



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.



## Energisnålt hus i Sorunda

Projektering, uppförande och  
utvärdering av 1½ plans enfamiljshus  
med luftburen värme

**Knut Enarsson**  
**Kurt Nyberg**

INSTITUTET FÖR BYGGDOKUMENTATION	
Accnr	80-2560
Plac	Ser

K  
ANL

R169:1980

ENERGISNALT HUS I SORUNDA

Projektering, uppförande och utvärdering  
av 1½ plans enfamiljshus med luftburen  
värme.

Knut Enarsson  
Kurt Nyberg

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 770068-5  
från Statens råd för byggnadsforskning till NAB,  
Stockholm och Axel Johnson Institutet för Industri-  
forskning, Nynäshamn.

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

R169:1980

ISBN 91-540-3412-4  
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

LiberTryck Stockholm 1980 059014

## INNEHÅLL

	FÖRORD.....	5
	SAMMANFATTNING.....	7
1.	INLEDNING.....	9
2.	FÖRSTUDIE.....	11
2.1	Energiförbrukning.....	11
2.2	Energitillskott från solfångare.....	11
2.3	Energibesparande åtgärder.....	12
3.	PROJEKTERINGSFAS.....	19
3.1	Planlösning.....	19
3.2	Transmissionsförluster.....	19
3.3	Ventilationssystem.....	24
3.4	Uppvärmningssystem.....	26
3.5	Varmvattenssystem.....	29
3.6	Beräknade energibalanser.....	31
4.	BYGGFAS.....	39
4.1	Grundarbeten.....	39
4.2	Byggnadsbeskrivning.....	39
4.3	Tätskikt.....	40
4.4	Elsystem.....	40
4.5	Värme och ventilationssystem.....	42
5.	PROVNINGSFAS.....	45
5.1	K-värde bestämning.....	45
5.2	Provtryckning.....	45
5.3	Termofotografering.....	47
5.4	Provningsprogram.....	47
5.5	Preliminär utvärdering.....	48
5.5.1	Kallaste dag.....	48
5.5.2	Nedsättning av temperatur.....	48
5.5.3	Solinstrålning.....	52
5.6	Systemförändringar.....	52
5.6.1	Temperaturförlopp och effektbehov kallaste dag vid 1000 m <sup>3</sup> /h.....	52
5.7	Proverperiod 1/7-79 - 30/6-80.....	55
5.7.1	Energiflöden och temperaturer månad för månad.....	55
5.7.2	Korrigerade värden på energi- förbrukningen.....	59
5.7.3	Jämförelse mellan husen vid normalförbrukning.....	59
5.7.4	Energiförbrukning i övriga hus.....	59
6.	DISKUSSION OCH SLUTSATS.....	61
6.1	Energibesparing.....	61
6.1.1	Värmesystem.....	61
6.1.2	Ventilationssystem.....	61
6.1.3	Varmvatten.....	61
6.2	Slutsatser.....	61
7.	LITTERATUR.....	63
	BILAGOR.....	65



## FÖRORD

Föreliggande rapport redovisar det arbete som bedrivits i samarbete mellan NAB, Stockholm och Axel Johnson Institutet för Industriforskning i Nynäshamn. Syftet var att minska energiförbrukningen i enfamiljsfastigheter av den typ som är mest producerad inom NAB.

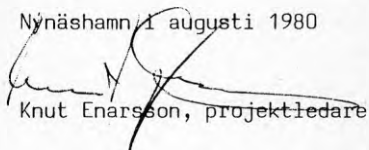
Arbetet har bedrivits med stöd av Statens Råd för Byggnadsforskning och har letts av en referensgrupp bestående av ledamöter från NAB:s regionskontor och från Institutsledningen. Under referensgruppen har en arbetsgrupp, ledd av projektledaren, genomfört de uppgifter som varit nödvändiga för att uppfylla målsättningen:

Att utveckla ett system som med utnyttjande av i huvudsak beprövade komponenter möjliggör produktion av ett modifierat standardhus med så låg energiförbrukning som ekonomiskt är möjligt med hänsyn till rådande och förväntade bestämmelser och energipris.

Formuleringen av målsättningen trycker hårt på ekonomin i serieproduktion, medan dörren hålls öppen för introduktion av energibesparande anordningar som förutses komma fram under projekteringstiden.

En målsättning har dessutom varit att energibehovet för 1 ½ plans huset utan källare skall reduceras till 50 % i jämförelse med de hus som byggs enligt SBN 75 med ändringar som gällde 1976.

Nynäshamn 1 augusti 1980



Knut Enarsson, projektledare

Referensgruppen har bestått av följande ledamöter från NAB och Axel Johnson Institutet (AJI).

G. Stensgård, NAB Örebro	Ordf.
K. Enarsson, AJI	Sekr.
H. Holst, NAB Stockholm	
B. Högberg, AJI	
E. Ivansson, NAB Malmö	
L. Ramqvist, AJI	

Arbetsgruppen har haft följande sammansättning:

L. Hägre, NAB  
 O. Jansson, NAB  
 J. Archer, AJI  
 K. Enarsson, AJI  
 S. Håkansson, AJI  
 K. Nyberg, AJI





## SAMMANFATTNING

Föreliggande rapport omfattar projektering, uppförande och undersökning av ett lågenergihus i Sorunda.

Huset projekteras att förbruka c:a 50 % av den tillskottsenergi som ett lika stort hus som byggts enligt SBN 75 skulle förbruka under likartade förhållanden.

Målet uppnås genom att:

Huset byggs med luftburen takvärme som ger samma eller högre komfort i vistelsezonen som konventionella elradiatorer men vid minst 1°C lägre temperatur i rummet.

Värmeåtervinning ur ventilationsluft inkluderande markrör för förvärmning eller avkylning av tilluft.

Värmeåtervinning ur avloppsvatten

Förhöjd isolering som sänker k-värdet 12 %.

Uppföljning av lågenergihuset och jämförelse med energiförbrukningen i ett lika stort och på samma sätt bebott referenshus, visar att under ett år (eldningssäsongen 1979-1980) är energiförbrukningen i lågenergihuset 51 % av energiförbrukningen i referenshuset om husen byggts utan källare.

I verkligheten blev den uppmätta besparingen lägre beroende på att ventilationsgraden i referenshuset endast var c:a 0.3 oms/h, medan lågenergihusets ventilation justerats i enlighet med normkravet 0.5 oms/h.

Besparingen av energi blev under provperioden högre än det projekterade i procent räknat beroende på att provperioden var kallare än normalt. Detta innebär att besparingsåtgärderna är effektivare ju längre norrut hus av denna typ byggs. Den valda mer-isoleringen är för normalåret maximalt utnyttjad under sommar-månaderna då det teoretiskt krävs kyla för att hålla temperaturen vid 20°C. Denna kyla erhålles ur ett markrör som utjämnar tilluftens temperatur och ger c:a 1 kW värmeeffekt på kallaste dag samt c:a 600 W kyleffekt varmaste dag.

Projekteringen av lågenergihuset och provningen av det bebodda huset visar att i jämförelse med referenshuset har målsättningen uppnåtts att med tillgänglig teknik reducera energiförbrukningen i 1½ plans kedjehus till hälften av den energi som åtgår i lika stort hus byggt enligt SBN 75.



## 1. INLEDNING

Den drastiska ökningen av energipriset som skett under tiden efter den så kallade oljekrisen 1973 har föranlett många och stora ansträngningar att reducera behovet av inköpt energi.

Ett led i denna strävan har varit att studera möjligheterna att utnyttja solen som energikälla. En annan målsättning har varit att reducera behovet av primärenergi genom i många fall extrema isoleringsgrader. En tredje riktlinje har förespråkats återvinning av energi i största möjliga utsträckning.

Tekniskt framstår samtliga av de nämnda alternativen som möjliga, med större eller mindre grad av komplicerade system för styrning och övervakning. Studeras däremot ekonomin i sammanhanget framstår det tämligen klart, att systemen måste vara mycket enkla och kunna fungera utan dyr service och reparationsarbeten i många år för att kunna motivera sin plats i ett enfamiljshus.

Boendemässigt är det vidare nödvändigt att de valda systemen ger lika hög eller högre komfort i vistelsezonen som de byggnader som tidigare byggts haft, samtidigt som kraven på tekniskt kunnande från fastighetsskötarens sida måste sättas lågt.

Temperaturnivån i vistelsezonen i bostadshus är låg i jämförelse med den möjliga temperaturnivå primärenergikällorna kan komma upp till. En eftersträvansvärd utveckling är därför att dimensionera ett husuppvärmningssystem så att kravet på temperaturnivån på primärvärmekällan kan sättas lågt.

Med endast några grader över rumstemperaturen på värmekällan fordras stora värmeavgivande ytor även i ett hus med lågt k-värde. Stora ytor finns tillgängliga i tak, golv och väggar. Emellertid ger golv och väggvärmen upphov till system, där värmebäraren luft eller vatten kräver en sluten cirkulation. Vad gäller vattenburen värme i byggnadstommen är risken för läckage och därmed svårreparerade byggsador stor. Luft som är varmare än rumstemperaturen ligger kvar vid taket och kan därför avge värme till takkonstruktionen. På detta sätt erhålles en vistelsezon utan konvektionsströmmar, vilket innebär att lufttemperaturen kan hållas låg.

För att uppnå önskad temperatur på uppvärmningsluften styrs inkommande temperatur på luften av en temperaturreglerad vattenkonvektor, vars högsta temperatur valts till 40°C (vid LUT -18°C). Med denna relativt låga temperatur kan spillvärme, solvärme eller annan lågtemperaturkälla användas.

Detta lågtemperatursystem i kombination med friströmmande luftburen takvärme samt värmeåtervinning ur frånluft och avloppsvatten ger med något högre k-värden än SBN 75 i väggar och tak en energiförbrukning 50 % lägre än motsvarande hustyp byggd enligt SBN 75.

## 2. FÖRSTUDIE

Innan projektet startades gjordes en förstudie av olika möjligheter att tillföra erforderlig värmemängd till ett 1 ½ plans enfamiljshus (bostadsyta 150 m<sup>2</sup>).

### 2.1 Energiförbrukning

#### Transmissionsförluster

Huset antages isolerat något högre än SBN 75 föreskriver.

	vägg	tak	golv
k-värde W/m <sup>2</sup> °C	0.23	0.12	0.30
Enl. SBN 75	0.30	0.20	0.30

Med ovanstående isoleringsgrad behöver 4.50 kW värmeeffekt anslutas till det enligt SBN 75 byggda huset och 3.97 kW till det något högre isolerade huset. Vid LUT -18°C, som gäller i Stockholmstrakten, blir husets mörker k-värde 105 W/°C och motsvarande för SBN-huset 118 W/°C.

Den här valda isoleringsgraden ger 11 % lägre energiförbrukning än standardhuset.

#### Ventilationsförluster

Husets uppvärmda volym 350 m<sup>3</sup> förutsättes omsättas 0.4 ggr/h. Detta motsvarar ett luftflöde på 140 m<sup>3</sup>/h. Vid LUT -18°C höjes mörker-k-värdet med 68 W/°C. vid en antagen fukthalt på 40 % r.f. i luften, vilket motsvarar 8300 kWh/år.

För huset blir den totala energiförbrukningen för transmission och ventilation vid 122000 °h/år (20°C).

Lågenergihus	105+68 = 173 W/°C	21.100 kWh
enl. SBN 75	118+68 = 186 W/°C	22.700 kWh

Energiförbrukningen fördelat över året framgår av kurva 1.

### 2.2 Energitillskott från solfångare

#### Uppvärmning

Beräkningar har genomförts för den totalt inkommande solenergin från 50 m<sup>2</sup> solfångare fördelat över året, kurva 2.2.I, samt för en solig respektive mulen januardag (21) med yttemperaturen på solfångaren inlagd som parameter, kurva 2.2.II Jämföres kurva 2.2.1 med kurva 2.1.I finner man, att en mycket liten del av den infångade solenergin kan tillgodogöras i husets uppvärmningssystem om kollektortemperaturen valts till 60°C.

Eftersom energi för transmissionsförluster är helt dominerande under vintermånaderna december-februari, synes det tydligt att det inte lönar sig energimässigt att investera i så mycket som 50 m<sup>2</sup> solfångare.

#### Varmvatten

I ett enfamiljhus förbrukas c:a 5000 kWh/år för varmvattenberedning (referens 1; Munter).

Av dessa 5000 tillförda kWh kommer 3500 att rinna bort med avloppet medan 1500 kommer tillgodo i form av värme från varmvattenberedare och värmeavgång från upphällt vatten. En del av de 5000 kWh som förbrukas för uppvärmningen av varmvattnet kan tillföras med värme från solfångare.

Nedanstående tabell visar infångad energi från 10 m<sup>2</sup> solfångare av tvåglas-utförande och med solfångaryta vars egenskaper satt till  $\alpha = 0.90$  och  $\epsilon = 0.20$  och vattnet värms till 50°C.

Tabell 2.2.I

Månad	Infångad solenergi Wh/dag m <sup>2</sup>	Infångad solenergi kWh/månad
januari	0	0
februari	100	28
mars	700	217
april	900	270
maj	1000	310
juni	1170	351
juli	1280	396
augusti	1410	437
september	1190	357
oktober	530	164
november	0	0
december	0	0
		<hr/> 2530

Den inbesparade energin utgör 2530 kWh/år och då är augusti försörjd till 100 % medan året totalt har en försörjningsgrad på c:a 50 %.

### 2.3 Energibesparande åtgärder

Av ovanstående beräkningar och jämförelser med hus byggda enligt SBN 75 framgår att de största energivinsterna torde göras genom att återvinna värme som eljest går förlorad i normalt system för husuppvärmning. Därmed är sagt att isolationsgrader större än de som här nämnts är tveksamma ur lönsamhetssynpunkt, då husets byggkostnad blir alltför hög men energi-

vinsten endast måttlig.

Ventilationssystemet blir däremot mycket energisnålt om en luft/luft värmeväxlare insättes och där 75 % av värmemängden återvinnes. Ventilationsgraden 0.4 oms/h (kontrollerad ventilation; 0.1 okontrollerad) är satt för att befria huset från besvärande odör och fukt. I fukten finns bundet ämnen som är oönskade i huset och som lösts i vattnet. Återvinning av fukt är en energimässigt lönsam åtgärd men hälsomässigt tveksam. Enär direkt skadliga ämnen kan finnas i luftfukt-återvinnaren och anrikas i husets vistelsezon. Det enda som skall återvinnas är värmeinnehållet i frånluften, vilket skall ledas till tilluftssystemet och på detta sätt minska uppvärmningsenergin.

Frånluftens värmeinnehåll 8300 kWh/år består av 5600 kWh värmeinnehåll i luft och 2700 kWh värmeinnehåll i fukten vid 40 % relativ luftfuktighet. Med 75 % verkningsgrad återvinnes 6225 - 4200 kWh/år beroende på hur stor del av fukten som kondenserar och avger värme till inkommande luft. Om relativa fuktigheten är lägre än 40 % minskar likaså värmemängden motsvarande. Värmeväxlare för ventilationsluften synes därför vara en åtgärd som skulle vara lämplig att införa i systemet.

#### Varmvatten

Som ovan nämnts är varmvattenförbrukningen sådan att 5000 kWh åtgår för att förse ett enfamiljshus med varmvatten under ett år. Av denna värmemängd kommer 3500 kWh att följa med vattnet i avloppet. I hushållet förbrukas 3500 kWh/år enligt beräkningar utförda av Munter (Ref. 1). Av dessa 3500 kWh kommer c:a 1000 kWh att tillföras avloppet.

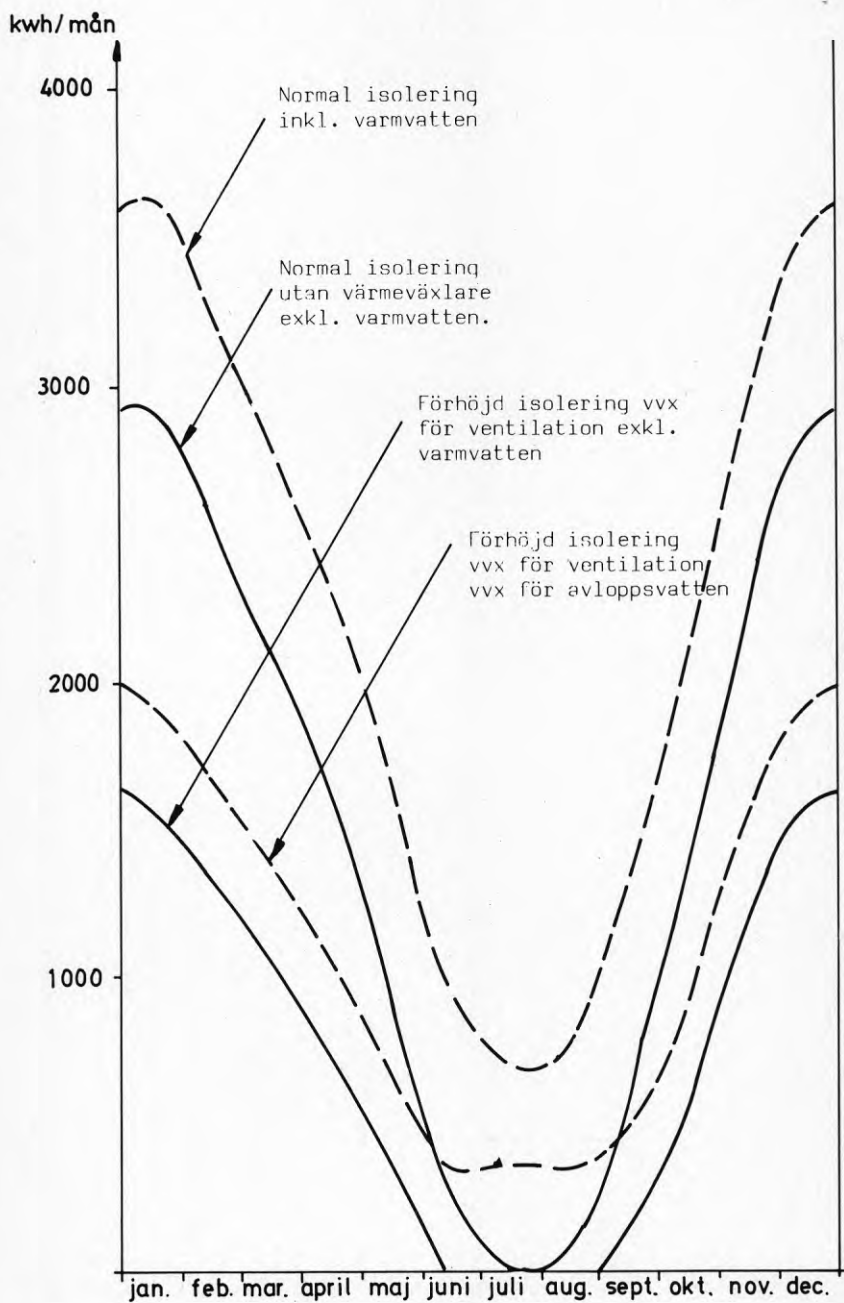
Tillsammans i avloppet finns alltså 4500 kWh värme tillgängligt. Kunde en värmeväxlare sättas in i avloppssystemet och denna dimensioneras så att c:a 50 % av avloppsvärmen kunde återvinnas skulle 2850 kWh/år sparas. Detta är nästan lika mycket som erhålles från en 10 m<sup>2</sup> solfångare, men fungerar såväl mitt i vintern som mulna dagar. En värmeväxlare för avlopp kunde därför vara värt att installera.

#### Värmesystemet

Största energiförbrukning sker via transmissionsförluster i huskroppen. Varje grad temperatursänkning som kan göras ger 8870<sup>0</sup>h mindre värmebehov, vilket reducerar energibehovet med c:a 6 %. Med tanke på den låga temperaturnivån (20-23<sup>0</sup>C) som erfordras i rumstemperatur skall helst också temperaturen på värmekällan hållas så låg som möjligt. Det är känt att luftrörelser i närheten av bar hud känns obehagliga och ställer högre krav på lufttemperatur om luftrörelsen överstiger 0.2 m/s. Likaså skall starka skillnader i temperatur på omgivande ytor undvikas då kroppen känner värmestrålningen som besvärande, om ena sidan vetter mot en högt temperatURYta och annan del av kroppen mot en kall

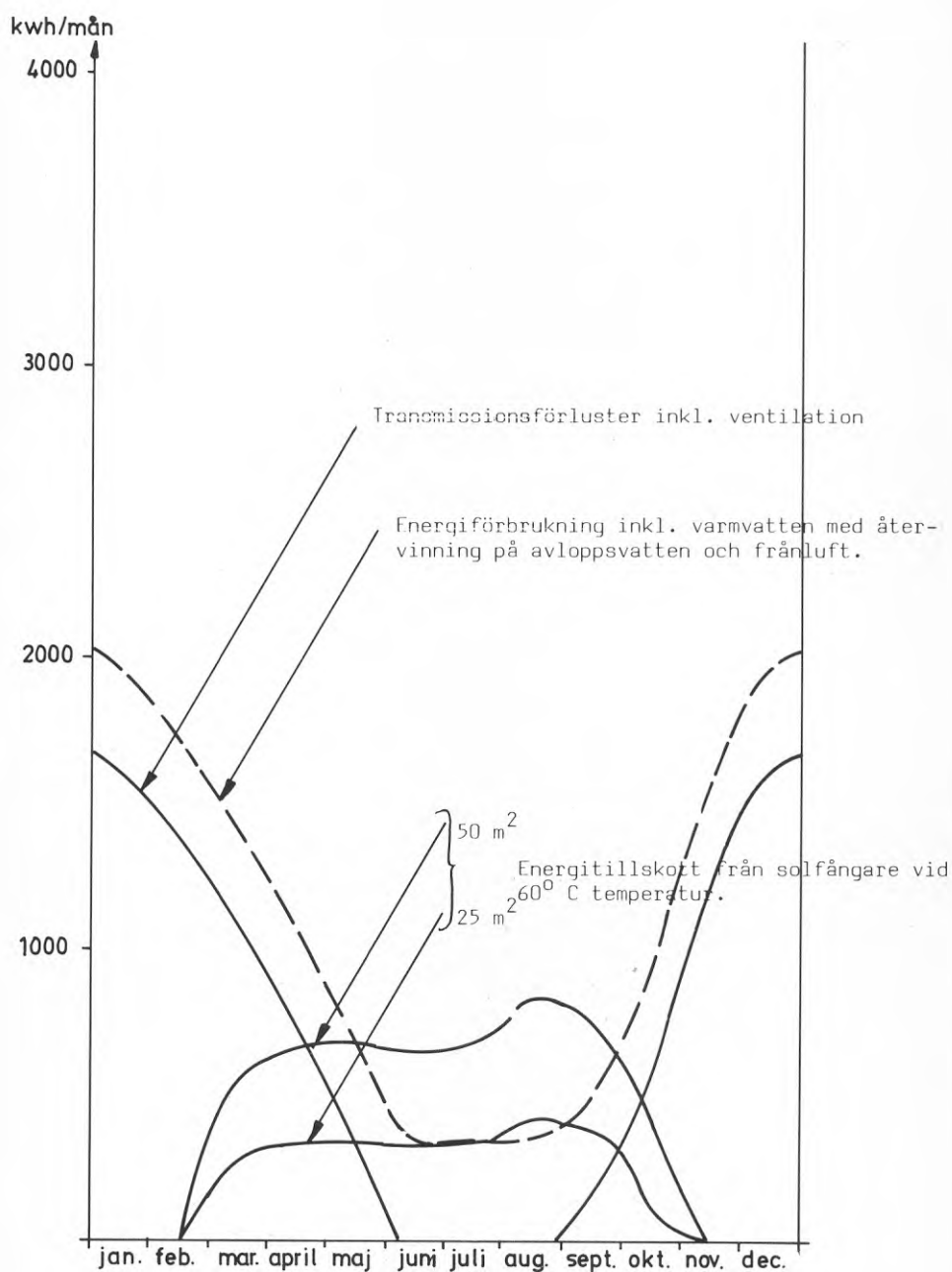
yta (exempelvis fönster). Ett värmesystem bör därför vara dimensionerat så att inga konvektionsströmmar överstigande 0.2 m/s uppträder i vistelsezonen samt att liten skillnad mellan värmeavgivande ytas temperatur och rumsytor i övrigt föreligger. Ett sådant system erhålles om varmluft producerad i en lågtemperaturkonvektor (max. 40°C) strömmar ut i rummet vid taklisten och sugts bort från rummet på samma höjd i motsatt ände på rummet. Därvid bildas en varmluftkudde vid taket (ovanför vistelsezonen) och med hela taket som värmeavgivande yta erhålles en dragfri vistelsezon som kan hållas på lägsta möjliga temperatur med hänsyn till komforten. Ett värmesystem i enlighet med dessa premisser bör detaljstuderas och projekteras som uppvärmningssystem i ett 1 ½ plans enfamiljshus.



