



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

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



**Rapport**

**R75:1979**

\* 149 (652)

**Luft-luftvärmepumpar  
i småhus**

**Fältundersökning i Viksjö,  
Järfälla**

**K Allan Andersson  
Ulf Pettersson**

**Byggforskningen**

TEKNISKA HOGSKOLAN I LUND  
SEKTIONEN FOR VÄG- OCH VATTEN  
BYGOTEKET

R75:1979

LUFT-LUFTVÄRMEPUMPAR I SMAHUS

Fältundersökning i Viksjö, Järfälla

K Allan Andersson  
Ulf Pettersson

Denna rapport hänför sig till del av forskningsanslag  
760999-7 från Statens råd för byggnadsforskning till  
Skånska Cementgjuteriet, Malmö.

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

R75:1979

ISBN 91-540-3043-9  
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

LiberTryck Stockholm 1979 954628

## INNEHÅLL

FÖRORD . . . . .	5
SAMMANFATTNING . . . . .	7
1 ALLMÄNNA FÖRUTSÄTTNINGAR . . . . .	11
1.1 Målsättning . . . . .	11
1.2 Uppläggning av försöket . . . . .	11
1.3 Husen . . . . .	12
2 LÄGE, KLIMAT OCH UTFÖRANDE . . . . .	13
2.1 Läge . . . . .	13
2.2 Klimat . . . . .	13
2.3 Husens utförande . . . . .	14
2.4 Husens uppvärmningssystem . . . . .	14
2.4.1 Elradiatorhusen (Grupp I) . . . . .	14
2.4.2 Värmepumphusen (Grupp II) . . . . .	15
2.4.3 Elbatterihusen (Grupp III) . . . . .	16
3 MÄTNINGAR . . . . .	17
3.1 De enskilda husens energiförbrukning och medel- värden för de olika grupperna . . . . .	17
3.2 Månadsmedelvärden av energiförbrukning timme för timme . . . . .	18
3.3 Dag för dag-värden av energiförbrukning . . . . .	19
3.4 Medelvärden av energiförbrukning för söder- och västerorienterade hus . . . . .	19
3.5 Husens maximalförbrukning . . . . .	20
3.6 Enkäten . . . . .	20
4 KOMMENTARER TILL MÄTRESULTATEN . . . . .	21
4.1 De enskilda husens energiförbrukning och medel- värden för de olika grupperna . . . . .	21
4.2 Månadsmedelvärden av energiförbrukning timme för timme . . . . .	24
4.3 Dag för dag-värden av energiförbrukningen . . . . .	25
4.4 Jämförelse av energiförbrukning mellan söder- och västerorienterade hus . . . . .	26
4.5 Enkäten . . . . .	28
5 BERÄKNING AV ENERGIBALANS . . . . .	31
5.1 Solinstrålning genom fönster . . . . .	31
5.2 Personvärme . . . . .	32
5.3 Hushållsel . . . . .	33
5.4 Varmvatten . . . . .	34
5.5 Transmissionsförluster . . . . .	35
5.6 Ventilationsförluster . . . . .	35
5.6.1 Förluster genom mekanisk ventilation . . . . .	35
5.6.2 Förluster genom ofrivillig ventilation . . . . .	36
5.7 Extra värmeförluster från kanaler och rör . . . . .	36
5.8 Arsenergibalans . . . . .	37
5.9 Uppvärmningsenergi . . . . .	37
6 KOSTNADER . . . . .	39
6.1 Investeringskostnad . . . . .	39
6.2 Lönsamhetsbedömning . . . . .	39

7	PROBLEM . . . . .	41
7.1	Problem med värmepumparna . . . . .	41
7.2	Problem vid avfrostning vintertid . . . . .	41
7.3	Ljudproblem . . . . .	42
8	SLUTSATSER . . . . .	43
8.1	Projekteringen . . . . .	43
8.2	Varmluftssystemet . . . . .	43
8.3	Dålig lönsamhet . . . . .	45
8.4	Fördelar med luft-luftvärmepumpar . . . . .	46
8.5	Övriga iakttagelser . . . . .	46
9	MÖJLIGHETER TILL FÖRBÄTTRINGAR . . . . .	47
9.1	Annan typ av värmepump . . . . .	47
9.2	Annat varmluftssystem . . . . .	47
9.3	Zonindelning . . . . .	48
9.4	Annan placering av fläktaggregat . . . . .	48
	LITTERATUR . . . . .	49
	TABELLER . . . . .	51
	FIGURER . . . . .	69

## FÖRORD

Bland de möjligheter att minska förbrukningen av energi för bostadsuppvärmning som undersökts de senaste åren är användningen av värmepump en av de viktigaste. Den typ av värmepump som i första hand har provats för uppvärmning av småhus har hämtat värme ur uteluft och levererat den till ett luftburet uppvärmningssystem. Denna typ, som kallas för luft-luftvärmepump anses ge en påtaglig besparing av energi. Fram till 1975 hade försök med enstaka hus utförts i Sverige. Resultaten var i stort sett positiva ur energisynpunkt men hade ofta den svagheten att den uppmätta förbrukningen jämfördes med en kalkylerad energiförbrukning med ett annat system, varvid även de inneboendes vanor var en osäkerhetsfaktor. Vissa av försöken gav rent negativa resultat ur energisynpunkt och dessutom var kostnadsbilden oklar, speciellt beträffande installationsarbetena. De elkraftproducenter som var engagerade i försöken hade därför inte erhållit någon klar bild av värmepumparnas effektivitet och ekonomi. Man ansåg att det behövdes mera omfattande undersökningar varvid man måste försöka eliminera inflytandet av de inneboendes vanor genom att arbeta med ett större antal hus. Dessutom måste de byggnadstekniska och värmetekniska åtgärder som erfordras för värmepumpens installation studeras och kostnadsberäknas.

I Skånska Cementgjuteriets (SCG) småhusproduktion inom Viksjöområdet i Järfälla kommun utanför Stockholm fanns goda förutsättningar för att arrangera ett sådant försök. Här fanns nämligen ett tillräckligt antal lika belägna hus av samma storlek och typ.

I samarbete med en värmepumpleverantör Provent AB (PAB) projekterades ett område med 31 enfamiljshus, uppdelade i tre grupper. Arbetet fördelades så att PAB skulle svara för värmepumpleveransen inklusive uppföljning av denna och SCG skulle svara för alla övriga arbeten.

Under förberedelserna till försöket togs kontakt med Järfälla Industri-  
verk och Vattenfall och det överenskomms att avläsning av energimätarna  
skulle ske genom Vattenfalls försorg.

Försökshuset blev färdiga och inflyttning skedde kring årsskiftet  
1975--1976. Mätning av energiförbrukningen påbörjades i februari 1976.  
Efter kontakter med Byggforskningsrådet beviljades anslag till denna  
rapport i början 1977.

Arbetet med undersökningen initierades och leddes fram till 1978 av  
arkitekt Ingemar Wennström som även projekterat det aktuella bostads-  
området. Han sammanställde hösten 1977 en interimrapport över de  
då uppnådda resultaten. Denna rapport publicerades i tidningen VVS  
nr 9, 1977. Efter Ingemar Wennströms frånfälle har undersökningen  
letts av undertecknad. Vid planeringen av försöket medverkade  
personal på arbetsplatsen i Viksjö under ledning av civ ing  
Ulf Ranhed. Han har även svarat för de kostnads kalkyler som an-  
vänts vid lönsamhetsbedömningen. I bearbetningen av mätresultaten,  
upprättandet av tabeller, diagram och skriftliga kommentarer  
har deltagit civ ing Ulf Pettersson som även svarat för de  
beräkningar som ingår i undersökningen. Under utarbetandet  
av rapporten har delresultaten diskuterats vid seminarier där  
värdefulla synpunkter har lämnats av flera medverkande. Av dessa  
vill jag särskilt framhålla ingenjör Lennart Carlsson, som också  
svarat för VVS-projekteringen. Genom enkäter och intervjuer har  
även värdefulla synpunkter lämnats av de familjer som bor i  
husen.

Malmö i augusti 1978

K Allan Andersson



## SAMMANFATTNING

Bland de möjligheter att minska förbrukningen av energi för bostadsuppvärmning som undersökts de senaste åren är användningen av värmepump en av de viktigaste. Den typ av värmepump som i första hand har provats för uppvärmning av småhus har hämtat värme ur uteluft och levererat den till ett luftburet uppvärmningssystem. Denna typ som kallas luft-luftvärmepump hade fram till 1975 endast provats i enstaka hus i Sverige. För att få en bättre bild av värmepumparnas effektivitet och ekonomi arrangerades därför ett försök i Viksjöområdet i Järfälla kommun utanför Stockholm. Ett område med 31 enfamiljshus delades upp i tre grupper. I den ena gruppen om 10 hus installerades värmepumpar medan 10 andra hus fick bilda en kontrollgrupp med elradiatoruppvärmning. Den tredje gruppen om 11 hus utfördes med samma luftvärmesystem som värmepumphusen, men med elvärme i cirkulationsaggregatet. Fördelningen på de tre grupperna framgår av Fig 2.1.a.

Försöket skulle också ge upplysningar om vilka byggnadstekniska åtgärder som krävs för värmepumpens installation och vilka kostnader som detta medför. För att placera in de erforderliga luftkanalerna i de varmluftsuppvärmda husen fordrades en omprojektering. Denna omprojektering utfördes i nära samarbete med arbetsledningen, så att merkostnaderna på arbetsplatsen skulle bli så låga som möjligt.

Husen är uppförda i ett och ett halvt plan och har en bostadsyta om 146 m<sup>2</sup>. För att eliminera inverkan av väderstrecksorientering ingår både söder- och västerorienterade hus i undersökningen. Husen är byggda innan Svensk Byggnorms Supplement 1 om Energihushållning m m gällde. De har emellertid en i jämförelse med småhus byggda 1975 normal isolering och är i övrigt uppförda på normalt vis.

Värmepumparna är av split-unittyp så att kondensorbatteriet som avger värme är skilt från den övriga delen av värmepumpen. Själva värmepumpen är placerad i ett yttre förråd i närheten av huset. Fig 2.4.2.a visar en bild av värmepumpen. Uppvärmningsmediet i värmepumpshuset är luft som cirkuleras runt av ett aggregat i vilket kondensorbatteriet är placerat, liksom ett elbatteri. I elbatterihuset saknas kondensorbatteriet, men i övrigt är luftdistributionssystemet det samma.

Försökshuset blev färdiga och inflyttning skedde kring årsskiftet 1975--1976. Mätningarna började i februari 1976. Regelbunden avläsning av energimätarna har skett normalt en gång per månad. Därigenom har de olika husens förbrukning kunnat följas kontinuerligt under mätperioden. Vissa hus har dessutom försetts med mätutrustning för timregistrering av förbrukningen. Timregistreringen har medgett studier av förbrukningens variation under dygnets olika timmar och under veckans olika dagar för olika hushåll. Dessutom har erhållits uppgifter på maximal förbrukning under den kallaste perioden. Mätresultat föreligger från två hela eldningssäsonger. Försöket med elbatterihuset avslutades emellertid vid årsskiftet 1977--1978, varvid dessa hus istället utrustades med elradiatorer med nattsänkingsautomatik. En enkät bland försöksområdets hushåll gjordes i januari 1978, varvid de fick besvara vissa frågor bl a angående sin energiförbrukning. Av Fig 3.1.n framgår medelvärdet av den totala energiförbrukningen för kontrollgruppen, elradiatorhuset och relativ energiförbrukning i värmepump- och elbatterihuset under eldningsäsongerna 1976--1977 och 1977--1978. Det framgår att värmepumpshuset förbrukar något mindre energi än elradiatorhuset, medan de elbatteriuppvärmda husen förbrukar något mer. Spridningen på förbrukningen är emellertid stor, vilket framgår av Fig 3.1.0.

Man kan se att elbatterihusens energiförbrukning stiger mycket kraftigt i förhållande till de andra grupperna vid eldnings-säsongsens början under augusti--september. Detta beror på att elbatterihusen reagerar kraftigare för sänkt utetemperatur på grund av den relativt stora värmekapaciteten i varmluft-systemet och dess omgivning. Att inte värmepumphusens energiförbrukning stiger lika kraftigt beror på att värmepumpen vid denna tidpunkt på året har en förhållandevis hög värmefaktor.

Vid jämförelse mellan hus med vardagsrum åt söder respektive väster finner man att de söderorienterade husen i medeltal har förbrukat 7 % mindre energi.

Resultaten från enkäten framgår av Tabell 3.6.a. Av denna framgår att man brukar hålla en högre temperatur på andra våningen än på bottenvåningen. Det är emellertid endast i värmepump- och elbatterihusen som detta förhållande gäller, vilket beror på att dessa har central styrning av temperaturen hos den inblåsta luften. Eftersom trappan i husen är öppen medför de termiska krafterna att varm luft stiger upp till ovanvåningen och gör denna varmare än bottenvåningen, trots att man inte önskar detta. Anmärkningsvärt är att 20 av 22 tillfrågade hushåll uppger att de badar karbad lite.

Ur litteraturen har olika energitillskott respektive energiförlusters inverkan på årsenergibalansen kunna erhållas. Därigenom har energiåtgången för uppvärmningen kunnat uppskattas. Tabell 5.8.b visar en årsenergibalans för värmepumphusen. De uppskattade värdena på uppvärmningsenergin är redovisade i Tabell 5.9.a, där även den relativa förbrukningen mellan de olika grupperna finns.

Kanalerna under huset längs yttersidorna är endast isolerade av den lättklinker som dessa ligger i. Detta har gett upphov till extra värmeförluster i värmepump- och elbatterihusen, som har beräknats till ungefär 800 kWh/år.

De totala merinvesteringskostnaderna i värmepumphuset i förhållande till elradiatorhuset uppgår till 24.000 kr i det penningvärde som rådde vid inflyttningen. Om man tar hänsyn till extra värmeförluster från kanaler under huset och hushållsstorleken medför detta att investeringskostnaden för varje sparad kWh blir ungefär 9 kr, vilket är mycket olönsamt.

Beslutet om värmepumpförsöken kom i ett sent skede av projekteringen. Bättre resultat hade kunnat nås om man från början projekterat för värmepumpen och därvid anpassat huset till uppvärmningssystemet istället för tvärtom.

Energiförbrukningen för uppvärmning är enligt våra beräkningar cirka 20 % större i elbatterihuset än i elradiatorhuset, vilket visar att varmlufts-uppvärmning är en dyr uppvärmningsform. Detta beror till en del på att uppvärmningssystemen har olika reglersnabbhet. Genom luftuppvärmningen får man också större luft-hastigheter i rummen vilket kräver högre lufttemperatur för att ge samma komfort.

## 1 ALLMÄNNA FÖRUTSÄTTNINGAR

### 1.1 Målsättning

Avsikten med undersökningen var att få klarhet i vad mån luft-luftvärmepumpen i kombination med ett luftburet uppvärmningssystem kunde vara ett attraktivt alternativ för värmeförsörjning i framtida gruppbebyggelser. Försöket skulle ge upplysningar om den energibesparing som kan uppnås och samtidigt skulle man se vilka byggnadstekniska åtgärder som krävs för värmepumpens installation och vilka kostnader som detta medför.

### 1.2 Uppläggning av försöket

I den aktuella bebyggelsen i Viksjöområdet utvaldes 10 hus för värmepumpinstallation. Inom samma grupp utvaldes 10 hus som kontrollgrupp. Husen i kontrollgruppen skulle ha elektrisk uppvärmning med elradiatorer och påbyggda termostater. För att ha en kontroll på vad det luftburna värmedistributionsystemet innebär för energiförbrukningen skulle en intilliggande husgrupp om 11 hus utföras med samma luftvärmesystem som värmepumphusen, men med elvärme i cirkulationsaggregatet.

En omprojektering gjordes för att placera in de erforderliga luftkanalerna i de varmluftsuppvärmda husen. Därvid studerades noggrant tillsammans med arbetsledningen hur detta skulle göras för att merkostnaderna på arbetsplatsen skulle bli så låga som möjligt och med minsta möjliga förändring i konstruktion och utförande i förhållande till det normala utförandet.

För att undvika en styrning av mätresultaten genom att försökshusen blev bebodda av personer som hade personligt intresse av resultaten såldes försökshusen på samma sätt som övriga hus i området. Den presumtive köparen upplystes dock om de faktiska förhållandena före kontraktsskrivandet med möjlighet att välja annat hus som inte omfattades av experimentet. Endast en köpare utnyttjade denna möjlighet att välja annat hus.

### 1.3

#### Husen

Husen är belägna i Viksjö i Järfälla kommun, cirka 17 km nordväst om Stockholms centrum. De är uppförda i ett och ett halvt plan och har en bostadsyta om 146 m<sup>2</sup>. För att eliminera inverkan av väderstrecksorientering ingår både söderorienterade och västerorienterade hus i undersökningen. Husen är byggda innan Svensk Byggnorms Supplement 1 om Energihushållning m m gällde. De har emellertid en i jämförelse med småhus byggda 1975 normal isolering och är i övrigt uppförda på normalt vis.

## 2 LÄGE, KLIMAT OCH UTFÖRANDE

### 2.1 Läge

Husen är belägna inom ett större småhusområde i Viksjö i Järfälla kommun, cirka 17 km från Stockholms centrum. Mätplatsens belägenhet är  $59^{\circ} 24', 46$  N,  $17^{\circ} 47', 87$  O och höjden över havet 44 m. Husens orientering och uppdelningen på de tre grupperna, elradiatorer, värmepump och luftburen elvärme framgår av Fig 2.1 a.

### 2.2 Klimat

Klimatet är av klass D<sub>bf</sub> enligt Trewartha. Inom området råder ett mellansvenskt kustklimat. Snö förekommer allmänt under vintern. Vindriktningen är mestadels västlig eller sydvästlig. Från Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut (SMHI) föreligger väderleksuppgifter från Bromma, beläget 10 km SO Viksjö. I Tab 2.2 a finns månadsmedelvärden och årsmedelvärden för perioden 1931--1960 beträffande nederbörd, snöfall, temperatur, relativ fuktighet och antal graddagar. Vidare finns i Tab 2.2 a månadsmedelvärden och årsmedelvärden för perioden 1962--1975 beträffande soltid och procent av maximalt möjlig soltid samt månadsmedelvärden och årsmedelvärde för perioden 1958--1969 beträffande solinstrålning.

Fig 2.2 a-c visar månadsmedeltemperaturerna för 1976, 1977 och första halvåret 1978 tillsammans med månadsmedeltemperaturerna för perioden 1931--1960. Det framgår här att mars 1976 samt februari 1977 och 1978 har varit kallare än normalt. I Fig 2.2 d-f är antalet soltimmar per månad för 1976, 1977 och första halvåret 1978 uppriktade tillsammans med månadsmedelvärden för 1961--1975. I Fig 2.2 g-i visas solinstrålningen per månad för 1976, 1977 och första halvåret 1978 tillsammans med månadsmedelvärden för perioden 1958--1969. För april månad 1976 saknas värden från SMHI beträffande antal soltimmar och solinstrålningen.

## 2.3 Husens utförande

Husen är byggda i ett och ett halvt plan utan källare och har en bostadsyta av 146 m<sup>2</sup>. Vissa av husen är nord-sydorienterade medan andra är öst-västorienterade. Tre olika varianter av hustypen, som kallas B, förekommer inom undersökningsområdet. B1S är en spegelvänd variant av typ B1, men i övrigt helt lika B1. Enda skillnaden mellan B2S och B1S är förrådets olika placering på tomten. Planlösningen för ett hus av typ B1 framgår av Fig 2.3 a.

Husen är byggda enligt Svensk Byggnorm 67. Den nya byggnormen, SBN 1975 och dess Supplement 1 om Energihushållning m m hade ej trätt i kraft när dessa hus var färdiga vid årsskiftet 1975--1976. Husen har emellertid en i jämförelse med småhus byggda vid den tiden normal isolering av 120 mm mineralull i väggarna och 200 mm mineralull i taket. Under huset består isoleringen av 150 mm lättklinker. Fönstren är av 2-glastyp och öppningsbara. Husen är till övervägande del på bottenvåningens långsidor klädda med tegel, medan gavlarna inklusive gavelspetsarna är klädda med träpanel. Taken, som är belagda med betongtakpannor, har en lutning av 45°. Värmegenomgångskoefficienterna, K-värdena, för olika byggnadsdelar framgår av Tab 2.3 a. De yttre förråden är ej uppvärmda.

## 2.4 Husens uppvärmningssystem

### 2.4.1 Elradiatorhusen (Grupp I)

Dessa hus är uppvärmda med direktverkande elradiatorer av fabrikat NOBÜ med påbyggd termostat. Den installerade värmeeffekten är 11,7 kW exklusive värmekabeln. Värmekabeln är ingjuten i betongplattan runt huset och används för att förhindra tjällyftning samt öka värmekomforten längs ytterväggen. Kabeln har en effekt av 15 W/m.



## 2.4.2 Värmepumphuset (Grupp II)

I dessa hus sker uppvärmningen med hjälp av en luft-luftvärmepump av split-unittyp. I värmepumpar av split-unittyp har man skiljt kondensorbatteriet som avger värme från den övriga delen av värmepumpen. Delarna är endast förbundna via köldmedierör. Kondensorbatteriet är placerat i cirkulationsaggregatet inne i huset. Den övriga delen av värmepumpen, dvs kompressor, förångarbatteri, expansionsventil, fläkt och automatikrustning är placerad i det yttre förrådet.

