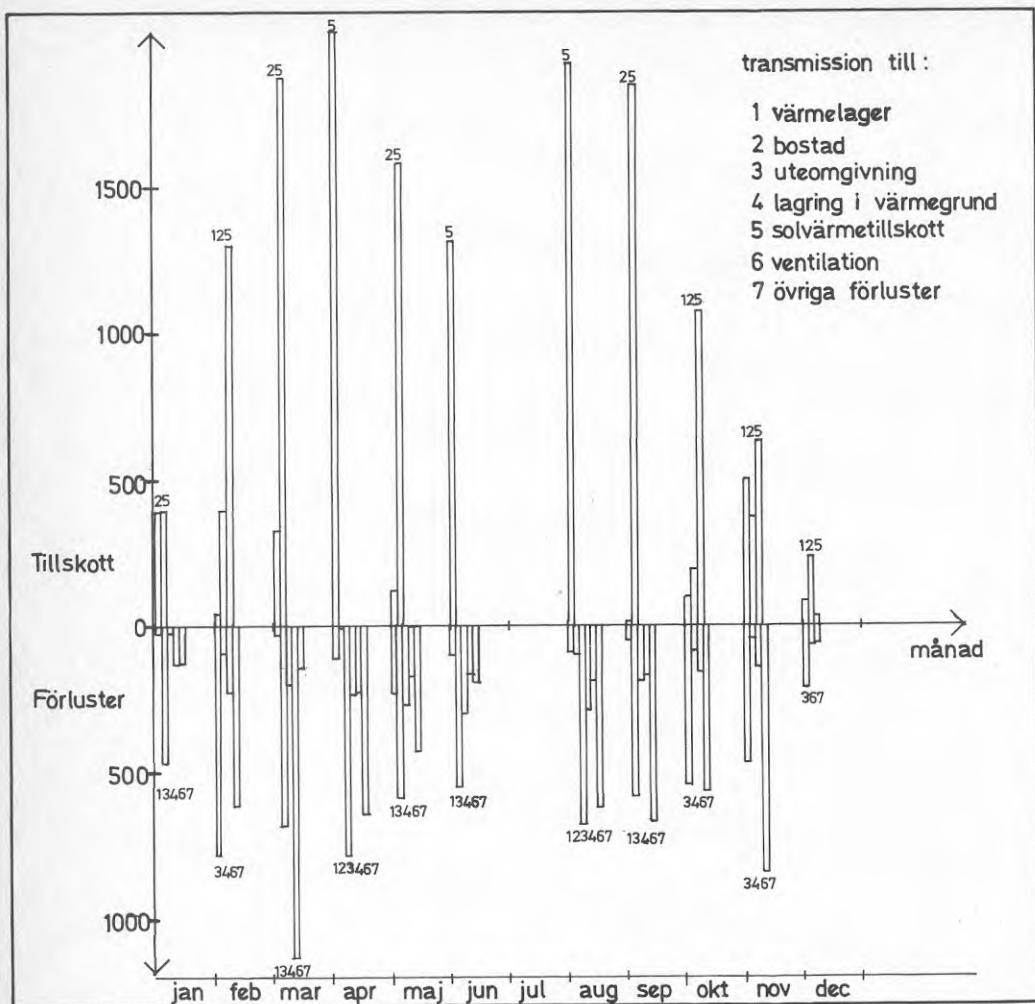


Fig 7.3 Energibalans för växthuset per månad i kWh.

Detta förenklade sätt att beräkna solinstrålningen ger endast en uppfattning om storleksordningen. Tabell 7.1 visar att denna solinstrålning (ingår i förluster) är störst under mars och september, vilket är rimligt. Då är nämligen solhöjden låg och solinstrålningen är relativt stor.

Transmissionsförlusterna från växthuset är mycket stora p g a de stora glasytorna (se fig 7.4). Dessa förluster bör kunna minskas genom någon form av fönsterisolering

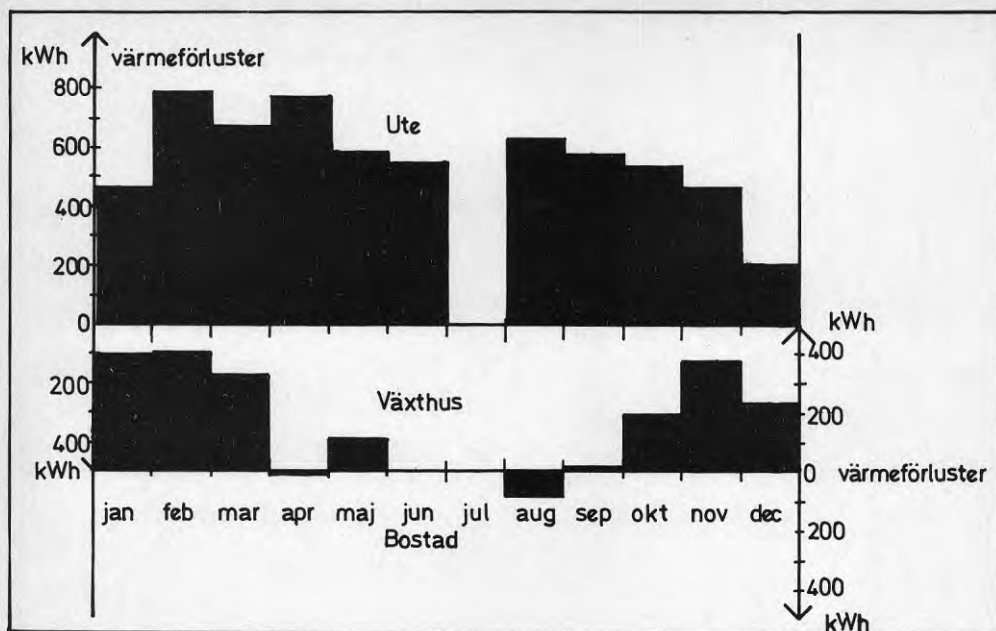


Fig 7.4 Värmeförluster från bostad till växthus och från växthus till ute i kWh per månad.

på natten. En överslagsberäkning visar att en nattisolering av växthusets söderfönster ekvivalent med 3 cm mineralull sparar minst 500 kWh/år. En minskning av transmissionsförluster från bostadsdelen av samma storleksordning göres på samma gång.

Det är en mycket liten del av solinstrålningen som lagras i värmelagret. Detta torde bero på att fläkten har otillräcklig kapacitet. En viss långtidslagring förekommer. Under de sista månaderna under året är medeltemperaturen i värmelagret som högst och är då högre än i växthuset. Ett nettotillskott av värme till växthuset fås ifrån värmelagret. Under de första månaderna på året sker även en dygnslagring. Solvärme lagras på dagen i värmelagret. Under natten får växthuset ett värmetillskott genom transmission från värmelagret. Som exempel redovisas perioden 0220-0224 i fig 7.5 och 7.6. Under en natt tillföres då växthuset på detta sätt ca 3 kWh.

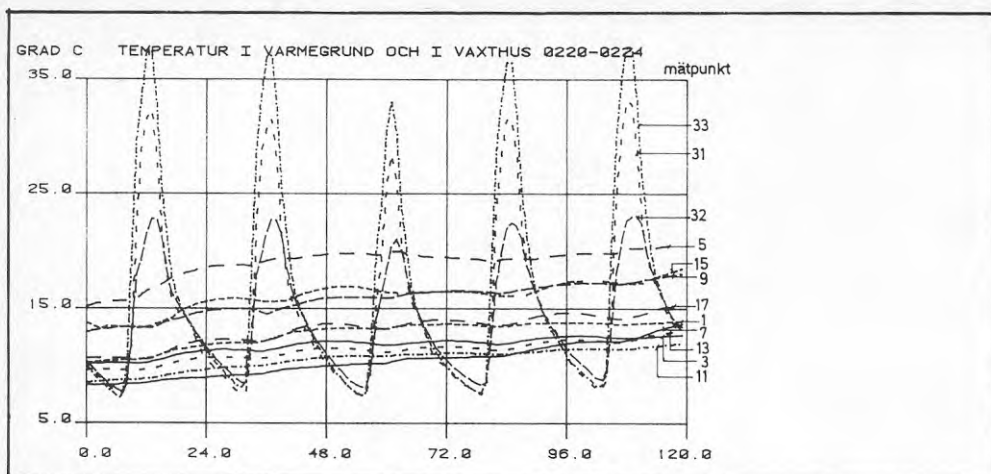


Fig 7.5

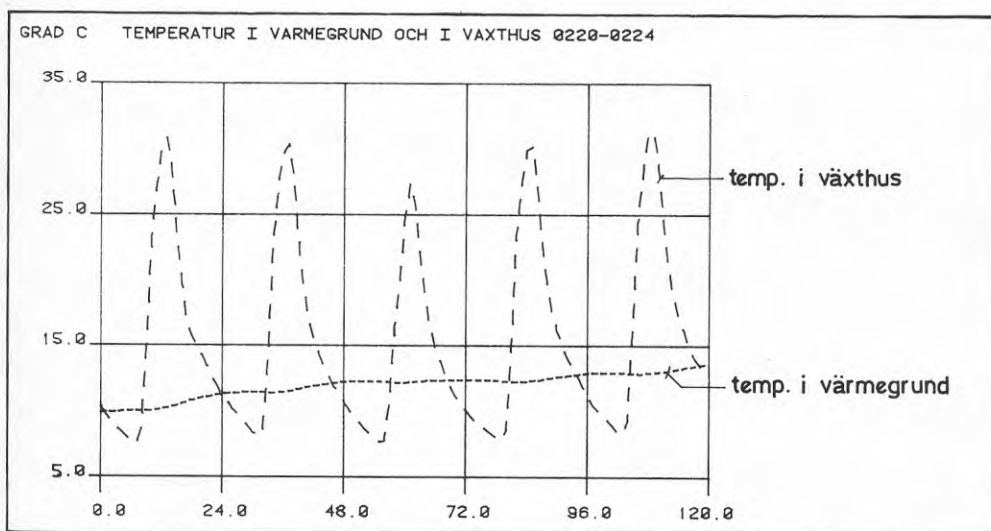


Fig 7.6

Vid lagring av värme ökar temperaturen mest i botten av värmelagret vid inblåsningskanalen (se fig 5.19-23). Ökningen är störst vid slutet av kanalen. Därefter ökar temperaturen ovanför inblåsningskanalen. För att därefter öka i ovankant i större delen av värmelagret. Övriga delar av värmelagret förhåller sig vid en lägre temperatur. Detta torde bero på kanalernas placering och fläkstens låga kapacitet. Om luften förflyttade sig på bred front genom hela värmelagret och 20 % utgör hålrum så skulle hastigheten för fronten bli ca 0,2 m/s.