BERÄKNAD ENERGI FÖRBRUKNING  
I 1½ PLANS KEDJEHUS

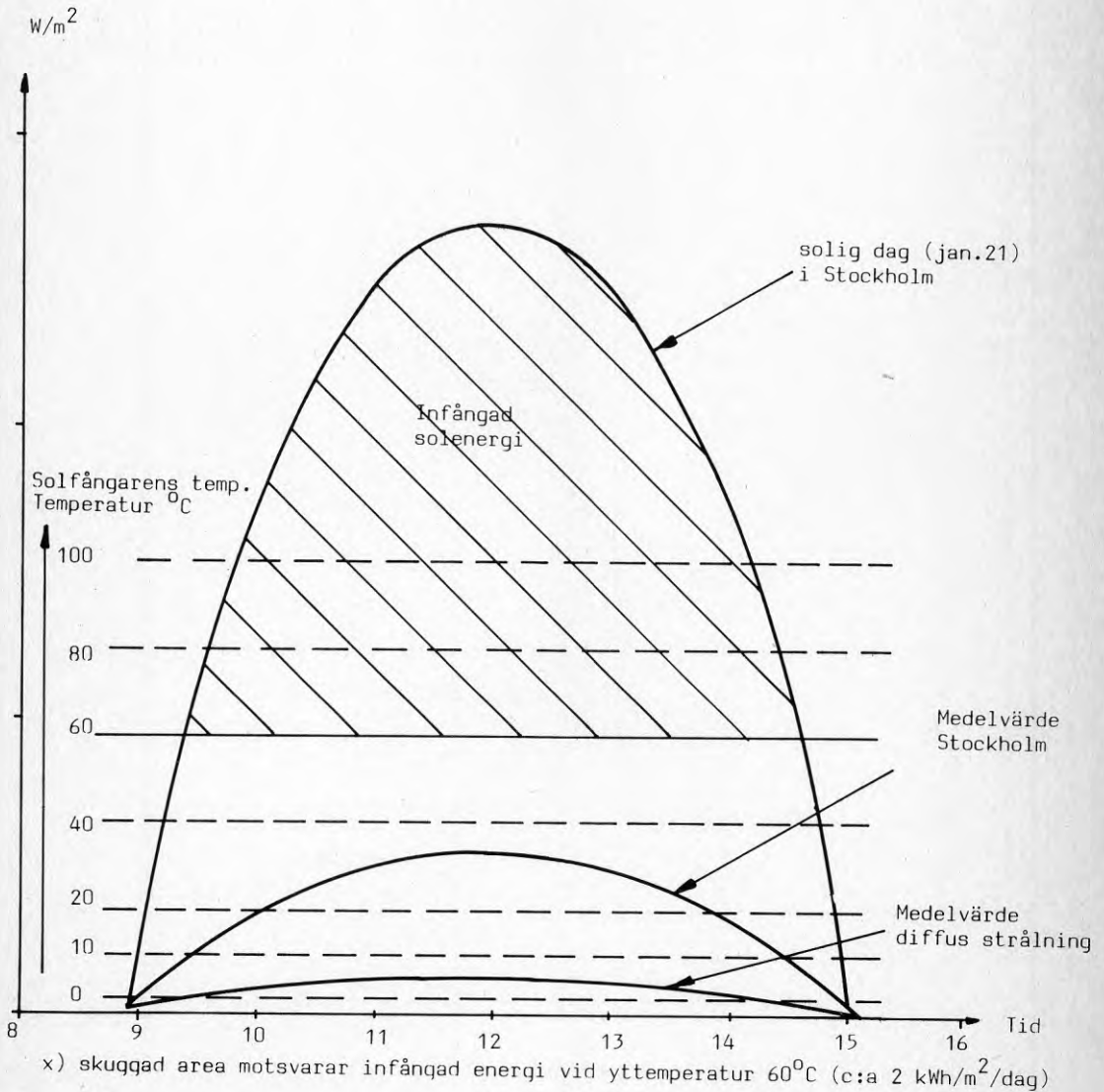
## ENERGIFÖRBRUKNING MÅNAD FÖR MÅNAD LÄGENERGIHUSET

Kurva 2.2.I



## Kurva 2.2.11

MÖJLIG INFÄNGNINGSBAR SOLENERGI FÖR VERTIKALA  
SOLFÅNGARE VID VARIERANDE YTTEMPERATUR.





### 3. PROJEKTERINGSFAS

Efter den inledande förstudien beslöts att ett provhus skulle projekteras.

Husets bostadsyta skulle vara lika stor som de hus som skulle byggas i ett område som planerats i Sorunda. Förhöjd isolering läggs alltså på utsidan av husets mått.

Värmekällans temperatur maximeras till  $40^{\circ}\text{C}$  och uppvärmningen beslöts ske med luft som värmts av vatten vid denna begynnelsestemperatur.

Återvinning av värme skall ske från avloppsvatten och frånluft. Inkommande tilluft leds genom markrör för temperaturtjämning och minskning av värmebehovet vid frysrisk.

#### 3.1 Planlösning

Huset är av  $1\frac{1}{2}$  planstyp med inredd övervåning. Normalt har denna hustyp sammanbyggt badrum och toalett på nedervåningen. Av värmetekniska skäl valdes att dela på badrumsdelen i en baddel och en toalettdel. I övrigt framgår rumsindelningen av ritning 3.1.I och fasaden enligt ritning 3.1.II,  $1\frac{1}{2}$  plans hus har utrymmen vid takfoten som ej kan utnyttjas som bostadsyta. De snedutrymmen som bildats där är lämpliga att utnyttja för luftkanaler och värmeaggregat.

#### 3.2 Transmissionsförluster

Huset projekteras att byggas med golv, väggar och tak med k-värden enligt tabell.

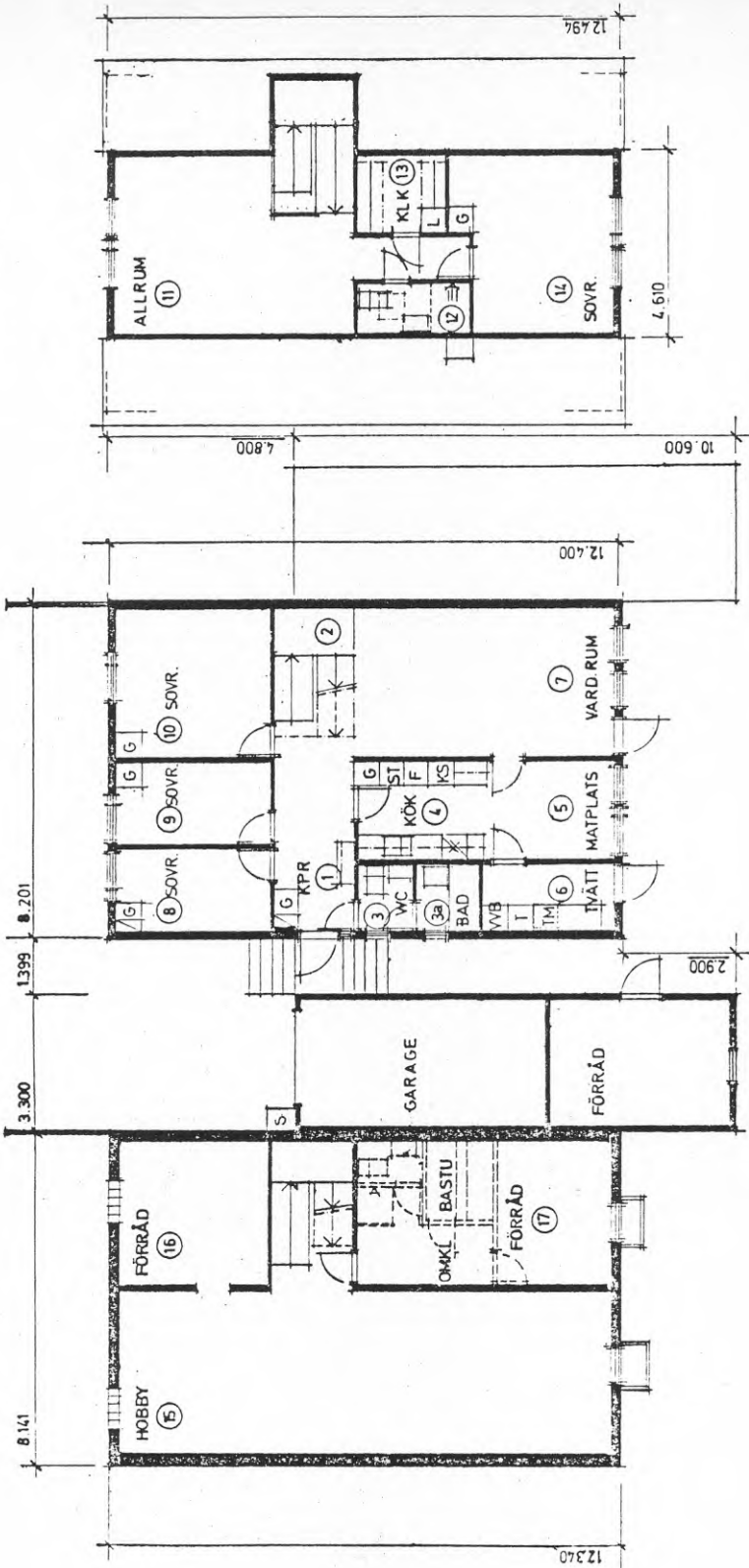
	golv	vägg	tak
k-värde $\text{W/m}^{2}\text{C}$	0.30	0.23	0.12

Att uppnå k-värden enligt tabellen behöver väggen utföras med dubbel regelstomme och isoleras med tvåskikt mineralull i A-kvalitet 120+70 mm. Med fasadskikt av boardskiva och påspikad läkt samt innerskikt av gipsskiva ger denna konstruktion c:a  $0.23 \text{ W/m}^{2}\text{C}$ .

Taket utföres med isolerskikt 200+150 mm. Denna mycket tjocka isolering ställer krav på takkonstruktionens bygghöjd som skall rymma isolering + luftspalt och samtidigt bilda spikstomme för undertaket. Med så högt liv i balken är limmad balk med liv av masonit en lämplig lösning som både ger prismässiga fördelar och tillräcklig spännvidd för att slippa stödbensvägg.

Med husets värmeskal utformat på detta sätt och med tätskikt som lämnats obrutet i möjligaste mån så att täthetskravet 3 oms/h vid 50 Pa innehålles kommer varje rum att kräva följande uppvärmningseffekt vid kallaste dag  $-18^{\circ}\text{C}$ . Se tabell 3.2.I.

-RITNING 3.1.1

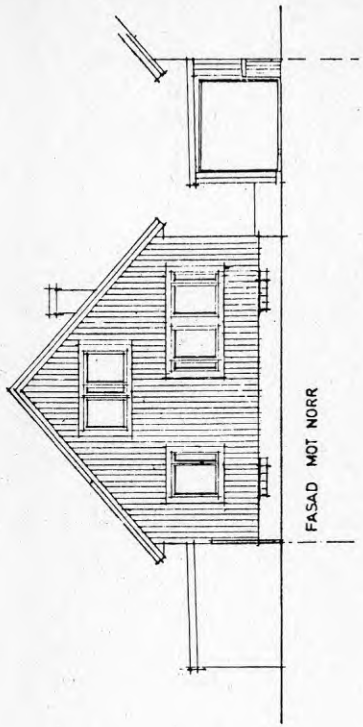
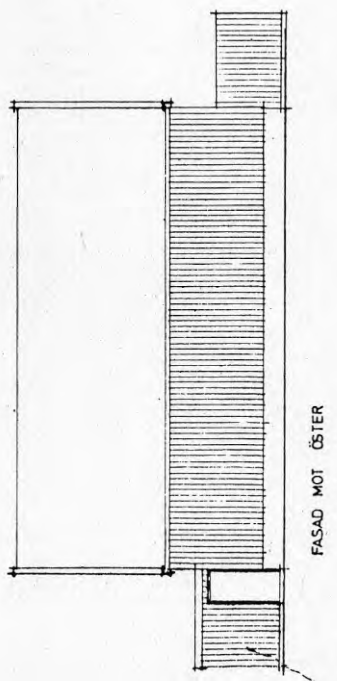
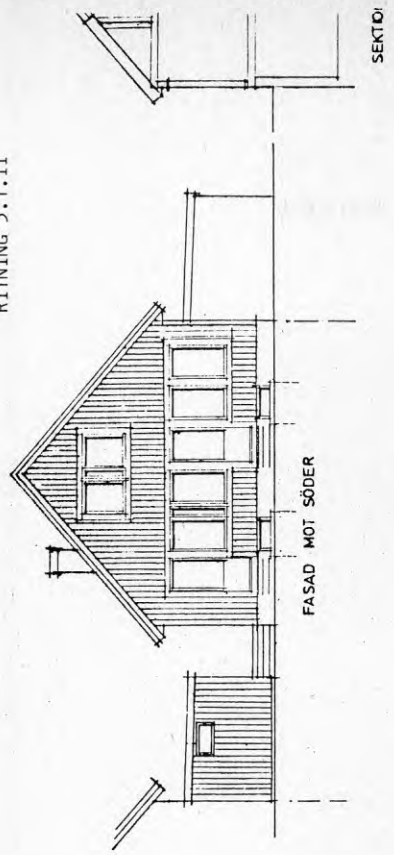
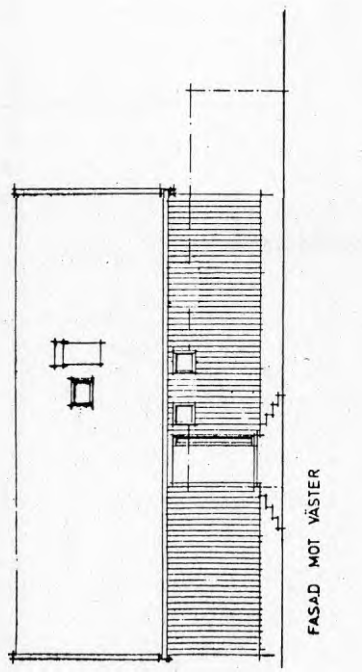


KÄLLARPLAN

BOTTENTPLAN

VINDSPAN

RITNING 3.1.1.II







TABELL 3.2.I.

	<u>Rum</u>	<u>yta m<sup>2</sup></u>	<u>erf.effekt</u> <u>kW</u>
NB	Hall	8	0.36
	Vardagsrum	29.5	1.1
	Kök	7.7	0.07
	Matrum	7.2	0.34
	Tvättstuga	5.8	0.33
	Badrum	2.0	0.07
	Toalett	2.0	0.07
	Sovrum (8)	7.6	0.29
	Sovrum (9)	7.6	0.21
	Sovrum (10)	13.7	0.36
ÖB	Sovrum (14)	16.0	0.33
	Allrum (11)	25.0	0.4
	Dusch (12)	3.2	0.05
	Klädkammare (13)	4	0.03
		<u>139.0 m<sup>2</sup></u>	<u>4.0 kW</u>

Fönster k-värde =  $2 \text{ W/m}^2\text{°C}$ .

Transmissionsförlusterna 4.0 kW vid  $-18^{\circ}\text{C}$  ger k-värde för hela huset (mörker-k-värde) =  $105 \text{ W/°C}$ .

### 3.3 Ventilationssystem

Husets totala volym är beräknat till  $350 \text{ m}^3$ .

Enligt byggnormen skall hus ventileras med en luftomsättning motsvarande halva husets volym per timme.

Emellertid är det så att hus är inte helt täta och därför kan inte hela luftomsättningen kontrolleras. För hus med täthetsgrad 3 oms/h vid 50 Pa sker i medeltal en ofrivillig ventilation på 0.1 oms/h. (Referens 2; D10:78, A. Elmroth, Well insulated airtype buildings).

Med denna förutsättning kommer den kontrollerbara ventilationen att kunna sättas till 0.4 oms/h och ändå upprätthålla byggnormens värde statistiskt sett, om husets täthet är något bättre än 3 oms/h vid 50 Pa.

Den kontrollerade ventilationen blir då  $350 \times 0.4 = 140 \text{ m}^3/\text{h}$ . Förutsatt att ineluften håller 40 % relativ fuktighet kommer ventilationen att kräva 2.6 kW vid  $-18^\circ\text{C}$ . Detta ger k-ventilationvärdet =  $68 \text{ W}/^\circ\text{C}$ .

Okontrollerad ventilation kommer att belasta värme-systemet med  $13 \text{ W}/^\circ\text{C}$ . Med värmväxlare i systemet kan 75 % av det förlorade ventilationsvärmets att kunna återvinnas.

Ventilationssystemet dimensioneras så att 0.5 oms/h skall kunna ventileras bort med samtidig tillförsel av friskluft i samma mängd. Se fig. 3.3.I.

Frånluften sugas bort ur huset från kök och toalettutrymmen, så att luft som finns i dessa utrymmen inte går ut i huset i övrigt. Tilluften tillföres huset via en jordförlagd ledning i vilken tilluften värms på vintern och kyls på sommaren. Genom den förvärmning som erhålles, kommer luftvärmväxlaren att utsättas för tilluftstemperaturer som knappast kommer att ligga under  $0^\circ\text{C}$ . Den avfrostningsmekanism som finns i värmväxlaren kommer därför ej till användning. Effektmässigt är detta gynnsamt då eljest 1.8 kW normalt installeras för att förhindra igenfrysning av värmväxlarpaketet. Då husets värmeeffektbehov för transmissionsförlusterna är 4 kW utgör effekten för luftförvärmning en betydande del av husets effektinstallation. Förutom att slippa denna effektinstallation vinner man en annan fördel med den jordförlagda luftledningen nämligen, att sommartid då det kan bli besvärande varmt i välisolerade hus, beroende på solinstrålning, kan man erhålla kyleffekt genom att värmväxlaren förbi-kopplas och den i jordröret avkylda friskluften matas in i husets övervåning. Vid  $200 \text{ m}^3/\text{h}$  kan en kyleffekt på c:a 1 kW kunna erhållas varma dagar.

Jordledningen ligger frostfritt runt huset och dimensioneras så att uteluften  $-18^\circ\text{C}$  värms till  $\pm 0$ . För Sorundafallet blir ledningen 44 m lång och med diametern

250 mm för 140 m<sup>3</sup>/h tilluft. Efter värmeväxlaren som beräknas ge temperaturverkningsgraden 75 % vid lika flöden, lämnas den förvärmade luften vid värmesystemets konvektor för att värmas ytterligare och distribueras in i husets alla rum.

Värmeväxlarens motorvarvtal kan justeras med tyristorvred på spiskåpan. Flöde vid normalventilation justeras till c:a 140 m<sup>3</sup>/h med möjlighet att vid förbikopplad värmeväxlare öka flödet till 300 m<sup>3</sup>/h. Flödet fördelar sig enligt följande vid 200 m<sup>3</sup>/h.

	<u>Ventilationsflöde m<sup>3</sup>/h</u>
Spiskåpa kök	90
toalett NB	60
toalett öv	30
bastuutrymme	20
	<u>200</u>

Vid förbikopplad värmeväxlare ökas delflöden och totalflödet till 150 % av ovanstående.

Efter samråd i arbetsgrupp och referensgrupp enades parterna om att föreslå ett enkelt system som manuellt ställs om vår och höst, när husets värmesystem stängts av. Då solinstrålning och överskottsvärme tenderar att öka rumstemperaturen över 23-25°C, förbikopplas värmeväxlaren manuellt liksom att all sval luft som kan hämtas ur jordförslagda ledningen leds till övervåningen, varifrån den kan sjunka ned genom huset mot utsugningsöppningarna och kyla huset.

På eftersommaren då tillskottsvärmen tenderar att bli otillräcklig, så att rumstemperaturen inte kan hållas vid 20°C, kopplas i första hand värmeväxlaren in. Då minskar husets värmebehov med den återvunna värmemängden. Först sedan detta värmetillskott visat sig otillräckligt, kopplas husets värmesystem in för vintervärmefallet.

Denna manuella metod valdes för att inte komplicera husets handhavande med maskinell utrustning, som dels är dyr i inköp och i många fall fordrar specialservice som ekonomiskt eliminerar den vinst systemet skulle ge energi-

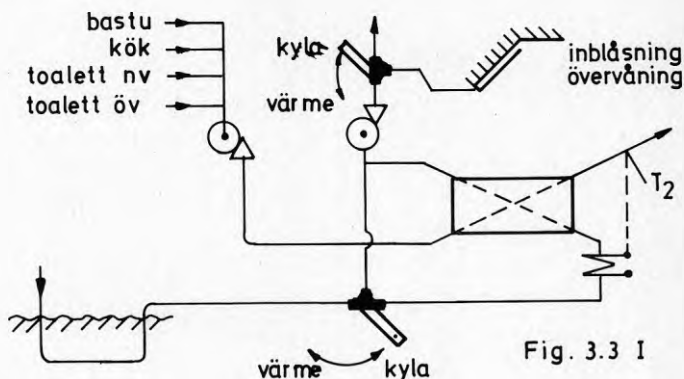


Fig. 3.3 I

### 3.4 Uppvärmningssystem

Huset förses med värmesystem som utifrån en vattentemperatur på max.  $40^{\circ}\text{C}$  kan tilltösa husets värmebehov. Detta består av transmissionsförluster som uppkommer vid LUT  $-18^{\circ}\text{C}$ , den slutuppvärmning ventilationsluften behöver efter luftvärmväxling, och den ofrivilliga ventilationen som kan inträffa.

Summeras dessa värme-sänkor erhålles frivillig ventilation  $0.4$  oms/h  $75\%$  luftvärmväxling =  $6 \text{ W}/^{\circ}\text{C}$ . ofrivillig ventilation  $0.1$  oms/h =  $13 \text{ W}/^{\circ}\text{C}$ . Transmissionsförluster =  $105 \text{ W}/^{\circ}\text{C}$ . Totala förluster som måste täckas av värmesystemet =  $124 \text{ W}/^{\circ}\text{C}$ . Vid LUT  $-18^{\circ}\text{C}$  skall konvektoraggregatet kunna avge  $4.7 \text{ kW}$  värme vid en ingående vattentemperatur =  $40^{\circ}\text{C}$  samt att rumstemperaturen skall vara  $+20^{\circ}\text{C}$ .

Varje rums effektbehov vid  $-18^{\circ}\text{C}$  ute framgår av tabellen i kapitel 3.2. Att tillföra denna effekt till rummet fodras att takytan strålar med effekten  $30 \text{ W}/\text{m}^2$ . Denna strålningseffekt uppnås vid taktemperaturen  $26^{\circ}\text{C}$ . Yttemperaturen  $26^{\circ}\text{C}$  på undersidan av taket uppnås då luften lämnar konvektionsaggregatet vid c:a  $35^{\circ}\text{C}$ .

Luftflödet behöver vara  $1500-2000 \text{ m}^3/\text{h}$  för att transmissionsförlusterna och förluster orsakade av ofrivillig ventilation skall kunna övervinnas.

$4.5 \text{ kW}$  värmeeffekt tillföres huset vid  $6.8^{\circ}\Delta \text{ t}$  på  $2000 \text{ m}^3/\text{h}$  och  $9^{\circ}\Delta \text{ t}$  vid  $1500 \text{ m}^3/\text{h}$ . Detta luftflöde beräknas jämna ut ojämn fördelning av tillskottsvärme och även fördela fuktig luft i huset.