Värmepumparna är av Lennox fabrikat typ HP8-263 och är levererade och installerade av Provent AB. Fig 2.4.2 a visar en bild av värmepumpen. I Fig 2.4.2 b finns de data på avgiven värmeeffekt respektive kompressoreffekt vid olika utetemperatur som Lennox anger i sin broschyr. Värmepumpen är för dessa husen även avsedd att kunna gå i kyl drift och ge kyla till husen sommartid.

Värmepumpen är inbyggd i ett aggregathölje av galvaniserad stålplåt. Förångarbatteriet är tillverkat av veckade aluminiumlameller som maskinpressats på kopparrör. Batteriytan är  $0,30 \text{ m}^2$  och lamelldelningen är 2 mm. Fläkten är en direkt driven axialfläkt med fyra skovlar. Diametern på fläkten är 457 mm och dess kapacitet 760 l/s. Det ursprungliga varvtalet är 970 r/m och effektbehovet 230 W. Köldmediet är R22. Kompressorn har vevhusvärmare för att skydda mot onödigt vätskeslag. Vidare har aggregaten en köldmedieackumulator, för att förhindra att köldmedium i vätskeform kommer in i kompressorn vid start och förorsakar fel.

Hög- och lågtryckspressostater finns som skyddar systemet vid onormal drift. Lågtryckspressostaten har automatisk återställning medan högtryckspressostaten har manuell återställning.

Kompressortermostaten stoppar kompressorn när utetempera-  
turen går under inställt värde, som är inställbart mellan  
 $-18,7^{\circ}\text{C}$  och  $-6,7^{\circ}\text{C}$ . Avfrostningsutrustningen kontrollerar  
avfrostningsperioden genom att samtidigt känna temperaturen  
på utebatteriet och uteluften med termistorer. När batteri-  
temperaturen är låg på grund av frostbeläggning på batteriet,  
startas avfrostningen automatiskt.

Uppvärmningsmediet i huset är luft, som cirkuleras runt  
av ett cirkulationsaggregat. I detta cirkulationsaggregat  
är värmepumpens kondensorbatteri placerat liksom ett el-  
batteri. Elbatteriet går in och värmer cirkulationsluften  
vid låga utetemperaturer, då värmepumpen ej ensam klarar  
av att ge hela husets värmebehov eller kompressortermostaten  
stoppat kompressorn. Elbatteriet finns även som reserv ifall  
värmepumpen inte fungerar. Cirkulationsaggregatet, som är  
av Lennox fabrikat typ B3E41, är projekterat för ett drifts-  
flöde av  $940\text{ m}^3/\text{h}$ . Elbatteriets värmeeffekt är 12 kW.  
Den uppvärmda luften blåses in i rummen genom golvgaller.  
Returluften evakueras centralt vid cirkulationsaggregatet,  
som är placerat på ovanvåningen, i ett särskilt rum bakom  
klädkammaren. Hela uppvärmningssystemet framgår av Fig 2.4.2 c.  
och 2.4.2 d. Den tillförda värmeeffekten styrs av en centralt  
i hallen på bottenvåningen placerad rumstermostat.

#### 2.4.3 Elbatterihuset (Grupp III)

Dessa hus har samma luftburna värmedistributionssystem  
som värmepumphuset. Tilluftsaggregatet är detsamma, medan  
elbatteriet har något lägre effekt än i värmepump-  
husen. Värmepumpens kondensorbatteri saknas emellertid.  
I övrigt är uppvärmningssystemet exakt detsamma som för  
värmepumphuset, liksom styrningen. Försöket med elbatteri-  
husen avslutades vid årsskiftet 1977--1978, varvid dessa  
hus istället utrustades med elradiatorer med nattsänkings-  
automatik.

Försökshusen blev färdiga och inflyttning skedde kring årsskiftet 1975--1976 och mätningarna kunde taga sin början i februari 1976. Kontakt hade redan under förberedelserna för försöket tagits med Järfälla Industriverk och Vattenfall. Genom Vattenfalls försorg har regelbunden avläsning av energimätarna skett, normalt en gång per månad. Vissa hus, fyra inom vardera elradiatorhusen och värmepumphusen samt tre bland elbatterihusen, har dessutom försetts med mätutrustning för timregistrering av förbrukningen. Mätresultat från två hela eldningsår utan inverkan av den första tidens igångkörningseffekter föreligger nu. Försöket med elbatterihusen avslutades emellertid vid årsskiftet 1977--1978, varvid dessa hus istället utrustades med annat uppvärmningssystem, se 2.4.3.

En enkät gjordes i januari 1978 bland försöksområdets hushåll, varvid dessa fick besvara vissa frågor bl a angående deras energiförbrukning.

Vidare har temperaturen i vissa hus mätts vid enstaka tillfällena liksom inblåsningens temperatur.

### 3.1 De enskilda husens energiförbrukning och medelvärden för de olika grupperna

Avläsningen av energimätarna har skett genom Vattenfalls försorg normalt en gång per månad. De registrerade värdena har bearbetats av SCG. Fig 3.1 a-c visar den totala energiförbrukningen i kWh/dag för vart och ett av de 10 husen i grupp I samt medelvärdet under 1976, 1977 och första halvåret 1978, medan Fig 3.1 d-f visar motsvarande för de 10 husen i grupp II och Fig 3.1 g-i visar motsvarande för de 11 husen i grupp III. Fig 3.1 k-m visar de olika gruppernas medelvärden av total energiförbrukning i kWh/dag för 1976, 1977 och första halvåret 1978.

Den totala energiförbrukningen för de olika husen under två eldningsår 1976--1977 och 1977-1978 jämte medianvärde, medelvärde, standardavvikelse och standardavvikelse i procent av medelvärdet för olika grupper är sammanställt i Tab 3.1 a-b. Dessutom framgår av tabellen procentuella medelvärden i förhållande till kontrollgruppen, elradiatorhusen vars energiförbrukning satts till 100 %. För elbatterihusen finns endast siffror för en hel eldningsår. I Fig 3.1 n har en procentuell jämförelse gjorts mellan de olika gruppernas totala energiförbrukning varvid elradiatorgruppens förbrukning satts till 100 %.

Fig 3.1 o visar i linjediagramform för eldningsåren 1976--1977 och 1977--1978 dels den totala energiförbrukningen per hus och år inom de olika grupperna, varvid spridningen klart framgår, dels de olika gruppernas median- och medelvärden.

### 3.2

#### Månadsmedelvärden av energiförbrukning timme för timme

För fyra hus inom vardera elradiatorhusen och värmepumphuset samt tre bland elbatterihusen finns dessutom mätutrustning för timregistrering av energiförbrukningen. Dessa värden har analyserats och bearbetats och i Fig 3.2 a-b presenteras månadsmedelvärden av totala energiförbrukningen timme för timme för april - juli 1976 för två olika hus inom elradiatorgruppen. Den tid solen är uppe den 15:e i respektive månad har dessutom ritats in i figurerna. Fig 3.2 a anger totalförbrukningen för ett hus med nära medelförbrukning, medan Fig 3.2 b gäller ett hus med en av de högsta förbrukningarna inom gruppen. Båda husen har vardagsrumsfönstren åt väster.

### 3.3 Dag för dag-värden av energiförbrukning

För april månad 1976 har medelvärdet av totala dygnsförbrukningen av energi för de tre olika grupperna sammanställts enligt Fig 3.3 a. Medelvärdet för de olika grupperna baseras emellertid endast på de hus inom respektive grupp som har timregistrering av energiförbrukningen, dvs vardera fyra hus inom elradiator- och värmepumphusen samt tre inom elbatterihusen. Vidare har den totala dygnsförbrukningen av energi för två olika hus inom elradiatorgruppen sammanställts enligt Fig 3.3 b. Husen har samma orientering. Energiförbrukning för vissa hus under perioden augusti--september 1976 och 1977 har redovisats i Fig 3.3 c-d.

### 3.4 Medelvärden av energiförbrukning för söder- och västerorienterade hus

Enligt Fig 2.1 a och 2.3 a framgår att sex hus inom vardera gruppen har sina vardagsrumsfönster orienterade mot söder medan de övriga husen har sina vardagsrumsfönster orienterade mot väster. Det innebär att 18 hus är söderorienterade medan 13 hus är västerorienterade. I Fig 3.4 a-b har en jämförelse gjorts mellan den totala energiförbrukningen i västerorienterade och söderorienterade hus inom de olika grupperna. Figurerna visar eldningssäsongerna 1976--1977 och 1977--1978. Nollinjen representerar de södervända husens förbrukning och kurvorna visar alltså skillnaden mellan de väster- och söderorienterade husens totala energiförbrukning under eldningssäsongen. I Tab 3.4 a-b har medelvärde och standardavvikelse för de olika väderstrecksorienteringarna inom de olika grupperna sammanställts för eldningssäsongerna 1976--1977 och 1977--1978. Vidare finns i tabellerna en procentuell jämförelse av total energiförbrukning mellan väster- och söderorienterade hus inom de olika grupperna.

### 3.5 Husens maximalförbrukning

Förbrukningen av elenergi har varit störst under provperiodens kallaste månad, februari 1978. Toppvärden och medelvärden av maximalförbrukningar för enstaka dygn och timme denna månad hos de timavlästa husen, fyra i varje grupp, framgår av Tab 3.5 a. Ett enstaka högre timförbrukningsvärde har uppmätts till 13.2 kWh julafton 1976 för ett hus i elbatterigruppen.

### 3.6 Enkäten

Under januari månad 1978 gjordes en enkät bland hushållen inom försöksområdet. Den gick till så att i alla husens brevlådor lämnades ett frågeformulär, där hushållen ombads besvara vissa frågor. Dessa frågor gällde vilken temperatur man brukade ha i bottenvåning respektive ovanvåning, liksom antal personer som bor i huset samt vissa frågor angående hushållens vanor när det gäller energiförbrukning. Av de 31 tillfrågade hushållen skickade 22 tillbaka frågeformuläret, vilket ger en svarsprocent av 71 %. I Tab 3.6.a-c framgår resultaten av enkäten inom de olika grupperna medan Tab 3.6.d visar medelvärden för samtliga hushåll.

## 4 KOMMENTARER TILL MÄTRESULTATEN

4.1 De enskilda husens energiförbrukning och medelvärden för de olika grupperna

Fig 3.1 a-h visar de olika husens energiförbrukning från februari 1976 till juli 1978, med undantag för elbatteri-husen, där värdena sträcker sig till och med 1977, eftersom dessa hus därefter utrustats med annat uppvärmningssystem, se 2.4.3 . Av figurerna kan man se att de första månaderna var spridningen på energiförbrukningen inom de olika grupperna stor, liksom att energiförbrukningen var hög, vilket kan förklaras av att husen var nya och att de inflyttade till stor del var ovana vid att sköta ett hus och dess värmesystem. I husen fanns vid denna tid viss byggfukt kvar, vilken krävde ökad energiförbrukning.

Dessutom skulle en "värmekudde" byggas upp under husen, vilket krävde ökad förbrukning för att uppnå fortfarighetstillstånd i grundkonstruktionen. Det kan vara så att många av de inflyttade kom från lägenheter där man var van vid att hålla en rumstemperatur av 23-25°C, vilket en del fortsatte med i villan tills den första elräkningen kom. Därefter minskade man rumstemperaturen till 20-21°C, vilket andra inflyttade haft från början. Vidare krävs viss tid att inreglera och lära sig sköta uppvärmningssystemet så att detta ger den rumstemperatur man önskar. I början var kanske heller inte alla hushållen införstådda med vikten av att inte låta ytterdörrar stå öppna, vädra för mycket eller spara på varmvattnet. Av denna första tid, som krävs för att etablera sig i den nya bostaden, kan man därför inte dra några större slutsatser.

För de två eldningssäsongerna 1976--1977 och 1977--1978, som nu föreligger och från vilka slutsatser kan dras, framgår av figurerna att energiförbrukningen följer en årskurva men att spridningen på förbrukningen trots allt är ganska stor inom vissa grupper på grund av hög- och lågförbrukare inom grupperna.

Man kan också se att de olika husen reagerar olika starkt på förändringar i klimatet. Speciellt tydligt ser man skillnaderna mellan de olika husen i värmepumpgruppen i februari 1978.

Den minsta spridningen finns under större delen av året bland de elbatterivärmda husen. Högförbrukaren konsumerar dubbelt så mycket energi som lågförbrukaren. En stickprovskontroll uppvisar inget samband mellan familjestorlek, mängd hushållsapparater och energiförbrukning, vilket man var benägen att antaga. Spridningen framgår tydligt av linjediagrammet i Fig 3.1 o. Enstaka energiförbrukningsvärden från värmepumphuset ligger över medelvärdet för elradiatorhusen, medan enstaka värden från elbatterihuset ligger under medelvärdet från elradiatorhusen och därmed under enstaka värden från värmepumphuset. Man kan här tydligt se möjligheterna till stora fel vid jämförelse av enstaka hus med lika förutsättningar men olika uppvärmningssystem.

Orsaken till den relativt stora spridningen i elradiatorhusen kan vara att denna grupp innehåller hushåll med större spridning i energivanor än elbatterigruppen. En annan orsak kan möjligen vara att termostaterna medger för den skicklige energispararen att styra temperaturen rum för rum. Dessa möjligheter utnyttjas förmodligen i olika hög grad i olika familjer.

Bidragande faktorer till den relativt stora spridningen i värmepumphuset kan vara de boendes varierande vana och intresse att hantera en sådan anläggning samt att en av anläggningarna visat exceptionellt hög förbrukning.

Under högsommaren påverkas spridningen av semesterfrånvaro. En liten ändring räknad i kWh ger då en stor procentuell avvikelse eftersom den totala energiförbrukningen är låg.



Orsakerna till att elbatterihuset under sommaren drar mindre energi kan delvis vara olika energivänor och familjestorlek samt semesteravstängning av värmesystem. En orsak till att värmepumphuset under sommaren visar något större förbrukning än elbatterihuset kan vara att värmepumpen då i någon liten mån utnyttjas för kylning av inblåsningsluften. En orsak till att elradiatorhuset inte visar lägst förbrukning kan vara att vissa radiatorer i elradiatorhuset kopplas in trots att det är övertemperatur i andra delar av huset.

Av Fig 3.1 n, med de olika gruppernas medelvärden av total energiförbrukning, kan man konstatera att värmepumphuset haft den minsta energiförbrukningen medan elbatterihuset haft den högsta.

Vissa av husen i grupp III fick luftuppvärmningssystemet utbytt mot elradiatorer med nattsänkingsautomatik vid årsskiftet 1977--1978 medan en del hus inte bytte förrän eldnings säsongen i stort sett var över i april 1978. Förbrukningen för husen med elbatterierna kvar visas i Fig 3.1 n genom en prickad linje med T. Man kan se att mot slutet av eldnings säsongen understiger energiförbrukningen i husen med nattsänkingsautomatik förbrukningen i husen med vanliga elradiatorer i grupp I.

Elbatterihusens energiförbrukning stiger mycket kraftigt i förhållande till de andra grupperna vid eldnings säsongens början under augusti--september både 1976 och 1977 enligt Fig 3.1 n. I Fig 3.3 c-d visas dygn för dygn energiförbrukningen i elbatterihuset med timregistrering och i ett hus med normal energiförbrukning i de båda andra grupperna samt utetemperatur. Av Fig 3.3 c-d kan man se att vid eldnings säsongens början reagerar elbatterihuset kraftigare för sänkt utetemperatur genom att dess energiförbrukning stiger betydligt kraftigare än för de andra grupperna. Orsaken till detta är bl a den relativt stora värmekapaciteten i varmluftssystemet

och dess omgivning. Värmepumpen har vid denna tidpunkt på året en förhållandevis hög värmefaktor varför värmepumpens energiförbrukning inte stiger lika kraftigt.

#### 4.2 Månadsmedelvärden av energiförbrukning timme för timme

Fig 3.2 a-b visar månadsmedelvärden av total energiförbrukning timme för timme under april - juli 1976 för två olika hus inom elradiatorgruppen, båda med vardagsrumsfönster mot väster. Den tid solen är uppe den 15:e i respektive månad har dessutom ritats in i figurerna.

Fig 3.2 a visar en medelförbrukare vilken har en energiförbrukningstopp på förmiddagen och en på kvällen. Från toppen på förmiddagen sjunker förbrukningen sedan under dagen tills den nya toppen kommer på kvällen.

Detta är tydligast i april och maj och kan förklaras med att solen under eftermiddagen skiner genom vardagsrumsfönsterna, varvid de termostatreglerade direktverkande elradiatorerna då minskar sin effektavgivning. I Fig 3.2 b, som visar en högförbrukare, kan man också se detta under april månad. De inritade värdena på den tid solen är uppe i respektive månad ger stöd åt detta påstående.

Medan medelförbrukaren ökar förbrukningen måttligt under kvällstid ökar högförbrukaren i detta fall sin förbrukning till det dubbla. Det är framför allt denna topp som gör honom till högförbrukare, då förbrukningen under morgontimmarna i detta fall är nästan lika stor för de båda hushållen.

Fig 3.3 a visar medelvärdet av totala energiförbrukningen per dygn för de tre olika grupperna under april månad 1976. Medelvärdet för de olika grupperna baseras endast på de hus inom respektive grupp som har timregistrering av energiförbrukningen, dvs vardera fyra hus inom elradiator- och värmepumpgrupperna, samt tre inom elbatterigruppen.

De låga värdena kring den 16:e sammanfaller med påsken detta år. Alla grupperna visar en minskad förbrukning kring veckosluten medan topparna infaller i mitten av veckan. En av förklaringarna till detta kan vara att vissa familjer inte är hemma under veckosluten, en annan att man inte duschar, badar eller tvättar så mycket under helgerna. Men variationerna är kraftiga och en viss del av förklaringen måste nog finnas i uppvärmningssystemet. De största variationerna har grupp III, elbatterihuset. Medelvärdet av dessa husens energiförbrukning ligger till och med under de andra gruppernas förbrukning vissa helger, vilket är anmärkningsvärt. Orsaken till detta är oklar, men kan vara att man har central inställning av rumstemperaturen och således lätt kan sätta ner rumstemperaturen när man inte är hemma. Värmepumphuset har emellertid samma centrala inställning av rumstemperaturen, så i så fall måste man vara borta längre och/eller ställa in rumsternostaten på lägre värde i elbatterihuset.

Elradiatorhuset har termostat på varje radiator, så ifall man vill sänka rumstemperaturen i hela huset vid bortvaro måste man ställa ner samtliga termostater på radiatorerna. Eftersom detta är besvärligare än att endast ställa ner en termostat i elbatteri- och värmepumphuset kan detta vara en orsak till att elradiatorhuset inte uppvisar samma minskning av förbrukningen vid helgerna som elbatterihuset. En annan orsak till de kraftiga variationerna kan vara att det statiska underlaget är litet.

Fig 3.3 b visar den totala energiförbrukningen per dygn för två olika hus inom elradiatorgruppen med samma orientering under april månad 1976. Det anmärkningsvärda med dessa diagram är att medan hus 1 har lägst förbrukning under veckosluten har hus 2 högst förbrukning då. Man kan förmoda att familjen i hus 1 är borta en stor del av helgerna medan familjen i hus 2 då istället är hemma och utövar olika energikrävande aktiviteter. Veckan före påsk är emellertid förmodligen familjen i hus 2 bortresta, eftersom energiförbrukningen då är låg. Således kan även familjens veckorutin påverka energiförbrukningen.

Som framgår av Fig 3.1 n ökar den relativa energiförbrukningen i elbatterihuset kraftigt i början av eldningssäsongen. Förloppet redovisas närmare i Fig 3.3 c-d. Den kraftiga ökningen synes bero på värmekapaciteten i värmesystemet och dess omgivning. Att värmepumphuset inte uppvisar samma markanta ökning beror på att värmepumpen vid denna tid på året arbetar med en hög värmefaktor, varigenom systemets tröghet kompenseras.

#### 4.4

##### Jämförelse av energiförbrukning mellan söder- och västerorienterade hus

I Fig 3.4 a-b har en jämförelse mellan den totala energiförbrukningen i väster- och söderorienterade hus inom de olika grupperna gjorts. Värdena för sommarmånaderna skall man inte fästa något avseende vid, eftersom man då inte har något behov av energi för uppvärmningsändamål. Dessa värden avspeglar endast variationer i förbrukning av hushållsel och varmvatten mellan hus med olika orientering. I Tab 3.4 a-b finns motsvarande värden för hela eldningssäsongerna 1976--1977 och 1977--1978.

Studerar man figurerna och tabellerna finner man att de hus som har vardagsrum åt söder har förbrukat mindre energi i medeltal än de andra husen i samma grupp. Skillnaden rör sig i medeltal om 7 %. Spridningen är däremot störst i de hus som har vardagsrum åt söder. Detta kan tyda på att de inneboende har lyckats ta vara på den solinstrålade energin olika mycket. Samma tendenser finns i alla tre grupperna men är tydligast i värmepumphusen och minst framträdande i elbatterigruppen. Antalet hus i varje grupphalva är dock så litet att man inte bör dra alltför bestämda slutsatser av resultatet.

Sammanlägges resultaten i Tab 3.4 a och b fås för de båda perioderna en skillnad av i medeltal 1540 respektive 1980 kWh per hus, vilket utgör 6,5 respektive 8,8 % av total energiförbrukning per hus under respektive period.