Tabell 7.1 Energibalans växthus i kWh

	Transmission till			Lagring i	Ventila-	Solvärme-	Förlus-
	värme-	bostad	ute	värmelager	tionsför-	tillskott	ter
	lager				luster		
Jan 11-31	- 25	390	-456	- 25	-135	395	- 135
Feb	40	395	-790	- 95	-235	1300	- 615
Mars	- 30	325	-685	-150	-200	1870	-1135
April	-115	-5	-785	-240	-230	2030	- 655
Maj	-230	115	-585	-270	-170	1575	- 435
Juni	-100	0	-555	-300	-165	1315	- 195
Juli 1-3	- 45			- 5		100	
Juli 4-9				- 55			
Juli 9-16	-185			-190		555	
Juli 16-27				-150			
Juli 28-31	- 95			-100		310	
Aug	- 90	-95	-640	-285	-190	1915	- 620
Sept	- 55	15	-580	-185	-170	1845	- 865
Okt	95	190	-540	- 90	-160	1080	- 570
Nov	500	375	-470	- 45	-140	630	- 850
Dec 1-16	75	235	-220	0	- 65	35	- 60

De mycket höga temperaturerna som erhålles i växthuset under sommaren kan undvikas genom att skjuta åt sidan hela den glasade söderfasaden och att öppna takfönster. Under hela mätåret var växthuset stängt.

En energiberäkning med STAWAD-SP har gjorts av experimenthuset dvs ett experimenthus som saknar växthus. Vid beräkningen användes gratisvärme och ventilation av samma storleksordning som den uppmätta. Beräkningarna visar med stor tydlighet nyttan av ett växthus såsom buffert mot solvärme. Övertemperaturerna blir mycket högre i ett experimenthus utan växthus (se fig 7.7 max temp. under dygnet utan personvärme).

En jämförelse mellan temperaturen inomhus, i växthuset och utomhus visar även den nyttan av växthuset (se fig 7.8).

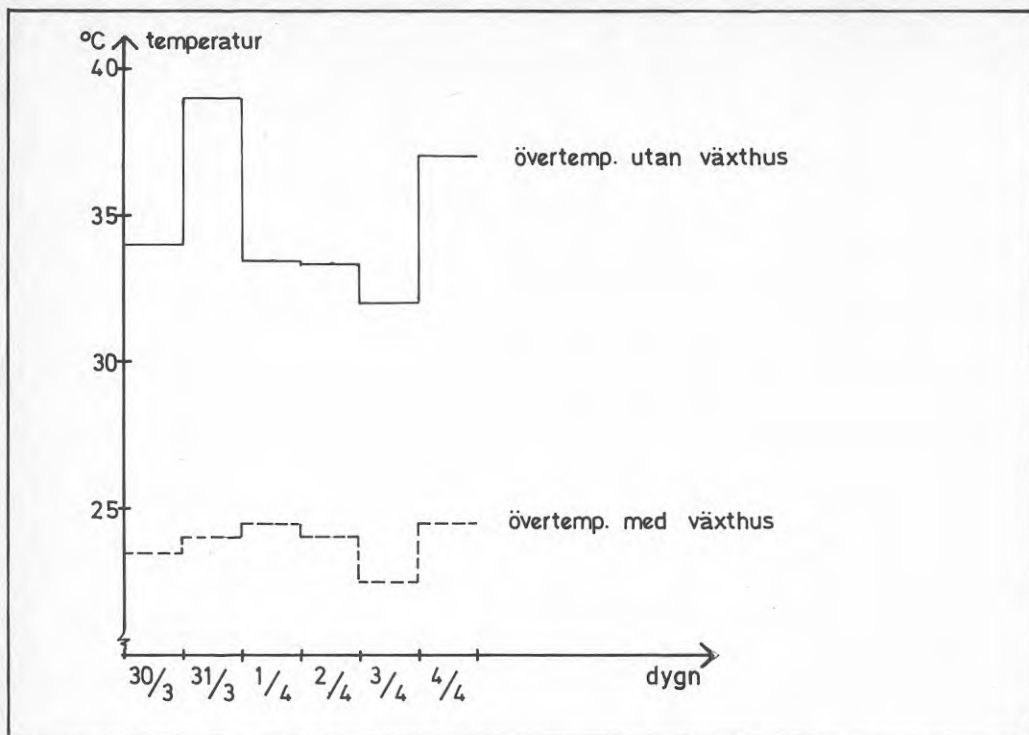


Fig 7.7 Max temperatur under dygnet i bostadsdelen med och utan växthus i °C. Temperaturer med växthus är uppmätta, medan utan växthus är beräknade.

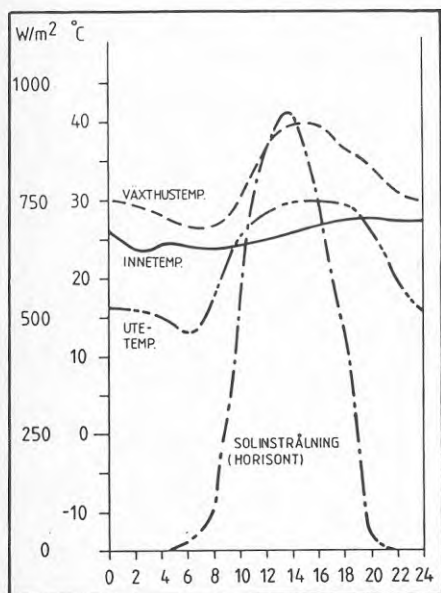


Fig 7.8 Temperatur i växthus, inne och ute för solig sommardag i °C.

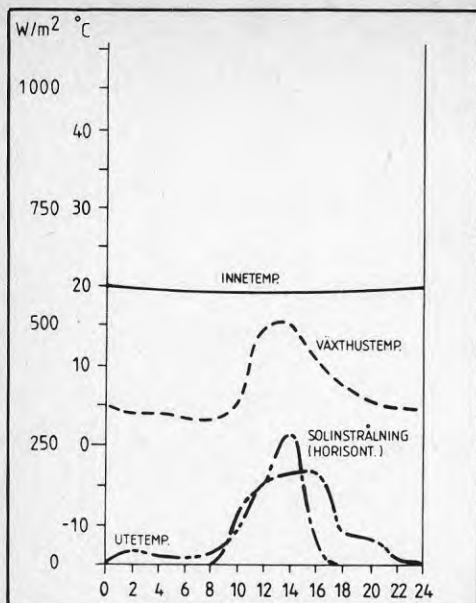


Fig 7.9

Temperatur inne, i växthus och ute för en solig och kall vinterdag i °C.

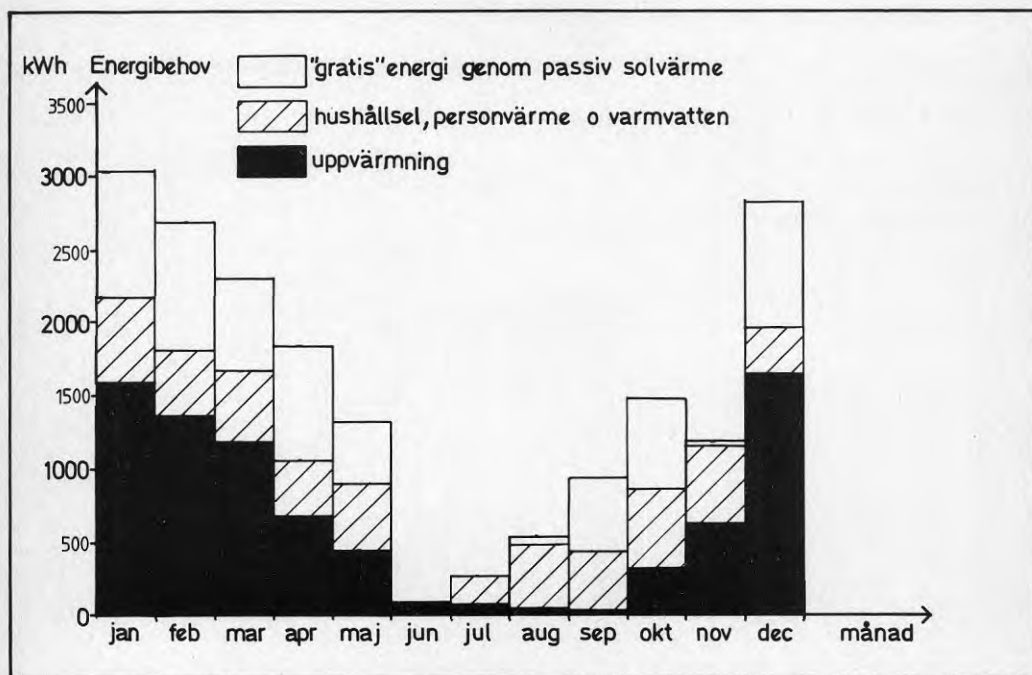


Fig 7.10

Energibehov för uppvärmning per månad i kWh. Det totala energibehovet tillgodoses med uppmätt el för uppvärmning, 80 % av uppmätt hushållsel, uppmätta tomgångsförluster från varmvattenberedaren, beräknade tillskott från växthus och sol.

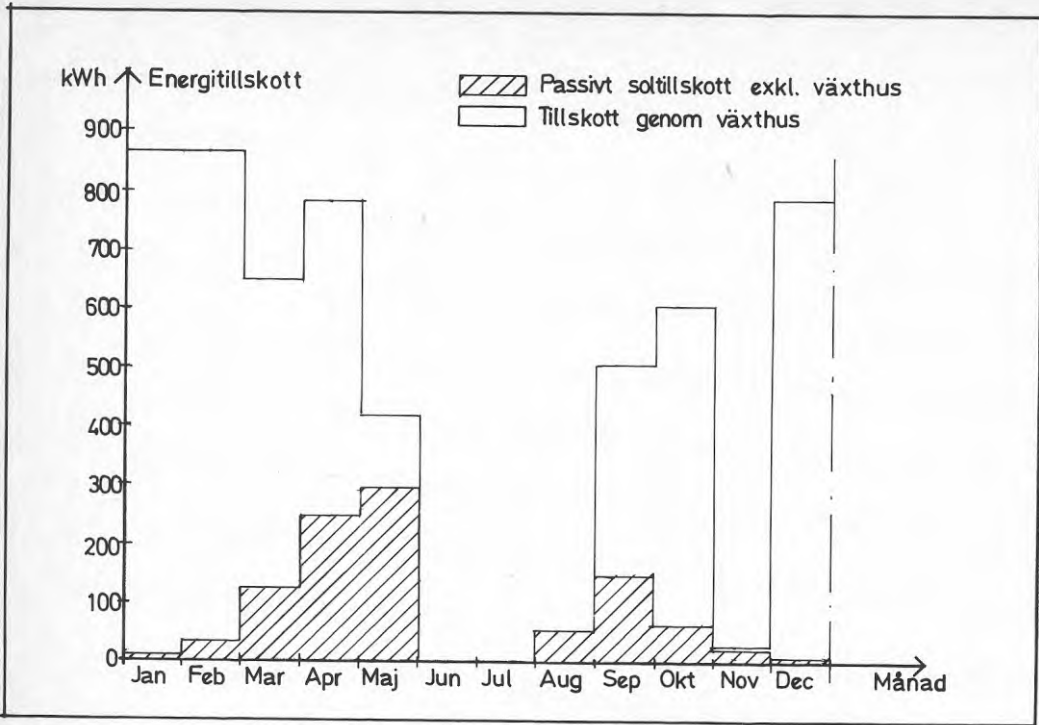


Fig 7.11 Energitillskott från växthus och sol per månad i kWh.