Problem med kallt fönster beror på att en kall glasyta fungerar som värme-sänka och avkyler kropp som är vänd mot den kalla ytan p.g.a. strålningsförlusterna. Dessutom kyler kall fönsteryta närliggande luftlager och kallras uppträder, vilket uppleves som "drag".

Vid  $0^{\circ}$  temperatur ute och  $20^{\circ}\text{C}$  inne i rummet har en vägg som isolerats med  $190 \text{ mm}$  isolering  $19.5^{\circ}\text{C}$  på insidan tvåglasruta  $14^{\circ}\text{C}$  och treglasruta c:a  $15^{\circ}\text{C}$  på insidan.

Det beslöts att värmesystemet skall utformas så att taket vid fönsterväggarna värms extra så att kalla ytan vid fönstret kan kompenseras. Detta kan praktiskt utformas så att luften som skall strömma in i rummet först får värma takytan från ovasidan av ytskiktet innan luften släpps in i rummet och värmer taket underifrån.

Vid distributionslufttemperatur på  $35.5^{\circ}\text{C}$  kommer taket att stråla med värmeeffekten  $63 \text{ W}/\text{m}^2$ , då lufthastigheten i kanalen väljes  $2.5 \text{ m}/\text{s}$ . Vid hastigheten  $1.25 \text{ m}/\text{s}$  kommer värmestrålningen att sjunka till  $57 \text{ W}/\text{m}^2$ . Eftersom strålningen från resten av takytan är c:a  $30 \text{ W}/\text{m}^2$  kommer fönstret och fönsterbrädan att värmas intensivare av den extra värmekällan i taket. Detta beräknas kompensera för drag och kallstrålning från fönstret.

Luftvärmesystemet får då följande principiella uppbyggnad :

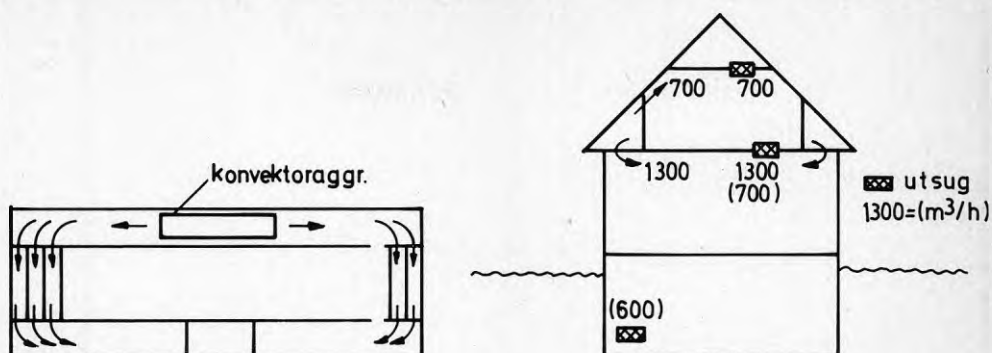


Fig. 3.4.1

Värmekällan med luftkonvektor placeras i snedutrymmet vid takfoten. Luften fördelas i över- och undervåningen och återsugs med samma mängd vid taket i resp. plan. I det fall källare byggs utnyttjas värmeöverskottet i huset till att värma källaren och i det fallet sugas ungefär halva flödet i undervåningen ned genom trappan och tillbaka till konvektoraggregatet genom en luftkanal från källargolvet.

Med detta system erhålles takvärme i husdelen och inblandningsvärmad källardel. Sommartid kan källaren utnyttjas som värmesänka och kyla huset genom att öka luftomsättningen i källardelen till det dubbla.

Den luft som släpps in i bottenvåningen återsugs vid trapphuset. För att undvika inblandningsuppvärmning av övervåning, placeras en skärm som avgränsar det öppna trapphuset c:a 200 mm ned från taket, utom vid den plats där återsugningsgallret sitter. Denna skärm förhindrar varmluften att stiga till övervåningen utan att först passera återsugningsöppningen. Med balanserade flöden enligt skissen torde detta uppvärmningssystem ge högre komfort i vistelsezonen än konventionellt inblandningssystem.

I planet leds luften över från fläktsidan till husets motstående sida i 3+2 av de balkmellanrum som finns. För undvikande av golvvärme i övervåningen isoleras dessa kanaler med 100 mm isolering på ovansidan av den 50 mm tjocka kanalen.

Vid husets motstående sida relativt uppvärmningsaggregatet fördelas den överblåsta luften i vardagsrum och sovrum genom en spalt vid taklisten. Hastigheten i spalten skall inte överstiga 1 m/s. Med denna låga hastighet samt den ännu lägre hastigheten i fördelningslådan före, kommer ljudet från luftkanalsystemet att vara tillräckligt lågt.

Erforderliga luftflöden till varje rum samt spaltlängd i rummet vid 25 mm spaltöppning framgår av tabell som följer:

		varmluftflöde $\text{m}^3/\text{h}$	spaltlängd vid 25 mm öppning i m
NB	Hall	175	1.90
	Vardagsrum	540	6.0
	Kök-matrum	200	2.20
	Tvätttrum	150	1.70
	Badrum + toalett	70	0.80
	Sovrum 8	140	1.60
	Sovrum 9	100	1.10
	Sovrum 10	180	1.90
ÖV	Sovrum 14	150	1.70
	Allrum 11	200	2.20
	Dusch	45	0.50
		1950	

I vardagsrum, sovrums 10, allrum och sovrums 14 utföres inblåsningsspalter som visas i fig.3.4.2 nedan. I övriga rum utföres inblåsningsspaltningarna med ställbar ventil av standardtyp.

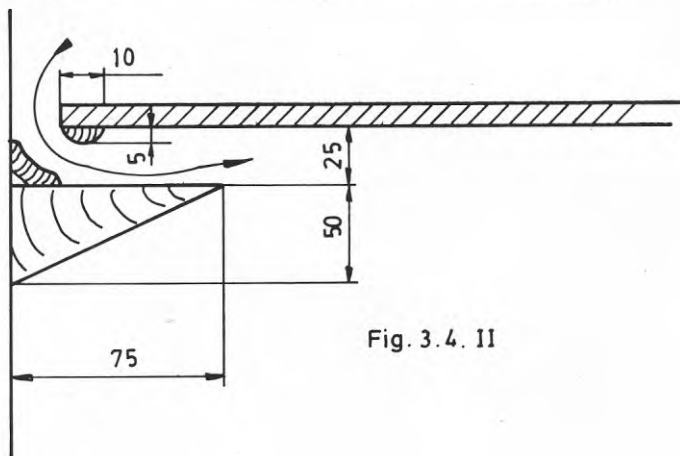


Fig. 3.4. II

Den luft som släpps in i de skilda rummen återsugs till konvektoraggregatet genom de galler som antytts i fig.3.4.1. De rum som avskiljs från dessa återsugningsgaller med dörrar, måste förse luftförbindelse vid taket, där luften tillåts återströmma till utsugningsgallret. Den nödvändiga arean för luftströmningen framgår av nedanstående tabell.

dörr	flödesarea $\text{m}^2$
tvätttrum till kök <sup>1)</sup>	0.007
kök till hall <sup>2)</sup>	0.070
toalett till hall	tät
badrum till toalett <sup>1)</sup>	0.005
Kök till vardagsrum <sup>2)</sup>	tät
sovrums 8 till hall <sup>2)</sup>	0.03
sovrums 9 till hall <sup>2)</sup>	0.03

forts. tabell

	flödesarea m <sup>2</sup>
sovrum 10 till hall <sup>2)</sup>	0.06
sovrum 14 till allrum	0.04
dusch ö.v.	0.013

1) en utskärning 600 mm lång och 20 mm bred vid dörröverdel är tillräckligt.

2) en luftöppning enligt fig.3.4.III med ljuddämpande skivor på var-dera sidan torde vara tillräckligt.

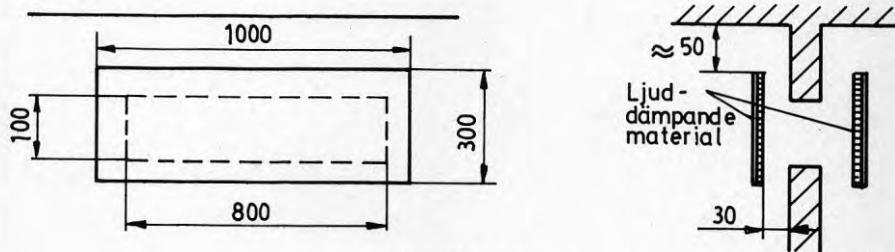


Fig. 3.4. III

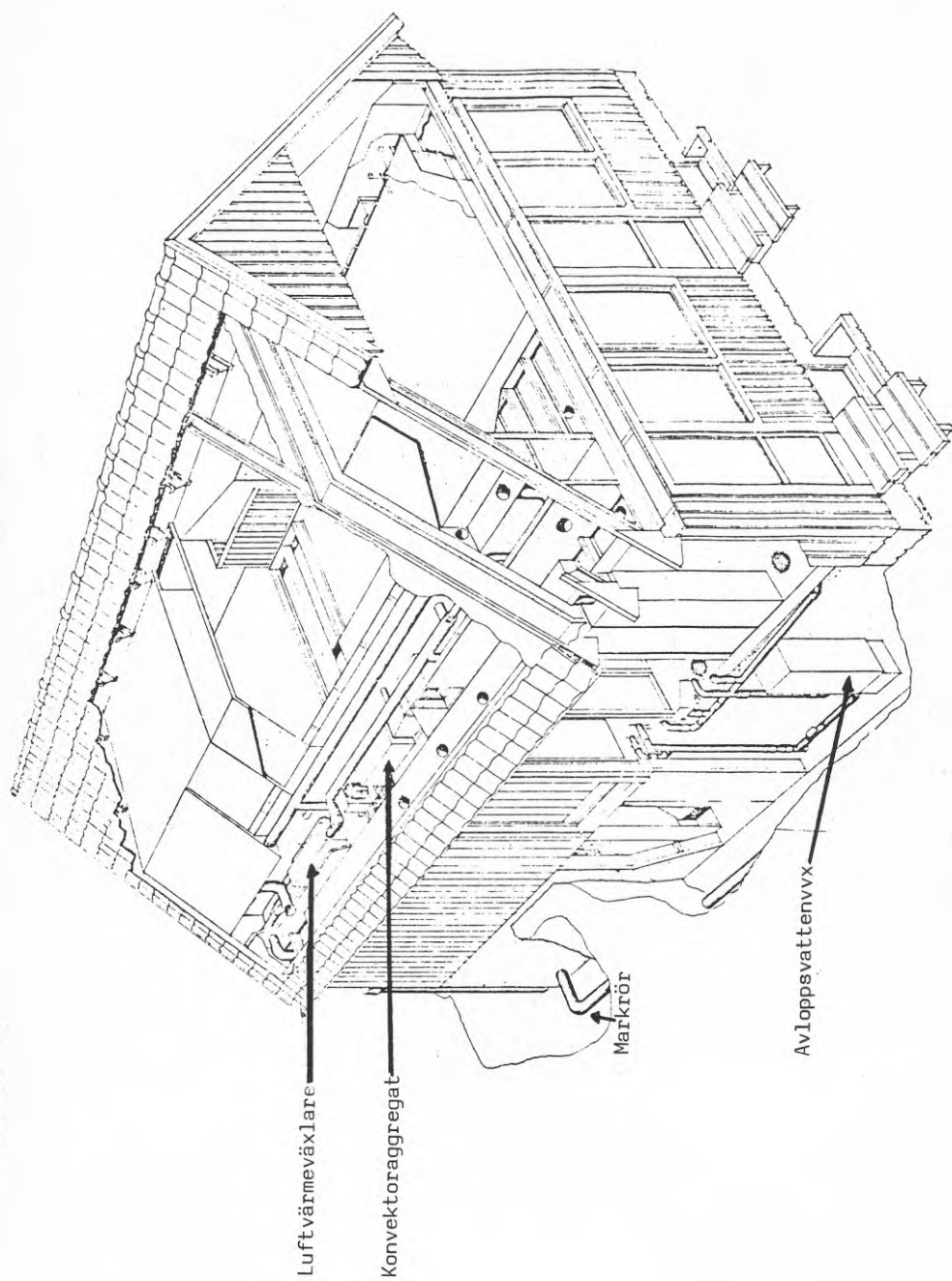
Extra värme kan behövas i badrum och duschrum eftersom överskotts- värme inte alltid kan räcka till där under icke uppvärmnings- säsong. Därför rekommenderas c:a 200 W elradiatorer eller infra- värme i dessa utrymmen.

I uppvärmningssystemet rekommenderas också att montera ett elektrofilter som håller luften ren och fri från tobaksrök. Förutom att detta förhindrar svart beläggning i taket vid inblåsning- öppningarna kommer vistelsezonen att befrias från allergiframkal- lande ämnen och besvärande lukt. Dessutom minskar städbehovet.

### 3.5 Varmvattensystem

Det varmvatten som förbrukas i en villa används främst till dusch och bad. Tidigare anslöts även diskmaskin till varmvattnet, men numera brukar man utnyttja den värmepatron som finns i disk-

## PRINCIPSKISS





maskinen för att värma det diskvatten som behövs för de varma programstegen. Handdisk förbrukar givetvis varmvatten.

Utöver den varmvattenmängd som kommer från varmvattenberedaren kommer följaktligen varmvatten i avloppet över från tvättmaskin, diskmaskin och hushållsgöromål exempelvis då vatten som värms på spisen hålls i avloppet.

Enligt undersökningar gjorda av Munter (ref.1) fördelar sig värme-flödet till avloppet så att i medelfamiljens hus kommer 3500 kWh/år från varmvattnet och 1000 kWh från hushållsförbrukningen av värme-energi.

Denna värmemängd 4500 kWh/år kommer i gråvattensystemet och svartvattnet innehåller endast den värmemängd som upptagits i huset. Dock kan denna värmemängd också representeras av en svartvatten-temperatur som ligger i närheten av 20°C men då föroreningar är av sådan art att värmeåtervinning från en buffertvolym avloppsvatten kommer i fråga, har vi valt att skilja toalettavloppet från det övriga avloppssystemet i huset. På gråvattensidan av avloppssystemet monteras värmväxlare för avloppsvatten, vilken överför 45-50 % av den värmemängd som finns i avloppet till inkommande färskvatten. Denna värmemängd motsvarar statistiskt sett 2000-2250 kWh/år. Verkningsgraden uppnås genom att färskvattnet förvärms, även det till kallvattennätet i huset. Den uppnådda kallvattentemperaturen överstiger i allmänhet inte 15°C, varför olägenheter sällan uppstår med varmt dricksvatten i kallvattenkranen.

Värmväxlaren är av den typ som utvecklats parallellt med lågenergi-huset vid Axel Johnson Institutet.

Funktionsmässigt fungerar den så att värmerör transporterar värme från avloppet till färskvattnet. På detta sätt erhålles backventils-verkan, vilket betyder att värme inte kan ledas från färskvattnet till avloppet även då avloppet är kallare än det förvärmade färskvattnet. (Se broschyr ref. 3).

### 3.6 Beräknade energibalanser

Med utgångspunkt från de i föregående avsnitt beräknade energiförbrukningarna har följande sammanställning gjorts på det totala energiflödet i lågenergihuset och ett tänkt referenshus byggt enligt SBN 75. Vidare förutsättes att husen är bebodda med en familj på fyra personer. Det i lågenergihuset använda värmesystemet förutsättes ge samma eller bättre komfort i vistelsezonen med 1° lägre temperatur än i konventionellt uppvärmt hus.

Följande tabell visar hur energiflödet uppträder i lågenergihuset och ett referenshus byggt enligt SBN 75. Det antagna värdet på 122088 °h bygger på statistik från Stockholm 1861-1968 samt en innetemperatur på 20°C. Vid 21°C inomhus (referenshuset) blir motsvarande värde 130848 °h.

Vid beräkning av gratisvärmen har förutsatts att personvärmen 1500 kWh/år är möjlig att utnyttja och fördelad så att endast 8 h viloenergitillskott tillföres huset maj-september, medan aktiviteter såsom lekande barn och hushållsarbete ger högre energitillskott under vintermånaderna.

TABELL 3.6.1

TABELL 1 Energibalans månad för månad kWh/månad.

Månad	Transmission inkl. ventilation Ref.	ventilation LE	Solinstrålning	Övrigt	Gratisenergi	Energiförbrukning 1) Ref.	Energiförbrukning 1) LE
Juli	573	363	450	0	450	123	0
Augusti	807	511	440	236	676	131	0
September	1328	841	475	371	846	482	0
Oktober	2135	1351	450	606	1056	1079	295
November	2734	1731	336	606	946	1792	789
December	3281	2077	137	741	878	2403	1199
Januari	3541	2242	73	686	759	2782	1483
Februari	3229	2044	118	606	724	2505	1320
Mars	3255	2060	278	606	884	2371	1176
April	2474	1566	493	371	864	1610	702
Maj	1718	1088	484	371	855	861	231
Juni	963	610	484	291	775	188	0
	26038	16482	4200	5500	9720	16318	7185

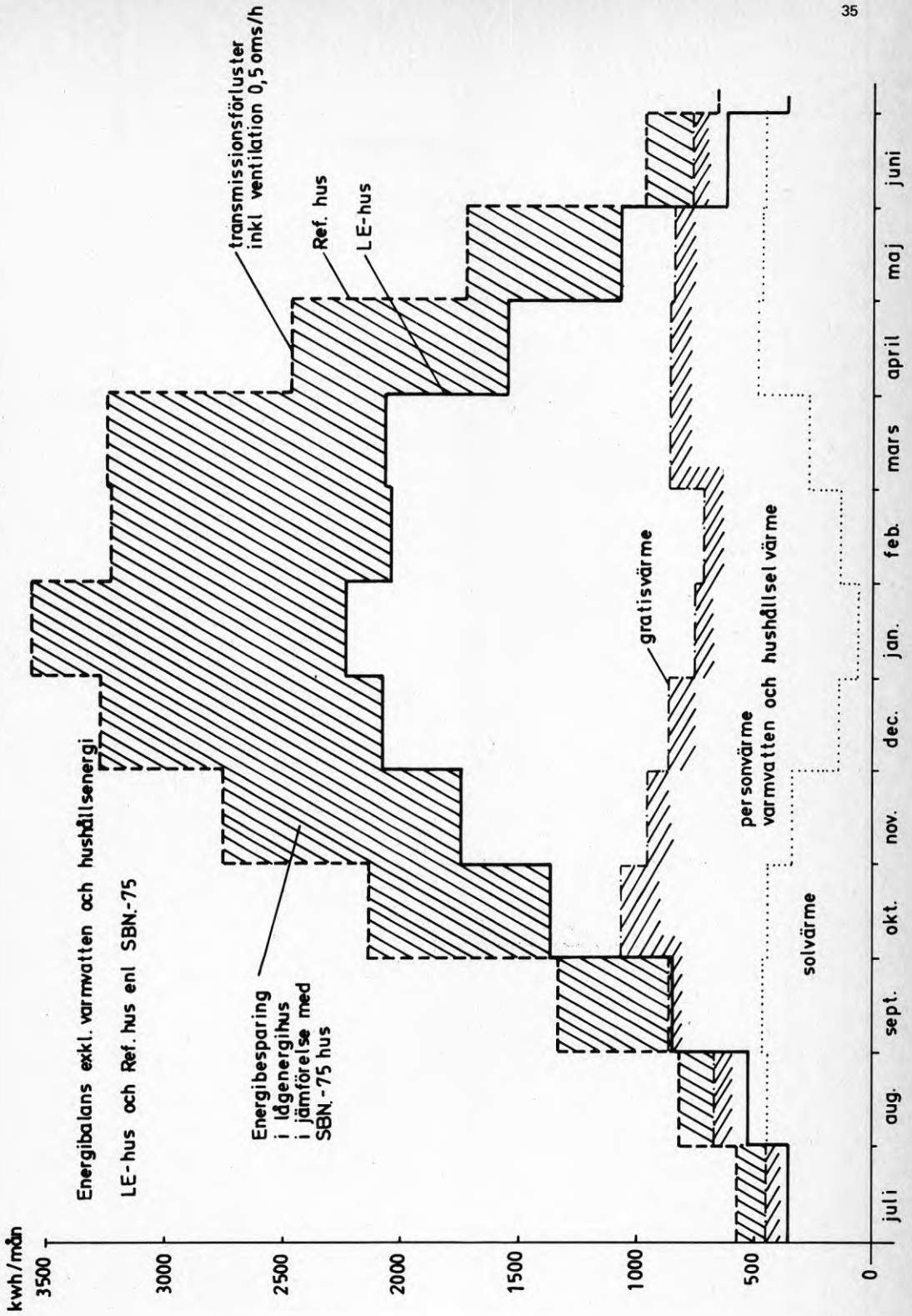
1) Exkl. varmvatten + hushållsel ( ~ 708 kWh/mån i Ref. huset; 520 kWh/mån i LE-huset)  
exkl. kallare (3122 kWh/år i Ref. huset; 2930 kWh/år i LE-huset)

De i tabellen upptagna energiflödena har avsatts i följande diagram, där energiförbrukningen månad för månad framgår. Se diagram 1.

TABELL 3.6.2

Projekterad sammanställning av energibalans över året i Ref.hus och Lågenergihus.

Gradinmar Normalår 122088°C Stockholm 1861-1968	Ref. hus 21°C W/°C	utan källare kWh/år	LE-hus 20°C W/°C	utan källare kWh/år
<b>Transmissionsförlust</b>				
Huskropp	118	15440	105	12819
Källare	24	3122	24	2930
Ventilation kontr. okont.	68	8897	68	8302
	13	1701	13	1587
Återvinning ventilation			-51	-6226
Summa		29160		19412
Varmvatten		5000		5000
återvinning				-2250
Hushållsel		3500		3500
Summa förbrukning "Gratis värme"		37660		25662
So1		4220		4220
Varmvatten		1500		1500
Hushåll		2500		2500
Personvärme		1500		1500
Ej utnyttningsbar gratisvärme				-420
Summa "Gratisvärme"		9720		9300
Elenergi i tillskott		27940		16362
Förbrukning %	100	100	59	54



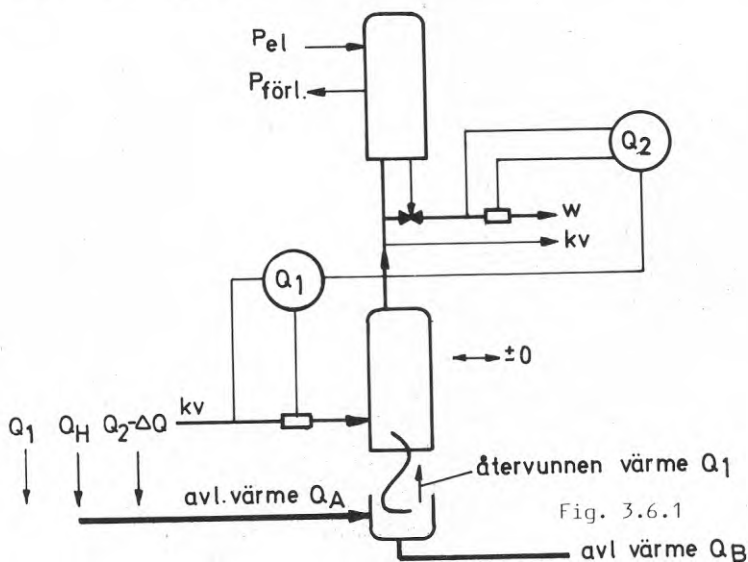
## Kommentar:

Av sammanställningarna framgår det att största bidraget till lägre energiförbrukning erhålles från värmeväxlaren för luft som tillsammans med den 12 % lägre transmissionsförlusten svarar för det sträckade övre partiet av diagrammet.

Besparingen är här 56 % av SBN-husets värmeförbrukning ( $E_{Ref} = 0.44 E_{le}$ ). Förutsättningen har varit att 40 % relativ fuktighet hålles i båda husen och att 0.5 oms/h ventilation med ytterluften sker. (Skillnaden är inte så stor i verkligheten, då man dels ventilerar mindre och dels blir luftfuktigheten betydligt lägre än 40 % r.f. vintertid i hus med direktelvärmes utan anordning för luftbefuktning).