I Tab 3.6 a-d framgår resultaten av enkäten, dels medelvärdena för de olika grupperna, dels medelvärden för samtliga hushåll. Av dessa tabeller framgår att man i elradiatorhusen brukar hålla en lägre temperatur på andra våningen än i bottenvåningen, medan det motsatta förhållandet råder i värmepump- och elbatterihusen. För värmepump och elbatterihusen är detta naturligt eftersom man har en central inställning av rumstemperaturen, som inblåsningsslutens temperatur rättar sig efter. Då inblåsningsslutet i stort sett har samma temperatur i hela huset och luftmängden är avpassad efter respektive rums värmebehov borde rumstemperaturen bli densamma i hela huset, men på grund av den termiska skiktningen blir det inte så. Den termiska skiktningen, som beror på skillnaden i densitet mellan varm och kall luft gör att varm luft från bottenvåningen stiger upp till den övre våningen genom den öppna trappan. Därigenom blir temperaturen i den övre våningen högre än i bottenvåningen. I elradiatorhusen har man termostat på varje radiator, vilket innebär att man kan ställa in önskad temperatur i respektive rum. Detta har man tydligen lyckats bra med i elradiatorhusen, eftersom man har lägre temperatur på ovanvåningen där två sovrum finns. Synpunkter som har framförts från de boende tyder på att man även i de andra husen skulle vilja ha lägre temperatur på andra våningen men att detta inte går på grund av värmesystemets reglering och den öppna trappan.

Vidare framgår av tabellerna att hushållsstorleken är något mindre än totala genomsnittet för elbatteri- och värmepumphusen, medan hushållsstorleken för elradiatorhusen överstiger medelvärdet betydligt, 4,29 personer/hushåll mot 4,00 personer/hushåll i genomsnitt.

Av frågorna angående hushållens vanor när det gäller energiförbrukning framgår att man använder kyl och frys mycket men sysslar lite med arbeten och hobbies som kräver elförbrukning. Anmärkningsvärt är att 20 av 22 tillfrågade uppger att de badar karbad lite. Däremot uppger man att man använder duschen betydligt mer. Vidare uppger hushållen att de öppnar fönster och dörrar lite och att de skärmar av fönstren om dagen i liten utsträckning.





## 5 BERÄKNING AV ENERGIBALANS

### 5.1 Solinstrålning genom fönster

Solinstrålning mot horisontell yta för Stockholmstrakten framgår av Tab 2.2 a och Fig 2.2 g-i. Dessa värden ger emellertid ett dåligt underlag vid beräkning av solinstrålningen mot en vertikal yta, t ex fönster. Värdena går att med hjälp av trigonometriska uttryck räkna om till att gälla vertikal yta, men blir osäkra, då solens höjdvinkel är liten eftersom en uppmätt vertikal komponent för solstrålningen då skall transformeras till en horisontell komponent. Solens höjdvinkel är liten under den tid på året då solinstrålningen genom fönstren har störst betydelse för värmebalansen.

Peterson & al (1977) har sammanställt tabeller över solinstrålningen för olika vinklar och vädersträck gällande Stockholmstrakten. En jämförelse mellan SMHIs månads- och årsmedelvärden för perioden 1958--1969 och motsvarande horisontella värden enligt Peterson & Al (1977) finns i Tab 5.1 a. Värdena visar mycket stor samstämmighet.

Med hjälp av tabellerna i Peterson & Al (1977) har solinstrålningen mot fönstren beräknats, varvid solinstrålningen bedömts påverka värmebalansen under perioden 16 september - 15 maj. Värdena framgår av Tab 5.1 b. Som synes är solinstrålningen mot fönstren aningen större för de västervända husen. Jämför man solinstrålningen mot fönstren på husens långsida, fönster mot väster för södervända hus och fönster mot söder för västervända hus, ser man att solinstrålningen är cirka 350 kWh/år större för de västervända husen. Dessa fönster befinner sig emellertid till stor del i skugga, på grund av att intilliggande hus ligger så nära. Undantag utgör dock ändhusen. Räknas solinstrålningen mot dessa fönster på långsidorna bort kommer de södervända husen att ha störst solinstrålning, vilket stämmer väl med de totala energiförbrukningssiffrorna i Fig 3.4 a-b och Tab 3.4 a-b.

Enligt Brown & Isfält (1974), anges den faktor som reducerar effekten vid instrålning genom fönster med två klara glas till 0,781. Av enkätsvaren framgår enligt Tab 3.5 a-d att man i liten omfattning skärmar av fönstren om dagen. Fönstren på husens långsida kommer emellertid att vara skuggade av intilliggande hus, med undantag av ändhusen. Vidare kommer förråden på tomten att något skugga fönstren på vardagsrumsfasaden.

Av ovanstående beräkningar och kommentarer kan man bedöma solinstrålningen genom fönstren under uppvärmningssäsongen till i genomsnitt 2.200 kWh per hus, varvid de södervända husen har något högre solinstrålning och de västervända något mindre.

## 5.2

### Personvärme

Av enkätsvaren framgår hushållsstorleken inom området samt inom de olika grupperna. Medelstorleken på hushållen är 4,00 personer.

Av VVS-handboken kap 8 framgår värmeavgivningen från människor vid olika aktiviteter, rumstemperatur m m. Källblad & Adamsson (1978) har beräknat gratisvärmen från personer. De har för en fyrapersonersfamilj antagit att dessa i genomsnitt vistas i bostaden 50 % av tiden och att de vardera avger cirka 100 W i värme. Detta innebär att cirka 5 kWh/dygn eller 1.200 kWh/år är tillgängligt för uppvärmning under uppvärmningssäsongen för en fyrapersonersfamilj.

Lundberg & Nilsson (1976) har vid beräkningen av personvärmertilförseln antagit tre personer per bostad samtidigt hemma kl 18.00--07.00 samt en person hemma hela tiden. De har vidare antagit att varje person avger cirka 100 W värme, vilket innebär att 6,3 kWh/dygn eller cirka 1.500 kWh/år är tillgängligt för uppvärmning under uppvärmningssäsongen för en fyrapersonersfamilj.

Lindskoug (1976) anger gratisvärmen från personer vid uppvärmningen till mellan 1.000 och 1.500 kWh/år, varvid han anser värdet 1.000 kWh/år som lågt skattat.

Av ovanstående kan man dra slutsatsen att personvärmetillförseln från en normalfamilj under uppvärmningssäsongen uppgår till mellan 1.000 och 1.500 kWh.

Vi har med ledning av detta antagit personvärmen till 1.500 kWh/år för en familj med 4 personer.

### 5.3

#### Hushållsel

Av enkätsvaren framgår att hushållen inom området i mycket liten omfattning sysslar med arbete eller hobby med elförbrukning. Däremot använder de kyl och frys mycket, vilket torde vara normalt för de flesta familjer. Av enkätsvaren framgår vidare att de boende tycker att elförbrukningen till matlagning, diskning och belysning är normal. Några tendenser till att hushållen inom området skulle ha en onormal hushållselförbrukning finns ej.

Enligt elproducenternas statistik uppgår förbrukningen av hushållelenergi till cirka 3.500 kWh/år och bostad. Detta värde avser emellertid samtliga bostäder, även bostäder i flerfamiljshus med mindre hushållstorlekar. Källblad & Adamson (1978) anger energiförbrukningen för hushållsel i småhus till 3.650 kWh/år eller 10 kWh/dygn. Lindskoug (1976) anger värdet 4.000 kWh/år för ett friliggande småhus.

Då familjerna inom området är förhållandevis stora antar vi att förbrukningen av hushållsel är större än 3.500 kWh/år som elproducenterna anger. Vi har satt förbrukningen till 4.000 kWh/år och hushåll.

Av hushållsenergin blir en stor del tillgänglig för uppvärmning, dock ej sommartid. Källblad & Adamson (1978) antar att 80 % av förbrukningen under eldningssäsongen är tillgängligt för uppvärmning, i detta fall cirka 2.100 kWh. Elförlusterna skulle alltså uppgå till 1.900 kWh/år. Lundberg & Nilsson (1976) anser att cirka 70 % av hela årets förbrukning är tillgänglig för uppvärmning, vilket innebär 2.800 kWh/år. Elförlusterna skulle alltså bli 1.200 kWh/år. Detta är emellertid en låg siffra. Om man antar att förbrukningen av hushållsel är konstant över året blir förbrukningen cirka 1.300 kWh under de fyra månader då uppvärmning ej erfordras. Vi har antagit elförlusterna till 1.500 kWh/år.

#### 5.4 Varmvatten

Av enkätsvaren framgår att hushållen inom området badar karbad i mycket liten omfattning men duschar desto mer. Detta synes vara en allmän tendens i Sverige och därför helt normalt. Vidare framgår av enkätsvaren att man tycker att man diskar i normal omfattning. Hushållen inom området synes därför ha en normal varmvattenförbrukning.

Ett flertal undersökningar beträffande energibehov för varmvatten i flerfamiljshus har utförts. Tab 5.4 a som är hämtad ur Ringblom & Peterson (1977) visar resultaten från dessa. För småhus är inga större sådana undersökningar kända. Källblad & Adamson (1978) anger normalförbrukningen till 5.000 kWh/år i småhus. Lundberg & Nilsson (1976) anger samma värde för en familj med två vuxna och två barn. Vi har med ledning av dessa uppgifter antagit varmvattenenergiförbrukningen till 5.000 kWh/år.

Genom avsvalnande av bad- och diskvatten m m kommer en del av den tillförda energin att bli tillgänglig för uppvärmning. Källblad & Adamson (1978) anser att 20 % eller cirka 3 kWh/dygn är tillgängligt för uppvärmning. Detta innebär att under uppvärmningssäsongen kommer cirka 700 kWh att vara tillgängligt för uppvärmning. Således är 4.300 kWh/år avloppsförluster. Lundberg & Nilsson (1976) anser att cirka 30 % eller 1.500 kWh/år kommer byggnaden tillgodo i form av värmeenergi, medan 3.500 kWh/år blir avloppsförluster. Samma värde, dvs 3.500 kWh/år kommer Lindskoug (1976) fram till för avloppsförlusterna. Vi har därför antagit avloppsförlusterna till 3.500 kWh/år.

## 5.5 Transmissionsförluster

K-värden för olika byggnadsdelar framgår av Tab 2.3 a. Summa  $k \cdot A$  till uteluften har beräknats till 125 W/°C och summa  $k \cdot A$  till marken har beräknats till 14 W/°C. Med hjälp av antalet gradtimmar enligt VVS-handboken har normalårets energibehov för transmission beräknats till 14.000 kWh.

## 5.6 Ventilationsförluster

### 5.6.1 Förluster genom mekanisk ventilation

Husen har mekanisk frånluft. Frånluften evakueras genom en frånluftsfläkt på taket, vilket framgår av Fig 2.4.2 a. Frånluftsmängden är 165 m<sup>3</sup>/h, vilket motsvarar en halv luftomsättning per timme. Med hjälp av antalets gradtimmar enligt VVS-handboken har normalårets energibehov för mekanisk frånluft beräknats till 6.000 kWh.

### 5.6.2 Förluster genom ofrivillig ventilation

Med begreppet ofrivillig ventilation menas den luftväxling som uppkommer genom otätheter i väggar, vädring m m. Vindstyrkan har stor betydelse för den ofrivilliga ventilationen, då denna ökar med vindstyrkan. SCG har gjort täthetsprovningar på hus byggda 1977 i Viksjö. Dessa hus liknar husen ingående i värmepumpförsöken. Vid tryckprovning vid 50 Pa tryckskillnad har resultatet blivit ungefär 4 omsättningar per timme. Enligt Elmroth & Nylund (1978) ger detta ungefär 2.000 kWh/år i energiförluster på grund av ofrivillig ventilation. Detta motsvarar en ofrivillig ventilation i husen av 0,17 oms per timme.

### 5.7 Extra värmeförluster från kanaler och rör

Av Fig 2.4.2.c framgår att kanalerna under huset längs yttersidorna endast är isolerade av den lättklinker som dessa ligger i. Detta har gett upphov till extra värmeförluster i värmepump- och elbatterihuset, vilka har varmluftsuppvärmning. Värmeförlusterna har märkts genom ett ökat temperaturfall på luften genom kanalerna under huset.

Kanalerna har emellertid fungerat som en "värmekabel" och därigenom minskat risken för tjällyftning samtidigt som den skapat bättre värmekomfort längs ytterväggarna på bottenvåningen.

Vi har beräknat de extra energiförluster som detta gett upphov till och kommit till att de är ungefär 800 kWh/år. Genom enkla isoleringsåtgärder skulle dessa förluster kunnat minskas.

Förluster från kanaler på snedvindar och från köldmedierören i mark är också enligt beräkningar tillsammans av storleksordningen 800 kWh/år. Dessa förluster kan emellertid ej enkelt minskas vid denna hustyp.

## 5.8 Årsenergibalans

Med hjälp av den totala energiförbrukningen för de olika grupperna och värden enligt 5.1-5.6 kan årsenergibalanser göras upp. Tab 5.8 a-c visar sådana årsenergibalanser för de olika grupperna, varvid värdet på den totala energiförbrukningen enligt energimätarna är ett medelvärde för åren 1976--1977 och 1977--1978, utom för elbatterihuset där det avser värdet 1976--1977.

Enligt enkätsvaren, se kapitel 3.5, är hushållsstorleken i värmepumphuset 3,88 mot 4,29 i elradiatorhusen. Denna stora skillnad på 0,41 personer/hushåll har stor betydelse på varmvattenförbrukningen. I kapitel 5.4 har vi antagit varmvattenförbrukningen för en fyra personers familj till 5000 kWh per år eller 1250 kWh per person och år. Detta skulle innebära att varmvattenförbrukningen i elradiatorhusen skulle vara ungefär 500 kWh/år större än i de andra grupperna. För elradiatorhusen har energiförbrukningen för varmvatten därför antagits vara 5500 kWh/år och avloppsförlusterna 3800 kWh/år.

Transmissionsförlusterna i elradiatorhusen har antagits lite mindre än för de andra grupperna beroende på att man i elradiatorhusen håller en något lägre rumstemperatur.

## 5.9 Uppvärmningsenergi

De värden på uppvärmningsenergin för de olika grupperna som framkom enligt kap 5.8 har redovisats i Tab 5.9 a. I tabellen redovisas även förbrukning relativt de olika grupperna. I Tab 5.9 b finns motsvarande värden men den extra värmeförlusten från kanalen under huset har räknats bort för värmepump- och elbatterihuset.





## 6 KOSTNADER

### 6.1 Investeringskostnad

Den totala investeringskostnaden för värmepumpen, fläkt-aggregatet, kanaler m m inklusive byggnadstekniska kostnader för att kunna applicera kanaler och apparater i husen uppgick till 25.500 kr per hus i det penningvärde som rådde vid årsskiftet 1975--1976. Från denna kostnad skall dras kostnaden för installation av elradiatorer, vilka ej erfordras i dessa hus. Denna kostnad är ungefär 1.500 kr, vilket medför en total merkostnad för värmepumphuset av 24.000 kr. Någon hänsyn till kostnaderna för den omprojektering som erfordrades för att anpassa kanaler och apparater till huskonstruktionen har därvid ej tagits.

Ungefär ett år efter inflyttningen vidtogs åtgärder i värmepump- och elbatterihuset till en kostnad av 2.400 kr per hus. Dessa åtgärder, vilka vidtogs efter klagomål från de boende, har emellertid karaktär av initialproblem, beroende på det ändrade uppvärmningssystemet. Problemet berodde delvis på att fläktaggregatet var placerat på mellanbjälklaget som var för lätt för att ge tillräcklig dämpning.

Åtgärderna som utfördes var bl a ljuddämpande åtgärder och upprättande av kanal genom klädkammaren. Merkostnaden för dessa åtgärder har inte medtagits vid lönsamhetsbedömningen.

### 6.2 Lönsamhetsbedömning

Enligt 5.8 är energiförbrukningen 1800 kWh/år mindre i värmepumphuset än i elradiatorhuset. Med tämligen enkla åtgärder skulle man kunna minska energiförbrukningen med ytterligare 800 kWh/år i värmepumphuset genom isolering av kanaler under huset, se kapitel 5.7.

Totalt skulle man alltså spara cirka 2600 kWh per år genom att installera en luft-luftvärmepump istället för elradiatorer i ett småhus. För denna energibesparing krävs emellertid en merinvestering av 24.000 kr i det penningvärde som rådde vid årsskiftet 1975--1976. Investeringskostnaden för varje sparad kWh/år blir 9 kr, vilket är mycket olönsamt. Den energibesparing som erhållits i värmepumphusen i förhållande till elradiatorhusen har alltså varit mycket dyr.

## 7 PROBLEM

### 7.1 Problem med värmepumparna

Drifterfarenheterna av värmepumparna har varit ganska goda, men vissa problem har trots allt uppstått. En av kompressorerna blev man tvingad att byta strax efter idrifttagandet. På grund av lång leveranstid tog det två veckor att få denna bytt. Misstankar finns att kompressorfelet berodde på att smuts och vatten kan ha kommit in i köldmedierören under byggnadstiden. Under mars månad 1976 var man också tvungen att byta åtta kretskort ingående i avfrostningsautomatiken och två fläktmotorer. Dessa initialproblem berodde till en del på materialfel och en del på installationsmisstag.

Därefter har tre större incidenter inträffat. I oktober 1977 fick man byta ytterligare en kompressor. Vid ett annat tillfälle lossnade en remskiva. Den tredje incidenten medförde att aggregatet stannade, då en lucka av misstag öppnades, vilket orsakade ett så kraftigt tryckfall att en tryckvakt löste ur. I övrigt har några kretskort till avfrostningsautomatiken behövt bytas beroende på dålig inplastning av korten.

### 7.2 Problem vid avfrostning vintertid

Aggregaten avfrostas genom att köldmedieriktningen kastas om genom en fyrvägsventil. Därvid byter kondensator och förångare funktion, varvid hetgas tillförs utebatteriet. Is på utebatteriet smälter då. Eftersom omprojekteringen med värmepumparna kom i ett sent skede, hann man ej ändra placeringen av avvattningsbrunnen på tomten. Denna var ej placerad vid förrådet, där värmepumpen är placerad, varför följden blev att det avfrostade vattnet frös till is i närheten av värmepumpen. Sedan misstaget väl observerats, har brunnens placering ändrats.

## 7.3

Ljudproblem

De boende har upplevt både värmepumpens och cirkulationsaggregatets ljudnivå som besvärande. Detta kan bero delvis på att uppvärmningssystemet är nytt och delvis på att fläktaggregatet ställdes på det lätta mellanbjälklaget. För att minska klagomålen utfördes vissa åtgärder i början av 1977. Därvid sänktes varvtalet på fläktarna vid värmepumparna. Värmepumparnas effekt sjönk något. Samtidigt kläddes fläktrummen med gummimattor i både värmepump- och elbatterihusen. Därefter har klagomålen upphört.

## 8 SLUTSATSER

### 8.1 Projekteringen

Beslutet om värmepumpförsöken kom i ett sent skede av projekteringen. Arbetsritningarna på husen var redan klara. Därför fick man göra en omprojektering för att anpassa det luftburna uppvärmningssystemet till huskonstruktionerna. Bättre resultat hade kunnat nås om man från början projekterat för värmepumpen och därvid anpassat huset till uppvärmningssystemet istället för tvärtom.

### 8.2 Varmluftssystemet

Anledningen till att vi vid försöksuppläggnigen tog med elbatterigruppen var att vi misstänkte att luftuppvärmning krävde högre energiförbrukning, varför en jämförelse mellan bara elradiatorhusen och värmepumphusen ej skulle bli helt rättvisande. Som framgått av kapitel 3 och 5 har också elbatterihuset en betydligt högre energiförbrukning än elradiatorhusen. Energiförbrukningen för uppvärmning är cirka 25 % större i elbatterihuset, vilket visar att varmluftsuppvärmning i detta fall är en dyr uppvärmningsform. Detta beror på ett flertal faktorer.

Den stora skillnaden mellan de varmluftsuppvärmda husen och elradiatorhusen beror delvis på att uppvärmningssystemen har olika reglersnabbhet. De luftuppvärmda husen har en centralt placerad termostat i motsats till elradiatorhusen, där varje rum regleras med den på radiatorn placerade termostaten. Detta innebär att ett eventuellt energitillskott genom t ex sol eller personer i ett rum snabbt ger utslag i elradiatorhusen men först efter en stund i luftvärmehuset, varigenom transmissionsförlusterna kan bli något större i de luftvärmda husen.

Genom luftuppvärmning får man större lufthastighet i rummen än vad radiatoruppvärmning ger. För att få samma komfort som i radiatorhusen måste man därför höja rumstemperaturen i de luftuppvärmda husen. På sina ställen kan man i de luftuppvärmda husen p g a möbler, gardinarrangemang o dyl få ännu högre lufthastigheter, som upplevs som drag och för vilka man kompenserar med ännu högre rumstemperatur.

En annan anledning till ökad energiförbrukning i de luftuppvärmda husen kan vara den transmissionsökning som blir följderna av luftrörelserna vid fönstren. Varm luft blåses upp längs fönstret, varigenom dess värmemotstånd minskar.

Eftersom beslutet om värmepumpförsöken kom sent blev projekteringstiden för de luftuppvärmda husen kort. Någon omarbetning av husets planlösning med hänsyn till varmluftssystemet kunde inte ske.