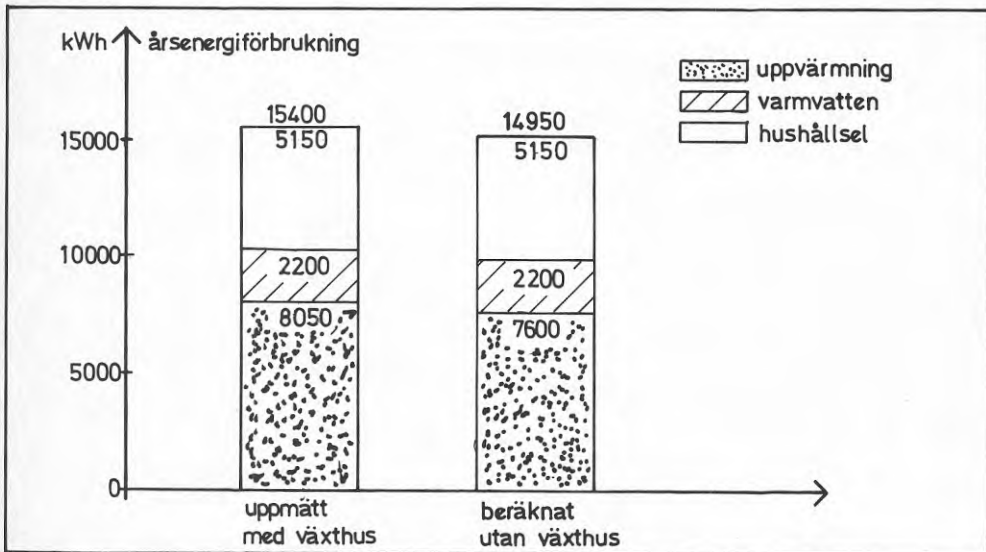


Fig 7.12 Energiförbrukning med och utan växthus i kWh.

Växthuset fungerar även som en buffert mot kyla. Lufttemperaturen i växthuset är alltid högre än lufttemperaturen ute. Som exempel visas en solig och kall vinterdag (se fig 7.9).

Däremot har varmluft direkt ifrån värmelagret aldrig utnyttjats för uppvärmning av bostadsdelen. Varmluften från värmelagret kan tillföras tilluften efter värmväxlaren. Om lufttemperaturen i värmelagret är högre än  $+21^{\circ}\text{C}$  och uppvärmningsbehov föreligger tas luft in från värmelagret. Detta har aldrig inträffat. När värmelagret är som varmast föreligger inget uppvärmningsbehov.

#### 7.4 Energibalans för experimenthuset

Månadsvisa energibalanser redovisas i det följande (se fig 7.10). Först beräknades det totala uppvärmningsbehovet (uppvärmning till  $+20^{\circ}\text{C}$ ). Detta gjordes med STAWAD-SP där solinstrålningen och gratisvärmens sattes lika med noll och växthuset togs bort. Därefter beräknades de olika värmertilskotten:

- 80 % av uppmätt hushållsel
- personvärme från en person, 1 kWh/dygn
- uppmätta varmvattenförluster, 2,7 kWh/dygn
- uppmätt elförbrukning för uppvärmning
- beräknat soltillskott genom fönster som ej vetter mot växthuset.

Mellanskillnaden som blir kvar är då tillskottet från växthuset (se fig 7.11). Under ett helt år har alltså växthuset sparat 4 600 kWh, dvs lika mycket som den högre isoleringsstandarden. De största bidraget från växthuset fås under vinter då solinstrålningen genom öst och västfönster är liten. Det totala passiva soltillskottet är 5 550 kWh. Tillskottet från växthuset är litet under november. En bidragande orsak till detta är att månaden var varmare än normalt och att solinstrålningen var liten. Experimenthuset har totalt förbrukat 15 400 kWh som fördelar sig på 5 150 kWh hus-

hållsel, 2 200 kWh varmvatten och 8 050 kWh uppvärmning. I hushållselen ingår också 1 750 kWh från mätutrustningen.

Under juni och juli finns mer gratisvärme från hushållsel att tillgå än vad som behövs för uppvärmning (se fig 7.10 och fig 5.7). Detta gäller även för delar av maj, augusti och september månad. Under dessa månader finns även gratisvärme i form av solvärme. Det vore därför av stort värde att använda energisnåla hushållsapparater m m.

En beräkning av experimenthuset utan växthuset ger ungefär samma årsenergiförbrukning (se fig 7.12). Det måste dock understrykas att utan växthuset erhålles höga övertemperaturer i bostadsdelen (se kap 7.3).

#### 7.5 Jämförelse med ett 1 1/2-plans hus

För att jämföra experimenthuset med ett SBN 80 hus så korrigerades energibalansen månadsvis för experimenthuset till att bli energibalansen för en familj med fyra personer istället för en person. Vid korrigeringen antogs att 80 % av hushållselen, 100 % av personvärmen och 100 % av tomgångsförlusterna från varmvattenberedaren bidrar till rumsuppvärmningen. Den totala årsförbrukningen av elenergi ökade med 800 kWh och den totala årsförbrukningen för rumsuppvärmning minskade med 850 kWh (se fig 7.13). Därefter ändrades värmeisoleringsnivån hos experimenthuset till att vara den nivå som krävs enligt SBN 80. Detta steg ökade den årliga energiförbrukningen från 16 200 kWh till 20 850 kWh (se kap 7.2).

Det slutliga steget var att jämföra det modifierade experimenthuset med ett välbyggt 1 1/2-plans hus byggt enligt SBN 80. Basdata för experimenthuset och 1 1/2-plans huset finns beskrivna i tabell 7.2. Husen har samma bostadsyta. För experimenthusets del tillkommer växthuset med en yta på 45 m<sup>2</sup>, som kan användas som



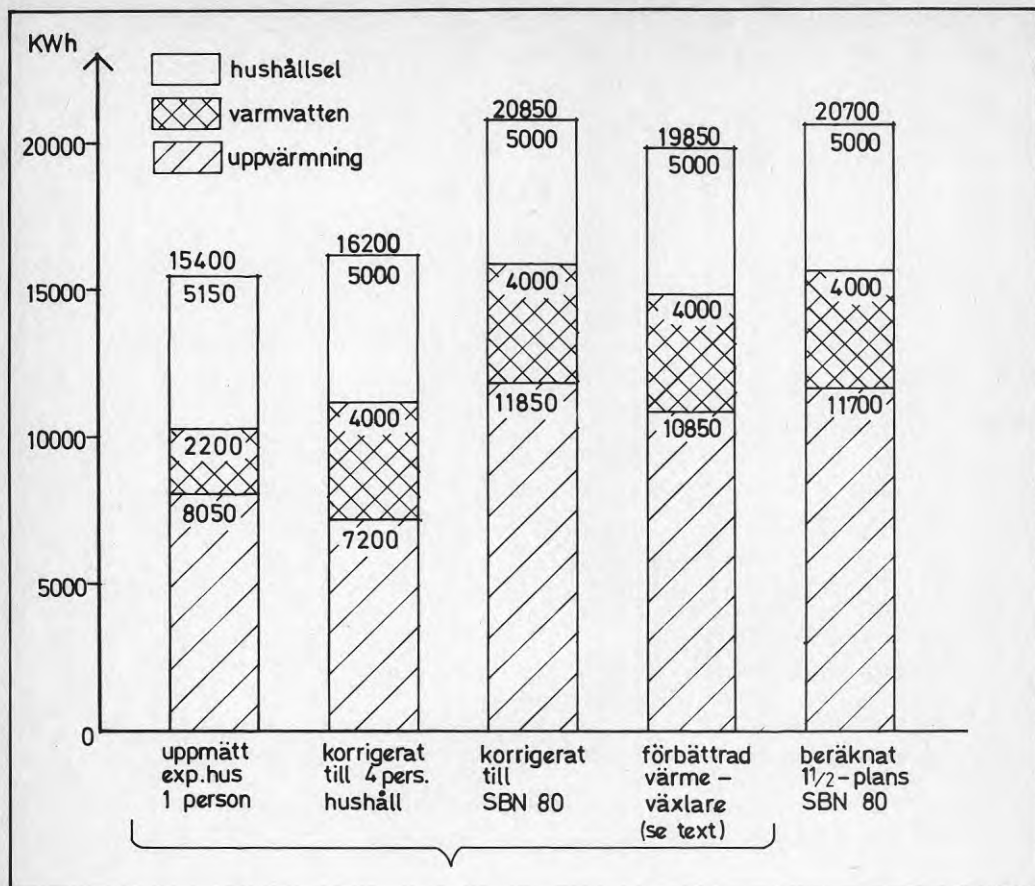


Fig 7.13

Energiförbrukning per år i kWh elenergi:

- uppmätt förbrukning med 1 person
- uppmätt förbrukning korrigerad till att vara ett 4 personers hushåll
- uppmätt förbrukning korrigerad till att vara ett 4 personers hushåll och en värmeisoleringsnivå enligt SBN 80
- värmeväxlaren förbättrad i det korrigerade huset (se kap 7.1)
- beräknad förbrukning för ett SBN 80 1 1/2-plans hus med 4 personer.

bostadsyta en stor del av året. Energibalansen för 1 1/2-plans huset beräknades med STAWAD-SP och med användande av klimatdata från mätåret för experimenthuset. Den totala energiförbrukningen blir densamma vid samma värmeisoleringsgrad.