## Avloppsvatten

I lågenergihuset förutsättes att värmeväxlare insättes också på avloppsvattnet. Denna monteras så att allt vatten som kommer in i huset förvärmes av utgående avloppsvatten enligt tidigare beskriven metod (avsnitt 3.5). Inkopplingen i varmvattensystemet sker enligt fig. 3.6.1.



Genom försök i laboratoriemiljö har  $\eta$  avlopp fastlagts för ett flödesschema som motsvarar den intermittenta tappning som förekommer i hus

$$\eta_{avl.} = \frac{Q_1}{Q_A}$$

$\eta_{avl.}$  har fastlagts till c:a 0.5

I avloppssystemet kommer vatten som värmts dels i varmvattenberedaren dels i tvätt eller diskmaskin och i övrigt värmts i samband med matlagning. Att mäta den värmemängd som finns i avloppet är svårt, då flödesmätning bedöms svår att genomföra.

Vi har i stället valt att mäta på färskvatten-sidan och med utgångspunkt från den värmemängd som där uppmättes härrör från avloppsvattenvärmet uppstakta den värmemängd som återvunnits ur avloppet.

Följande samband kan då uppställas med beteckningar enligt fig. 3.6.1.

$$Q_2 = P_{el} - P_{förl.}$$

$$\zeta_{\text{å}} = \frac{Q_1}{Q_1 + Q_2}$$

$$Q_A = Q_1 + Q_2 + Q_H - \Delta Q$$

där  $\Delta Q$  är det varmvattenvärme som upptages i husets luftvolym, då tappning och förbrukning av varmvatten sker.

$$\zeta_{\text{avl.}} = \frac{Q_1}{Q_A}$$

Frågeställningen är då hur stor  $\zeta_{\text{å}}$  skall uppmätas för att  $\zeta_{\text{avl.}} = 0.5$  skall gälla

Enligt Munters Ref. 1 är summan av  $P_{förl.} + \Delta Q = 1500$

$P_{förl.}$  sättes till 750

$\Delta Q$  sättes till 750

$$Q_2 + Q_1 = 5000 - 750 = 4250$$

$$Q_H = 0.3 \times 3500 = 1000$$

$$\zeta_{\text{avl.}} = \frac{Q_1}{Q_1 + Q_2 + Q_H - \Delta Q}$$

$$\zeta_{\text{avl.}} = 0.5 \text{ ger}$$

$$0.5 = \frac{Q_1}{4250 + 1000 - 750}$$

$$Q_1 = 2250$$

$$\zeta_{\text{å}} = \frac{2250}{4250} = 0.53$$

$$av1 = 0.5 \text{ ger}$$

$$\zeta_{\text{a}} = 0.53$$

d.v.s för energiförbrukning för varmvatten = 5000 kWh och på hushållsenergi 3500 kWh blir återvunnen värme från avloppet minst 2250 kWh om  $\zeta_{\text{a}} = 0.53$  minst uppmättes.

Det bör vara möjligt att på detta sätt bestämma  $\zeta_{\text{avl}}$  minimum.

I tabell 3.6.2 förutsättes att referenshuset förbrukar 8500 kWh för varmvatten och hushållsel, medan lågenergihuset förbrukar 6240 kWh för detta ändamål.



## 4. BYGGFAS

## 4.1 Grundarbeten

Marklagret där referenshus och lågenergihus är beläget består av grov sand, varför dränering runt bottenbjälklaget saknas.

Runt bottengjälklaget på lågenergihuset c:a 0.8 m från vägg och i plan med bottenbjälklagets topp löper ett c:a 44 m långt markavloppsrör av PVC,  $\phi$  250 mm, med c:a 1 % lutning mot dräneringspunkt vid genomgång i motfylld vägg. Röret ansluter i klimatkammare till ventilationsvärmeväxlare på vindsbjälklag och utgör förvärmare resp. kylare av ventilationsluften till huset.

Stigarrör för luftintag mynnar c:a 0.5 m över mark i huset nordvästra hörn.

## 4.2 Byggnadsbeskrivning

Källarvåning

Bottenbjälklag: Kantförstyvad armerad betong 100 mm på dräneringslager.

Motfyllda väggar: Prefabricerade betongelement typ EW med ingjutna träreglar. Utifrån räknat:

50 mm betong  
45x145 mm regel  
150 mm mineralullsisolering  
0.1 mm plastfolie  
13 mm gipsskiva

K-värde 0.20

Bärande innervägg: 13 mm gipsskiva  
45x145 regel  
13 mm gipsskiva

Icke bärande innervägg: 13 mm gipsskiva  
45x70 mm regel  
13 mm gipsskiva

Bottenvåning

Mellanbjälklag: Prefabricerade betongelement typ EW, höjd 245 mm, med 50 mm betong och ingjutna träreglar 195 mm. Stegljudsisolering 50 mm mineralullsskiva, 22 mm spånskiva.

Ytterväggar: Utifrån räknat:  
17 mm träpanel  
10 mm träfiberskiva  
34x145 mm resp. 45x45 mm reglar  
190 mm mineralullsisolering  
0.1 mm plastfolie  
13 mm gipsskiva

K-värde 0.22

<u>Bärande innervägg:</u>	13 mm gipsskiva 45x95 mm regel 13 mm gipsskiva
<u>Icke bärande innervägg:</u>	13 mm gipsskiva 45x70 mm regel 13 mm gipsskiva
<u>Vindsvåning:</u>	Ovanifrån räknat:
<u>Vindsbjälklag:</u>	22 mm spånskiva 45x195 mm bjälke 50 mm stegljudsisolering mineralull 12 mm spånskiva
<u>Stödbensväggar:</u> (ej bärande)	13 mm gipsskiva 48x95 mm regel (Ljudisolering 95 mm mineralullskiva vid fläktkammare) 13 mm spånskiva
<u>Tak:</u>	Betongtakpannor tegelläkt 48x70 mm 4,5 m hård träfiberskiva 13 mm fiberboard 100 mm mineralullskiva 200 mm mineralull takstolsskiva 22 mm glespanel c-c 300 0.1 mm plastfolie 13 mm gipsskiva

K-värde 0.13

Takstolarna är tillverkade av MASONITE balk med flänsar av konstruktionsvirke 45x45 mm med konstruktionsboard 7.5 mm som liv. Högben och hanbjälke har höjdmått 350 mm, medan motsvarande mått för under-ram är 195 mm.

#### 4.3 Tätskikt

Tätskiktet består av 0.2 mm värme och UV-stabiliserad polytenplast "TENOTÄT" SPFverksnorm 2000 applicerad med c:a 30 cm överlapp i samtliga skarvar.

Före byggstart höll BYGGINFO information med bildvisning under rubriken "Värmeisolering och lufttäthet" för berörd personal på byggarbetsplatsen.

Vid provtryckning och värmefotografering av husen upptäcktes läckage i tätskikt bakom plåttrummor för cirkulationsluft vid takfot vid takfot på lågenergihuset.

Panelskivor och isolering vid takfot demonterades utifrån och tätskiktet kompletterades runt plåttrummor och fästes med tape mot befintligt tätskikt.

#### 4.4 Elsystem

Elsystemet är för referenshus och lågenergihus uppdelat på separata undermätare för värmeanläggning, hushållsel och varmvattenberedning.

Elförbrukningen i garage är för båda husen separerade och belastar enbart totalmätaren i resp. husfasad.

Lågenergihuset är utrustat med utanpåliggande ellistsystem, som lämnar tätskiktet obrutet. Ellistsystemet är av fabrikat THORSMAN och baserat för EKK-ledning. Listsystemet består av golvlister med dörrfoder med apparatuttag i direkt anslutning till listen. Material PVC.

#### 4.5 Värme och ventilationssystem

Apparater för produktion av varmluft för husuppvärmning och värmeåtervinning ur ventilationsluft finns inrymd i särskild klimatkammare bakom värme och ljudisolerad stödbensvägg på vindsbjälklag.

Varmluft produceras i ett klimataggregat BACHO ABB02 försedd med varmvatten från cirkulationskrets med elpanna om 6.0 kW installerad effekt.

Varmluften filtreras i elektrofilter EAC4-20 och distribueras till inläppspunkter vid tak för mellanbjälklag via galvaniserad plåttrumma med triangelformat tvärsnitt vid takfot. Del av varmlufts-inblåsningen sker på motsatt sida av produktionssidan och överledning av varmluft sker i kanaler under stegljudsisolering mellan bjälkar i vindsbjälklaget. Överledning sker i 3 bjälklagsfack på husets sydsida och 2 bjälklagsfack på husets nordsida. Se fig. 4.5.I.

På mottagarsidan för varmluft fördelas luften till bottenvåningens rum längs husets långsida via plåttrummor med triangelformat tvärsnitt vid takfot och med inblåsningsspalter längs taklister i rummens hela längd. Övriga rum på bottenvåning distribueras varmluft via tilluftsdon nära yttervägg anslutna till överledningskanal för varmluft. Varmluft till vindsvåning ledes via plåttrummor på produktionssidan till spalt i snedtakskonstruktionen och inblåses vid övergång mellan snedtak och horisontell takyta. Se fig. 4.5 II.

Återsugspunkter för varmluft till klimatkammare är tak i hall på bottenvåning och tak ovanför trapphus i vindsvåning samt golvnivå i källarvåning.

Samtliga återsugspunkter har justerbara spjäll och retur-luften mynnar i klimatkammare via kanaler i vindsbjälklag. Rum utan återsugspunkt har spalt ovanför dörr för retur-luft.

Ventilationsluft evakueras vid spiskåpa, badrum och tvättstuga för bottenvåning och badrum för vindsvåning.

Vindsvåningen evakueras via spalt i överkant dörr till badrum.

Värmeåtervinning ur ventilationsluft sker i luft/luft värmeväxlare SVAB VEVEX.

Tilluften har passerat markrör beskrivet i pkt. 4.1. Markröret levererar förvärmad luft under den kalla årstiden och kyld luft under den varma årstiden.

Värmeväxlaren är försedd med förbikopplingspjäll så att kyld luft kan inblandas i cirkulationsluften för vindsvåning.

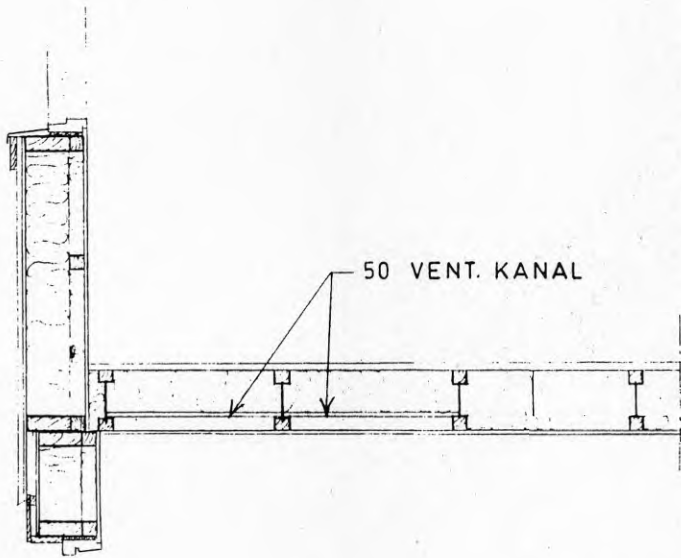
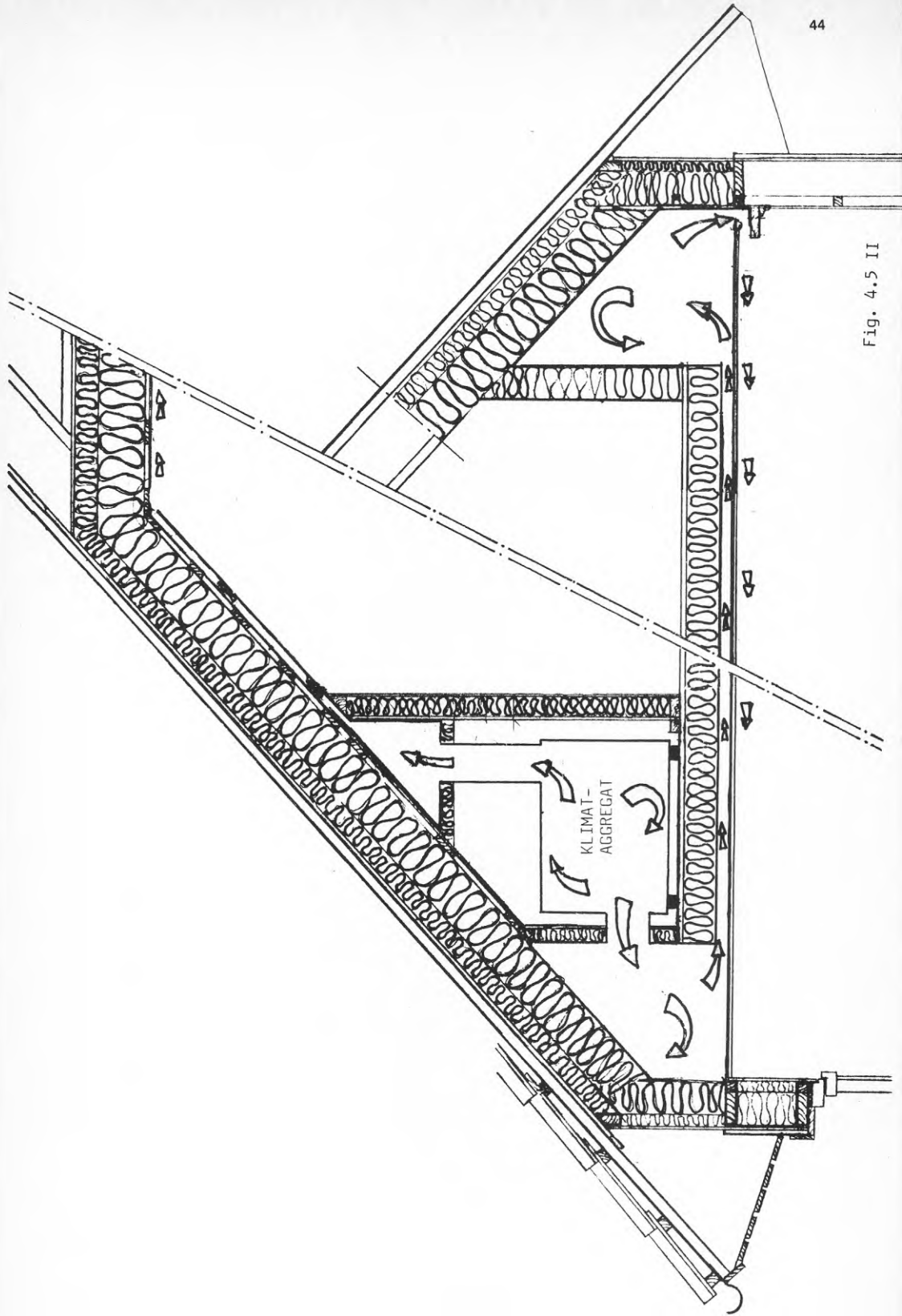


Fig. 4.5.I

Fig. 4.5 II



## 5. PROVNINGSFAS

Efter husets färdigställande provades grundläggande data i förhållande till de antagna och beräknade. Dels provades huset obebott med och utan frivillig ventilation dels under en halvårsperiod då värmesystemet testades i fråga om komfort och temperaturfördelning. Efter omjustering och intrimning inleddes en 1-årig provperiod där 75 olika mätpunkter registrerades timme för timme. Manuella avläsningar av vissa data gjordes med vissa tidsintervall och infördes i loggare för bearbetning tillsammans med de datoravlästa storheterna.

Efter provperiodens slut datorbehandlades de insamlade uppgifterna och medelvärden beräknades för varje dag och för varje 30-dagars period.

### 5.1 K-värdes bestämning

Husets totala k-värde uppmättes då det ej var bebott och med ventilationen inställd på grundvärde. Tidpunkten valdes till dag med relativt låg temperatur (ute) och då solinstrålningen var låg. Vidare valdes dagen så att den föregicks av väder med likartade förhållanden både vad gäller sol, vind och temperatur.

Vid uppmätningen framkom att totala k-värdet för referenshuset kunde sättas till  $163 \text{ W/}^\circ\text{C}$  medan det teoretiska värdet beräknades till  $157 \text{ W/}^\circ\text{C}$ . Skillnaden  $6 \text{ W/}^\circ\text{C}$  anses bero på ofrivillig ventilation som vid provningstillfället påverkades av vindhastighet på i medeltal  $2.75 \text{ m/s}$ , under ett av de 5 dygn provet pågick. Den uppmätta skillnaden i k-värde mot beräknad motsvarar en ofrivillig ventilation på  $0.05 \text{ oms/h}$ .

För LE-huset gäller att  $142 \text{ W/}^\circ\text{C}$  uppmättes mot beräknat  $136 \text{ W/}^\circ\text{C}$ . Skillnaden i k-värden i jämförelse med referenshuset är lika stor. Följaktligen kan man anse att den ofrivilliga ventilationen är lika stor i de båda husen.

### 5.2 Provtryckning

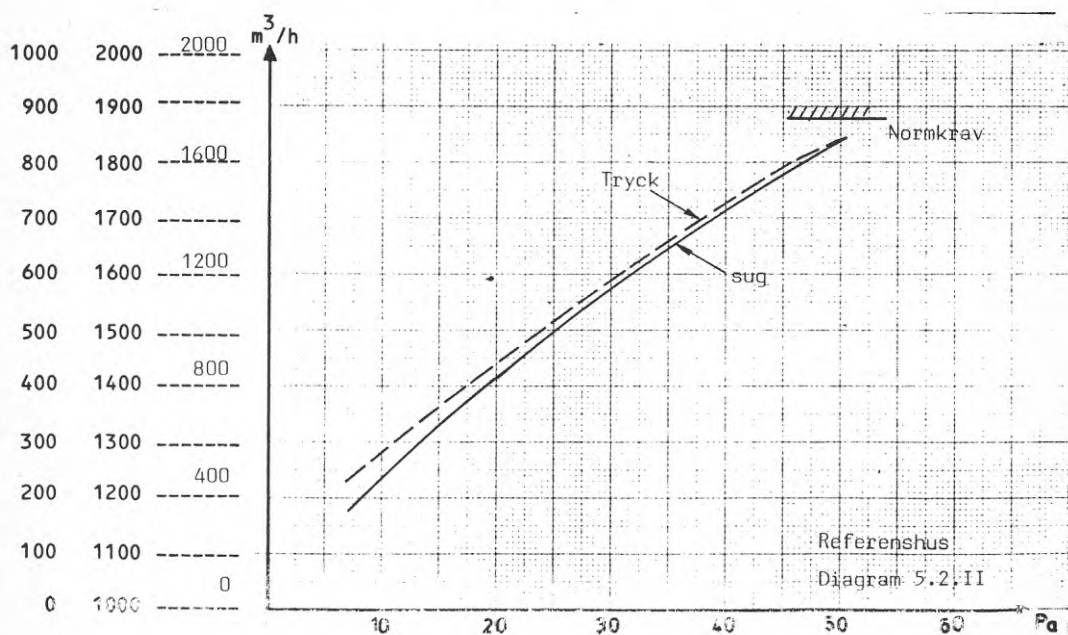
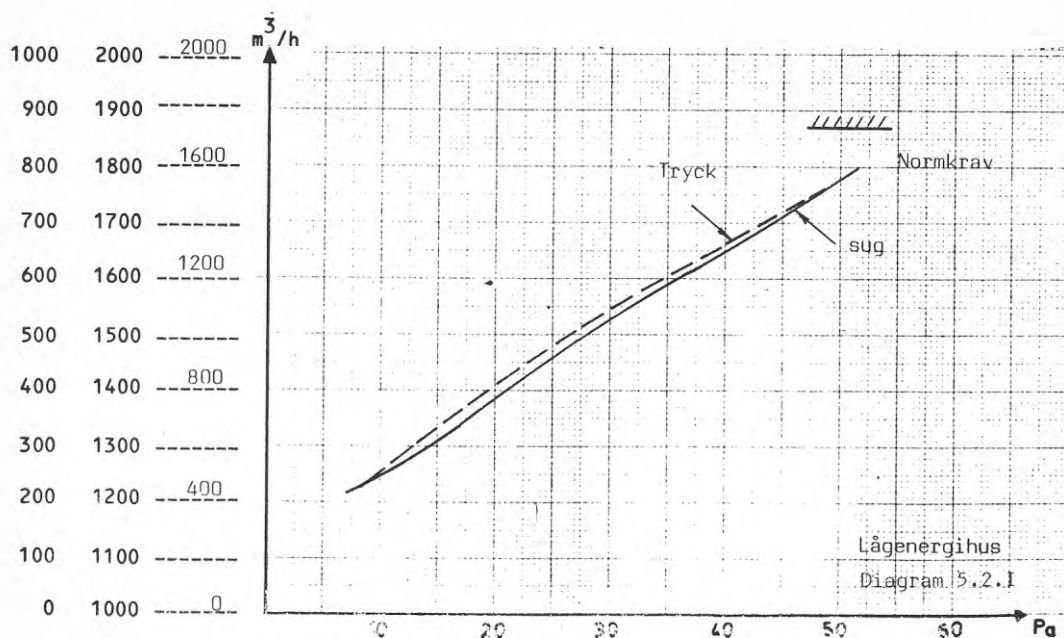
Enligt SBN 75 kommentar 77:3, gäller att husens täthet skall vara bättre än  $3 \text{ oms/h}$  vid  $50 \text{ Pa}$  tryckskillnad.

Provtryckningen genomfördes så att ytterdörren ersattes med boardskiva försedd med fläkt som kunde vändas så att den antingen sög luft ur huset eller tryckte luft in i huset, så att tryckdifferens mellan inne och ute på max.  $50 \text{ Pa}$  uppstod.

Både referenshuset och lågenergihuset provtrycktes, varvid luftläckaget för båda husen uppmättes till c:a  $3 \text{ oms/h}$  vid  $50 \text{ pa}$ .

Luftläckaget vid över resp. undertryck i huset som funktion av tryckskillnaden infördes i bifogade diagram 5.2.1. Som framgår av diagrammet kan slutsatsen dras att de läckage som finns härrör från smärre håligheter i "lufttäta" skiktet. Överlappningarna i plastfolien är tillfredställande utförda eftersom ingen backventilverkan erhöles.

Referenshusets täthet framgår av diagram 5.2.





### 5.3 Termofotografering

Båda husen termofotograferades. Inga allvarligare brister kunde konstateras. Smärre köldbryggor iakttogs men föranledde inte någon åtgärd. Utförandet kunde konstateras vara av standardkvalitet för 1½-plans hus med de svårigheter som föreligger att erhålla fullgott tätskikt och därmed köldstick in från takfoten.

Vid termofotograferingen kunde iakttagas hur värmefördelningen såg ut i taket på lågenergihuset. Dels framträdde den varmare zonen vid fönsterväggen mycket tydligt, dels kunde iakttagas att övriga delen av taket uppvärmdes jämnt med undantag från det hörn i vardagsrum och sovrum som vätter mot trapphuset och som inte var anslutet till utblåsningsspalten.

Vidare kunde konstateras att sovrummet närmast ytterdörren genom dess långsmala form och stor ytterväggsyta erhöll större temperaturskillnad än det motstående sovrummet, beroende på inblåsningmunstyckets form och att luftströmmen inte anslöt till taket vid ytterväggen (mot långsidan).

Termofotograferingen visade dock att båda husen väl kunde utnyttjas som testobjekt, då de var fullt jämförbara i utförande. Både täthet och köldbryggor var av normal karaktär. Detta betyder att lågenergihuset inte utförts med speciell tanke på extrem täthet ej heller särskild omsorg vid isoleringen än vad som är vanligt för hus av denna typ.

Det torde därför vara fullt möjligt att serieproducera hus av denna typ utan annan personal än normalt utbildat byggfolk och ändå uppnå de energibesparingar som redovisas nedan.

### 5.4 Provningsprogram

Efter inledande försök för att fastställa grundläggande egenskapen som k-värde och täthet flyttade en familj in i vardera lågenergihuset och referenshuset. Familjerna var av samma storlek - två vuxna och två barn i förskole eller lågstadie-ålder. De bedömdes ha ungefär lika vanor, eftersom båda familjefäderna arbetade utanför hemmet medan mödrarna endast delvis hade sitt arbete förlagt till arbetsplats utanför hemmet.