Genom att de olika våningarna ej skilts från varandra, vilket kunnat ske genom ett dörrparti till trappan i bottenvåningen, har möjligheterna att erhålla lika temperatur i båda våningarna begränsats. Den termiska skiktningen, se kapitel 4.5, innebär att temperaturen på ovanvåningen kommer att överstiga bottenvåningens, trots att man önskar motsatsen. Den centrala regleringen av temperaturen medger inte heller någon styrning av temperaturen våningsvis eller rumsvis. Man kan visserligen minska luftmängden genom inblåsningdonen något med hjälp av spjällen i anslutning till donen, men ljudnivån ökar kraftigt då. Den termiska skiktningen kvarstår emellertid.

Enligt enkätsvaren har temperaturen i andra våningen varit för elradiatorgruppen  $20^{\circ},3$  värmepumpgruppen  $21^{\circ},4$  och elbatterigruppen  $20^{\circ},8$ . Antar man att elradiatorhusen har haft den temperatur som de boende önskar kan man få ett mått på den energiförlust i form av ökad transmission som luftinblåsningssystemen medför på grund av den högre temperaturen i ovanvåningen.

En beräkning ger vid handen att denna transmissionsförlust är av storleksordningen 250 kWh per år och hus för varje grad temperaturhöjning. Till detta kommer även ökade ventilationsförluster.

En slutsats man kan dra av försöket är således att en öppen trappa mellan två våningar i detta fall medför olägenheter ur uppvärmningssynpunkt, i synnerhet vid varmluftsuppvärmning.

### 8.3

#### Dålig lönsamhet

Innan försöket började var förväntningarna på värmepumparna stora. Tyvärr måste vi säga att dessa förväntningar ej infriats. Den förhållandevis lilla energibesparing som erhållits kräver en mångdubbling av energipriset för att vara lönsam.

För att nå lönsamhet för luft - luftvärmepumparna krävs bättre metoder för att inordna dessa i byggnadens funktion. Kanaledragningen under huset och i mellanbjälklaget liksom ljuddämpande åtgärder i fläktrummet har orsakat stora byggnadstekniska merkostnader. Likaså ökar projekteringsarbetet i samband med dessa åtgärder.

För att luft - luftvärmepumpar till villor skall bli lönsamma krävs också att anläggningskostnaden kan sänkas. Ett sätt att minska kostnaderna vore att göra längre tillverkningsserier med endast ett fåtal storlekar. Därvid skulle sannolikt även driftssäkerheten kunna förbättras. Som det nu är förekommer ett stort antal storlekar och varianter på marknaden av samma fabrikat.

Slutsatsen från försöken blir trots allt att det är tveksamt om luft-luftvärmepumpar för enstaka småhus kommer att vara konkurrenskraftiga i framtiden.

#### 8.4 Fördelar med luft -luftvärmepumpar

Genom luftuppvärmningen erfordras inga radiatorer på väggarna. Detta har av de boende upplevts som positivt, dels estetiskt genom att det är bättre med ett galler i golvet än en radiator på väggen, dels genom att möblerbarheten blir bättre. Genom den blandning av luft från olika delar av huset som sker i varmluftanläggningen fås en bättre luftkvalitet i det rum man vistas i. Överskottsvärme från ett rum utnyttjas till att hålla temperaturen uppe i övriga delar av huset samtidigt som en viss kylning erhålles i rum med överskottsvärme.

En fördel med luft -luftvärmepumparna är möjligheten att kyla luften sommartid. Härigenom når man en ökad trivsel varma sommandagar.

#### 8.5 Övriga iakttagelser

Av enkätsvaren, se kapitel 3.5, framgår att av 22 hushåll uppger 20 att de badar karbad lite. Däremot duschar man i stor omfattning. Denna övergång från karbad till duschning har varit tydlig under senare år. Speciellt oljekrisen 1973--1974 gjorde att många övergick till den betydligt mindre energiförbrukande duschningen. Enligt Svensk Byggnorm kapitel 71:215 skall lägenhet förses med badkar. Den allmänna tendensen att övergå från karbad till duschning och den energibesparing som därvid kan uppnås borde emellertid vara ett starkt argument för att ändra denna bestämmelse. I stället borde man införa en bestämmelse som säger att alla bostäder förses med dusch, men att möjligheter och plats skall finnas, så att den som så önskar kan sätta in ett badkar.



## 9 MÖJLIGHETER TILL FÖRBÄTTRINGAR

### 9.1 Annan typ av värmepump

En möjlighet till förbättring vore att gå över till luftvattenvärmepumpar, som kunde användas i kombination med ett smidigt vattensystem för värmetransport inom huskroppen. Därigenom minskas kostnaderna för installationen av värmesystemet. Dessutom har man möjlighet att dämpa luftrörelserna i rummet till ett minimum och kan hålla önskad temperatur i olika delar av huset. Möjligheten att värma en grupp hus från en gemensam värmepumpcentral bör också undersökas.

När man använder uteluften som värmekälla får man vid låga utetemperaturer vintertid en låg värmefaktor och låg effekt. Vid kallare väderlek råder dessutom värmepumpfabrikanterna att koppla från värmepumpen, vilket kan ske automatiskt med hjälp av en utetermostat. Problemen med värmepumparna är också störst vintertid. För att komma från dessa problem kan det vara bättre att använda jorden som värmekälla där tomtens storlek och markens beskaffenhet medger detta. En annan möjlighet är att använda frånluft som värmekälla.

### 9.2 Annat varmluftssystem

Om man vill bibehålla luft som värmetransportmedium, kan man gå över till ett slutet system, t ex varmluftsuppvärmda golv. Därigenom kan man starkt reducera luftrörelserna i rummet, men man får förmodligen en något mer komplicerad installation.

### 9.3 Zonindelning

Den öppna trappan mellan våningarna gör att varm luft stiger upp till andra våningen från värmesystemet i bottenvåningen. För att hindra detta kan man skilja trappan från bottenvåningen t ex med ett glasparti med dörr. För att ytterligare förbättra styrmöjligheterna vid varmlufts-systemet kan man dela det i två zoner med vardera ett batteri och en termostat. Därmed skulle man även förbättra möjligheterna att spara energi vid ett krisläge eller då energipriserna stiger kraftigt.

### 9.4 Annan placering av fläktaggregat

Nu är fläktaggregatet placerat på ovanvåningen i nära anslutning till sovrummen där. Denna placering är en följd av den sena projekteringen. Det hade naturligtvis varit bättre att placera fläktaggregatet på bottenvåningen så långt från sovrummen som möjligt. Genom placering på betonggolvet kunde spridningen av bullret från fläkten minskas.

## LITTERATUR

Brown, G, Isfält, E, 1974, Solinstrålning och solavskärmning. (Statens Institut för byggnadsforskning), Stockholm. Rapport R19:1974.

Elmroth, A, Nylund, P O, 1978, Lufttätt ytterhölje sparar energi. Byggnadsindustrin nr 19, Stockholm.

Källblad, K, Adamson, B, 1978, Byggnaders energibalans— en handberäkningsmetod (Preliminär utgåva). Tekniska Högskolan, Lund.

Lindskoug, N-E, 1976, Energisnåla hus. Koncept, Stockholm.

Lundberg, H, Nilsson, T, 1976, Ofrivillig ventilation i bostadshus. VVS nr 9, Stockholm.

Peterson, F, Ringblom, L, Isfält, E, 1977, Solstrålning från klar och molnig himmel (Korrekturupplaga). Kungl Tekniska Högskolan, Stockholm.

Ringblom, L, Peterson, F, 1977, Solenergi för varmvattenberedning (Korrekturupplaga). Kungl Tekniska Högskolan, Stockholm.

Wennström, I, 1977, Värmepumpar i Viksjö, en jämförande energistudie i full skala. VVS nr 9, Stockholm.

VVS-handboken. Tabeller och diagram, 1974. Förlags AB VVS, Stockholm.

Värmepumpar, Symposium i Stockholm 26--27 november 1974. (Statens Råd för Byggnadsforskning), Stockholm. Skrift T2:1975.



Tabell 2.2 a

## Klimatdata för Stockholm-Bromma. Periodmedelvärden

	J	F	M	A	M	J	J	J	A	S	O	N	D	Ar
Nederbörd (mm)	43	30	26	31	34	45	61	76	60	48	53	48	555	
Snöfall (mm)	30	22	18	8	1	--	--	--	--	1	9	22	113	
Temperatur (°C)	-2,9	-3,1	-0,7	+4,4	+10,1	+14,9	+17,8	+16,6	+12,2	+7,1	+2,8	+0,1	+6,6	
Relativ fuktighet (%)	85	81	78	72	65	66	72	75	81	84	88	87	78	
Antal graddagar	617	563	549	378	122	0	0	0	82	307	426	524	3568	
Soltid (h)	42	70	151	188	273	320	274	239	159	102	53	35	1906	
Procent av maximal möjlig soltid (%)	22	31	46	47	57	63	54	54	45	36	26	22	47	
Solinstrålning (kWh/m <sup>2</sup> )	10,7	26,2	74,8	110,9	154,2	179,6	164,4	123,4	78,8	36,7	12,4	6,6	978,7	

Tabell 2.3 a Värmeledningskoefficienter, k-värden

	K-värde (W/m <sup>2</sup> °C)
Yttervägg, bottenvåning	0,32
Yttervägg, ovanvåning mot snedvindar	0,28
Yttervägg, ovanvåning, lutande	0,22
Tak	0,19
Golv, yttre randfält	0,53
Golv, inre randfält	0,29
Fönster	2,5
Ytterdörr	1,12

Tabell 3.1 a

Energiförbrukning 1976-07-06--1977-07-04 (363 dygn)

Hus	Grupp I Elradiatorer (kWh)	Grupp II Värmepump (kWh)	Grupp III Elbatteri (kWh)
1	24.255	22.593	25.805
2	23.245	22.248	24.506
3	26.439	22.561	28.952
4	21.917	21.245	28.421
5	21.846	21.274	26.442
6	20.169	15.470	28.789
7	28.812	23.636	27.521
8	18.414	18.439	27.224
9	25.020	18.478	22.429
10	23.180	19.855	27.141
11			25.715
Median- värde	23.213	21.260	27.141
Medel- värde	23.330	20.580	26.631
Standard- avvikelse	3.015	2.509	1.959
Standard- avvikelse i procent av medelv.	12,9	12,2	7,4
Medelvärde i procent av grupp I	100	88,2	114,1

Tabell 3.1 b

Energiförbrukning 1977-07-04--1978-07-05, (366 dygn)

Hus	Grupp I Elradiatorer (kWh)	Grupp II Värmepump (kWh)
1	24.086	20.972
2	22.846	22.839
3	25.217	30.445
4	20.762	21.538
5	22.323	21.545
6	18.814	15.927
7	28.937	23.381
8	19.107	19.261
9	27.973	18.975
10	23.050	20.066
Median- värde	22.948	21.255
Medel- värde	23.312	21.495
Standard- avvikelse	3.387	3.802
Standard- avvikelse i procent av medelv.	14,5	17,7
Medelvärde i procent av grupp I	100	92,2



Tabell 3.4 a

## Förbrukning i väster- och södervända hus 1976--1977

	Grupp I Elradiatorer		Grupp II Värmepump		Grupp III Elbatteri	
	Väster- vända hus	Söder- vända hus	Väster- vända hus	Söder- vända hus	Väster- vända hus	Söder- vända hus
Medelvärde (kWh)	23.964	22.907	22.162	19.525	26.825	26.470
Standard- avvikelse (kWh)	1.908	3.694	631	2.785	1.846	2.209
Standard- avvikelse i procent av medelv.	8,0	16,1	2,8	14,3	6,9	8,3
Förbrukning i västervända hus i procent av dito i södervända	104,6		113,5		101,3	

Tabell 3.4 b

## Förbrukning i väster- och södervända hus 1977--1978

	Grupp I Elradiatorer		Grupp II Värmepump	
	Väster- vända hus	Söder- vända hus	Väster- vända hus	Söder- vända hus
Medelvärde (kWh)	23.228	23.367	23.949	19.859
Standard- avvikelse (kWh)	1.908	4.297	4.401	2.525
Standard- avvikelse i procent av medelv.	8,2	18,4	18,4	12,7
Förbrukning i västervända hus i procent av dito i södervända	99,4		120,6	

Tabell 3.5 a

Maximalvärden på förbrukning under enstaka dygn och timme i fyra timavlästa hus i varje grupp under provperiodens kallaste månad, februari 1978

Grupp	Maximal förbrukning kWh			
	Per dygn		Per timme	
	Toppvärde	Medelvärde	Toppvärde	Medelvärde
I elradiatorer	173	146	9,94	8,65
II värmepump	245	201	12,98	11,76
III elbatteri	186	165	12,22	10,17

Tabell 3.6 a

Resultat av enkät i elradiatorgruppen

Svarsprocent: 70 %

Temperatur i bottenvåning vintertid medelvärde: 20<sup>0</sup>,9Temperatur i ovanvåning vintertid medelvärde: 20<sup>0</sup>,3

Hushållsstorlek medelvärde: 4,29 personer

Hushållens fördelning efter deras åsikt om sina energivanor.

	Lite	Medel	Mycket
Matlagning och diskning		3	4
Använder kyl och frys		1	6
Arbete eller hobby med elförbrukning	7		
Belysning		6	1
Karbad	6	1	
Duschning		2	5
Tvätt och torkning	1	2	4
Öppnar fönster och dörrar	4	3	
Skärmar av fönster om natten	3	1	3
Skärmar av fönster om dagen	7		

Tabell 3.6 b

Resultat av enkät i värmepumpgruppen

Svarsprocent: 80 %

Temperatur i bottenvåning vintertid medelvärde: 20<sup>o</sup>,3Temperatur i ovanvåning vintertid medelvärde: 21<sup>o</sup>,4

Hushållsstorlek medelvärde: 3,88 personer

Hushållens fördelning efter deras åsikt om sina energivanor.

	Lite	Medel	Mycket
Matlagning och diskning		5	3
Använder kyl och frys		2	6
Arbete eller hobby med elförbrukning	6	2	
Belysning	1	6	1
Karbad	7		1
Duschning	1	3	4
Tvätt och torkning		4	4
Öppnar fönster och dörrar	5	2	1
Skärmar av fönster om natten	2	3	3
Skärmar av fönster om dagen	7	1	

Tabell 3.6 c

Resultat av enkät i elbatterigruppen

Svarsprocent: 64 %

Temperatur i bottenvåning vintertid medelvärde: 20<sup>0</sup>,0Temperatur i ovanvåning vintertid medelvärde: 20<sup>0</sup>,8

Hushållsstorlek medelvärde: 3,86 personer

Hushållens fördelning efter deras åsikt om sina energivanor.

	Lite	Medel	Mycket
Matlagning och diskning	2	4	1
Använder kyl och frys		4	3
Arbete eller hobby med elförbrukning	5	2	
Belysning	4	3	
Karbad	7		
Duschning	1	4	2
Tvätt och torkning	1	5	1
Öppnar fönster och dörrar	5	2	
Skärmar av fönster om natten	2	4	1
Skärmar av fönster om dagen	6	1	

Tabell 3.6 d

Sammanställning av enkätsvar

Svarsprocent: 71 %

Temperatur i bottenvåning vintertid: 20<sup>0</sup>,4Temperatur i ovanvåning vintertid: 20<sup>0</sup>,9

Hushållsstorlek: 4,00

Hushållens fördelning efter deras åsikt om sina energivanor.

	Lite	Medel	Mycket
Matlagning och diskning	2	12	8
Använder kyl och frys		7	15
Arbete eller hobby med elförbrukning	18	4	
Belysning	5	15	2
Karbad	20	1	1
Duschning	2	9	11
Tvätt och torkning	2	11	9
Öppnar fönster och dörrar	14	7	1
Skärmar av fönster om natten	7	8	7
Skärmar av fönster om dagen	20	2	

Tabell 5.1 a

Solinstrålning mot horisontell yta

Månad	Solinstrålning enligt SMHI, medelvärde från perioden 1958--1969, kWh/m <sup>2</sup> horisontell yta	Solinstrålning enligt Peterson & al (1977), kWh/m <sup>2</sup> horisontell yta
Januari	10,73	10,66
Februari	26,23	26,32
Mars	74,82	75,33
April	110,93	110,67
Maj	154,24	154,88
Juni	179,57	180,36
Juli	164,38	164,89
Augusti	123,39	123,75
September	78,83	78,69
Oktober	36,70	36,98
November	12,37	12,45
December	6,55	6,60
Hela året	978,74	981,58

Tabell 5.1 b

## Solinstrålning mot fönster utan avdrag för skuggning

Månad	Södevända hus				Västervända hus				Totalt fönster
	Fönster mot söder	Fönster mot norr	Fönster mot väster	Tak-fönster 45° mot väster	Totalt fönster	Fönster mot öster	Fönster mot söder	Tak-fönster 45° mot söder	
	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
Januari	108	21	13	2	144	38	33	4	113
Februari	246	39	35	5	325	99	85	9	280
Mars	488	96	95	14	693	268	228	22	691
April	501	110	133	20	764	377	327	27	909
Maj (halva)	242	83	84	13	422	237	206	16	545
September (halva)	227	40	48	7	322	137	119	11	347
Oktober	328	45	51	7	431	143	123	13	395
November	125	22	16	2	165	46	40	5	135
December	66	13	8	1	88	23	20	2	69
Summa	2331	469	483	71	3354	1368	1181	109	3484



Tabell 5.4 a

Energibehov för varmvatten i flerfamiljshus

Källa	År	kWh/(lgh-år)	kWh/(pers-år)	Anm
Dirke	1960	4300	1320	248 lgh, 3,26 p/lgh
"	1960	4100	1200	75 " 3,43 "
Energiprogramkomm expertbilaga S0U 1972:76	1972	4000	-	
Byggnadsstyrelsen	slutet av 60-talet	5100	1650	1600 lgh, 3,1 p/lgh
Bollnäs	1971--72	3680	1515	358 " 2,43 "
Tensta	"	4132	1680	113 2,46 "
Råslätt, Jönköping	1968--69	5000	1560	3,2 "
"	"	5500	1600	- 3,45 "
Enl formeln 4300 + 700 (P-3)		3800	1650	Enl folk- och bostadsräkningen 1970 2,3 p/lgh

Tabell 5.8 a

Arsenergibalans för elradiatorhusen

UT kWh/år	IN kWh/år
Elförluster	Solvärme
Avloppsförluster	Personvärme
Ventilationsförluster	Hushållsel
Ofrivilliga ventilationsförluster	Varmvatten
Transmissionsförluster	Energi till elradiatorerna
1500	2200
3800	1500
6000	4000
2000	5500
13.700	13.800
27.000	27.000

} 23.300 = värde enligt energimätarna

Tabell 5.8 b

Årsenergi-balans för värmepumphuset

UT kWh/år	IN kWh/år
Elförluster	Solvärme
Avloppsörluster	Personvärme
Ventilationsörluster	Hushållsel
Ofrivilliga ventilationsörluster	Varmvatten
Transmissionsörluster	Energi till värmepumpen
Energiförluster p g a luft- uppvärmning	Tillgodgjord energi från ute- luft genom värmepump
1500	2200
3500	1500
6000	4000
2000	5000
14.000	12.000
3300	
<u>3300</u>	<u>5600</u>
30.300	30.300

} 21.000 = värde enligt  
energimätarna

Tabell 5.8 c

Årsenergibalans för elbatterihuset

UT kWh/år	IN kWh/år
Elförluster	2200
Avlopps förluster	1500
Ventilations förluster	3500
Ofrivilliga ventilations förluster	6000
Transmissions förluster	2000
Energiförluster p g a Luftupp- värmning	14000
	<u>3300</u>
	30.300
	Solvärme
	Personvärme
	Hushållsel
	Varmvatten
	Energi till elbatterierna
	<u>17.600</u>
	30.300

} 26.600 = värde enligt energimätarna

Tabell 5.9 a Uppvärmningsenergi inklusive förlust från golvkanal

	Grupp I Elradiatorer	Grupp II Värmepump	Grupp III Elbatteri
Energiförbrukning för uppvärmning kWh	13.800	12.000	17.600
Förbrukning relativt grupp I, kontrollgruppen	100 %	87 %	128 %
Förbrukning relativt grupp II, värmepumpgruppen	115 %	100 %	147 %
Förbrukning relativt grupp III, elbatterigruppen	78 %	68 %	100 %