Tabell 7.2 Basdata för experimenthuset och 1 1/2-plans huset

	Experimenthuset	1 1/2-plans huset
Antal våningar	1	1 1/2
Växthus	ja	nej
Våningsyta	161 m <sup>2</sup>	154 m <sup>2</sup>
Bostadsyta	137 m <sup>2</sup>	137 m <sup>2</sup>
Volym	388 m <sup>3</sup>	314 m <sup>3</sup>
Omslutningsyta (bostadsdelen)	511 m <sup>2</sup>	331 m <sup>2</sup>
(bostadsdelen exkl. vägg mellan bostad och växthus)	464 m <sup>2</sup>	-
Grundläggning	krypgrund	krypgrund
Mekanisk ventilation	0,4 oms/h	0,4 oms/h
Oavsiktlig ventila- tion	0,1 oms/h	0,1 oms/h
Värmeväxlare på luften	ja	nej
Uppvärmningssystem	luftburen el värme	direktverkande el
Solbidrag till uppvärmningen	5 650 kWh/år	2 650 kWh/år
k-värden		
vägg	0,15 W/m <sup>2</sup> °C	0,30 W/m <sup>2</sup> °C
tak	0,11 W/m <sup>2</sup> °C	0,20 W/m <sup>2</sup> °C
golv	0,18 W/m <sup>2</sup> °C	0,30 W/m <sup>2</sup> °C
fönster	1,8 W/m <sup>2</sup> °C	2,0 W/m <sup>2</sup> °C
Fönsteryta (bostadsdelen)		
söder	13,0 m <sup>2</sup> (30 %)	8,9 m <sup>2</sup> (42 %)
väster	18,8 m <sup>2</sup> (44 %)	4,7 m <sup>2</sup> (22 %)
norr	0	3,3 m <sup>2</sup> (16 %)
öster	11,3 m <sup>2</sup> (26 %)	3,9 m <sup>2</sup> (19 %)
summa	42 m <sup>2</sup>	21 m <sup>2</sup>

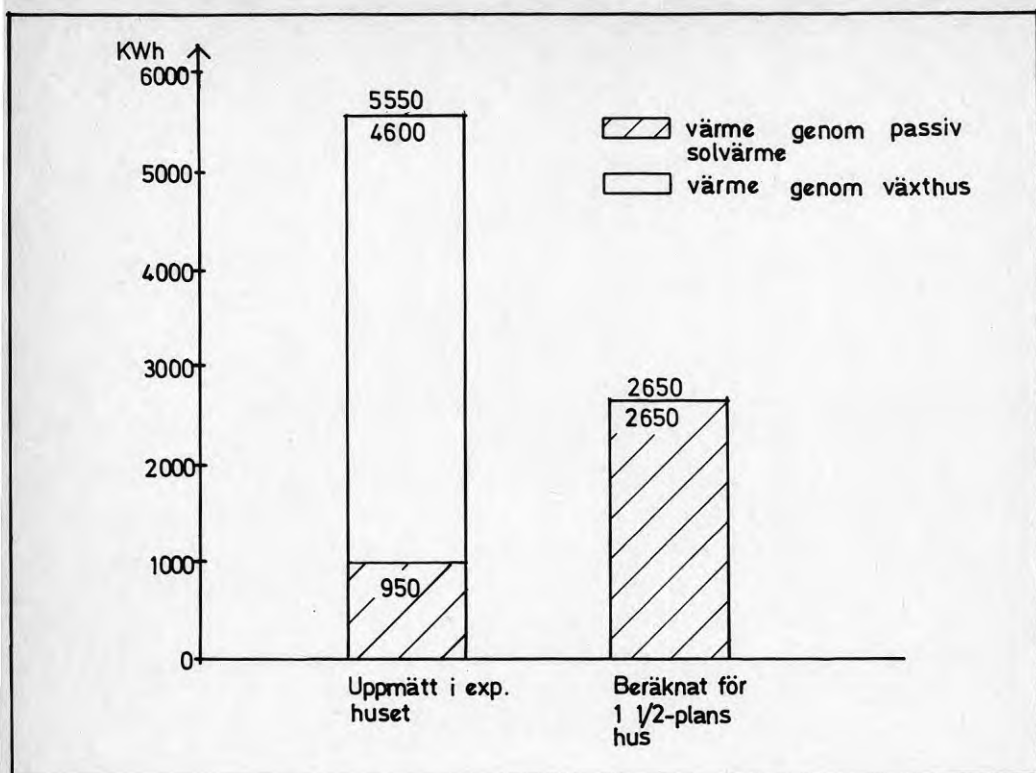


Fig 7.14 Passivt solvärmertilskott i kWh.

Om däremot värmeväxlaren förbättrades i experimenthuset skulle energiförbrukningen sjunka med ca 1 000 kWh (se kap 7.1). Utan det större soltillskottet (se fig 7.14) och värmeväxlaren hade experimenthuset förbrukat mer energi än 1 1/2-plans huset. Detta beror på experimenthusets större omslutningsyta.

Ett annat sätt att jämföra experimenthuset och 1 1/2-plans huset är att ge 1 1/2-plans huset samma isolering som experimenthuset. Total köpt el blir då 15 200 kWh för experimenthuset med en förbättrad värmeväxlare och 17 000 kWh för 1 1/2-plans huset. Detta gäller under förutsättningen att fyra personer bor i husen.

## 7.6 Brukarsynpunkter

Tillskapandet av denna gröna oas - växthuset, i byggnadskroppen har medfört att en mycket tilltalande boendemiljö skapats. Genom att boendedelen byggts kring växthuset, utom mot söder, kan man i stort sett var man än befinner sig i huset se in i växthusdelen. Även om växthuset inte har någon annan uppvärmning än solenergi så kan denna funktion användas under en stor del av året som vistelseutrymme för mängder av aktiviteter. Förutom den värmealstrande och värmelagrande funktionen kan växthuset användas för växtodling, antingen för odling av sådana växter som används i hushållet eller för odling av prydnadsväxter. Vilket ändamål som än blir följden i andra liknande byggnader av att växthusfunktionen finns att tillgå så medför tillkomsten av densamma ett mycket stort boendemiljötillskott. Inte minst beroende på vårt bistra utomhusklimat under en stor del av året.

Huset i övrigt har en mycket öppen planlösning med en separering av sovfunktionerna för föräldrar respektive för barn. Detta medför att allrummet, beläget mitt för växthusfunktionen, utgör den normala umgängesplatsen i huset.

## 7.7 Drift och skötsel av huset

### 7.7.1 Sommartid

Eftersom växthusets glasparti mot söder är utformat som ett skjutparti kan man undvika en alltför hög temperatur genom att skjuta bort detta glasparti så att växthuset härvid kommer att bilda ett uterum med tak. Om detta inte görs kan temperaturen i växthuset sommartid stiga till uppemot  $+40^{\circ}\text{C}$  vid en utetemperatur på ca  $+25^{\circ}\text{C}$ . Därför är det tillrådligt att moderera temperaturen inne i växthuset med hjälp av de skjutbara glaspartierna dvs ha dem mer eller mindre öppna under sommarhalvåret. Det förhåller sig emellertid på det sättet, att även om växthuset har en hög lufttemperatur så kan



Fig 7.15 Vädringslucka i vardagsrummet.

man hålla inomhustemperaturen i husets boendedel på en acceptabel nivå. Detta tack vare att väggarna mellan växthuset och boendedelen är väl isolerade och att man kan öppna fönstren i huset för att härigenom vädra ut eventuell överskottsvärme från husets boendedel (se fig 7.15).

#### 7.7.2 Vintertid

Vintertid hålls glaspartierna stängda för att den s k växthuseffekten skall möjliggöras. Den solvärme som strålar in i växthuset jämte den lagrade värmen i värme- grunden medför att temperaturen vintertid i växthuset aldrig understiger  $\pm 0^{\circ}\text{C}$ , med åtföljande frostproblem.

Tack vare växthustakets utformning med vertikala fönsterpartier medför även ett tjockt snötäcke inga som helst problem vare sig ur instrålningssynpunkt eller konstruktiv bärighet.

Det som man behöver tänka på i övrigt vid drift och skötsel av husets uppvärmningssystem är att man skall byta ut två filter fyra gånger per år i den kombinerade värmväxlaren och varmluftsaggregatet.

I övrigt sköts och fungerar experimenthuset som vilket annat hus som helst. Rumstemperaturen ställs in med en termostat.



Mätningar har under ett års tid genomförts på ett passivt solhus i vilket ett växthus ingår. Huset har under ett år förbrukat 15 400 kWh elenergi fördelat på 8 050 kWh för uppvärmning, 2 200 kWh för tappvarmvatten och 5 150 kWh för belysning, hushållsapparater etc. Om en familj på fyra personer hade bott i huset hade den totala förbrukningen blivit ca 16 000 kWh.

Som jämförelse visar beräkningar att ett välbyggt 1 1/2-plans hus som värmeisolerats enligt SBN 80 under samma klimatbetingelser och boendevanor skulle förbruka ca 21 000 kWh. Om det passiva solhuset hade haft samma värmeisoleringsnivå som i SBN 80 skulle den årliga energiförbrukningen vara ungefär densamma som i 1 1/2-plans huset. Det passiva solhuset borde i detta fall egentligen förbruka mer energi eftersom förhållandet mellan omslutningsytan och volymen är större än för 1 1/2-plans huset. Det passiva solhuset har emellertid en värmeväxlare på ventilationsluften och erhåller ett större solbidrag. Energibesparingen som görs p g a växthuset är 4 600 kWh, vilken är av samma storleksordning som energibesparingen p g a den förbättrade isoleringsnivån jämfört med SBN 80. Växthuset utgör ett utrymme där man kan vistas en stor del av året, som inte kräver någon egen uppvärmning, utan bidrar till övriga husets uppvärmning.

Växthuset fungerar bra som en buffert vilken minskar övertemperaturerna i bostadsdelen. Under varma somrardagar blir växthuset alltför varmt. Växthusets takfönster och glasade söderfasad bör då öppnas för att därmed sänka temperaturen, vilket inte gjordes under mätåret. Fönsterisoleringar borde installeras i växthuset för att minska värmeförlusterna genom glasytorna.

Värmeväxlaren på ventilationsluften har medfört en energibesparing på ca 2 000 kWh. Om värmeväxlaren hade varit korrekt installerad hade besparingen kunnat uppgå till ca



Fig 8.1 Experimenthuset.

3 500 kWh. Dessa värden gäller för en ventilation genom värmeväxlaren på ca 0,4 omsättningar/h. Under sommarhalvåret hade det varit fördelaktigt om värmeväxlaren kunnat kopplas ur, eftersom den alltid tillför bostadsdelen +21 °C luft oavsett utetemperaturen. Övertemperaturen hade på detta sätt kunnat reducerats.

Temperaturen i bostadsdelen har ytterst sällan varit över +30 °C. Övertemperaturen kan minskas genom vädring. Utan växthus hade övertemperaturen blivit mycket högre. Även ett 1 1/2-planshus byggt enligt SBN 80 kan inomhus nå övertemperatur av samma storleksordning som i experimenthuset.

Under juni och juli månad finns mer gratisvärme att tillgå från hushållsel än vad som behövs för uppvärmning av huset. Detta gäller även delar av maj, augusti och september månad. Dessutom finns under sommarhalvåret gratisvärme i form av solvärme. I experimenthuset är storleken på gratisvärmens från hushållselen under ett år ungefär hälften av storleken på uppvärmningssystemets elförbrukning. Det är därför angeläget att kunna utnyttja energisnåla belysningar, hushållsapparater etc.

Den luftburna värmen har medfört ett behagligt inomhusklimat, fränsett tidigare nämnda övertemperaturer vilka ej kan skyllas på uppvärmningssystemet. Med bra inomhusklimat menas här: frisk luft, behaglig temperatur och låg ljudnivå. På två punkter kan dock systemet förbättras. Kapaciten hos ventilationssystemet måste ökas eftersom att idag måste man utnyttja sig av forcerad ventilation för att erhålla önskad ventilation. Återluftsmängden måste ökas därför att temperaturen på varmluften med nuvarande återluftsmängd, kan bli onödigt hög.