För att kunna följa energiflödena i de båda husen installerades mätutrustning för väderdata från vilken temperatur, vind, sol och luftfuktighet kunde sammanställas. Vidare mättes temperatur och luftfuktighet i både lågenergi och referenshusen på samma ställen i båda husen. Temperaturen mättes i samtliga rum.

Dessutom infördes många temperaturmätningpunkter i lågenergihusets värmesystem, liksom tryckdifferensen mellan inne och ute. Luftfukt och flöden på ventilationsluften mättes på till och frånluftssida.

Fullständigt mätprogram framgår av bilaga, där både placering och mätgivarnas fabrikat finns angivet.

Samtliga mätdata registrerades timme för timme med Datalogger. Mätrensans databehandlades och medelvärden beräknades.

För uppföljning av värmesystemet studerades temperaturförloppen under kallaste dag med och utan nattnedsättning av temperaturen,

med och utan inverkan av solinstrålning.

### 5.5 Preliminär utvärdering

Från inflyttningen i december 1978 till juni 1979 utnyttjades insamlade mätdata för att studera värmesystemet.

#### 5.5.1 Kallaste dag

Under den mycket kalla vinter som inträffade under mätperioden kunde intressanta diagram tas fram för utetemperaturer lägre än LUT ( $-18^{\circ}\text{C}$ ).

Med flödet  $2000\text{ m}^3/\text{h}$  kunde diagram 5.5.I ritas upp för den 14 februari 1979, då nattemperaturen varit lägre än  $-18^{\circ}\text{C}$  under längre tid.

Av diagrammet framgår att vattentemperaturen före konvektoraggregatet legat omkring  $29^{\circ}\text{C}$  och rumstemperaturen pendlat omkring  $20.5^{\circ}\text{C}$  med utgående lufttemperatur från aggregat c:a  $23^{\circ}\text{C}$  och inkommande lufttemperatur c:a  $18^{\circ}\text{C}$ . Med  $2000\text{ m}^3/\text{h}$  motsvarar detta en värmeeffekt på c:a  $3.3\text{ kW}$ , vilket är lägre än det teoretiska värdet. Detta indikerar att värme tas ur husets stomme. Dessvärre indikerar den låga tillufttemperaturen att takvärmesystemet är delvis satt ur funktion, eftersom lufttemperaturer lägre än rumstemperatur sugts tillbaka till konvektorn.

En ökning av temperaturerna kan lätt erhållas om flödet minskas. Detta kan göras utan vidare eftersom maximala vattentemperaturen,  $40^{\circ}\text{C}$ , ej är utnyttjad. Det beslöts därför att koppla om fläktutväxlingen i konvektoraggregatet till ett varvtal som gav luftflödet  $1000\text{ m}^3/\text{h}$ . Detta gjordes den 2 mars 1979.

#### 5.5.2 Nattnedläggning av temperatur

Innan omkoppling av flödet skedde upptogs också diagram 5.5.2 I, som visar funktion av nattnedläggning i hus med låg energiförbrukning.

Den inregerade rumstemperaturen,  $21^{\circ}\text{C}$ , justeras ned  $5^{\circ}\text{C}$  kl. 23.00, varvid rumstemperaturen långsamt sjunker från  $21^{\circ}\text{C}$  till  $18^{\circ}\text{C}$  när programverket kallar på dagtemperaturen igen. Vid utetemperatur på  $-2^{\circ}\text{C}$ , vilket är mycket vanlig vinter-natt-temperatur i trakterna, hinner huset sjunka  $3^{\circ}$  i rumstemperatur på c:a 7 h. Det som sedan inträffar är att med den effekt som erfordras för kallaste dag har inte rumstemperaturen  $21^{\circ}$  uppnåtts förrän kl. 09.00. Detta orsakar svängningar i husets temperatur som dels upplevs obehagligt, (då man strävar ligga så lågt som möjligt med medelvärdet) och dels nära på upphäver den energibesparing nattnedläggningen skulle ge upphov till genom att en överreglering av temperaturen sker på dagen. Däremot i hus med större temperaturgradient vid avsvälningen är nattnedläggningen motiverad i energibesparande syfte.

I lågenergihuset kunde också bättre reglernoggrannhet uppnås sedan temperaturkännaren i programverket flyttats till en punkt utanför klockautomatiken och ett stycke från väggen. Den därvid erhållna reglernoggrannheten framgår av diagram 5.5.2 II med inställning utan nattnedläggning. Detta diagram visar tämligen följsam temperaturreglering med undantag av att nollpunktjusteringen i temperaturregleringen inte helt överensstämmer med verkligheten.

DIAGRAM 5.5.1.1

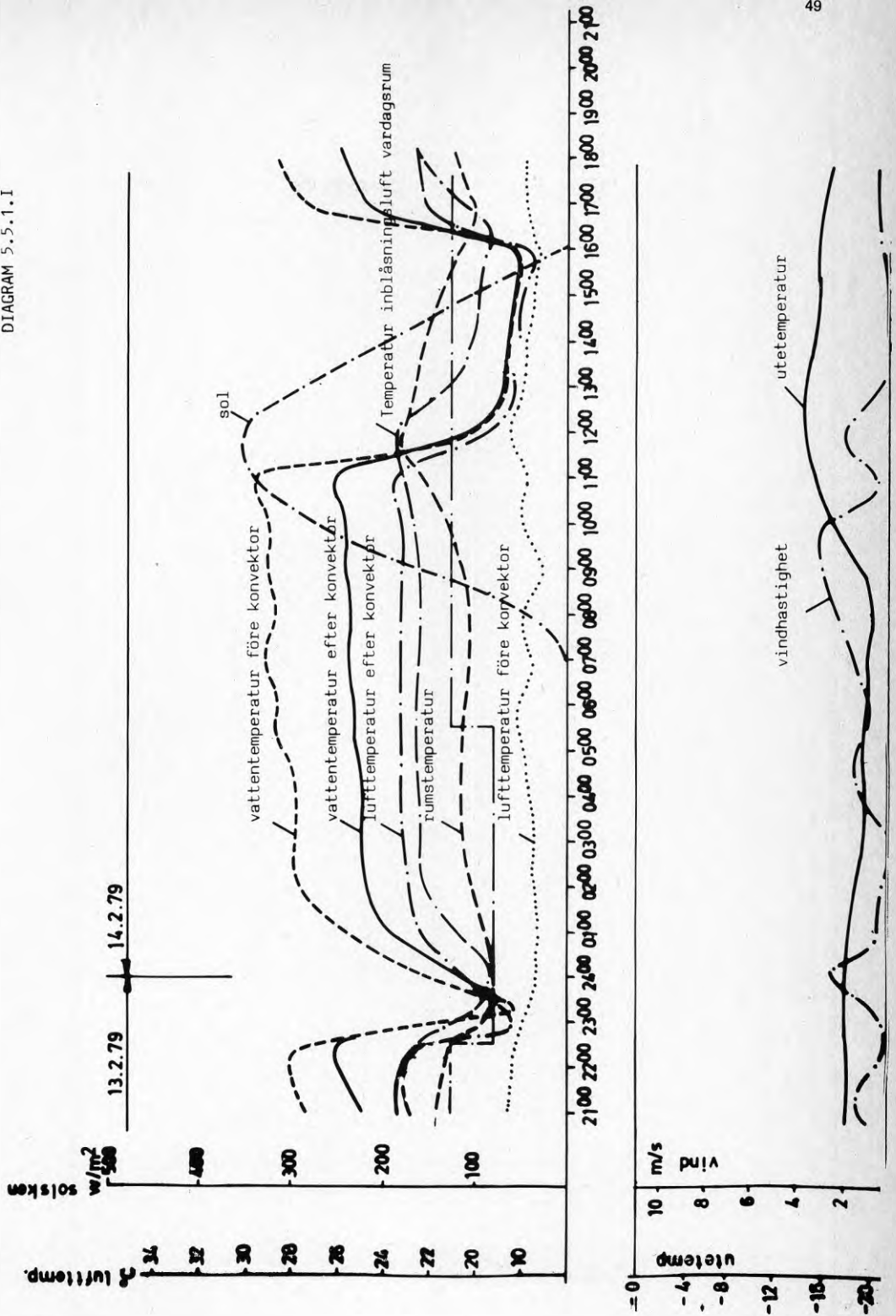
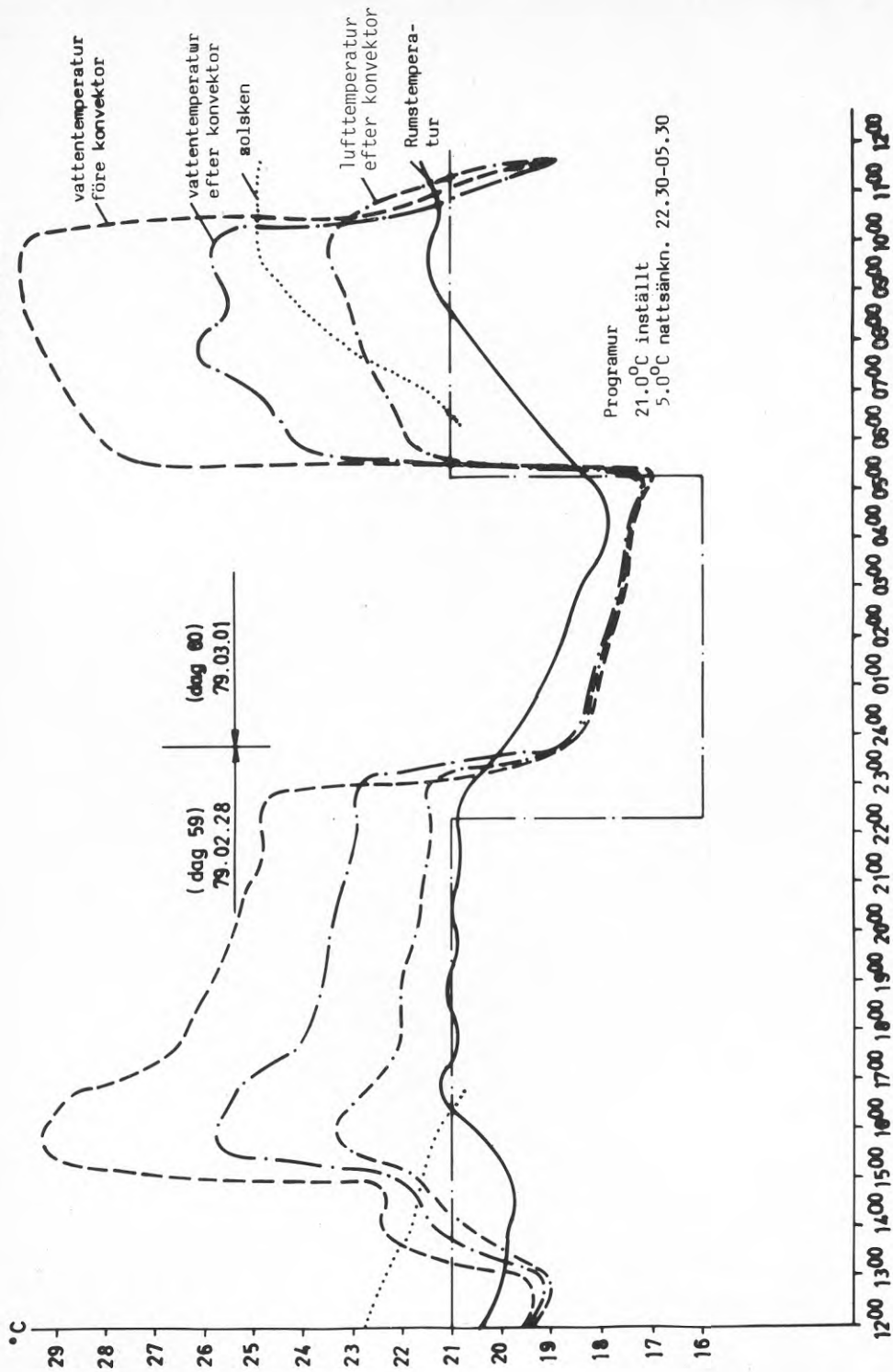


DIAGRAM 5.5.2.I





### 5.5.3 Solinstrålning

Av diagrammet 5.5.1 I framgår inverkan av solinstrålning en kall februaridag med vindhastighet på c:a 3 m/s. Av de utritade temperaturförloppen i reglerkretsen visas, att solinstrålningen svarar för husets hela tillsatsvärmeförbrukning från kl. 11.00 till solnedgången kl. 16.00. Dessutom ökar temperaturen i vardagsrummet till 22.5 °C. Den uppmätta solinstrålningen är mot horisontell yta, medan den instrålade solenergin genom fönstren, tillgodogörs effektivare i de vertikala fönstren än vad det uppmätta värdet ger anledning till att tro. I det program som framtagits för solinstrålningsberäkningen har det totala antalet kWh angivits som kommer huset tillgodo, med hänsyn tagen till skuggbildningen som kan inträffa olika tider på året och på dagen. Solinstrålningen har tex. under januari 1980 gett ett bidrag till uppvärmningen med 118 kWh och under februari med 345 kWh. Av månadsförbrukningen är detta endast 6 % i januari men hela 20 % i februari beräknat av det externa energitillskottet. Totalt under året är soltillskottet 5550 kWh, vilket är 27 % av lågenergihusets totala energiförbrukning för transmission och ventilation och 18 % av referenshusets energiförbrukning för samma ändamål.

### 5.6 Systemförändringar

Som framkom under den preliminära undersökningen av värmesystemet kunde cirkulationsluftflödet minskas till 1000 m<sup>3</sup>/h och ändå ligga lägre vid maximala temperaturen på vattnet än den i förutsättningsarna angivna (40°C).

Denna lägre luftmängd innebär att systemet med luftburen värme kan förenklas högst betydligt i jämförelse med de kanaler som installerats i lågenergihuset. Undersökningen av ett sådant förenklat system har genomförts med bistånd från BFR under uppdrag nr 790426-9.

#### 5.6.1 Temperaturförlopp och effektbehov kallaste dag vid 1000m<sup>3</sup>/h

Med de systemförändringar som beslöts i februari 1979 kördes värmesystemet vid 1000 m<sup>3</sup>/h från den 2 mars 1979 tills vidare.

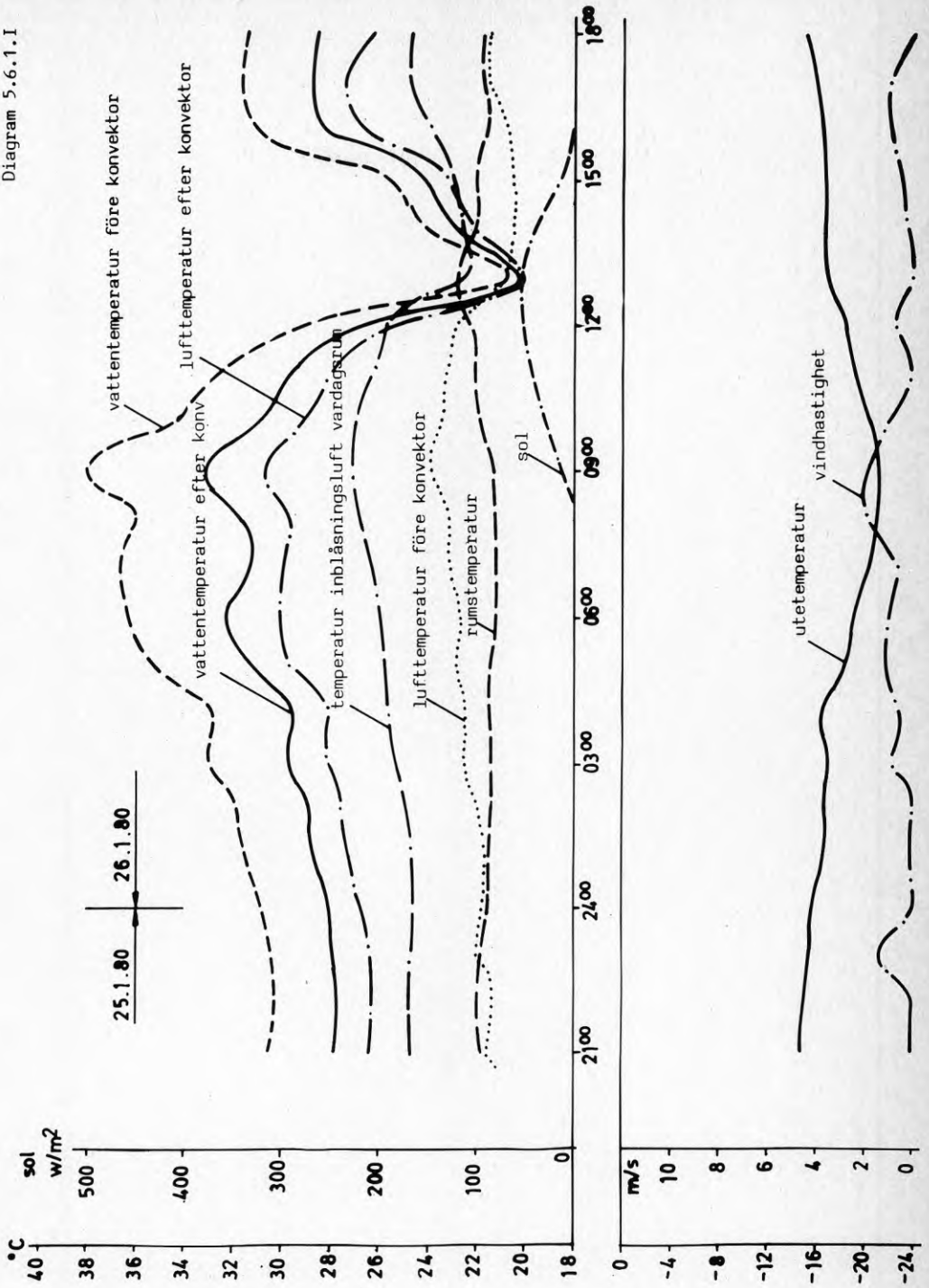
Den 26 januari 1980 inträffade ånyå en kallperiod då de förändringar som införts kunde testas. Den uppmätta utetemperaturen var då lägre än -20°C hela natten och sjönk ytterligare på morgonen i samband med soluppgången till lägre än -21°C. Se diagram 5.6.1.1.

Därvid uppmättes:

Inkommande vattentemperatur till konvektor	38.1°C
Utgående vattentemperatur	33.3°C
Temperatur på cirkulationsluft före konvektor	23.9°C
Temperatur på cirkulationsluft efter konvektor	30.8°C
Rumstemperatur vardagsrum	21.4°C
Inkommande lufttemperatur i vardagsrum	26.8°C

Då återluftens temperatur varit högre än rumstemperaturen kunde fastställas att varmluftssystemet fungerat på avsett sätt med luftkudde vid taket och värmestrålning ned till vistelsezonen. Detta upplevdes också mera positivt än det tidigare omnämnda inblåsningförloppet som förekom vid det högre luftflödet. Den uttagna effekten vid detta tillfälle var c:a 2.5 kW, vilket väsentligen understeg det erforderliga k-värdet enligt uppmätningarna. Tillsatsenergi i form av värme-

Diagram 5.6.1.I



tillskott från varmvatten och personer uppgick vid detta tillfälle till ungefär 600 W, medan inkommande tilluft genom markröret värmts med effekten 925 W. Den låga temperaturen pågick inte tillräckligt lång tid för att kunna avgöra om värme upptagits ur husstommen eller inte. Emellertid är det uppenbart att de perioder LUT  $-18^{\circ}\text{C}$  uppträder inte påverkar möjligheten att upprätthålla  $+20^{\circ}\text{C}$  i huset med det modifierade värmesystemet.

Vid låg utomhustemperatur har vidare uppmätts den riktade operativa temperaturen och den maximala differensen mellan de 6 uppmätta riktningarna. Inte i något av husen översteg  $\Delta\bar{t}$  de i byggnormen stipulerade värdet  $5^{\circ}\text{C}$  vid  $20^{\circ}\text{C}$  rumstemperatur. I lågenergihuset kunde konstateras att vistelsezonen kan ligga närmare fönstret än i hus med elradiatorer under fönstret samt att maximala  $\Delta\bar{t}$  uppmättes till  $1.5^{\circ}$  vid golvet invid fönsterväggen i vistelsezonen. Vid samma plats i referenshuset uppmättes c:a  $3^{\circ}\text{C}$ , vilket naturligtvis är märkbart med ej stridande mot bestämmelserna.

Vid elradiatoruppvärmning har däremot konvektionsströmmar motsvarande  $0.5\text{ m/s}$  uppmätts, vilket överstiger den gräns på  $0.35\text{ m/s}$  som angivits i bestämmelserna SBN 75 nr 1977:3. Med anledning av detta och den komfort som upplevs i de båda typerna av värmesystem är det rimligt att ansätta temperaturskillnaden  $1^{\circ}\text{C}$  högre temperatur för radiatoruppvärmning. Denna temperaturhöjning föreskrivs i vistelsezonen redan vid lufthastighet överstigande  $0.25\text{ m/s}$ .



## 5.7 Proverperiod 790701 - 800630

Under tiden december 1978 till juli 1980 insamlades data timme för timme. Av dessa data bearbetades tiden 19790701 800630. Huset jämfördes dels vid den temperatur och ventilation som de båda familjerna valt att bo vid dels en omräknad energiförbrukning där dessa skillnader eliminerats.

## 5.7.1 Energiflöden och temperaturer månad för månad

De insamlade data för utetemperatur och medeltemperatur beräknad månad för månad i huskropp respektive källare uppställdes och gradtimmar för husen beräknades. Det antogs att 122000<sup>0</sup>h var normalvärdet för Sorunda vid 20<sup>0</sup>C inomhustemperatur. Beräkningarna visade att nära 142000<sup>0</sup>h erfordrades eldningsåret 79/80. D.v.s. vintern var 16 % kallare än antaget. Med kännedom om <sup>0</sup>h månad för månad och de tidigare uppmätta k-värdena för huskropp och källare beräknades energiförbrukningen inklusive frivillig ventilation. Den frivilliga ventilationen uppmättes och den ofrivilliga ansattes till 0.1 oms/h. Den instrålade solenergin beräknades med utgångspunkt från det horisontellt uppmätta instrålningsvärdet samt hänsyn till förhållandet direkt och diffus strålning mot vertikal yta. Dessutom kompenenserades värdet för den skuggbild som kunde erhållas på huset olika tider på dygnet och året.

Varmvattenberedaren i båda husen hade före installationen isolerats bättre än vad som är normalt, vilket innebär lägre värmeavgivning från lagringstanken och därmed minskad energiförbrukning för varmvatten. (Samtidigt mindre gratisenergi). Hushållsströmmen anses förbrukas så att den ger värme till huset och varmt spillvatten till avloppet. Den ansats som gjorts är:

70 % hushållsel tillföres huset som gratisvärme, medan 30 % går förlorat i avloppet (återvinnes delvis i värmväxlare för avloppsvattnet). Personvärmen kommer huset tillgodo och antages vara större på vintern än på sommaren (barn och vuxna vistas mera inne på vintern). De på sommaren antagna värdena motsvarar 8 h sömn och 4 h vistelse inne varje dag för fyra personer. Vintertid utvecklas mera aktivitet under ytterligare 4-12 h inomhus och fördubblar därmed energitillskottet.

Markröret utnyttjades så att tilluften ständigt dras genom det 44 m långa nedgrävda plaströret. Som framgick av beräkningen kallaste dag bidrager värmestillskottet från jorden med att minska effektinstallationen i huset så, att förvärmningseffekten i värmväxlaren ej behöver anslutas. Normalt c:a 1.5 kW sparas därmed, varav uppvärmningen kallaste dag i markröret är c:a 1 kW. Oavsett uppmätt utetemperatur (lägsta -21.4<sup>0</sup>C) har markröret lämnat luften förvärmad till minst 0<sup>0</sup>C under hela året. Kylningen på sommaren har gjort att medeltemperaturen i juni hållits 1.5<sup>0</sup>C lägre i lågenergihuset än i referenshuset. Kyleffekten varmaste dag har varit t.ex.:

utetemperatur	27 <sup>0</sup> C
lufttemperatur efter genomgång markrör	12.7 <sup>0</sup> C
kyleffekt på tilluft	c:a650 W

Denna kylning räcker teoretiskt till att hålla huset c:a 6<sup>0</sup>C lägre i temperatur än i referenshuset. Månadsmedelvärdet som även innefattar nattemperatur då kyleffekten kan ha minskat till 0 tyder på att detta är fullt möjligt.