Tabell 5.9 b Uppvärmningsenergi exklusive förlust från golvkanal

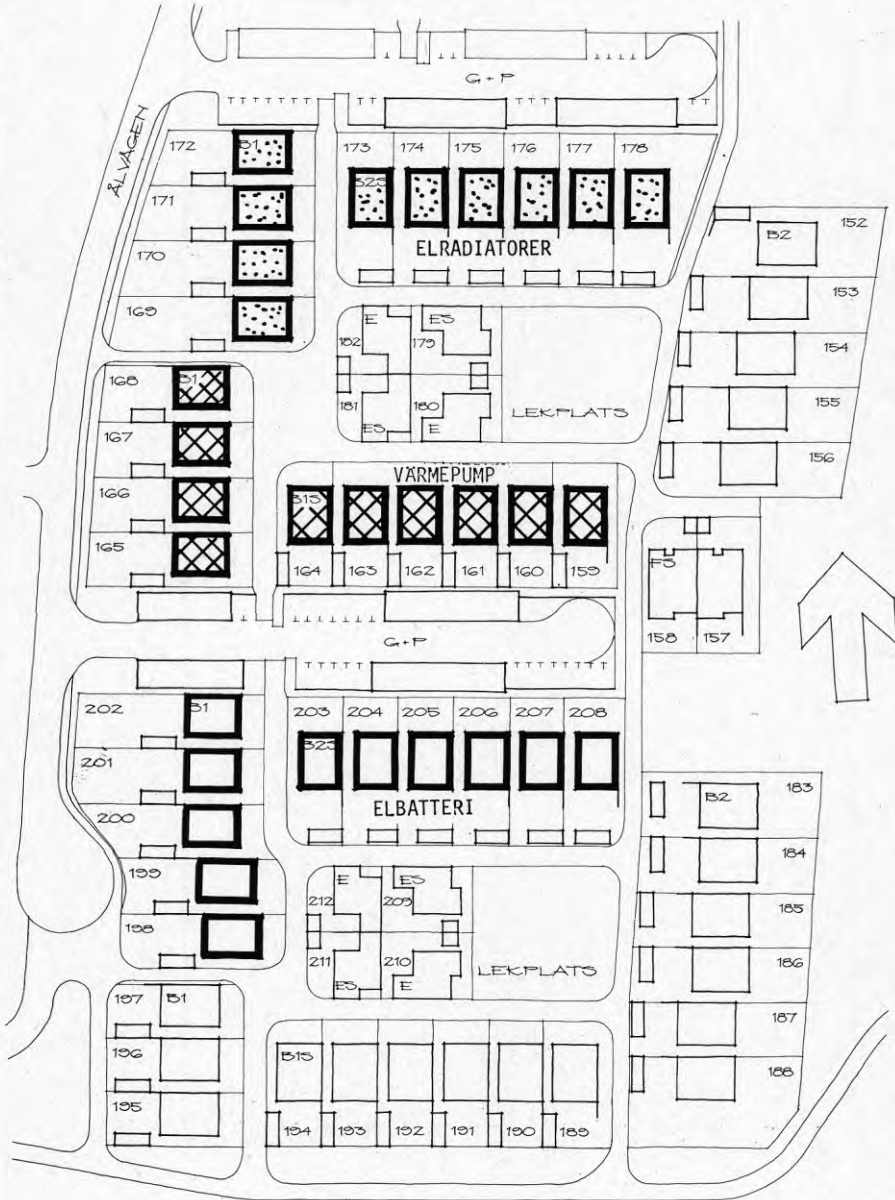
	Grupp I Elradiatorer	Grupp II Värmepump	Grupp III Elbatteri
Energiförbrukning för uppvärmning kWh	13.800	11.200	16.800
Förbrukning relativt grupp I, kontrollgruppen	100 %	81 %	122 %
Förbrukning relativt grupp II, värmepumpgruppen	123 %	100 %	150 %
Förbrukning relativt grupp III, elbatterigruppen	82 %	67 %	100 %