En nackdel med luftburen värme är att det inte går att reglera rumstemperaturen i enskilda rum. En ändring av luftflödet till ett rum påverkar balansen i ventilations-systemet och försämrar därmed värmeväxlarens energiverkningsgrad. I detta hänseende är direktverkande el att föredra. Det valda uppvärmningssystemet är för övrigt lättskött. Den boende behöver endast ställa in önskad rumstemperatur och byta luftfilter var tredje månad.

Värmelagret har fungerat otillfredställande dvs alltför liten andel av infångad solvärme har lagrats. En bidragande orsak är förmodligen att ett för litet luftflöde strömmat genom värmelagret p g a för liten fläktkapacitet. Möjligheten att kunna värma huset med luft direkt ifrån värmelagret har aldrig kunnat utnyttjas. Värmelagringsfunktionen bör förbättras och förenklas. Växthuset och värmelagret bör ses som ett slutet system, där värmelagrets funktion är att utjämna variationer i växthusets lufttemperatur. Ventilationskanalen mellan värmelager och bostadsdel bör därför avlägsnas.

Husets lufttäthet är inte tillräckligt bra. Detta gäller framförallt otätheterna vid genomföringar samt väggkonstruktionen mellan växthus och bostadsdel. Sådana problem kan lösas på ritningsstadiet.

Experimenthuset har visat att det går att bygga ett annorlunda hus och på samma gång spara energi.

Från mätresultaten bör följande slutsatser kunna dragas att användas för framtida lågenergihus. Noggranna energiberäkningar måste göras innan huset byggs och huset skall vara:

- välisolerat, för att minska transmissionsförlusterna
- tät, för att kunna ha kontrollerad ventilation och därmed möjliggöra effektiv värmeväxling
- försett med värmeväxling på ventilationsluften, under förutsättning att värmeväxlaren är korrekt installerad och injusterad
- försett med passiv solvärmeteknik, dvs kunna dra nytta av solvärme utan att åstadkomma övertemperaturer
- försett med energisnåla hushållsapparater, för att därmed undvika att gratisvärmens överskrider uppvärmningsbehovet.

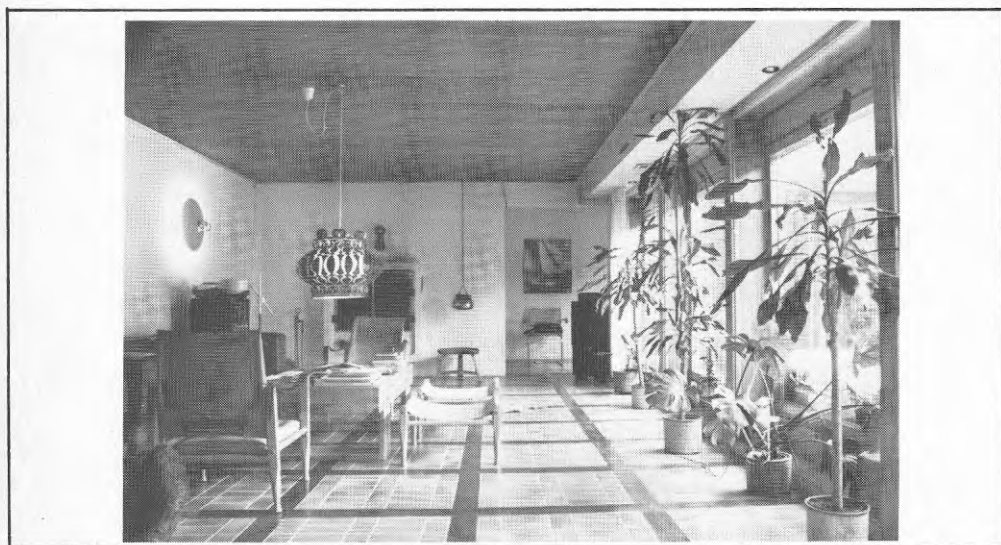


Fig 8.2

Interiör från experimenthuset.

## 9 LITTERATURFÖRTECKNING

- Abrahamson Thore, Jonson Sten, Lagerkvist Knut-Olov  
- Värme ur sol och luft med lagring i vatten och is,  
Byggforskningsrådet, Stockholm, 1981.
- Blomsterberg, Åke  
- Performance of a Low Energy Passive Solar House in  
Sweden, CIB 83 Congress, Stockholm, 1983.
- Källblad, Kurt och Adamsson, Bo  
- Byggnaders energibalans - en handberäkningsmetod,  
Lunds Tekniska Högskola, Lund, 1978.
- Lundin Leif, Aiff Olf, Blomsterberg Åke  
- Kontinuerliga ventilationsmätningar med spårgasut-  
rustning och preliminära försöksresultat, Teknisk  
Rapport SP-RAPP 1982:23, Borås, 1982.
- Mazria, Edward  
- The Passive Solar Energy Handbook, 1979.
- Palmiter, Larry and Hamilton, Blair  
- A Comparison of Performance Factors for Passive Solar  
Heating, The National Center for Appropriate Techno-  
logy, USA 1978.
- Solar Energy Research Institute  
- Program Area Plan - Performance Evaluation of Passive/  
Hybrid Solar Heating and Cooling Systems, Golden,  
Colorado, USA, 1980.
- Ståhl, Bengt och Wader, Kjell  
- Energiberäkningsprogram STAWAD, Lunds Tekniska Hög-  
skola, Lund, 1982.



## Bilaga 1

1 PASSIV SOLENERGI - BEGREPP OCH DEFINITIONER  
AV BO ULMÅS

## 1.1 Inledning

Eftersom uttrycket "passiv solenergi" återkommer vid ett flertal tillfällen har det bedömts som angeläget att beskriva innebörden av detta begrepp. Framställningen bör inte betraktas som något absolut eller definitivt, utan mera som en vägledning och information.

## 1.2 Allmänt

Det har utvecklats två metoder att utnyttja solenergi för rumsuppvärmning. De kallas passiva- och aktiva solenergisystem. De olika benämningarna härstammar från de principiella skillnaderna i sättet att alstra och bibehålla värmen. I ett renodlat passivt system är energiflödet självcirkulerande utan tillskottsenergi utifrån, medan ett aktivt system fordrar energi utifrån för att fungera. Man kan även uttrycka detta som naturligt fungerande system respektive styrda system.

Benämningen passiva-, respektive aktiva solenergisystem har en världsomspännande utbredning och kommer att användas i den fortsatta framställningen, även om uttrycket passiv solenergiteknik för gemene man kan missuppfattas med anledning av att uttrycket "passiv" har en negativ framtoning i svenskt språkbruk.

Viktigt för de passiva solenergisystemen är att de integreras med byggnaden i övrigt, så att systemet utgör en naturlig del av såväl byggnadsutformningen som konstruktionen. Detta innebär att såväl den värmealstrande som lagrande- och distribuerande funktionen integreras.

Den enklaste tillämpningen på detta är en byggnad som har stora fönster mot söder samt material som t ex be-



tong, tegel eller klinkerplattor som invändig golv- och väggbeklädnad. En del av den värme, som bildas då solstrålningen träffar materialet, absorberas av detsamma och lagras för att med en viss tidsförskjutning därefter frigöras. Rumsluften tjänstgör härvid som distributionsmedia för värmen. På detta sätt erfordras ingen utifrån tillförd energi, vare sig för värmealstring, lagring eller distribution.

Ett mindre tillskott av tillförd energi utifrån kan emellertid i vissa fall erfordras för att systemet skall fungera tillfredsställande. Denna energi kan behövas för att transportera den varma luften från värmealstringsfunktionen till lagring respektive från lagring till distribution, eller för enbart ett av dessa ändamål. System som innehåller viss, eller vissa funktioner som erfordrar energi utifrån kallas hybrida system. Det är då att märka, att tyngdpunkten av systemuppbyggnaden ligger på det passiva förfaringssättet.

Förhållanden, som måste beaktas vid utformning och dimensionering av passiva solenergisystem, sammanhänger bl a med hur stora temperaturvariationer som kan tillåtas i vistelseutrymmet. Detta och andra hänsynstaganden medför att man har principiellt olika utformning av passiva solenergisystem. Härvid kan energin tillföras ett vistelseutrymme direkt, eller indirekt enligt följande:

Det direkta utnyttjandet innebär att solstrålningen överförs genom t ex glas till det inre av byggnaden för lagring och distribution. Eftersom såväl solmottagningen (värmealstringsfunktionen) som lagringen sker inne i byggnaden, erfordras en viss värmelagringskapacitet per instrålningsyta.

Vid det indirekta utnyttjandet av solstrålningen är solmottagningen (värmealstringsfunktionen) och/eller lagringsfunktionen placerad exteriört. Därifrån överförs den lagrade energin till utrymmet som skall uppvärmas.

Eftersom den värmealstrande och/eller lagrande funktionen är separerad från vistelseutrymmet minskas temperaturvariationerna inom dessa utrymmen, medan större temperaturvariationer kan tillåtas utanför den egentliga vistelsefunktionen.

### 1.3 Olika systemtyper

Beroende på utförandemässiga och termiska olikheter kan såväl de direkta som de indirekta systemen indelas. Det bör i detta sammanhang poängteras, att den här gjorda indelningen inte till alla delar stämmer överens med andra indelningar, utförda framför allt i USA. Begreppstolkningarna och använd terminologi är en följd av att teknologin är i sin linda och ännu inte har blivit föremål för internationellt och nationellt standardiserings- och nomenklaturförfarande.

Modellen i figur 1.1 som beskriver de olika systemen är baserad på deras förhållande till varandra samt på funktionernas inbördes ordning.