Tabell 5.7.1 I visar lågenergihusets teoretiska energibalans exkl. varmvatten och hushållselförbrukning med de antaganden som redovisats ovan.

Totalt skulle huset enligt dessa antaganden förbruka 16750 kWh under året.

Tabell 5.7.1 II visar motsvarande uppställning för referenshuset. Teoretiskt skulle 21885 kWh förbrukas. De verkligt avlästa energiförbrukningarna framgår av nedanstående tabell 5.7.1 III.

Verkliga energiförbrukningar kWh/år 79/80

	Lågenergihus	Referenshus
Värme	12852	14731
Varmvatten	1861	3409
Hushåll	2727	5099
Summa	17440	23239
Teoretiskt	16750	21885
Merförbrukning	690	1354

Den merförbrukning som redovisas beror på ofullkomligheter i de antaganden som gjorts.

För lågenergihusets del har inte den energiförbrukning redovisats som orsakats av att fukthalten inomhus legat högre vissa månader än vad den teoretiskt skulle ha gjort om inget värmetillskott tillförts från huset.

Enligt månads medelstatistiken är den relativa fukthalten i lågenergihuset 33 % r.f. (ref.hus 17% r.f., vilket under året krävt följande energiförbrukning per månad.

Tabell 5.7.1.IV Energiförbrukning för fukthaltshöjning lågenergihuset

oktober 1979	211
januari 1980	35
februari 1980	35
april 1980	67
maj 1980	83
Summa:	364 kWh

Resterande skillnad för lågenergihuset beror troligen på att ofrivilliga ventilationen varit något högre än 0.1 oms/h.

För referenshusets del kan skillnaden bero på att ventilationen varit större än antagen ofrivillig och uppmätt frivillig. På grund av den onormalt stora energiförbrukningen på hushållsenergi är det plausibelt att antaga att det blivit så varmt i köksdelen att fönstren öppnats för vädring. Denna frivilliga vädring som i mätprogrammet uppmättes som ofrivillig har med all sannolikhet orsakat merparten av den energiförbrukning som redovisats som den teoretiskt riktiga. Att ändå denna merförbrukning endast motsvarar 0.08 oms/h och kan läggas till de uppmätta 0.13 oms/h, blir ventilationen endast 0.21 oms/h instället för de i SBN 75 påbjudna 0.4 oms/h (0.5-0.1).

TABELL 5.7.1 I

## LÅGENERGIHUSET

Månad	Månadsmedeltemp ute °C	Hus källare °C	Hus °h	Hus källare °h	Energiförbrukn. Transmission Hus källare kWh	ventilation friv.1) ofriv.2) kWh	Gratisenergi sol VV hush. kWh kWh	persv. kWh	Markrör kWh	Energi- förbr. kWh	Gratis- energi kWh	Värme- energi- förbr. kWh					
juli	13.32	21.98	19.24	6443	4404	676	105	291	76	646	63	143	83	-10	1158	935	223
aug.	13.66	21.52	18.44	5847	3555	614	85	264	70	716	63	70	83	-12	1045	932	113
sept.	9.54	20.66	18.76	8006	6638	848	159	141	95	543	63	177	83	77	1158	866	292
okt.	3.67	20.35	17.78	12409	10497	1303	252	218	147	350	63	156	166	185	1735	735	1000
nov.	1.39	19.50	16.0	13039	10519	1369	252	229	154	89	63	181	166	165	1839	499	1340
dec.	-3.20	20.74	15.85	17811	14173	1869	338	314	211	77	63	167	166	222	2510	473	2037
jan.	-6.05	20.45	15.32	19716	15899	2068	381	347	234	118	63	236	166	256	2774	583	2191
feb.	-7.33	19.96	14.86	18993	15444	1993	370	334	183	345	63	175	166	242	2638	749	1889
mars	-4.76	19.48	15.10	18034	14776	1890	355	317	214	465	63	152	166	188	2588	846	1742
april	3.23	20.04	16.77	12103	9748	1270	234	213	144	637	63	153	83	25	1836	936	900
maj	6.51	19.77	17.42	9865	8117	1036	195	174	117	750	63	128	83	4	1518	1024	494
juni	14.15	23.07	20.55	6422	4608	675	110	280	76	815	63	119	83	-80	1218	1080	138
Medel tal:	3.80	20.63	17.17	147430	117121	15480	2811	3122	1721	5551	750	1909	1500	1262	21873	9710	12162

1) 0.38 oms/h = 133 m<sup>3</sup>/h Till värme energiförbrukningen kommer varmvatten energi (2770-909) minus återvinning samt  
 2) 0.1 oms/h = 35 m<sup>3</sup>/h hushållsel (2727). Totalt: 16750. Verkligt avläst: 17440 kWh.

TABELL 5.7.1 II

## REFERENSHUSET

Månad	Månadsmedeltemp		Hus o <sub>h</sub>	Källare o <sub>h</sub>	Energiförbrukning		Gratisenergi		Energiförb. värme energi kWh	Gratis värme energi kWh						
	ute o <sub>c</sub>	Hus o <sub>c</sub>			Hus kWh	Källare kWh	Transmission kWh	ventilation kWh			Sol kWh	VV hush. kWh	persvärme kWh			
juli	13.32	22.17	15.51	6584	1629	776	39	99	76	646	63	227	83	990	1019	0
aug.	13.66	23.21	20.35	7156	4978	844	119	107	83	716	63	266	83	1153	1128	25
sept.	9.54	21.63	19.09	8704	6876	1027	165	131	101	543	63	325	83	1424	1014	410
okt.	3.67	20.01	18.25	12157	10922	1434	262	183	140	350	63	332	166	2019	911	1108
nov.	1.39	20.0	18.96	13399	12650	1581	304	201	155	89	63	319	166	2241	637	1604
dec.	-3.20	20.46	18.81	17603	16375	2077	393	264	203	77	63	343	166	2937	649	2288
jan.	-6.05	19.14	16.64	18741	16881	2211	405	281	216	118	63	443	166	3113	790	2323
febr.	-7.33	20.14	18.16	19119	17741	2256	425	287	221	345	63	377	166	3189	951	2238
mars	-4.76	19.94	17.30	18377	16412	2168	394	276	212	465	63	336	166	3050	1030	2020
apr.	3.23	19.49	17.41	11671	14861	1377	357	175	135	637	63	239	83	2044	1022	1022
maj	6.51	20.50	17.38	10408	8087	1228	194	156	120	750	63	253	83	1698	1149	549
juni	14.15	24.43	18.36	7406	3031	974	73	111	35	815	63	227	83	1193	1188	5
medel																
tal	3.80	20.97	18.03	150409	124655	17748	2991	2271	1737	5551	750	3687	1500	24747	11370	13377

1) 0.13 oms/h = 45 m<sup>3</sup>/h Till värme energiförbrukningen kommer varmvattenenergi 3409 samt hushållsel 5099

2) 0.1 oms/h = 35 m<sup>3</sup>/h Totalt: 21885. Verkligt avläst: 23239 kWh.

Ökas ventilationen till 0.38 oms/h ökar energiförbrukningen 4343 kWh till totalt 26228 kWh. (Verklig frivillig ventilation kan vara 0.21 oms/h).

### 5.7.2 Korrigerade värden på energiförbrukningen

För att kunna jämföra energiförbrukningen mellan de två husen har sammanställning gjorts i tabell 5.7.2. V. Där framgår de verkligt uppmätta värden och energiflöden som sammanställts i tabell 5.7.1 I och II.

Eftersom lågenergihusets familj valt att bo i en medeltemperatur i huskroppen på 20.6°C och referenshusets familj valt att bo vid 21.0°C korrigeras temperaturerna till den lägsta skillnad som de två skilda värmesystemen bör ge upphov till (ref.hus 21°C, LE-hus 20°C).

### 5.7.3 Jämförelse mellan husen vid normalförbrukning

Med de ovan korrigerade värdena har ansatts normförbrukning på varmvatten och hushållsel för att kunna utjämna dessa skillnader. Med källare blir resultatet för år 79/80 att lågenergihuset förbrukar 57 % av referenshusets energiförbrukning. Om båda husen byggts utan källare bör teoretiskt skillnaden ha blivit ännu större så att lågenergihuset förbrukat 51 % av den elenergi referenshuset förbrukar under samma premisser.

### 5.7.4 Energiförbrukning i övriga hus i området jämförelse med referenshuset.

I uppdraget från BFR tillfogades uppgiften att notera totala energiförbrukningen i samtliga likadana hus i området.

I samma byggetapp byggdes endast 3 st hus med källare nämligen lågenergihuset, referenshuset samt ytterligare ett hus. Dessutom byggdes 6 st souterränghus samt 17 hus utan källare men i övrigt lika som referenshuset. De 5 hus som byggdes, men vänts 90° i förhållande till referenshuset är inte medräknade i statistiken.

Utän kännedom om ventilationsgrad, levnadsvanor etc. är det tämligen meningslöst att jämföra energiförbrukningen enligt avläsningen på elmätaren.

Av tabell 5.7.4 I framgår årsförbrukningen i medeltal för året 79.

Tabell 5.7.4 I Total elförbrukning 781218 - 791218 i 1 ½ plans hus byggda i Sorunda.

Medelvärde 17 st 1½ plans källarlösa	21996
6 st 1½ plans souterränghus	24246
1 st 1½ plans med källare	23634
Referenshuset	25384

Läggs referenshusets källares energiförbrukning till medelvärdet för källarlösa husens energiförbrukning blir jämförelsetalet c:a 25000 kWh. Detta värde överensstämmer ungefär med referenshusets energiförbrukning. Av detta kan den troliga slutsatsen dras att samtliga hus har en frivillig ventilationsgrad på c:a 0.2 oms/h. Detta tyder på att skall byggnormens regler följas kommer energiförbrukningen att stiga väsentligt om inte samtidigt kravet på värmeväxling av ventilationsluften införes.

TOTAL ENERGIBALANS - jämförelse Lågenergihus och Referenshus TABELL 5.7.2 V

Verkligt avlästa värden samt omräknad årsförbrukning för 21°C i referenshus och 20°C i lågenergihus samt källare. Gradtimmar 79/80: Referenshus: 150409 (20.97°C) 150672 (21°C). Lågenergihus: 147430 (20.63°C) 141912 (20°C).

	Lågenergihus		Referenshus		Utan källare
	K-värde W/°C	Verkl. förh. kWh	K-värde W/°C	Verkl. förh. kWh	
Transmissionsförlust					
Huskropp	105	15480	14900	14900	17780
Källare	24	2811	3406	-	3406
Ventilation kontr. okontr.		6918	6755	6755	7172
Återvinning ventilation		1721	1688	1688	1737
Markrör		-3795	-5066	-5066	-
		-1262	-1262	-1262	1793
Summa:		21873	20421	17015	24747
					30351
Service el					
Varmvatten		2770	4250	4250	4250
Återvinning		-909	-2250	-2250	
Hushållsel		2727	3500	3500	3500
Summa förluster:		26461	25921	22515	33255
					37901
Gratisvärme					
Sol		5551	5550	5550	5550
Varmvatten		750	750	750	750
Hushåll		1909	2450	2450	3569
Personvärme		1500	1500	1500	2450
Summa gratisvärme:		9710	10250	10250	1500
					11370
					10250
Elenergitillskott		16751	15671	12265	21885
					27651
Elenergitillskott i % av referenshuset			57	51	100
Projekterat energitillskott enl. tabell 3.6.2.			59	54	100

## 6. DISKUSSION OCH SLUTSATS

### 6.1 Energibesparing

#### 6.1.1 Värmesystem

Med värmesystem enligt värmestrålningsprincipen från takyta kan innetemperaturen sänkas minst 1°C utan att boendekomforten ändras. Detta innebär c:a 6 % lägre energiförbrukning i mellansverige.

Värmesystemet har dessutom den fördelen att kunna utnyttja lågtemperaturvärme (max. 40°C). Därmed finns det stora möjligheter att utnyttja spillvärme, lågtemperaturvärme etc.

#### 6.1.2 Ventilationssystem

Ventilationen sker enkelt i ett luftburet värmesystem där stor luftmängd omsättes i alla rum. Energibesparingen med värmeväxlare är vid den påbjudna ventilationsgraden betydande och nödvändig för att kunna ventilera så starkt. Energibesparingen c:a 5000 kWh per år är möjlig att uppnå med värmeväxlare som ger temperaturverkningsgradens årsmedelvärde på c:a 70 %.

Med den installerade värmeväxlaren har verkningsgraden i lågenergihuset uppmätts till 61 %.

Det visar sig att förbikopplingsmöjlighet måste finnas. Om inte blir markrörets kyleffekt utan verkan under sommarmånaderna.

För att uppnå 70 % årsmedelverkningsgrad erfordras att värmeväxlaren har c:a 75 % temperaturverkningsgrad vid lika flöden på till- och frånluft. Detta skall gälla vid frånluftsmängden motsvarande c:a 0.4 oms/h.

#### 6.1.3 Varmvatten

Värmeåtervinning i avloppssystemet har demonstrerats i lågenergihuset. Den provade värmeväxlaren har återvunnit 48 % av den värmemängd som maximalt antagits gå ut med avloppsvattnet. Proven visar att det är rimligt att antagandet 50 % stämmer vid de intermittenta flöden som uppträder i småhus. I lågenergihuset har dock betydligt mindre varmvatten förbrukats än de i normflödena antagna. Detta kan bero på att man influerats av att bo i lågenergihus och omedvetet varit mycket sparsam med varmvattnet. Det är möjligt att detta resonemang också kan tillämpas på familjen i referenshuset. Sedan Munter redovisade sina mätresultat och antaganden från 1974 har ingen större undersökning gjorts som kartlagt varmvattenförbrukningen i småhus. Innan sådan utredning genomförts, som framlägger andra fakta, används lämpligen de siffror som framgår av Munters undersökning. Den stämmer tämligen väl beträffande hushållselförbrukningen.

### 6.2 Slutsatser

Projektering och provning av lågenergihus typ Sorunda visar att det är möjligt att reducera energiförbrukningen med c:a 50 % i jämförelse med hus byggda enligt SBN 75. Verklig energibesparing blir dock lägre eftersom normen knappast uppfylls vad beträffar ventilationsgraden. Proven visar att takvärmesystem med luft som värmebärare fungerar bra och uppfyller högt ställda krav på det termiska inomhusklimatet vid 20°C rumstemperatur.

Något förhöjd isoleringsgrad som ger c:a 12 % lägre transmissionsförluster behöver tillgripas för att uppnå sparmålet om ena fönsterfasaden vänts huvudsakligen söderut  $\pm 25^{\circ}$  och värmeåtervinning sker på frånluft och avloppsvatten.



## 7. LITTERATUR

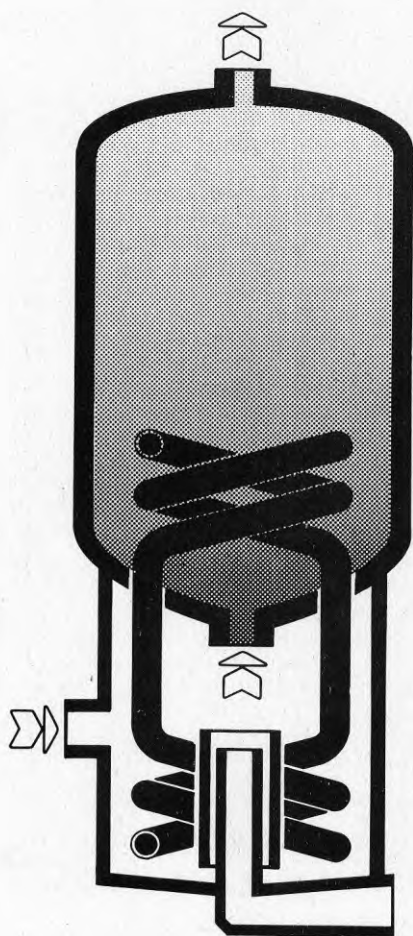
1. R58:1974 Munther, Karl E. Energiförbrukning i småhus.
2. D10:1978 Elmroth Arne. Well insulated airtight buildings
3. Värmeväxlare för avloppsvatten, datablad. Axel Johnson Institutet.
4. Svensk byggnorm, SBN 1975,
5. Kommentarer till SBN 75, 1977:3. Energihushållning m.m.

## Bilagor:

Mätprogram  
Ritningar



# Johnson- värmewäxlaren för avlopp



Den energi som förbrukas för uppvärmning av varmvatten i en villa utgör ca 20 % av den totala energiförbrukningen i fastigheten. Då har medräknats den energi som åtgår för vattenvärmning både i varmvattenberedare, tvätt- och diskmaskin samt det varmvatten, som hälls i avloppet efter värmning på spisen. Totalt utgör detta ca 5 000 kWh per år. En del av den värmeenergi som tillföres i form av varmvatten kommer huset till godo som gratisenergi t. ex. vid badning. Emellertid är det bara under eldningssäsongen som denna värme kan utnyttjas. Större delen av den energimängd som erfordras för vattenvärmning kommer att lämna huset genom avloppsledningen. Det är givetvis angeläget att återföra denna värmemängd till uppvärmning av varmvattnet.

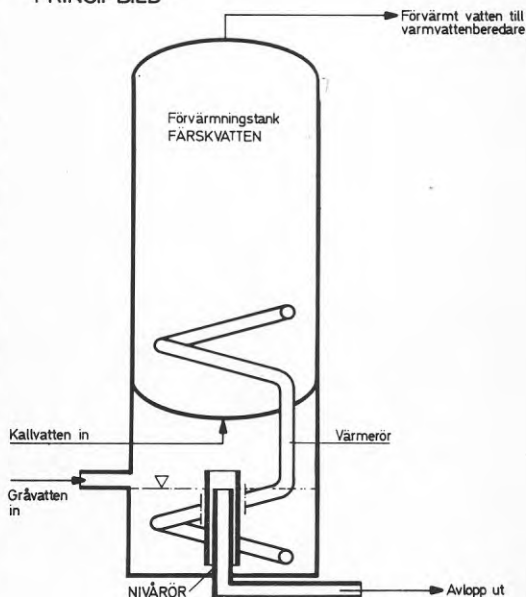
Axel Johnson Institutet för Industriforskning har utvecklat en värmeväxlare för det avloppsvatten som kommer från kök, badrum och tvättstuga, det s. k. gråvattnet. Värmeväxlaren återvinner 50 % av den värmemängd avloppsvattnet innehåller.

## Funktion

Gråvattnet ledes till värmeväxlarens botten, som är så dimensionerad att avloppsvattnet får några minuters uppehållstid där. Mellan botten och den ovanför liggande förvärmningstanken finns värmerör, som transporterar värmet från botten till förvärmningstankens färskvatten. Detta förvärmade vatten värms sedan ytterligare i en varmvattenberedare, som kan vara sammanbyggd med förvärmaren eller separat monterad.

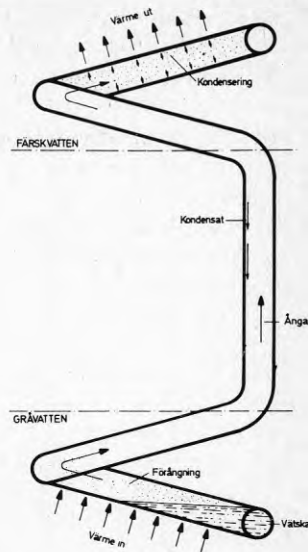
Botten tanken hålls ren på följande sätt. På värmeväxlarens sida finns ett handtag med vilket man kan lyfta det centrala nivåröret. Om fasta föroreningar samlats på tankens botten, strömmar dessa ut i avloppet tillsammans med vattnet i behållaren när nivåröret lyfts. Då handtaget återförs till utgångsläget stängs bottenventilen och behållaren fylls åter med gråvatten. När behållaren är fylld rinner avloppsvattnet över det centrala nivåröret och ut i avloppet.

PRINCIPBILD



## Värmerör

Värmeröret är helt självverkande och består av ett i båda ändar tillslutet rör där luften evakuerats. I röret finns en liten mängd vätska som kokar om avloppsvattnets temperatur är högre än färskvattnets. Det för kokningen erforderliga ångbildningsvärmes upptas från avloppsvattnet och strömmar med ångan till rörets kalla ände, som befinner sig i färskvattnet. Där kondenserar ångan till vätska och avger sitt värmeinnehåll till färskvattnet. Kondensatet rinner tillbaka till rörets nedre ände. Vätskan som innesluts i röret transporterar avloppsvattnets energiinnehåll till färskvattnet så länge avloppsvattnet är varmare än färskvattnet. Om avloppsvattnet är så kallt att temperaturen i botten tanken blir lägre än i färskvattentanken upphör värmeröret att transportera värme. Det fungerar då som backventil för det värme som redan har tillförts färskvattnet.

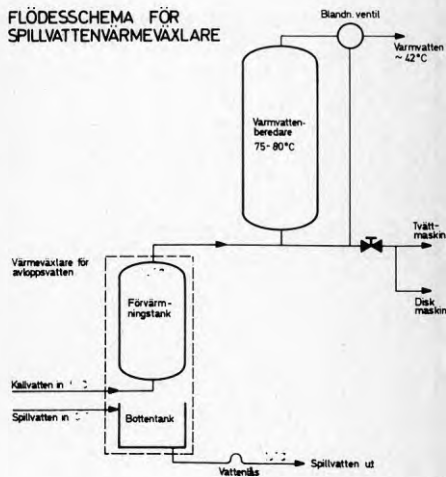


VÄRMERÖRETS PRINCIP

## Inkoppling

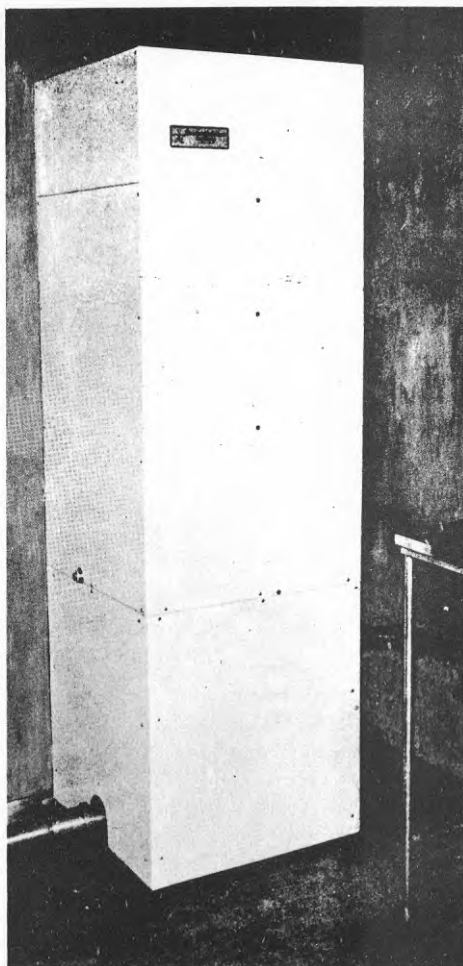
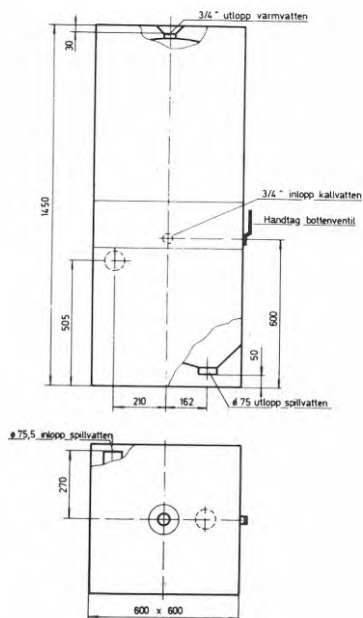
Vid värmeväxling skall verkningsgraden vara så hög som möjligt. Därför låter man så stor del som möjligt av det vatten som i fastigheten blir grävatten förvärmad i värmeväxlaren. Vidstående flödesschema visar en lämplig rördragning. Från värmeväxlaren dras en ledning till en centralt placerad blandningsventil som är termostatstyrd. En annan ledning från värmeväxlaren anslutes till en varmvattenberedare och vidare till blandningsventilen. För tappvarmvattnet väljes en låg temperatur ( $42^{\circ}\text{C}$ ). På detta sätt tas större delen av vattenbehovet från värmeväxlaren. Endast en mindre del behöver tas direkt från kallvattennätet. För tvätt- och diskmaskin används endast förvämt vatten från värmeväxlaren.