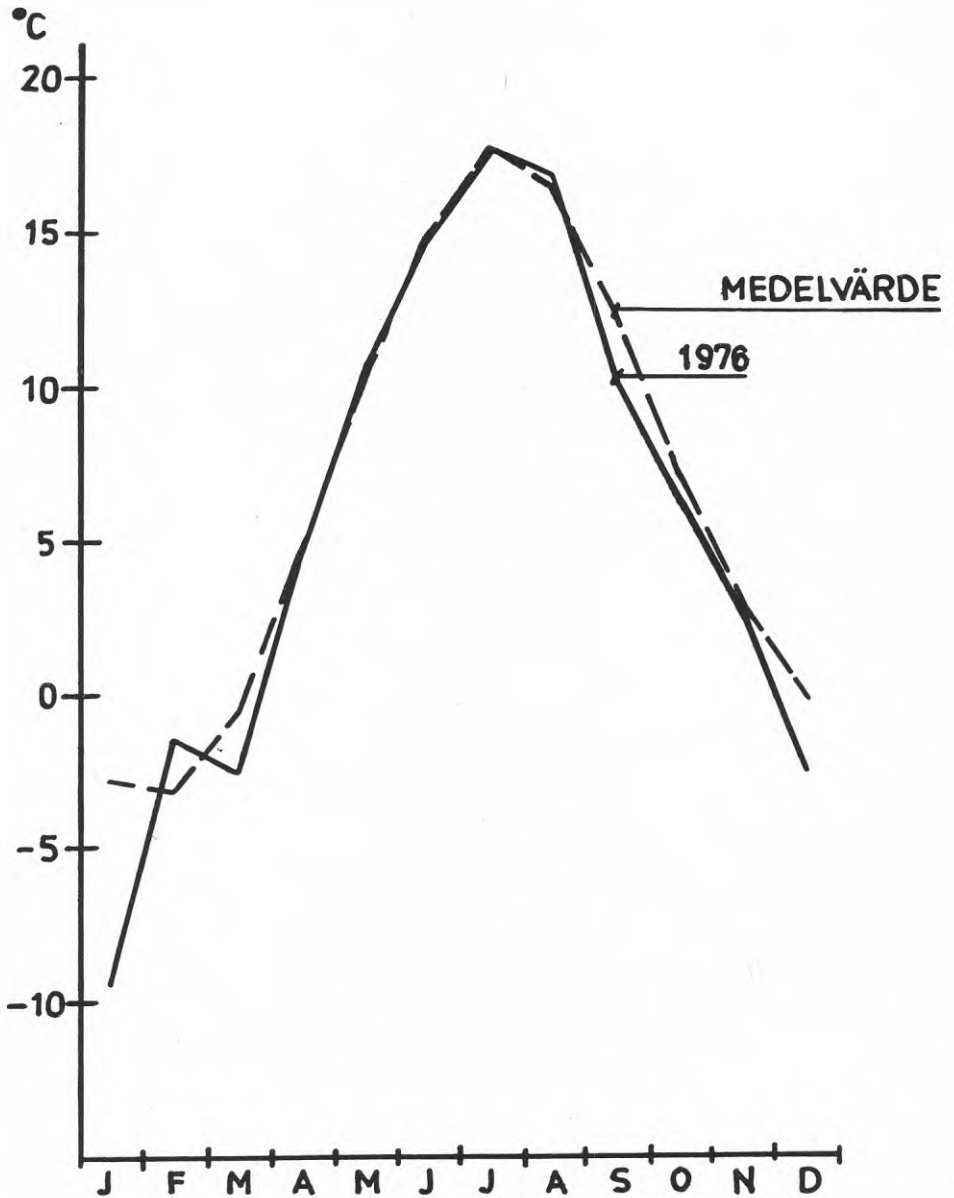
FIGURER

Figur 2.1 a

Situationsplan

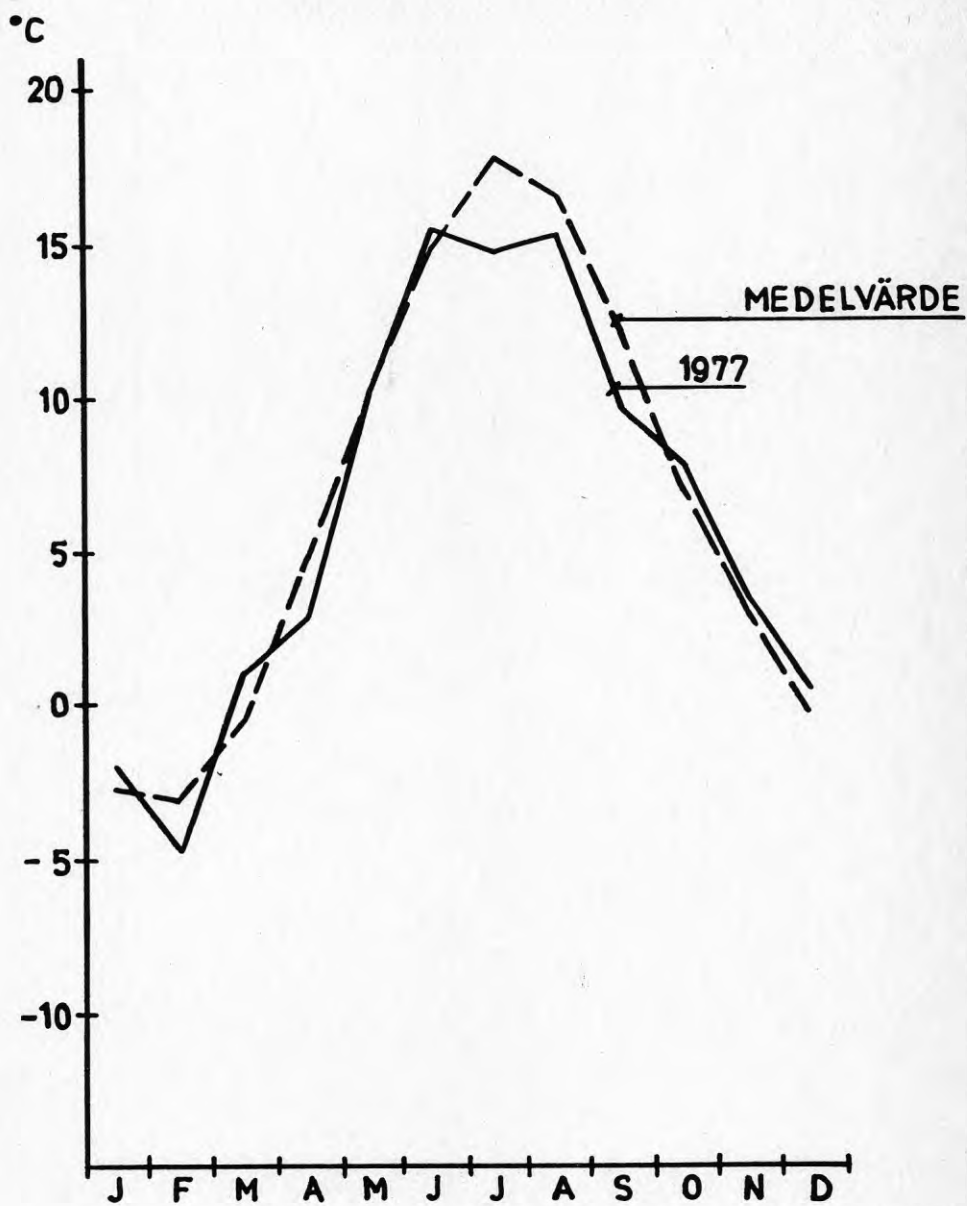


Figur 2.2 a

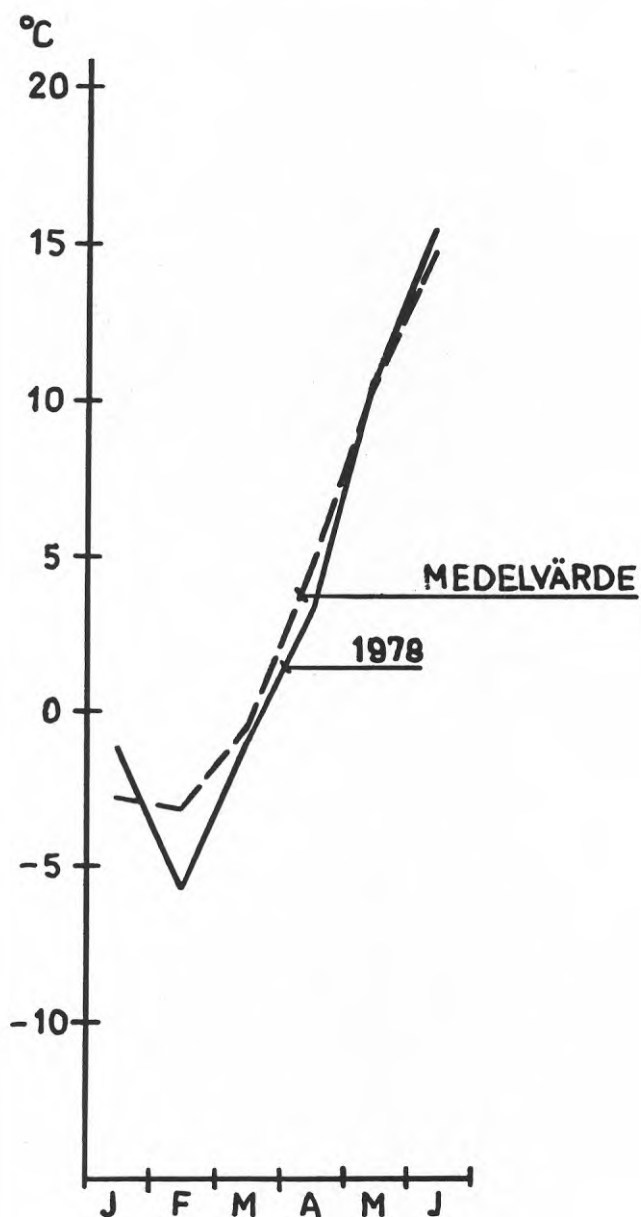
Utetemperatur vid Stockholm-Bromma



Figur 2.2 b

Utetemperatur vid Stockholm-Bromma

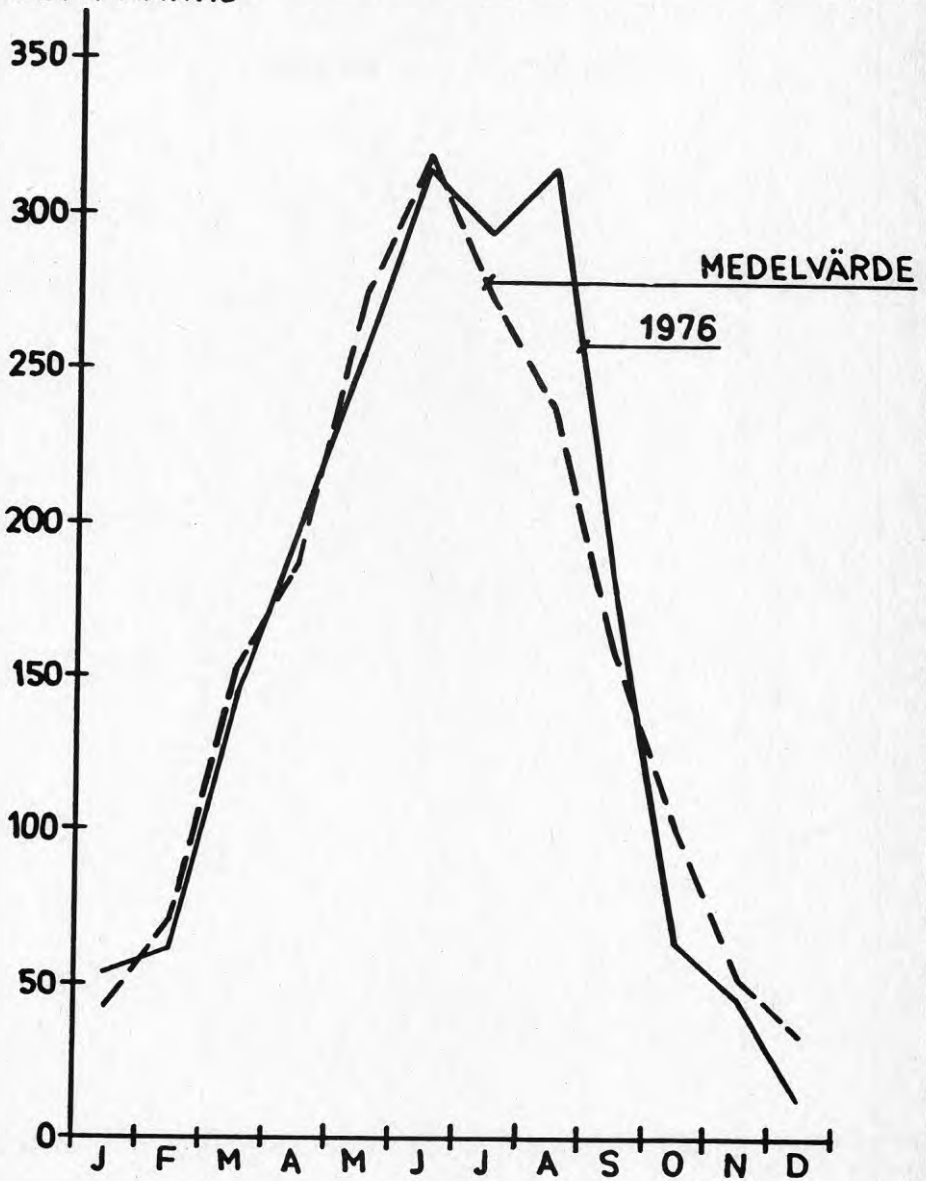
Figur 2.2 c

Utetemperatur vid Stockholm-Bromma

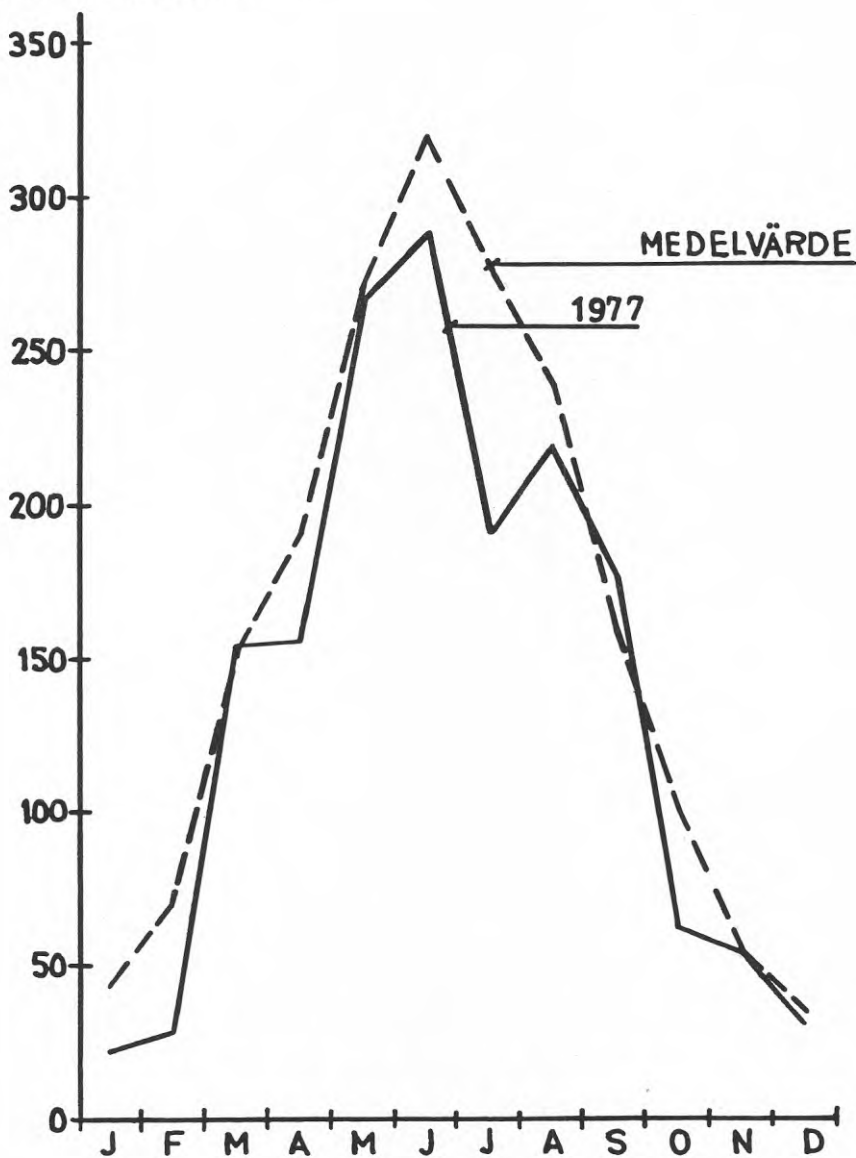
Figur 2.2 d

Antalet soltimmar vid Stockholm-Bromma

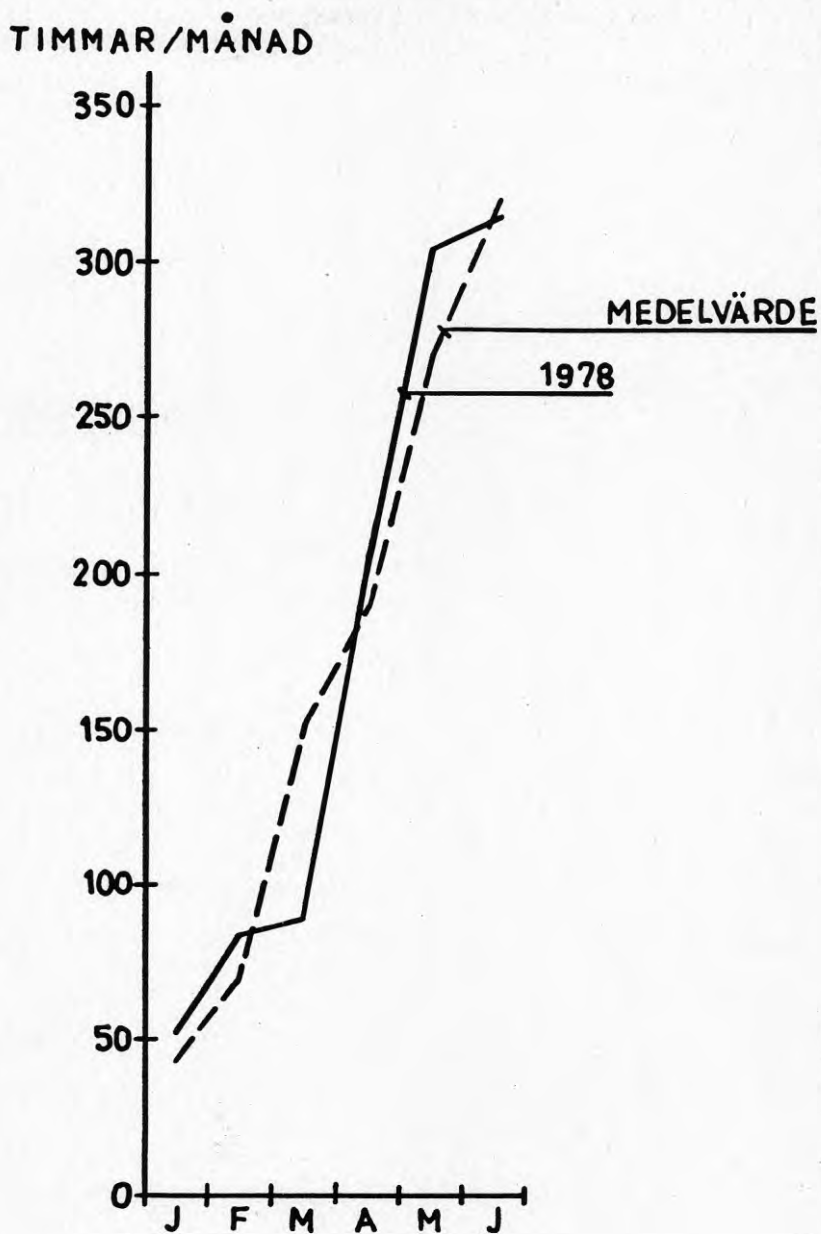
TIMMAR/MÅNAD



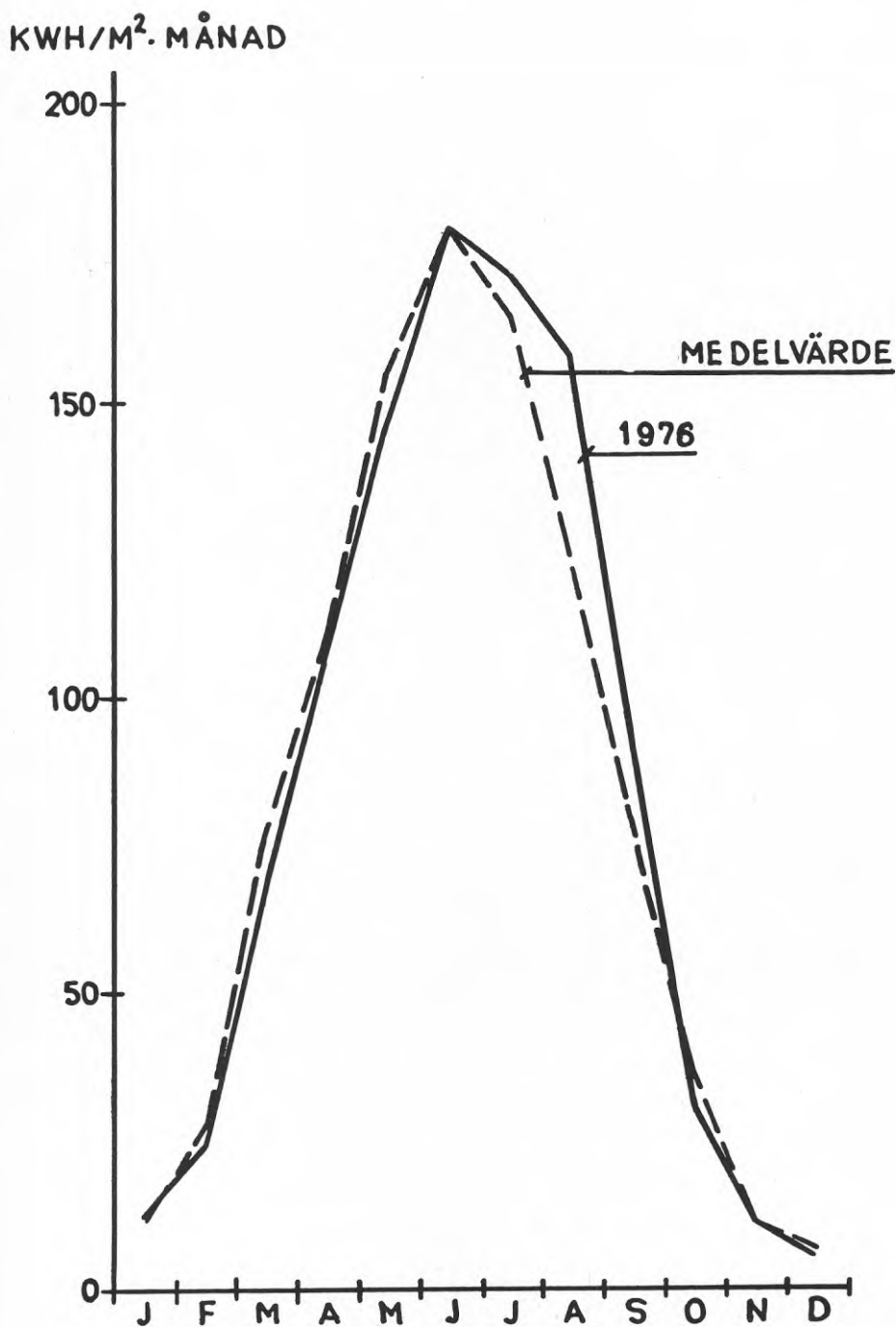
Figur 2.2 e

Antalet soltimmar vid Stockholm-Bromma**TIMMAR/MÅNAD**

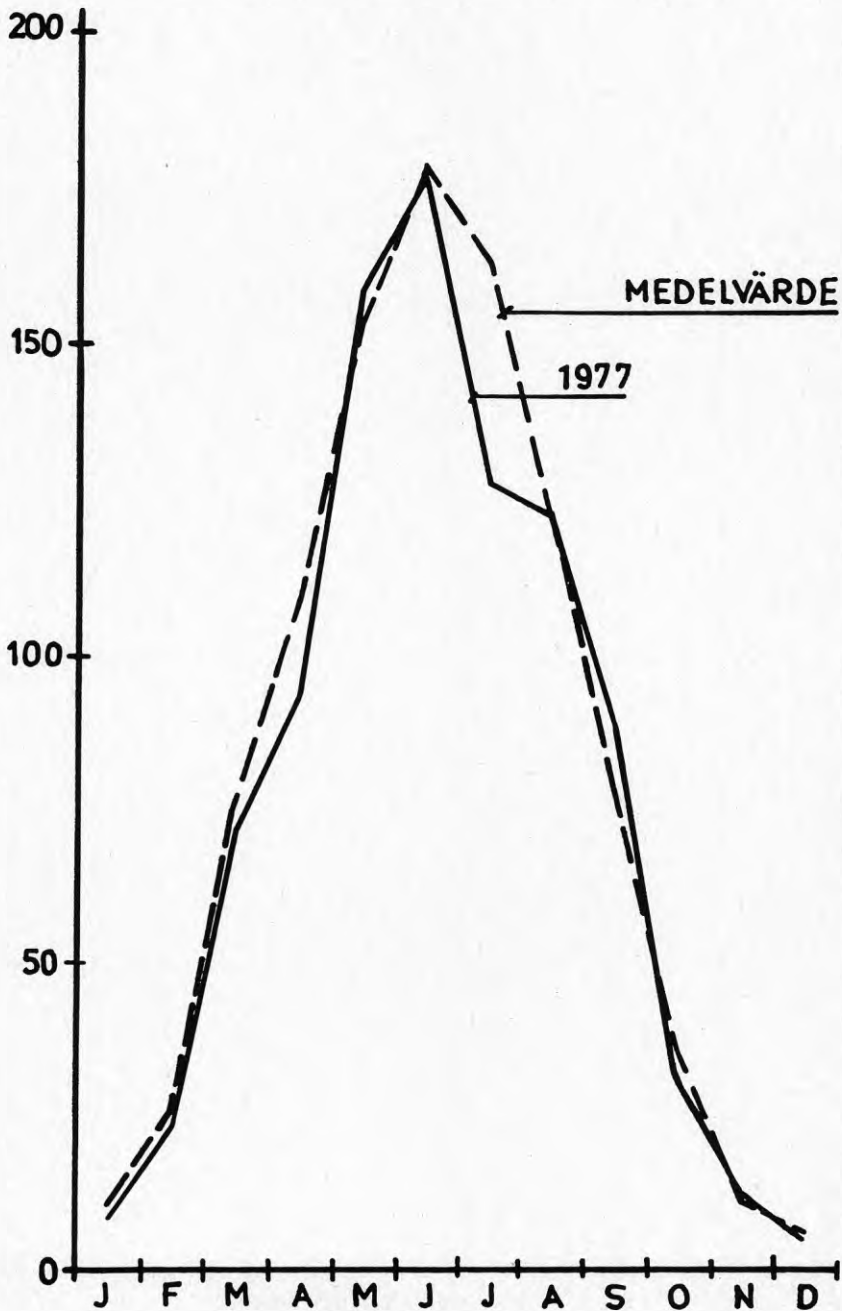
Figur 2.2 f

Antalet soltimmar vid Stockholm-Bromma

Figur 2.2 g

Solinstrålning mot horisontell yta vid Stockholm-Bromma

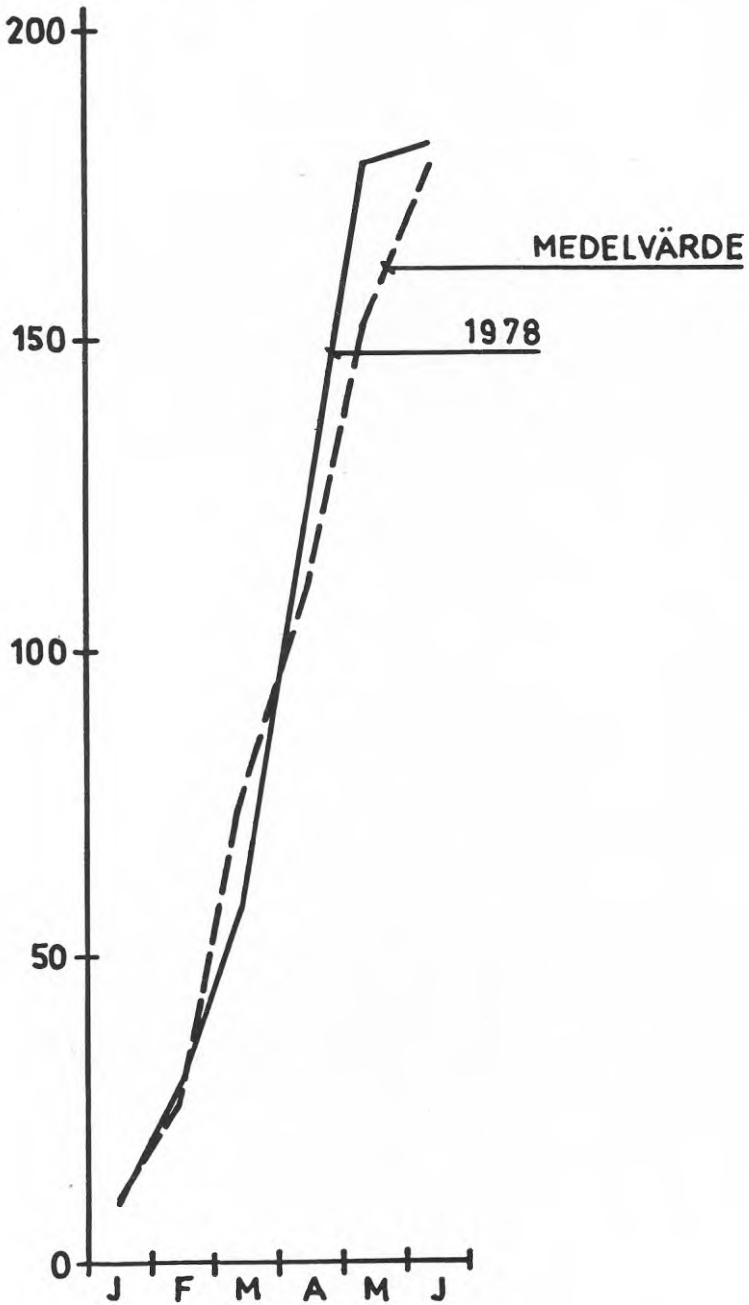
Figur 2.2 h

Solinstrålning mot horisontell yta vid Stockholm-BrommaKWH/M<sup>2</sup> · MÅNAD

Figur 2.2 i

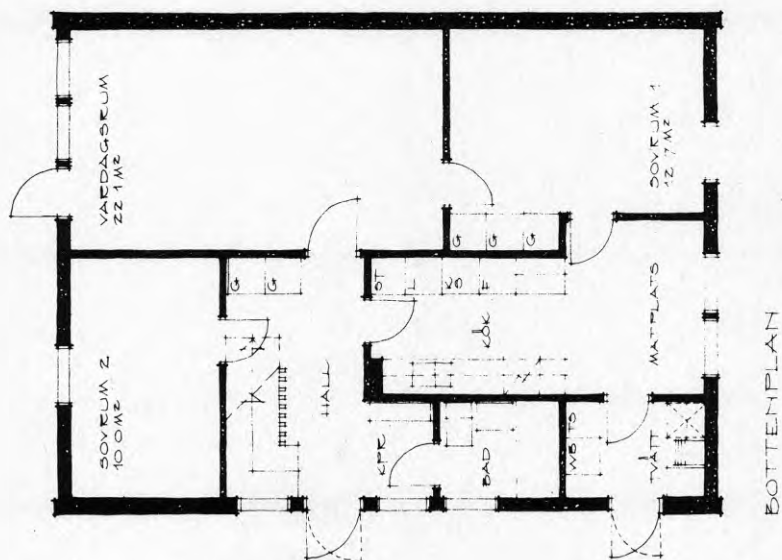
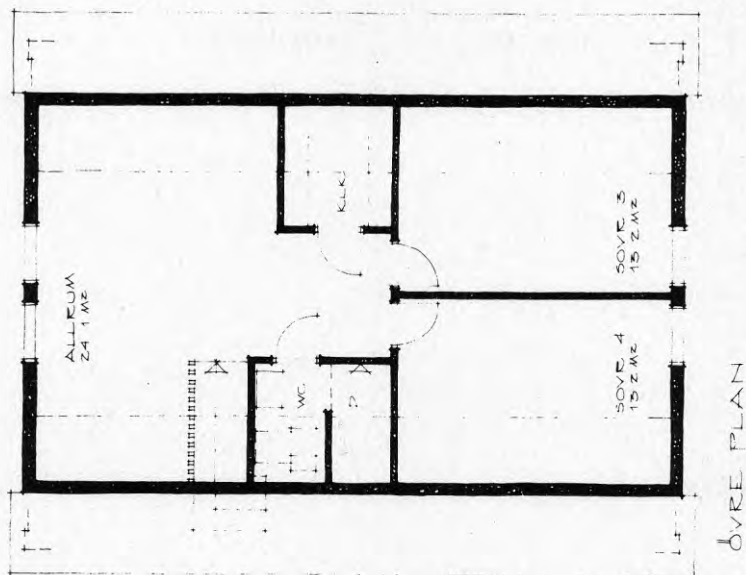
Solinstrålning mot horisontell yta vid Stockholm-Bromma

KWH/M<sup>2</sup>-MÅNAD

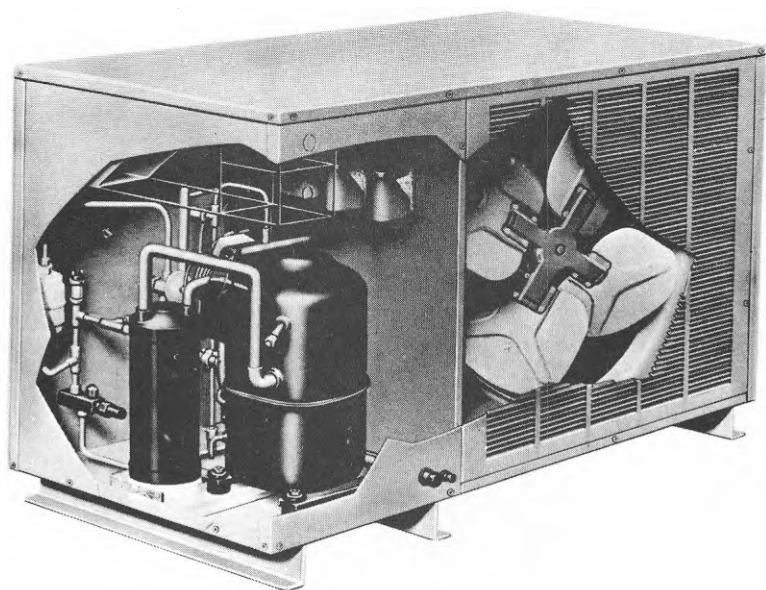




Figur 2.3 a

Planlösning hustyp B1

Figur 2.4.2 a

Värmepump

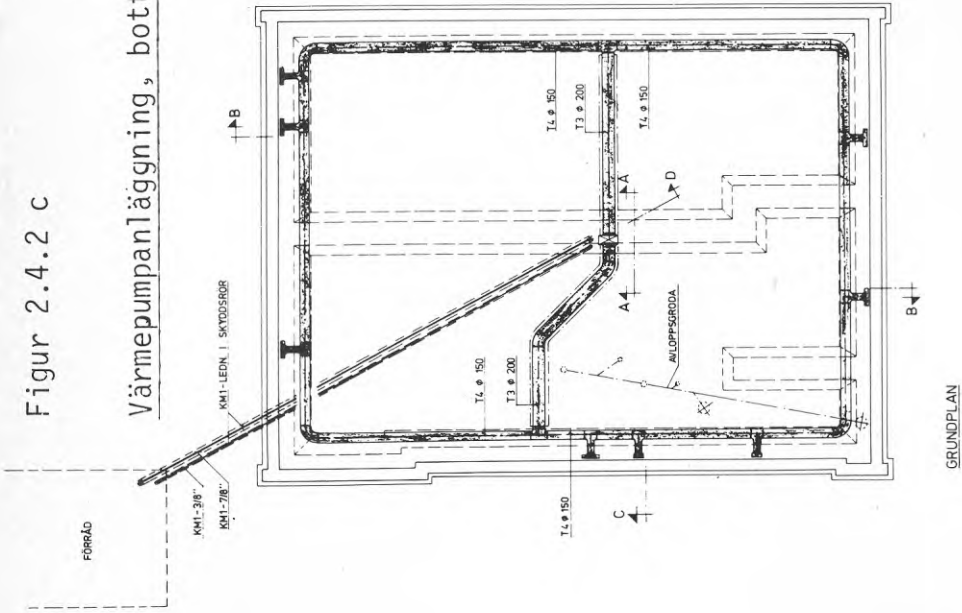
Figur 2.4.2 b

Värmepumpens värme- och kompressoreffekt

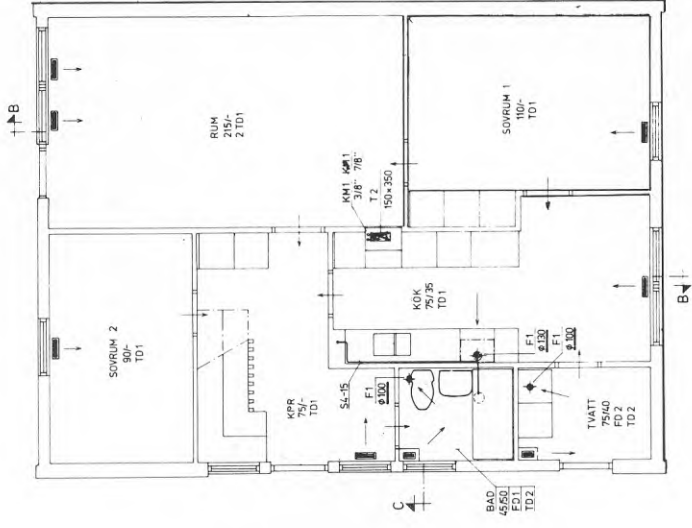
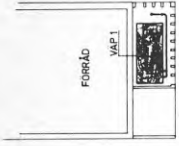
$^{\circ}\text{C}$	Värme- effekt kW	Kompressor- effekt kW
18	7,67	2,5
13	7,06	2,4
7	6,24	2,3
4	5,39	2,5
-4	4,33	2,1
-15	2,84	1,9
-18	2,60	1,9