### 1.4 Termosifonsystem

Värmealstringsfunktionen är placerad på sydväggen av byggnaden, som skall uppvärmas. Systemet fungerar på så sätt, att en luft- eller vätskepelare värms upp. Härigenom minskar densiteten, varvid luft- eller vätskepelaren förflyttas uppåt. Denna rörelse förstärks av att en kallare, tyngre pelare pressar på underifrån. Eftersom systemet är slutet, medför detta att den kallare pelaren efterhand värms upp, förflyttas uppåt och ersätts av en kallare och tyngre pelare underifrån osv. Den konvektionsström, som på detta sätt bildas, utgör en s k termosifonisk rörelse, vilken fortsätter sitt kretslopp så länge pelaren underifrån är kallare och därmed tyngre än den som passerar värmealstringsfunktionen. Den uppvärmda luften eller vätskan kan användas för direktuppvärmning av

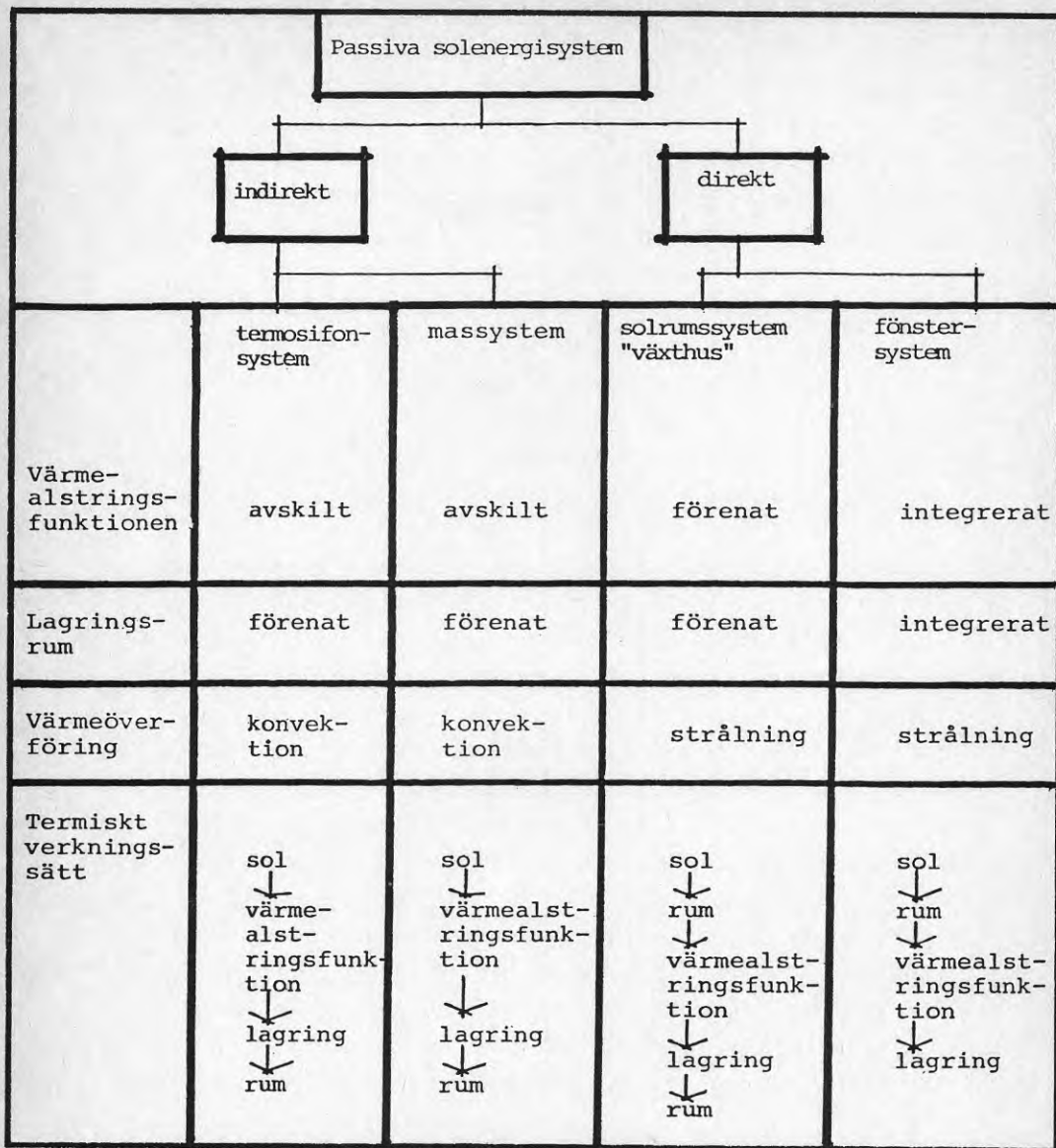


Fig 1.1

byggnaden eller för uppvärmning av ett värmelager. Då solen inte skiner, dvs då värmealstringsfunktionen inte längre är i verksamhet, är det av vikt att förhindra att den kallare pelaren med luft eller vätska ersätter den uppvärmda luften i byggnaden respektive "tappar" värmelagret på energi. Detta omvändande reaktionsförlopp kan förhindras genom att rummen som skall uppvärmas alt värmelagringsfunktionen lokaliseras högre än värmealstringsfunktionen. Detta medför att när det omvända reaktionsförloppet startar, kommer returpelaren att erhålla samma temperatur som värmealstringsfunktionen. Härigenom motverkas effektivt omvänt flöde. Omvänt reaktionsförlopp kan även förhindras genom att man använder ventiler som endast tillåter flöde i en riktning.

Termosifonsystem har länge använts i USA för att värma tappvarmvatten. Värmealstringsfunktionen är härvid monterad nedanför vattentanken, som tjänstgör som lagringsfunktion för värmen. Denna typ av termosifon har ringa storlek och kan enkelt installeras i såväl gamla hus som vid nybebyggelse. Termosifonsystemet är det enda passiva solenergisystem som även används för uppvärmning av tappvarmvatten. Som tidigare nämnts, är de passiva systemens primärfunktion uppvärmning av rumsluft.

Termosifonsystemen kan byggas direkt på plats. Det vanligaste härvid är att överföringsmediat är luft för såväl värmealstringsfunktionen som lagring och distribution ges en noggrann "termisk planering" för att så stor verkningsgrad som möjligt skall åstadkommas.

Värmelagret är effektivast om det placeras under de rum som skall uppvärmas (se fig 1.2). Detta beroende på att den varma luften stiger uppåt, vilket medför enkla och väl fungerande styr- och regleringsanordningar för det naturligt fungerande systemet.

Utformningsmässigt medför det beskrivna systemet att byggnadens fasad mot söder erfordrar en relativt hög utformning. Detta kan emellertid till en del undvikas

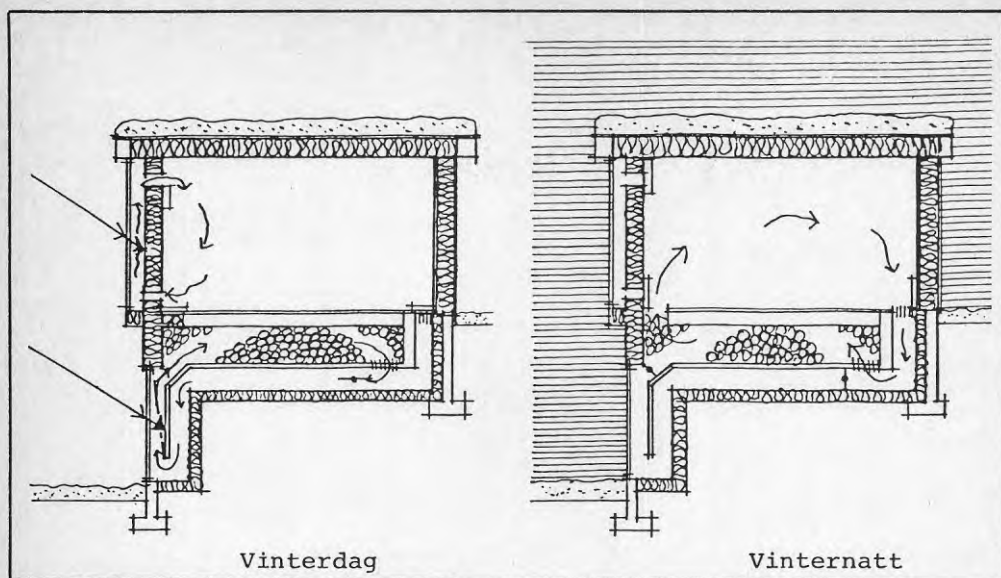


Fig 1.2 Termosifonsystem med luft.

om man använder sig av ett speciellt styrsystem för luft- eller vätskepelaren, vilket medför att värmealstringsfunktion och värmelager placeras på samma höjd. En annan väg att komma tillrätta med detta förhållande kan vara att separera funktionerna så att värmealstringsfunktionen placeras på avstånd från lagringsfunktionen.

Ytterligare ett alternativ är att placera lagringsfunktionen i taket på byggnaden och värmealstringsfunktionen på söderfasaden. Detta förfaringssätt erfordrar bl a ett distributionssystem som transporterar den uppvärmda luften eller vätskan från taknivån till golvnivån.

De beskrivna tillvägagångssätten med termosifonsystem är långt ifrån färdigutvecklade, såväl vad det gäller design, materialval, konstruktion, etc, varför det ännu är för tidigt att uttala sig om systemens effektivitet, hållbarhet m m.



Det beskrivna tillvägagångssättet utgör emellertid en mycket intressant inriktning inom den passiva solenergitekniken.

## 1.5 Masssystem

### 1.5.1 Allmänt

Den andra formen av indirekt system är de s k masssystemen. Av dessa finns det tre typer, nämligen TROMBEVÄGG (Mass Storage Wall), VATTENLAGRINGSVÄGG (Water Storage Wall) och "LAGRINGSTAK" (Mass Roofs).

Den första typen av lagringsvägg, den s k Trombeväggen, har erhållit sin benämning efter upphovsmannen, fransmannen Michele Trombe. Trombeväggen avser en ytterväggstyp, som har fast material, som t ex betong, sten eller tegel, som värmelagringsfunktion.

Verkningsprincipen för de bägge första typerna Trombevägg och vattenlagringsvägg, är att lagringsfunktionen är placerad vertikalt i söderfasaden på byggnaden. Framför lagringsfunktionen är glas, plast el dyl placerad med ett luftmellanrum mellan lagringsfunktionen och det yttre skiktet. Den värmealstrade funktionen åstadkommes genom att ytan på värmelagringsfunktionen mörkbehandlas eller förses med ett speciellt selektivt skikt el dyl.

I luftmellanrummet är en rörlig isolering placerad, som har till uppgift att framför allt nattetid förhindra att den energi som finns i lagringsfunktionen, respektive i rummet innanför väggar, passerar ut genom glas- eller plastskiktet, utan i stället kommer rummet innanför tillgodo. Lagringsfunktionen är försedd med ett reglerbart ventilationssystem, som består av horisontella kanaler, såväl vid golv som tak. Denna kanalutformning motiveras av att det härigenom åstadkommes en cirkulationsrörelse i luften mellan lagringsfunktion och glas- resp plastskiktet, respektive rummet innanför lagringsväggen. Detta innebär att den värme som inte lagras i



lagringsfunktionen medföljer cirkulationsluften ut i rummet.

Den tredje typen "lagringstank" (Mass Roof) har lagringsfunktionen placerad horisontellt i stället för vertikalt.

Väggar och tak, som byggs enligt de beskrivna principerna, kan utföras såväl prefabricerade som platsbyggda. Förutom de utformningsmässiga, konstruktiva, isolerande och tätande funktionerna har man härigenom tillfört dessa byggnadselement ytterligare en funktion, nämligen den solenergiupptagande, värmealstrande funktionen. Fönster kan även utmärkt väl inplaceras i de söderriktade väggarna.

Ett förhållande som med största sannolikhet kommer att beaktas i framtiden är de möjligheter som finns att "konvertera" befintliga byggnaders söderfasader- och takytor till masssystem enligt det beskrivna tillvägagångssättet. Härvid är det byggnader uppförda i tegel, betong eller sten som är bäst lämpade för detta, men även trähus kan tillföras den erforderliga värmelagringskapaciteten via tegelmurar, betonggjutning, etc. Den befintliga bebyggelsen utgör härigenom en utomordentligt stor resurs att på ett enkelt och billig sätt tillvarata energin från solen.