FLÖDESSCHEMA FÖR SPILLVATTENVÄRMEVÄXLARE



## Fördelar

- Minskar värmeförlusterna med avloppsvattnet till hälften.
- Kan spara 2 500 kWh per år i en fyrapersonersvilla.
- Självverkande — ingen elanslutning.
- Lätt att installera — ytbehov endast  $60 \times 60 \text{ cm}^2$ .
- Värme överföres endast i en riktning — från avloppsvattnet till varmvattnet — ej tvärtom.



M Ä T P R O G R A M

Lågenergihus k1:K12 (NAB ritn. A30c)

Referenshus k1:K13 (NAB ritn. A14 )

Sunnerby, Sorunda

Nynäshamns Kommun

Innehåll:	Sid.
1. Specifikation av mätutrustning	1-3
2. Specifikation av mätdata	4-5
3. Mätpunkternas placering i hus och på scanner.	6-8
Fasadritning	9-10
Planritning källare med mätpunkter	11
Planritning bottenvåning med mätpunkter	12
Planritning vindsvåning med mätpunkter	13
Flödesschema för spillvattenvärmeväxlare	14
Planritning, längdsektion luftvärmeväxlare med mätpunkter.	15

79.08.27	Rev. F
79.02.21	Rev. E
78.11.22	Rev. D
78.11.15	Rev. C
78.09.08	Rev. B
78.07.06	Rev. A

## 1. SPECIFIKATION AV MÄTUTRUSTNING

### Datainsamlingssystem

ACUREX Autodata nine med:

- 100 kanaler för temperaturmätning och mätning med analoga givare.
- 10 kanaler för pulsräkning.
- Systemnoggrannhet  $0.4^{\circ}\text{C}$  på 12 månader.
- Elektronisk kompensation för kalla lödstället.

Resultatet presenteras på printerremsa och 8 kanals hålremsa för bearbetning i Institutets terminal ansluten till Datema Direkt Data.

För mätning av riktad operativ temperatur och temperaturfördelning i tak användes flerkanal potentiometerskrivare med isbadsreferens.

### Solarimeter

Kipp 0 Zoner CM6. Analog utgång enligt särskilt kalibreringsprotokoll. C:a  $115 \text{ mV/W/cm}^2$ .

### Temperaturgivare

Termoelement koppar-konstanter enligt DIN-norm 43710 (utgåva april 1961).  $2 \times 0.2 \text{ mm}$  med PVC isolering.

### Vindgivare

Vindgivare Schiltknecht 655, skålkors  $\varnothing 10 \text{ cm}$ . Utsignal 4 V likspänning vid  $10 \text{ m/s}$ .



### Fukthalt

Nova-Sina givare 831115, mätområde 10-95 % rf. Mätomformare MAT 5412. Utgångssignal 0-20 mA.

### Riktad operativ temperatur

Riktad operativ temperatur mäts med termoelement fastlödda på svartmålade 0.15 mm kopparbrickor  $\varnothing$  10 mm monterade på geometriska mittpunkter hos sidorna av en kub. Kuben är utförd i polystyren och har sidan 120 mm.

### Värmemängdmätare

AB Svensk Värmemätning SVM värmemängdsmätare SVM62 med integreringsverk, motståndstermometrar, kall- och hetvattenmätare. Ut-signal 1 puls 24 V 50 mS per 0.1 kWh.

### Elmätare

Elmätare VKN 21X fabrikat ERMI. Kontaktfunktion för 0.1 kWh.

### Lufttryck

Differenstryckmätare typ FC040, mätområde 0-10 mm vp, utgångssignal 0-1 V. Fabrikat Furness.

### Luftmängd

Beräknas efter lufttrycksbestämning med hjälp av differenstryckmätare och pitotrör.

### Täthetsprovning

Husen täthetsprovas genom BFI:s försorg vid

- a. färdigt hus
- b. efter 6 månader

Termofotografering

Husen termofotograferas genom BFI:s försorg 2 ggr vid låg utetemperatur.

2. SPECIFIKATION AV MÄTDATA

<u>K12</u>	<u>K13</u>	<u>Utomhusdata</u>
X		Solstrålning
X		Temperatur
X		Vindhastighet
X		Fukthalt
		<u>Inomhusdata</u>
		<u>Temperatur</u>
X	X	Lufttemperatur alla möblerade rum + rum 15, 16 och 17 i källare.
X		Yttemperaturfördelning tak
X		Lufttemperatur inlopp spalt
X		Tilluft före luftvx
X		Tilluft efter luftvx
X		Frånluft före luftvx
X		Frånluft efter luftvx
X		Cirkulationsluft före konvektor
X		Cirkulationsluft efter konvektor
X		Vatten före konvektor
X		Vatten efter konvektor
		<u>Operativ temperatur</u>
X	X	Alla rum övervakning vid solig period.
X	X	Vardagsrum bottenvakning vid kall period.
		<u>Luftmängd</u>
X		Frånluft luftvx
X		Tilluft luftvx
X		Cirkulationsluft genom konvektor

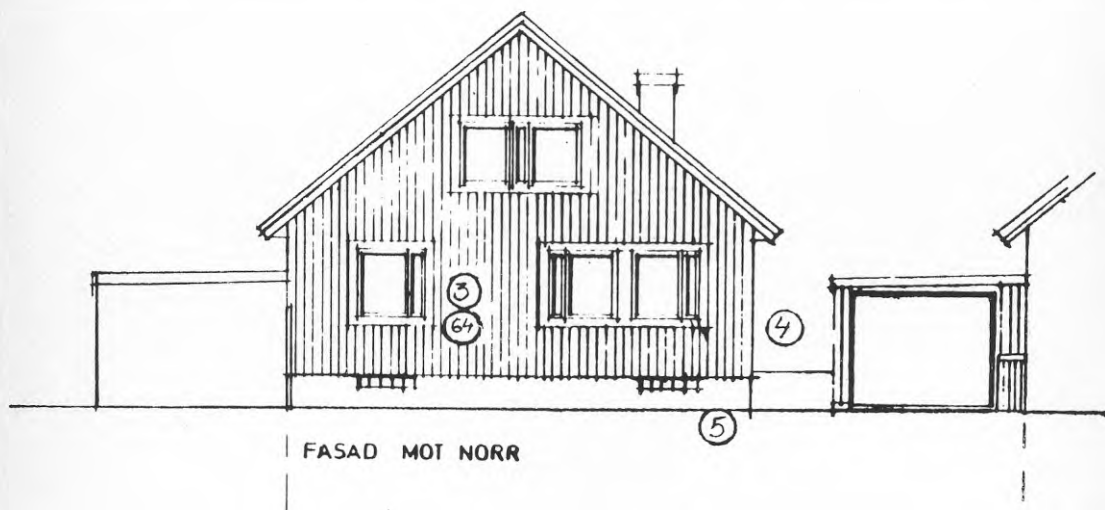
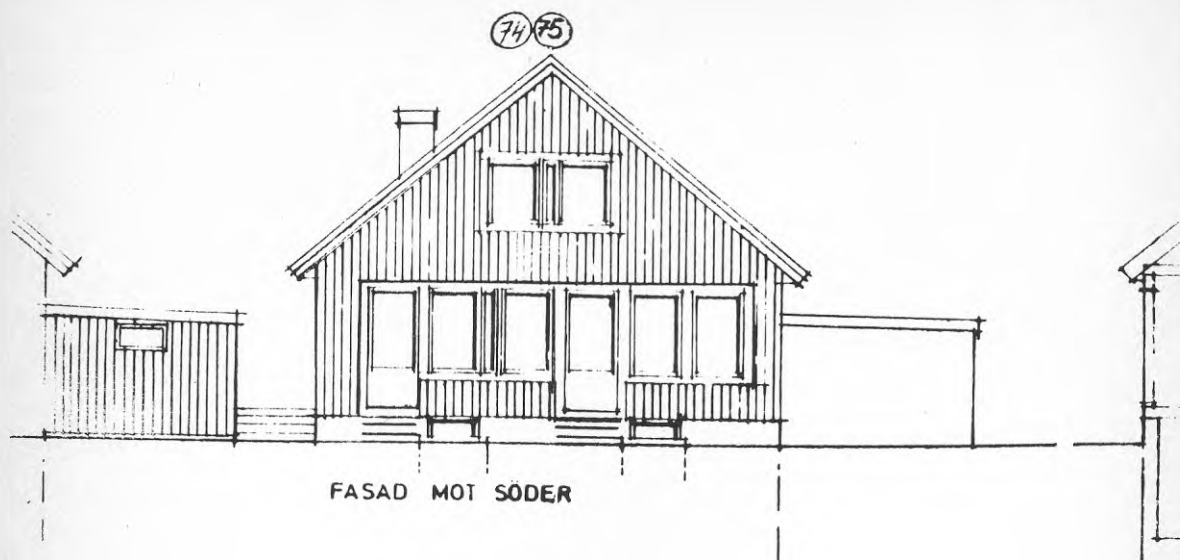
<u>K12</u>	<u>K13</u>	<u>Inomhusdata</u>
		<u>Fukthalt</u>
X		Tilluft luftvx
X		Frånluft luftvx
X	X	Centralt i hus
X		Frånluft före luftvx
		<u>Tryck</u>
X		Vardagsrum nr 7-Ute. Differenstryck.
		<u>Flöden</u>
X		Tilluftmängd ( $\Delta p$ pitotrör)
X		Frånluftmängd( $\Delta p$ pitotrör)
X		Cirkulationsflöde( $\Delta p$ konvektor)
		<u>Värmemängd</u>
X		Värmetillskott i stadsvatten över avloppsvattenvvx.
X		Värmetillskott i stadsvatten över avloppsvattenvvx. och varmvattenberedare.
		<u>Elmängd</u>
X	X	Konvektor och elradiatorer
X	X	Varmvattenberedare
X	X	Hushållsström

MÄTPUNKTERNAS PLACERING I HUS OCH PÅ SCANNER

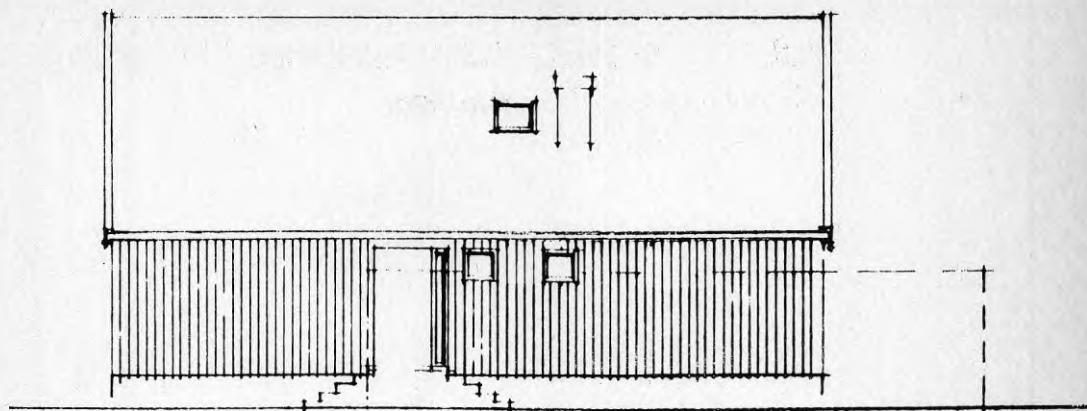
			Hus
R 000	Pulsräkning El-hushåll		K12
R 001	Pulsräkning El-vvb.		K12
R 002	Pulsräkning El-värme		K12
T 003	Utomhus norrfasad		K12
T 004	Utomhus mellan hus-garage		K12
T 005	Ingång markrör norrfasad		K12
T 006	Utgång markrör källare		K12
T 007	Kapprum nr 1	1.8 m ö.g.	K12
T 008	Matplats nr 5	1.8 m ö.g.	K12
T 009	Tvättrum nr 6	1.8 m ö.g.	K12
R 010	Pulsräkning El-hushåll		K13
R 011	Pulsräkning El-vvb		K13
R 012	Pulsräkning El-värme		K13
T 013	Vardagsrum nr 7	1.8 m ö.g.	K12
T 014	Sovrum nr 8	1.8 m ö.g.	K12
T 015	Sovrum nr 9	1.8 m ö.g.	K12
T 016	Sovrum nr 10	1.8 m ö.g.	K12
T 017	Allrum nr 11	1.8 m ö.g.	K12
T 018	Sovrum nr 14	1.8 m ö.g.	K12
T 019	Hobbyrum nr 15	1.8 m ö.g.	K12
020	Skip		
021	Skip		
022	Skip		K12
T 023	Förråd nr 16	1.8 m ö.g.	K12
T 024	Förråd nr 17	1.8 m ö.g.	K12
T 025	Inblåsningsslucht spalt nr 7		K12
T 026	Inblåsningsslucht spalt nr 8		K12
T 027	Inblåsningsslucht spalt nr 10		K12

			Ref. K12	
T 028	Inblåsningsslucht spalt nr 11			K12
T 029	Tillluft efter element i luftvx.			K12
T 030	Yttemp. avloppsvx.	1.0 m ö.g.		K13
T 031	Yttemp. avloppsvx.	1.5 m ö.g.		K13
T 032	Yttemp. avloppsvx.	2.0 m ö.g.		K13
T 033	Tillluft före luftvx.			K12
T 034	Tillluft efter luftvx.			K12
T 035	Frånluft före luftvx.			K12
T 036	Frånluft efter luftvx.			K12
T 037	Vatten före konvektor			K12
T 038	Vatten efter konvektor			K12
039	Spjälläge bypass luftvx.			K12
040	Skip			
041	Skip			
042	Skip			
T 043	Cirkulationsluft före konvektor			K12
T 044	Cirkulationsluft efter konvektor			K12
T 045	Kaprum nr 1	1.8 m ö.g.	007	K13
T 046	Matplats nr 5	1.8 m ö.g.	008	K13
T 047	Tvätttrum nr 6	1.8 m ö.g.	009	K13
T 048	Vardagsrum nr 7	1.8 m ö.g.	013	K13
T 049	Sovrum nr 8	1.8 m ö.g.	014	K13
050	Skip			
051	Skip			
052	Skip			
T 053	Sovrum nr 9	1.8 m ö.g.	015	K13
T 054	Sovrum nr 10	1.8 m ö.g.	016	K13
T 055	Allrum nr 11	1.8 m ö.g.	017	K13
T 056	Sovrum nr 14	1.8 m ö.g.	018	K13

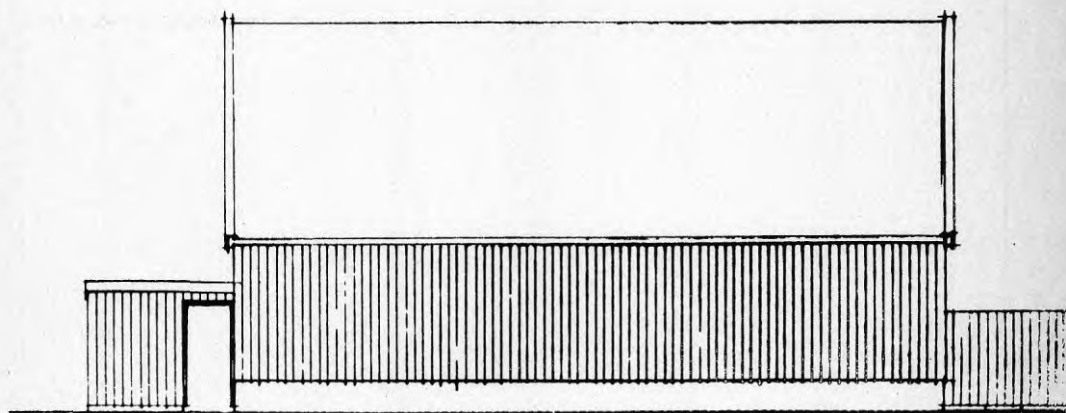
			Ref. K12	
T 057	Hobbyrum nr 15	1.8 m ö.g.	019	K13
T 058	Förråd nr 16	1.8 m ö.g.	023	K13
T 059	Förråd nr 17	1.8 m ö.g.	024	K13
H 060	Fukthalt inomhus			K12
H 061	Fukthalt efter luftvx.			K12
H 062	Fukthalt före luftvx.			K12
H 063	Fukthalt inomhus		060	K13
H 064	Fukthalt utomhus			
065	Skip			
066	Skip			
067	Skip			
068	Skip			
069	Skip			
P 070	Tilluft luftvx.			K12
P 071	Frånluft luftvx.			K12
P 072	Vardagsrum nr 7 - ute. Differens.			K12
P 073	Luft konvektor före/efter. Differens			K12
S 074	Solinstrålning			K12
<b>W</b> 075	Vindhastighet			K12