Figur 2.4.2 c

Värmepanläggning, bottenplan

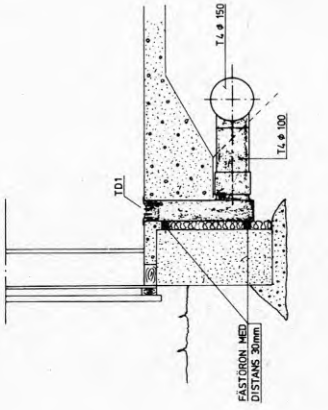


GRUNDPLAN

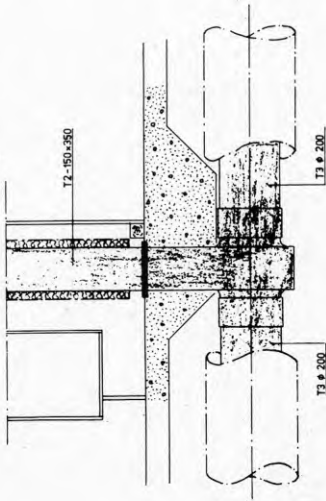


BOTTENPLAN

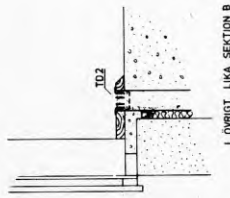
Figur 2.4.2 c forts.  
Värmepumpanläggning, bottenplan



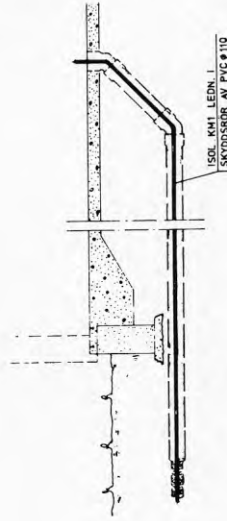
SEKTION B



SEKTION A--A



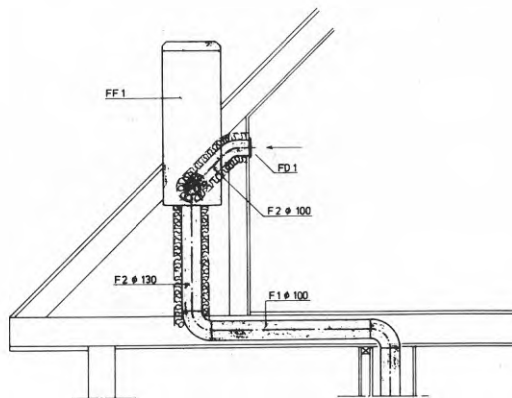
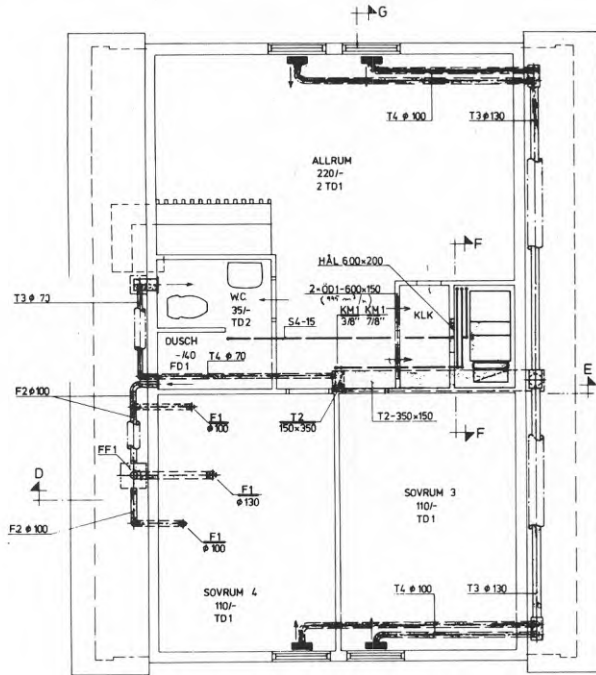
SEKTION C



SEKTION D

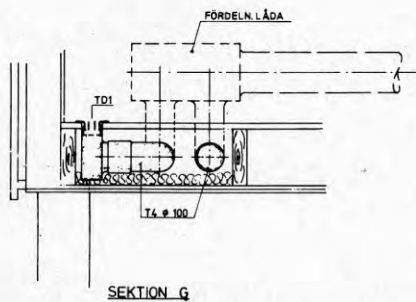
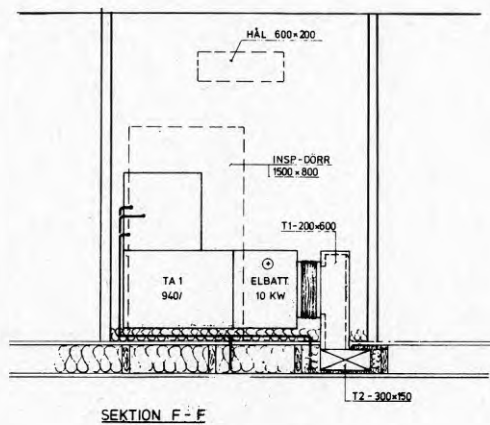
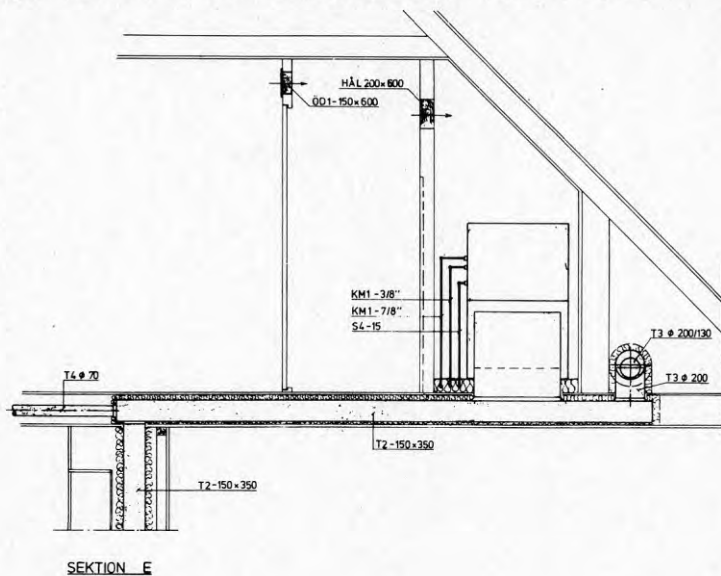
Figur 2.4.2 d

## Värmepumpanläggning, övre plan



SEKTION D

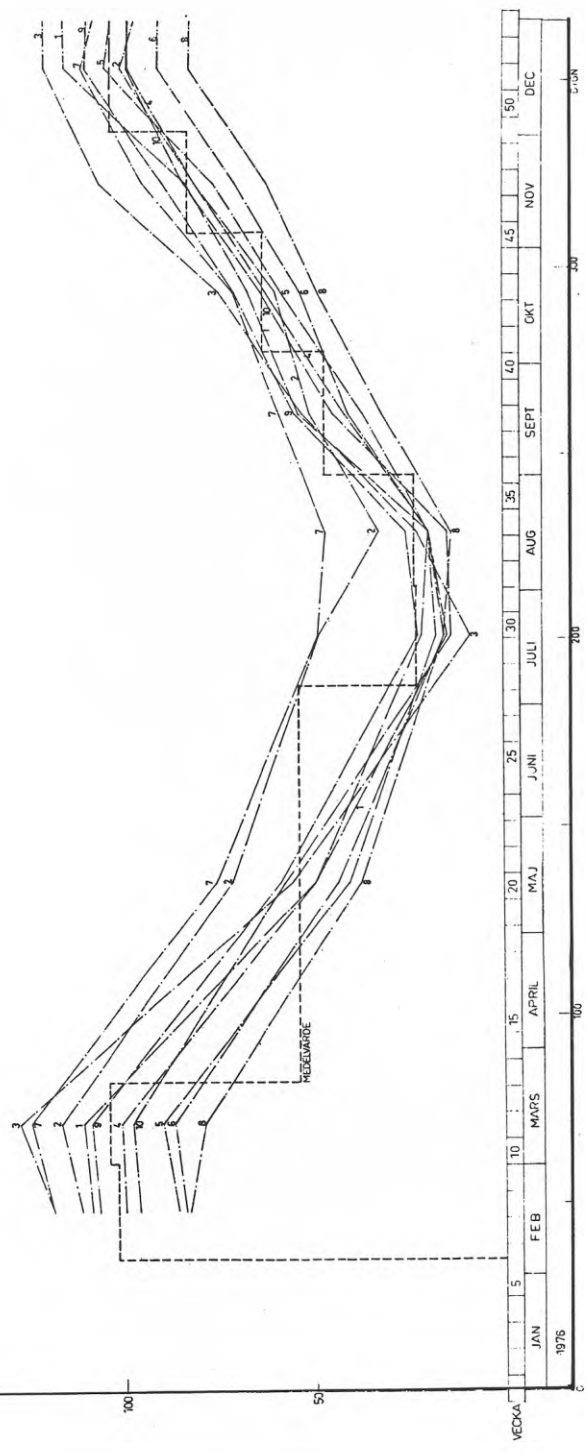
Figur 2.4.2 d forts. Värmepumpanläggning, övre plan