Det är att märka att masssystemen även kan användas omvänt, dvs för avkylning. Verknings sättet blir det omvända genom att den rörliga isoleringen dagtid är fördragen framför lagringsfunktionen. Den värme som bildas mellan isoleringsfunktionen och lagringsfunktionen ventileras ut i det fria. På detta sätt lagras inte värme i lagringsfunktionen dagtid. På natten fråndrages den rörliga isoleringen, vilket har till följd att den kyliga nattluften medför att lagringsfunktionen blir avkyld. Lagringsfunktionen fungerar således som en kylkropp dagtid. Det skall för övrigt nämnas, att andra passiva solenergisystem även kan användas för avkylning av byggnader.

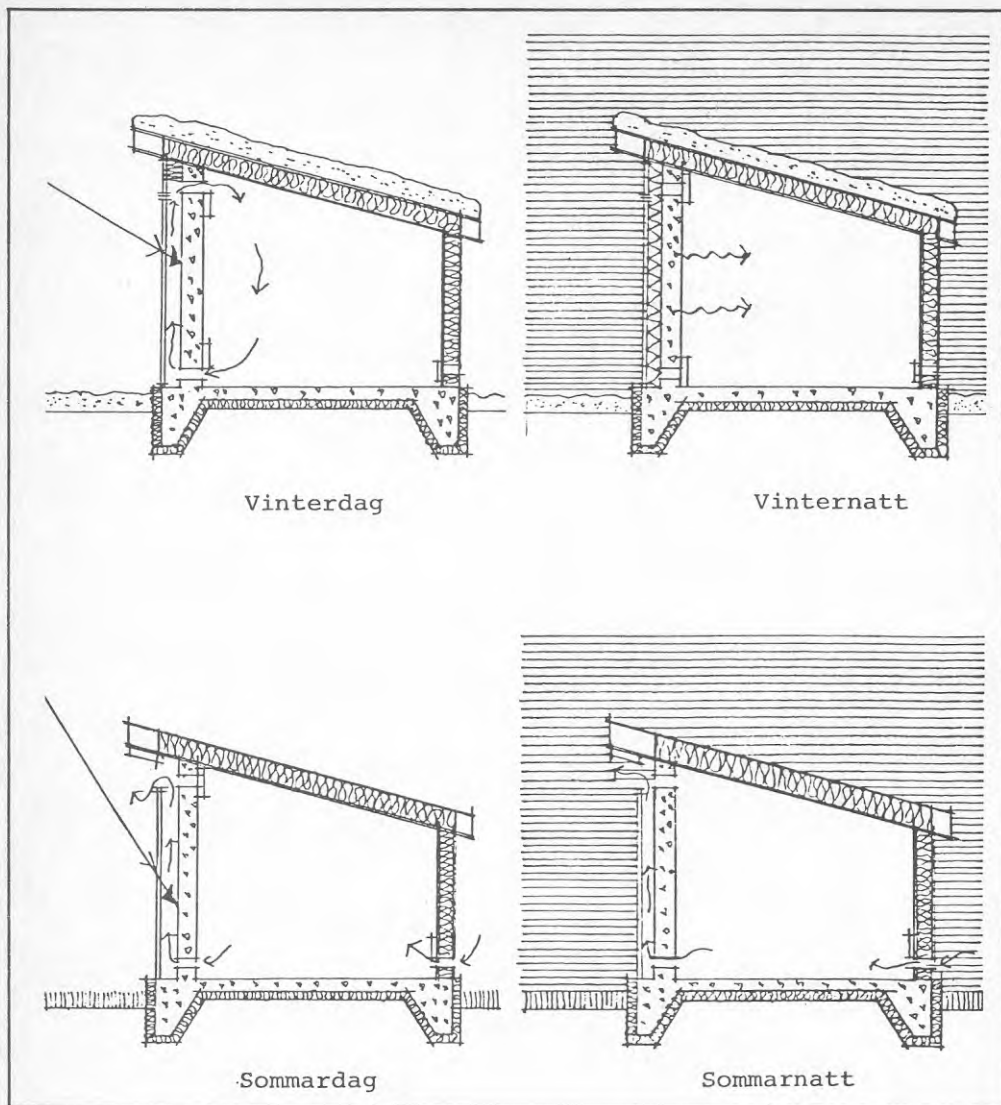


Fig 1.3 Trombevæg.

### 1.5.2 Trombevæg (Mass Storage Wall)

Som nämnts tidigare består den lagrande funktionen av fast massa som betong, tegel eller sten.

Det principiella verkningssättet för denna väggtyp framgår av figur 1.3, där såväl säsongs- som dygnsvariationerna beskrivs.

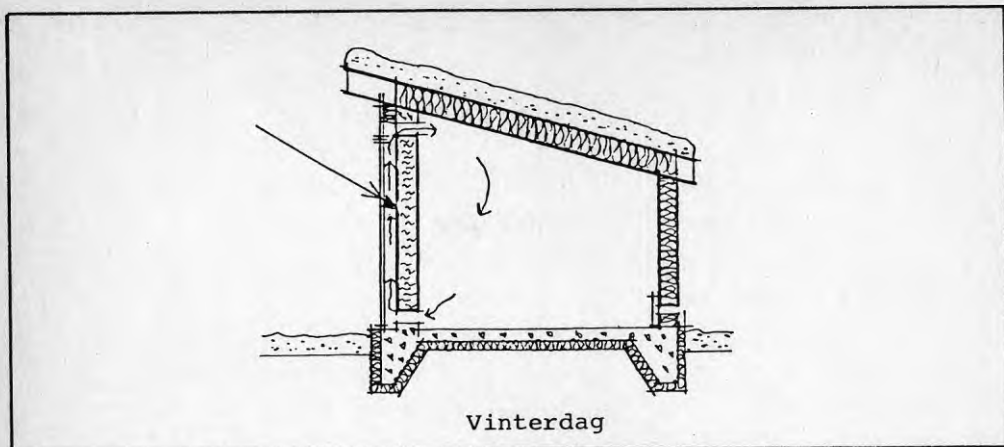


Fig 1.4 Vattenlagringsvägg.

### 1.5.3 Vattenlagringsvägg

Lagringsfunktionen utgörs av vattenbehållare som är integrerade med ytterväggen (se fig 1.4).

### 1.5.4 Lagringstak

Lagringsfunktionen utgörs av horisontella behållare fyllda med vatten. Yttertaket utformas så att solljus kan stråla mot dessa horisontella behållare, vilka är för-

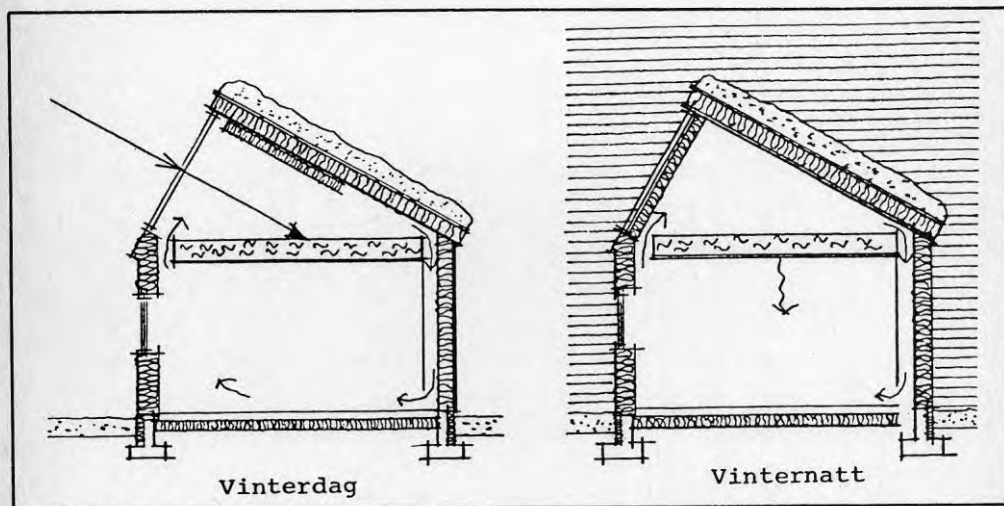


Fig 1.5 Lagringstak.

sedda med värmealstrande yta. Principen och verknings-sättet framgår av figur 1.5.

#### 1.6 Solrumssystem (Solar-Space, växthus)

Solrumssystemen fungerar enligt principen direkt solinstrålning genom ett glas- eller plastskikt med åtföljande värmelagring och våglängdsomvandling (i dagligt tal kallad växthusprincipen), se fig 1.6.

Solrummet utgör inte ett primärt vistelseutrymme, vilket medför att större temperaturfluktuationer kan tillåtas i detta utrymme än vad fallet är för utrymmen där man stadigvarande vistas. Solrummet (växthuset, atriumgården etc) adderas till den övriga byggnadskroppen. Detta bör ske på ett medvetet sätt så att solrummet, med dess primärfunktion, solvärmeinfångning, integreras med den övriga byggnaden på ett utformnings- och konstruktionsmässigt riktigt sätt, liksom att den termiska planeringen blir den optimala.

Lagringsfunktionen i solrummet kan utgöras av golvet jämte ev väggar. Dessa kan kompletteras med separata lagringsfunktioner, t ex slutna vattencisterner, betongmurar el dylikt. Ett annat tillvägagångssätt är att föra ner den alstrade värmen till grunden under växthuset, via ett enkelt kanalsystem, för lagring. Lagringsmassan kan härvid utgöras av stenmaterial.

Distributionssystemet för värmen från solrummet integreras med byggnadens övriga uppvärmnings- och ventilationssystem. Detta kan ske antingen genom reglerbara fläktförsedda ventiler eller genom fönsteröppningar.