FASAD MOT VASTER

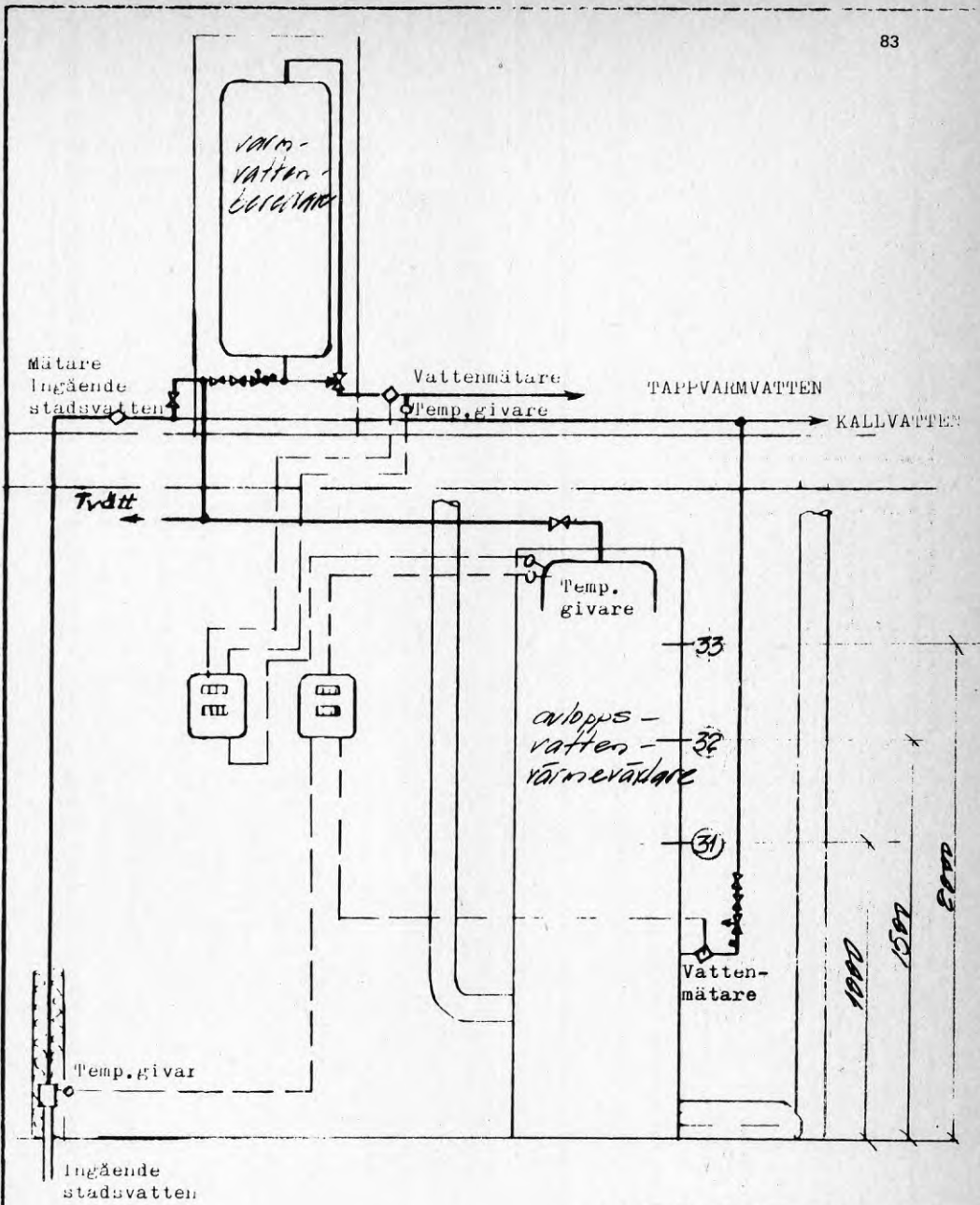


FASAD MOT ÖSTER









Installation värmemängdmätare

DAR EJ ANNAT ANGES GÅLLER

Projektor  
 Teckner  
 Förlägg

Översikt

1:1000

1:1000

1:1000

3-



Fubthalt % rF

$4-80 \text{ mA} = 0-100 \text{ mV} = 10-100 \% \text{ rF}$

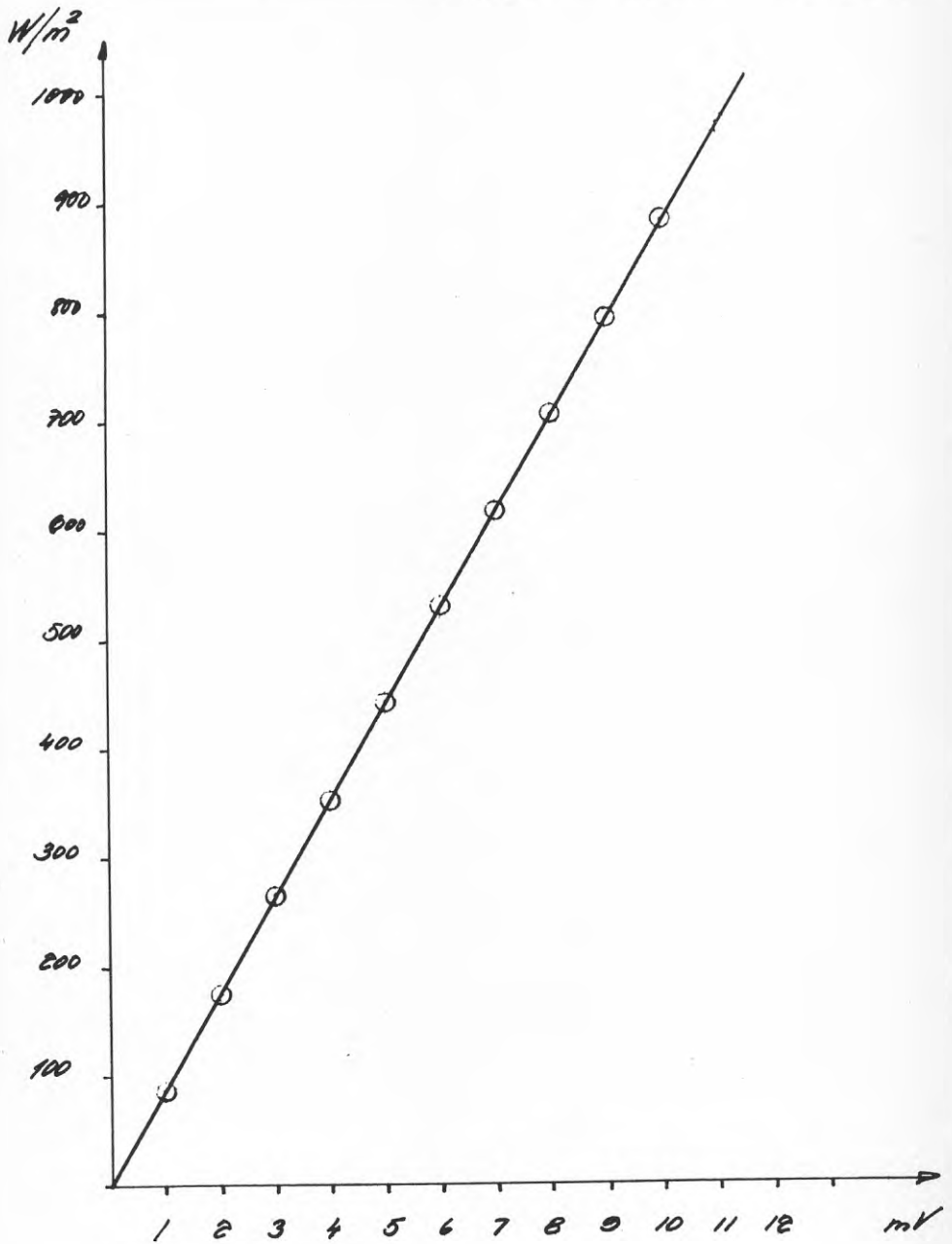
Kanal 060, 061, 06E, 063, 064

790830/19



Solinstrahlung  $W/m^2$   
 $1 \text{ mV} = 88.4 \text{ } W/m^2$

Kanal 074 790831

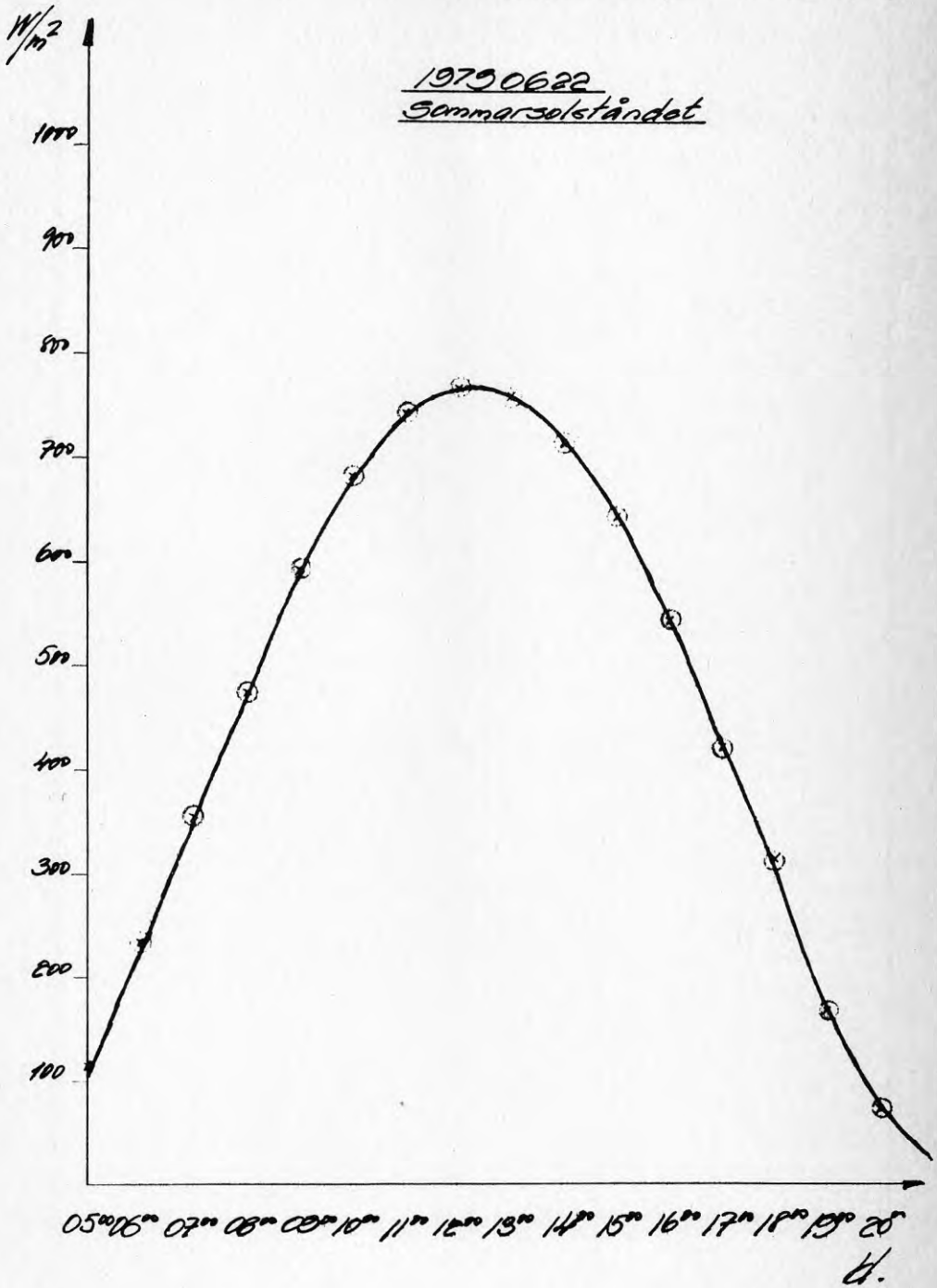




Solinstrålning  $W/m^2$   
 $1 mV = 88.4 W/m^2$

Kanal 074 790827 / N9

19790622  
Sommarsolståndet

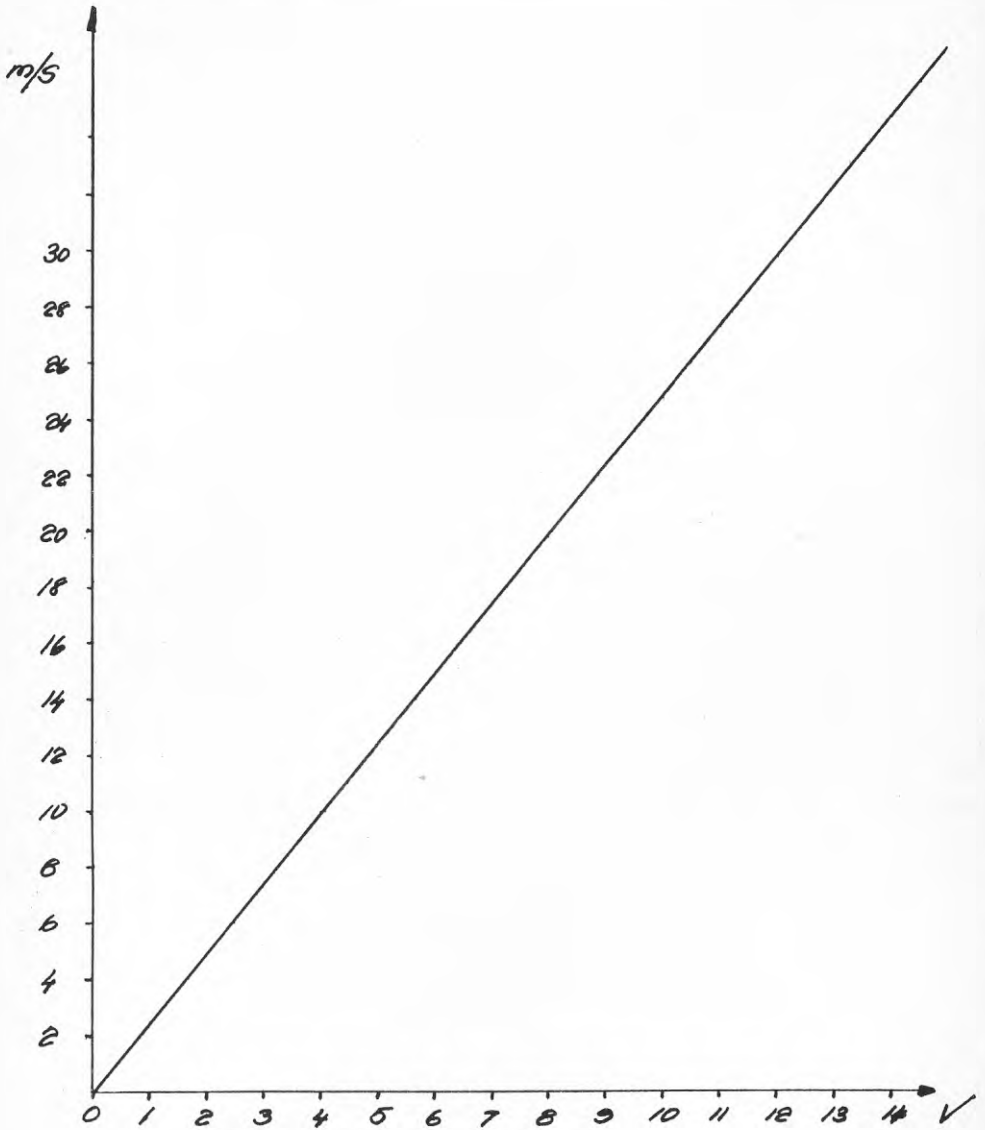


Vindhastighet m/s

$10 \text{ m/s} = 4 \text{ V}$

kanal 075

790530/19

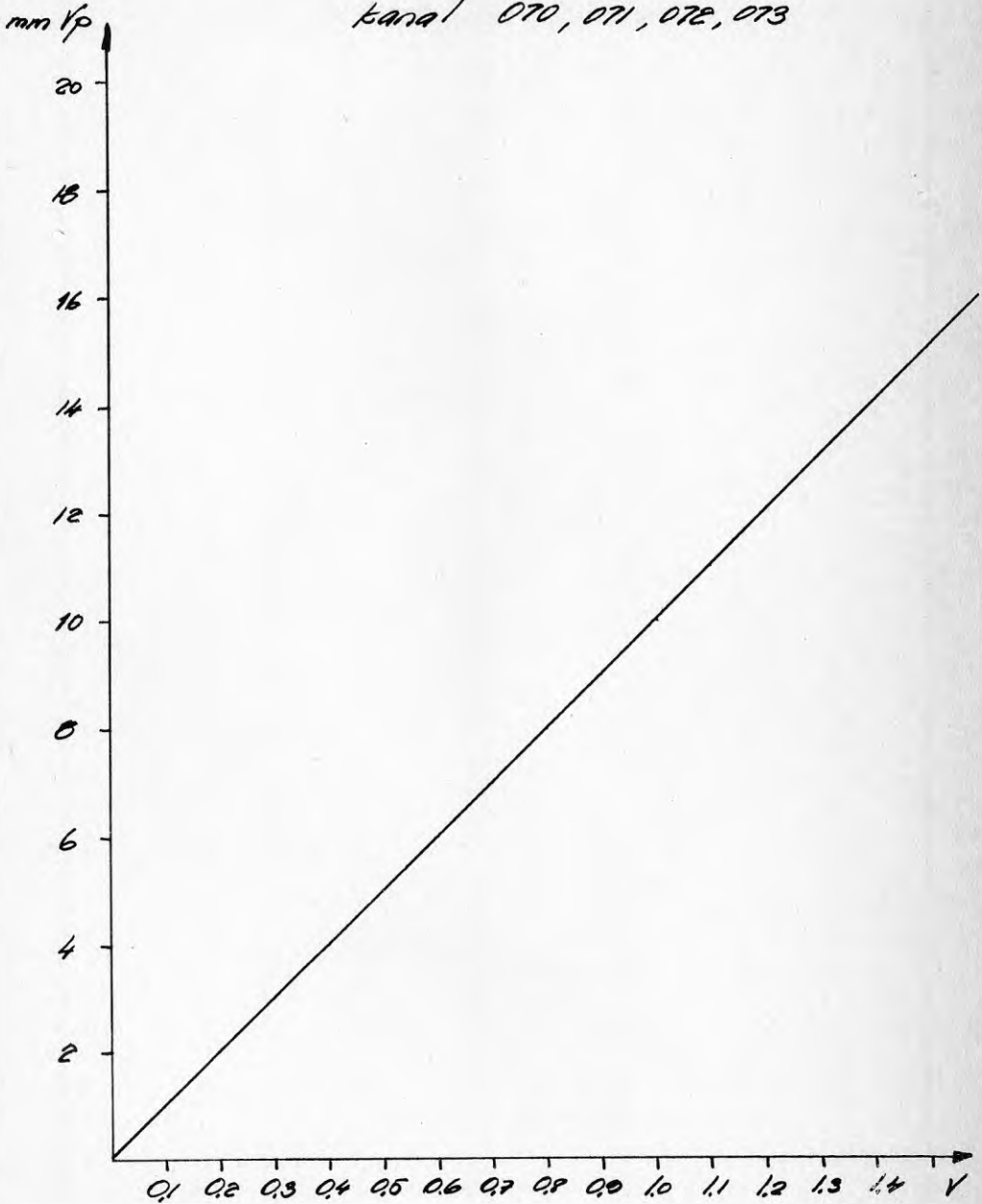


Luftryck mm Vp

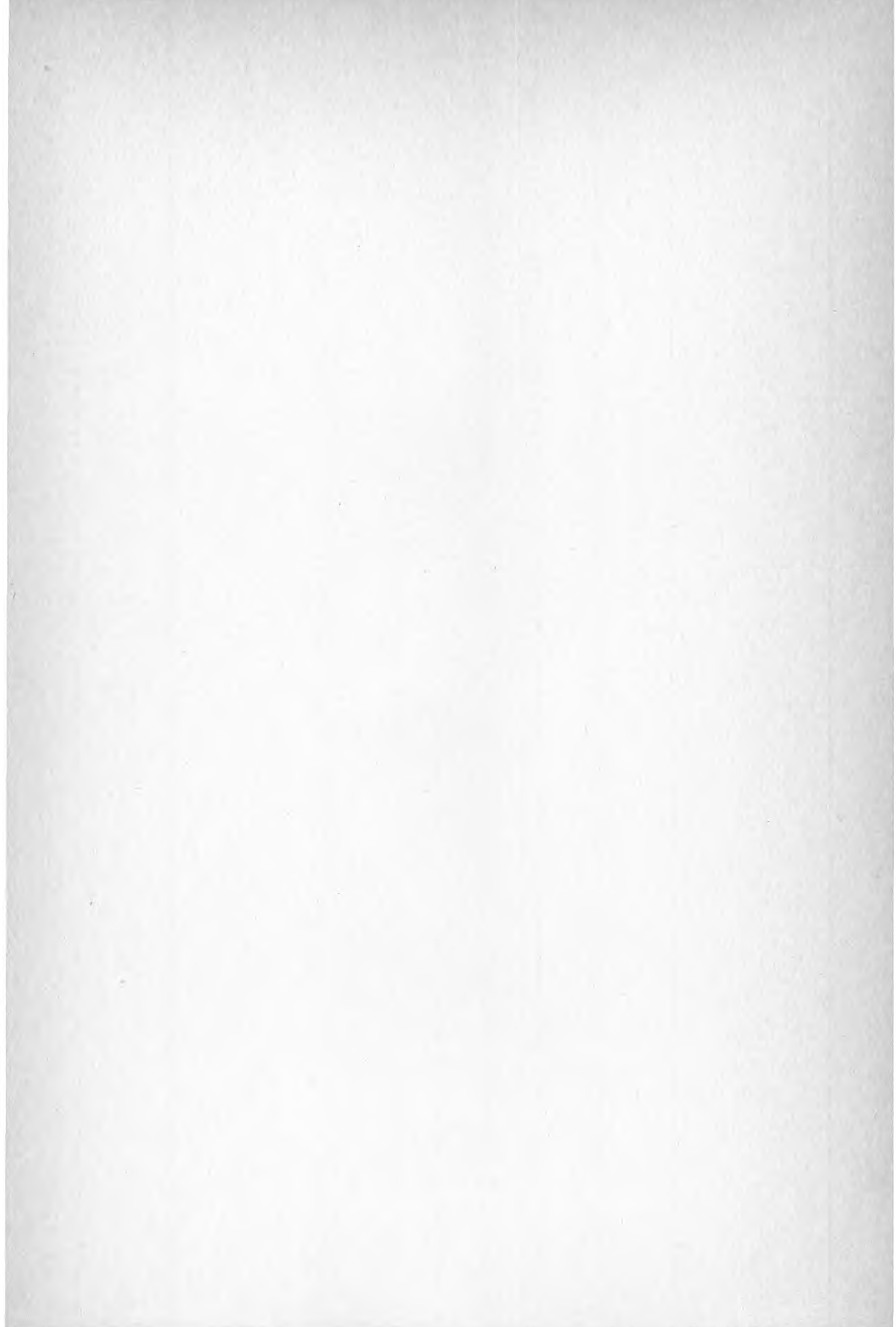
10 mm Vp = 1 V

700530119

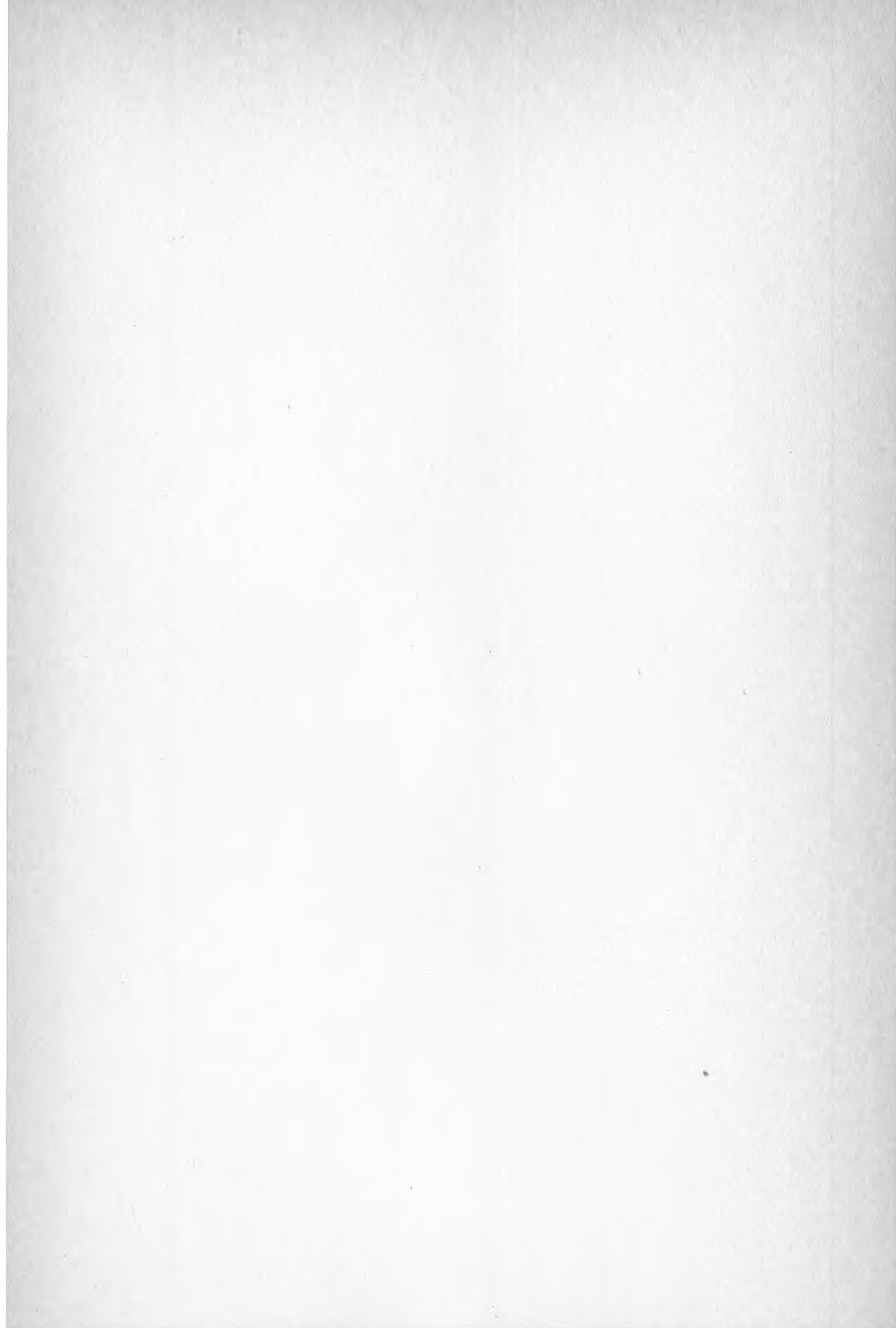
kanal 070, 071, 072, 073





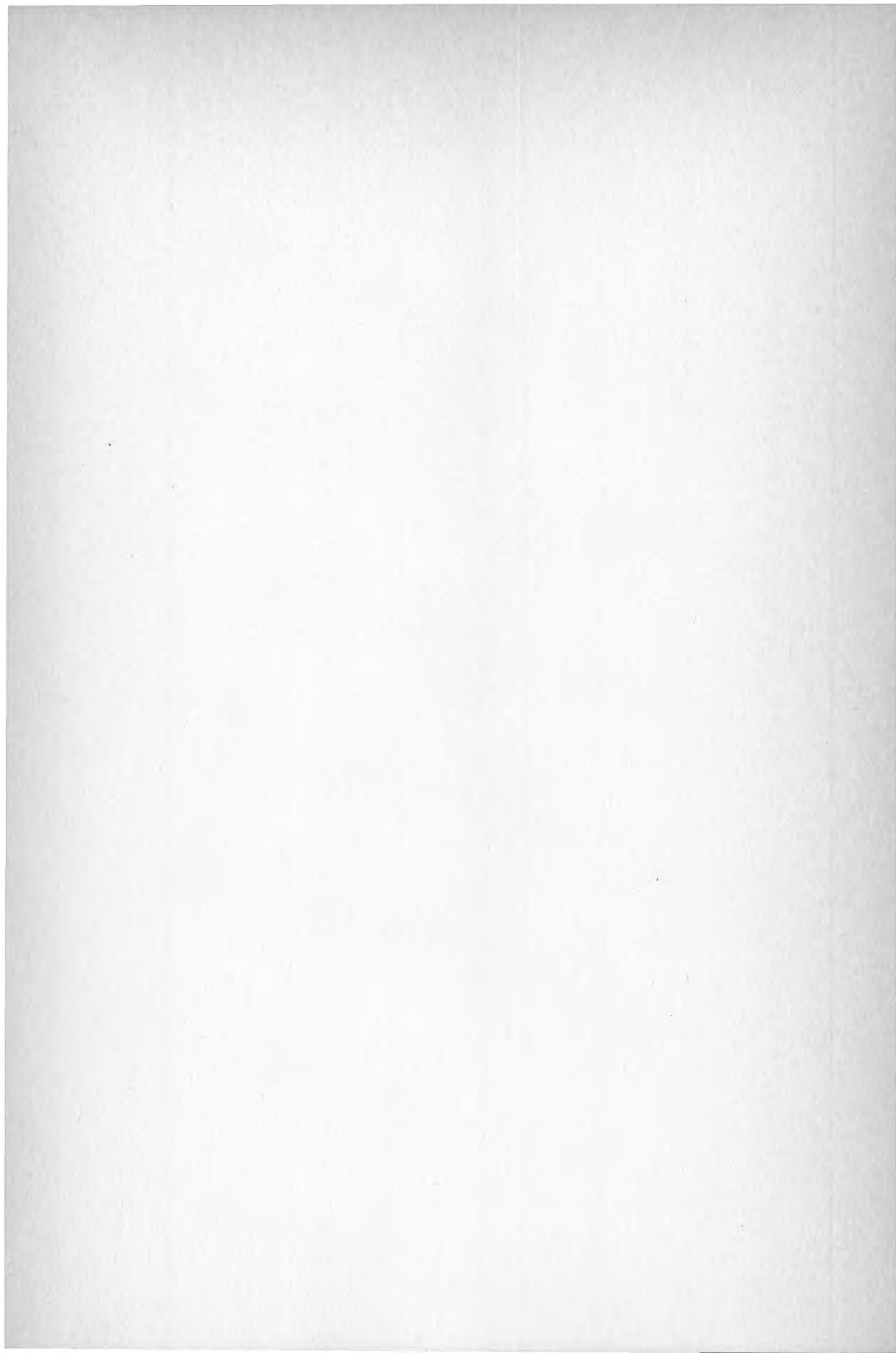














**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag  
770068-5 från Statens råd för byggnadsforskning  
till NAB, Stockholm och Axel Johnson Institutet  
för Industriforskning, Nynäshamn.**

**R169: 1980**

**ISBN 91-540-3412-4**

**Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm**

**Art.nr: 6700269**

**Abonnemangsgrupp:  
W. Installationer**

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

**Cirka pris: 30 kr exkl moms**