Som framhållits tidigare är solrummets primära funktion solvärmeinfångning och lagring. Emellertid kan detta utrymme även med fördel användas för odling av köksväxter, blommor etc. Det medför även ett/en boende- och trivselsynpunkt betydande tillskott, vilket är

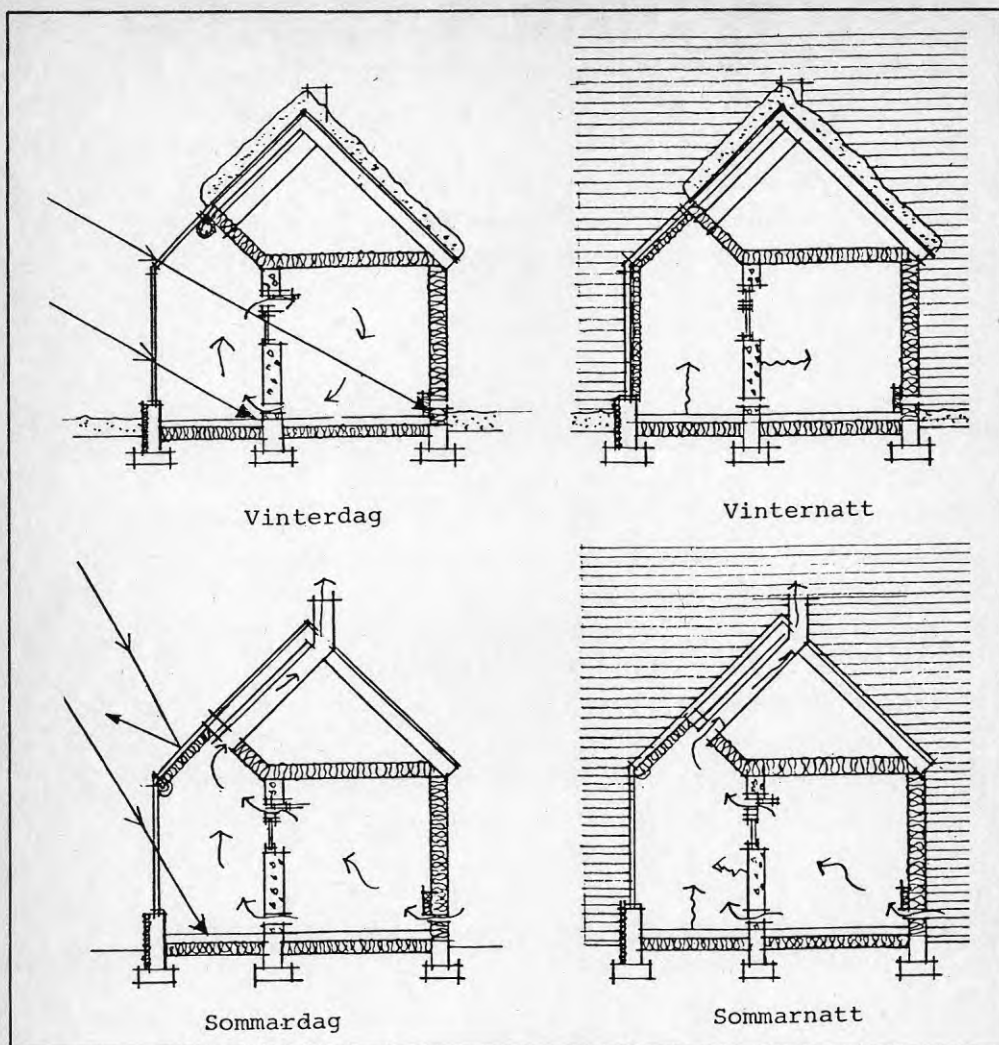


Fig 1.6 Solrumssystem.

av betydelse i ett klimat som vårt.

### 1.7 Fönstersystem

Solstrålningen passerar genom söderplacerade vertikala fönster eller takfönster. En typ av fönster som förekommer i USA och Canada, är det så kallade clerestory-fönstret, vilket består av ett vertikalt fönster integrerat med takkonstruktionen. Detta arrangemang möjliggör bl a solinstrålning till en lagringsfunktion placerad i norr-

delen av en byggnad, t ex en vägg. Detta i sin tur medför att det blir en jämnare temperaturfördelning mellan söder- resp norrsidan av byggnaden än vad som är fallet vid enbart söderuppvärmning. För uppnående av optimalt förhållande mellan den passiva solenergin och fönstrens isoleringsförmåga förses dessa med rörliga isoleringar. Detta för att förhindra den avsevärda värmeförlusten genom fönster, framför allt nattetid, som annars blir fallet.

Då solinstrålningen passerat glaset, träffas material i byggnaden av densamma. Beroende på materialets beskaffenhet ur termisk synpunkt kan mer eller mindre värme lagras i det. Härvid gäller, att material med hög densitet och stor ledningsförmåga, t ex tegel, betong, klinker, lagrar mer värme än material med låg densitet och liten ledningsförmåga, t ex trä, textilier etc. Detta medför att om man vill åstadkomma så stor värmelagring som möjligt genom solinstrålningen, så skall man planera fönsterplacering och materialval på sådant sätt, att stor yta av material med hög densitet och stor ledningsförmåga utsätts för direkt solstrålning.

Betydelsen och användningen av de rörliga isoleringsfunktionerna framgår av fig 1.5 och 1.6. Även avskuggningsfunktionen sommartid anges.



## Bilaga 2

## 2 ENERGIBERÄKNINGSPROGRAMMET STAWAD-SP

## 2.1 Inledning

Programmet har utarbetats vid institutionen för Husbyggnadsteknik vid Lunds Tekniska Högskola. Programmet finns presenterat i ett examensarbete av Bengt Ståhl och Kjell Wader. Kjell Wader är numera anställd vid Husbyggnadsteknik för att bl a vidareutveckla STAWAD.

## 2.2 Kort beskrivning av programmet

Programmet är ett datorprogram som med hjälp av timvärden på klimatet beräknar en byggnads energiförbrukning för längre tidsperioder, exempelvis ett år. Datorprogrammet tar hänsyn till solens inverkan och byggnadens dynamik, dvs dess förmåga att kunna lagra värme i de olika byggnadsdelarna. Hänsyn kan även tas till gratisvärme i form av t ex personvärme. En dygns-, vecko-, månads- och årsprofil för gratisvärmerna kan specificeras. Byggnaden betraktas som en zon med sex stycken sidor. Uppvärmningsbehovet och kylningsbehovet för denna zon beräknas. Ventilationen kan varieras enligt en förutbestämd profil. Max och min innetemperatur specificeras.

## 2.3 Körning av programmet

För att köra programmet behövs tre filer:

- en klimatfil
- en byggnadsfil
- en driftfallsfil.

## Bilaga 3

## 3 DEMONSTRATIONSTAVLA I EXPERIMENTHUSET

Syftet har varit att i huset som ingår i projekt passiv solvärmeteknik på Teleborgsområdet i Växjö åskådliggöra den passiva solvärmetekniken. Detta har gjorts genom att i huset montera en tavla med principskiss och genom att montera visarinstrument och givare som presenterar momentanvärden av intressanta temperaturer och energiflöden.

Tavlan är försedd med tre visarinstrument:

Ett visarinstrument som med en omkopplare visar följande temperaturer

- utomhustemperatur
- inomhustemperatur
- växthustemperatur
- värmelagertemperatur
- T-luftstemperatur före VVX
- T-luftstemperatur efter VVX
- T-luftstemperatur efter elbatteri
- F-luftstemperatur före VVX
- F-luftstemperatur efter VVX

Ett visarinstrument som visar

- solinstrålningen

Ett visarinstrument som visar

- elvärme för uppvärmning (hittills under dygnet förbrukad) + glimlampor som lyser när värmen är på

Tavlan är 70 cm x höjd 90 cm (varav 20 cm för visarinstrumenten) och visar

- dels en plan av huset med mätpunktspacering
- dels principen för uppvärmningssystemet
- dels i ord en kort beskrivning av passiv solvärmeteknik

(se även fig 3.1)

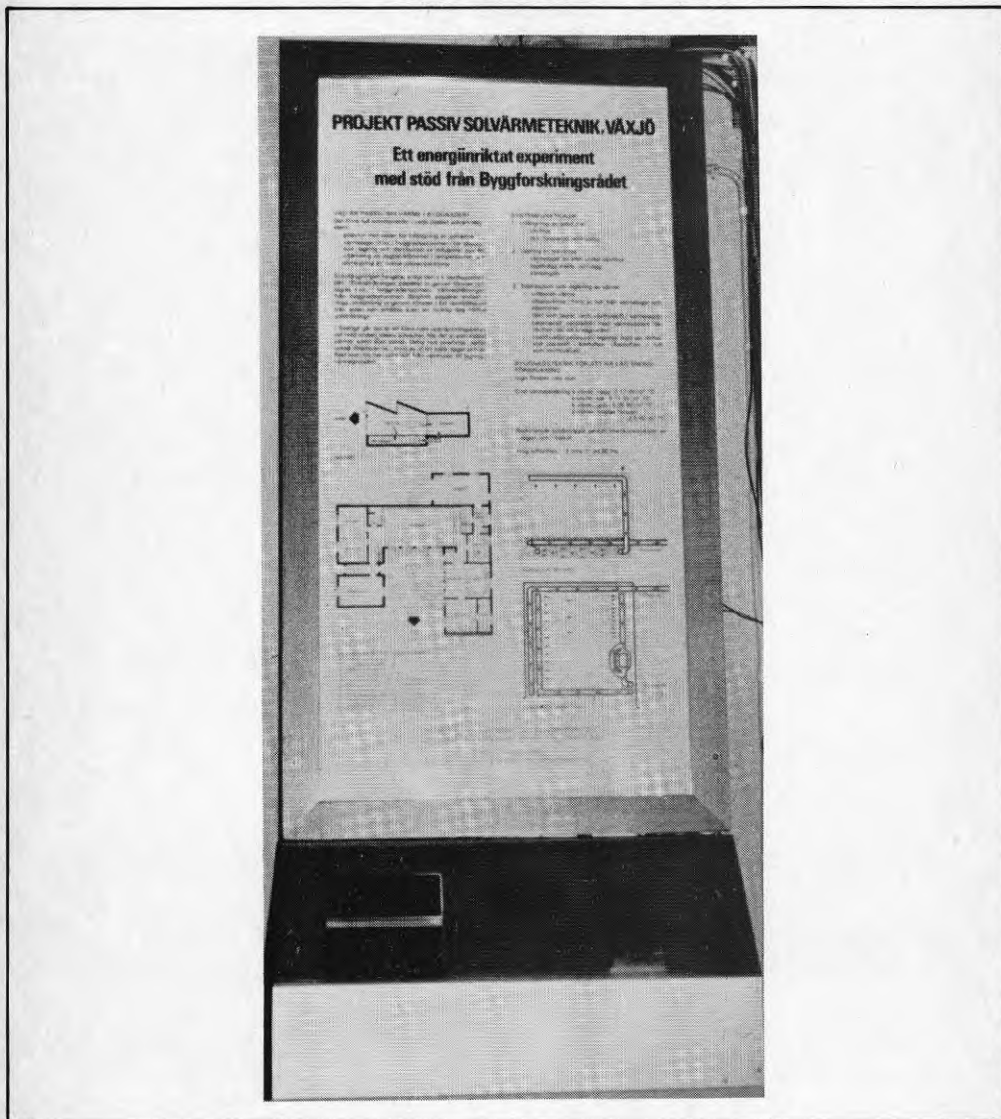


Fig 3.1 Demonstrationstavla i experimenthuset.









**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag  
810560-0 från Statens råd för byggnadsforskning  
till Laboratoriet för byggnadsfysik vid Statens  
provningsanstalt, Borås.**

**R16: 1984**

**ISBN 91-540-4082-5**

**Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm**

**Art.nr: 6704016**

**Abonnemangsgrupp:  
W. Installationer**

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

**Cirka pris: 45 kr exkl moms**