200 — kWh/HUS DVGN

Figur 3.1 a

Total energiförbrukning i elradiatorhus 1976

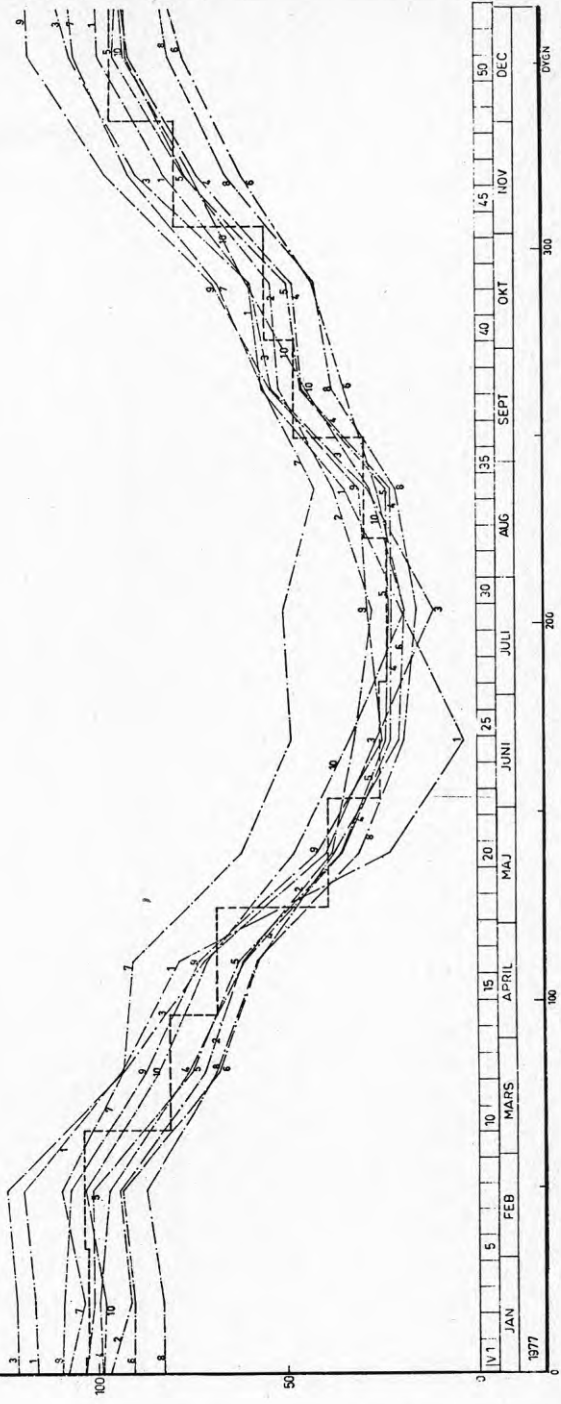




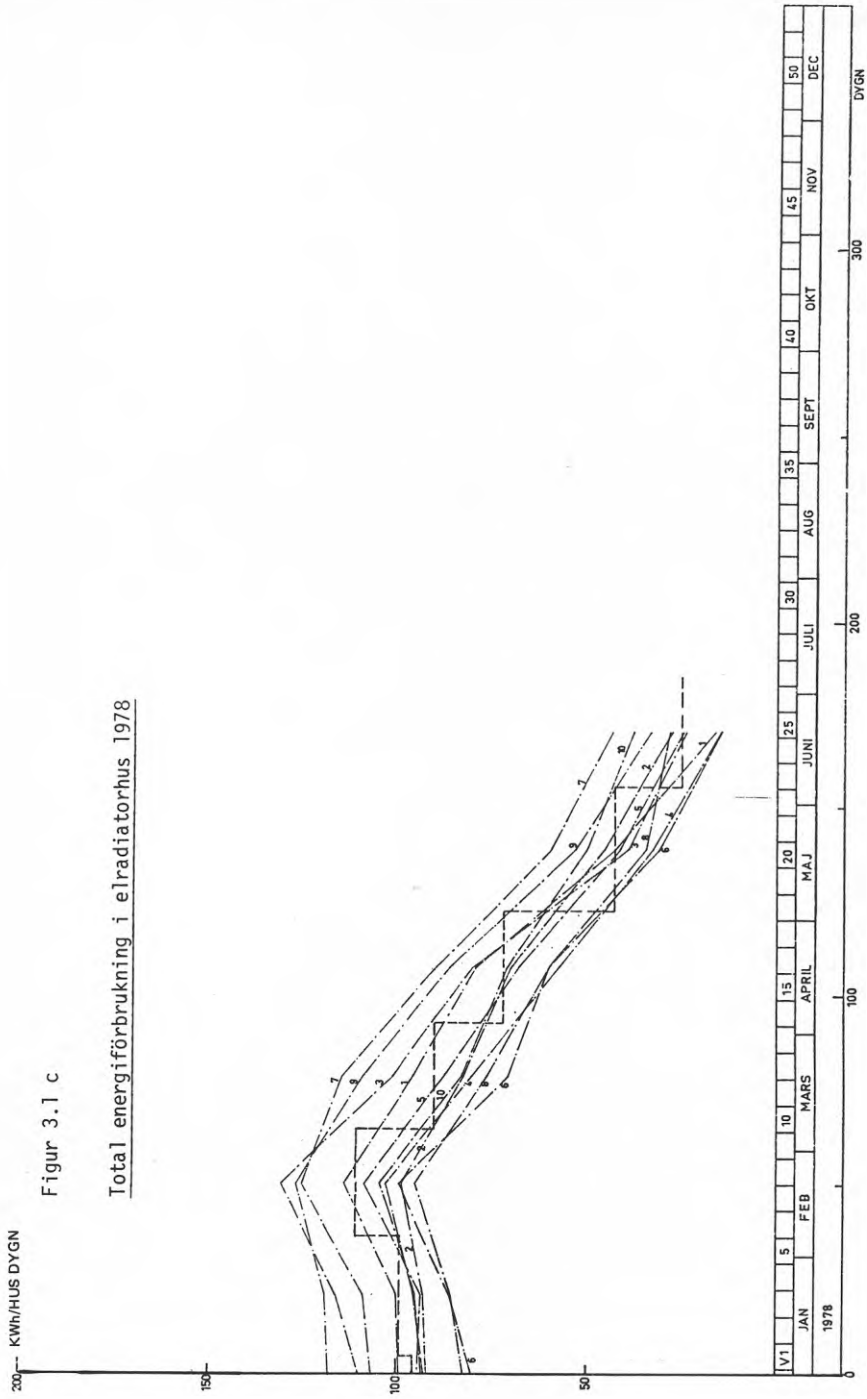
200— KWh/HUS DYGN

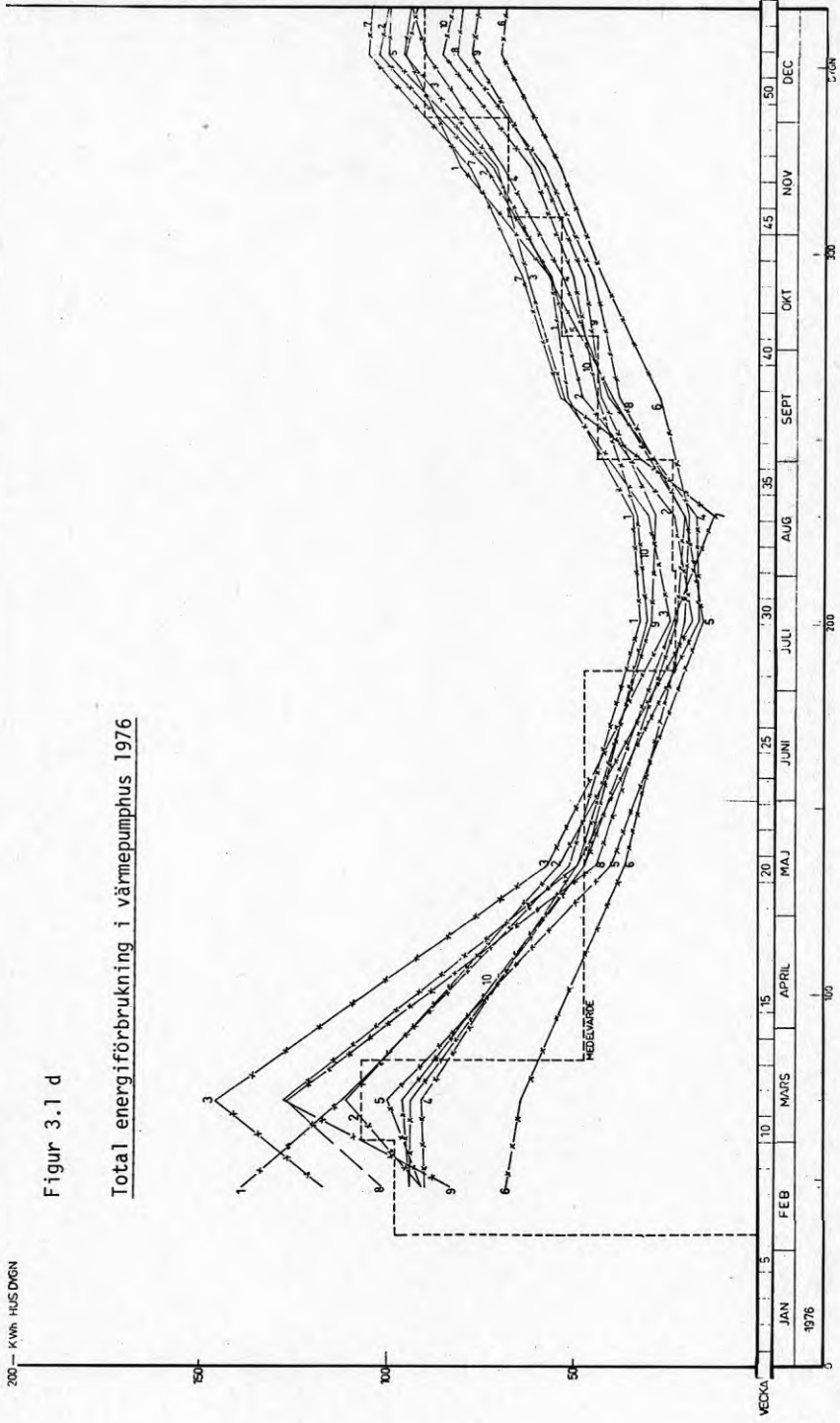
Figur 3.1 b

Total energiförbrukning i elradiatorhus 1977



DYGN





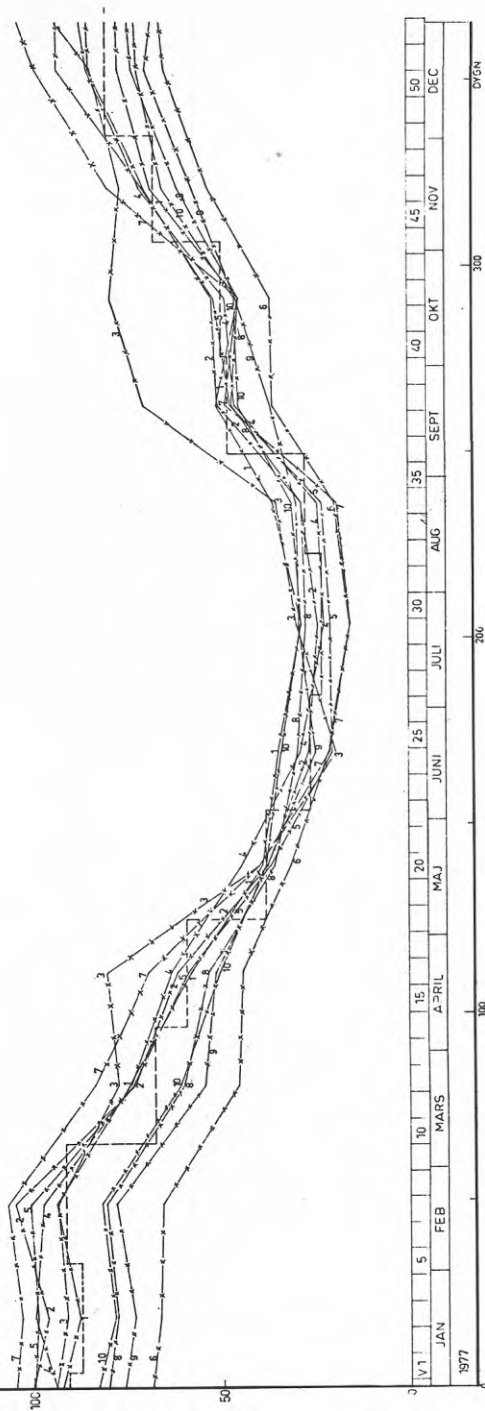
Figur 3.1 d

Total energiförbrukning i värmepumpus 1976

200— KWh/HUS DYGN

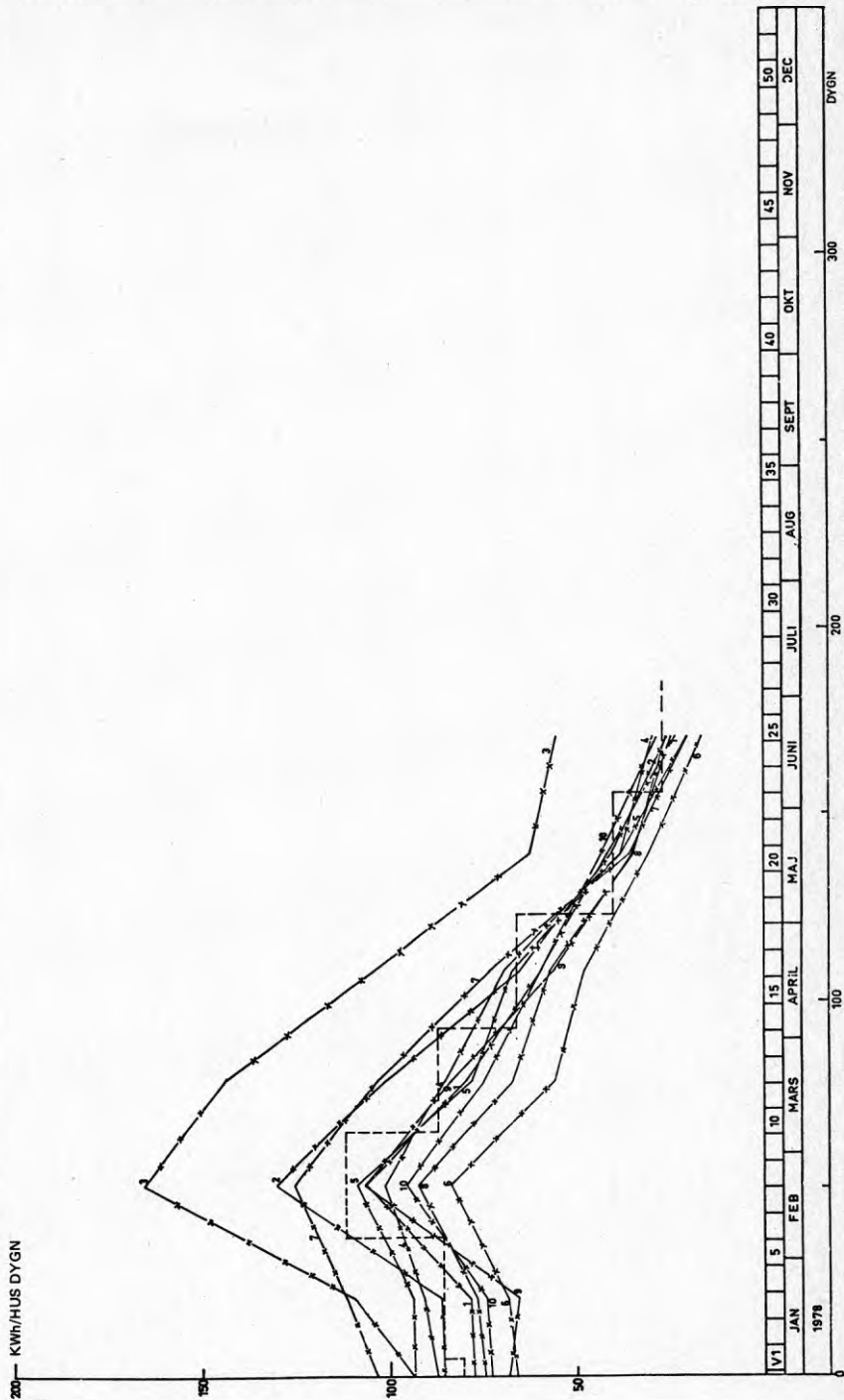
Figur 3.1 e

Total energiförbrukning i värmepumphus 1977



Figur 3.1 f

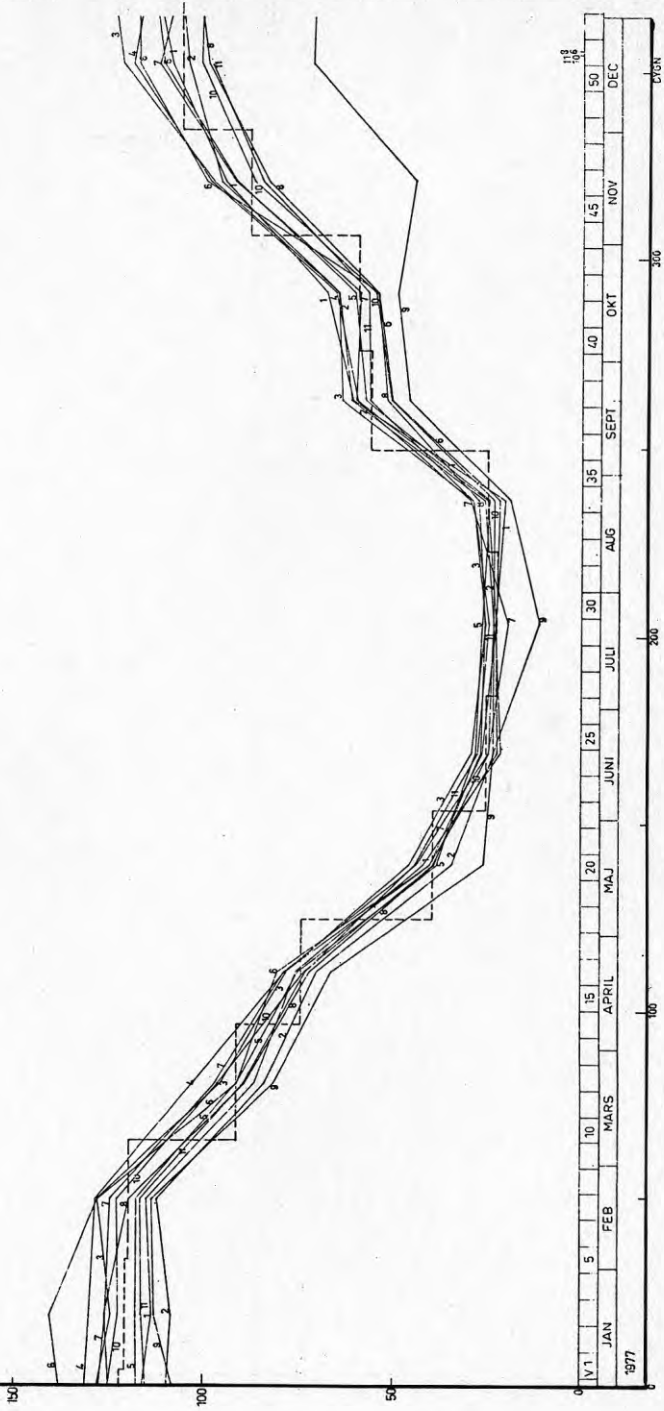
Total energiförbrukning i värmepumpshusen 1978





200 KWh/HUS DYGN | Figur 3.1 h

Total energiförbrukning i elbatterihus 1977

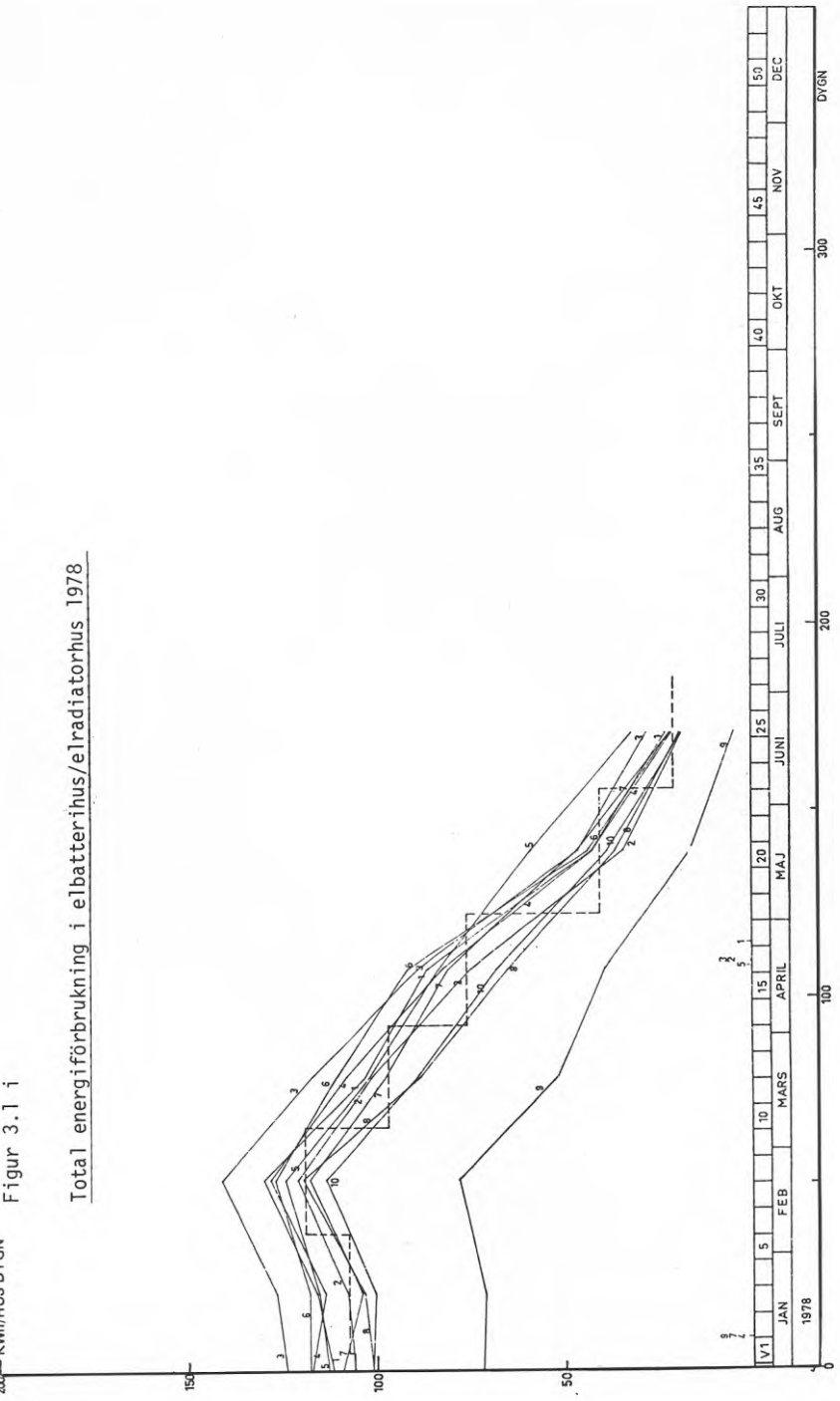


118	106	50	DEC
45	NOV	40	OKT
35	SEPT.	30	AUG
25	JUNI	20	MAJ
15	APRIL	10	MARS
5	FEB	0	JAN
1977			

200— KWh/HUS DYGN

Figur 3.1 i

Total energiförbrukning i elbatterier/elradiatorhus 1978

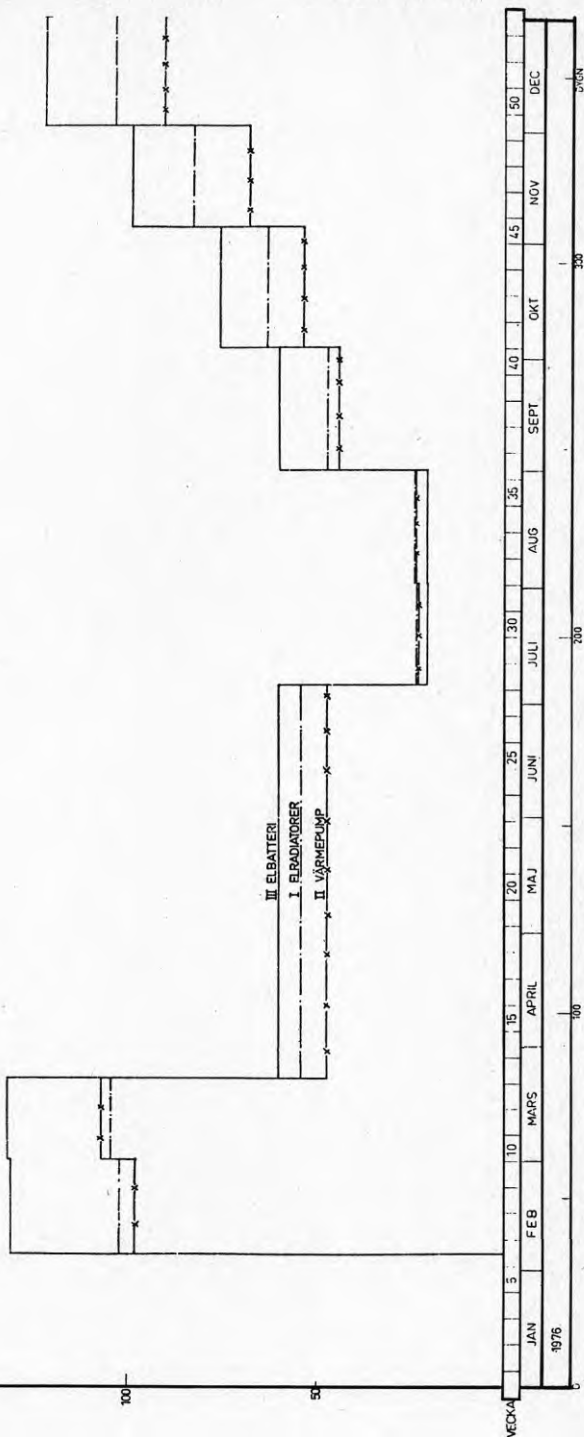




KWh/ HUS DYGN

Figur 3.1 k

Medelvärde av total energiförbrukning 1976



200  
150  
100  
50  
0

300

300

100

0

1976

JAN FEB MARS APRIL MAJ JUNI JULI AUG SEPT OKT NOV DEC

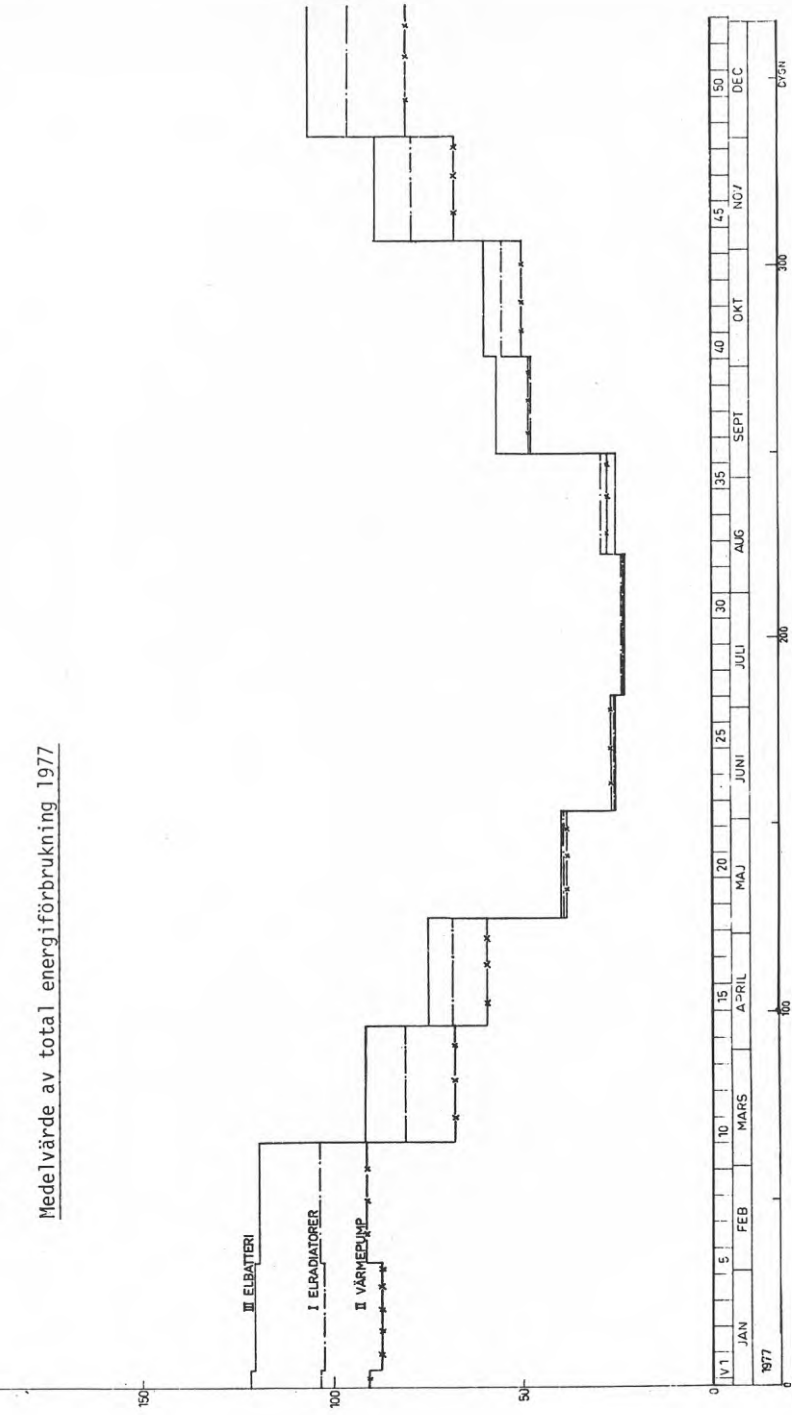
5 10 15 20 25 30 35 40 45 50

VECKA

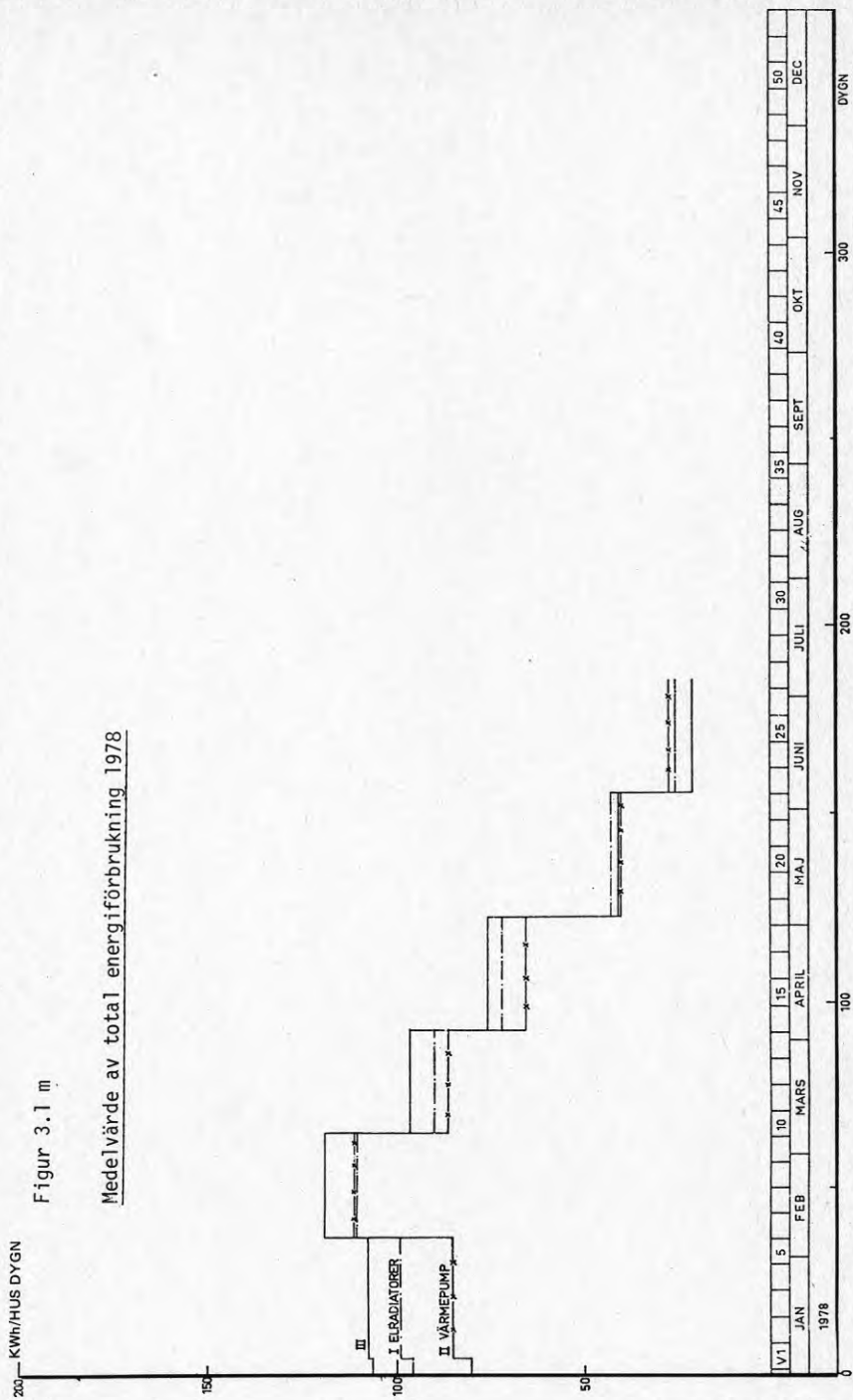
200— KWh/HUS DYGN

Figur 3.1.1

Medelvärde av total energiförbrukning 1977

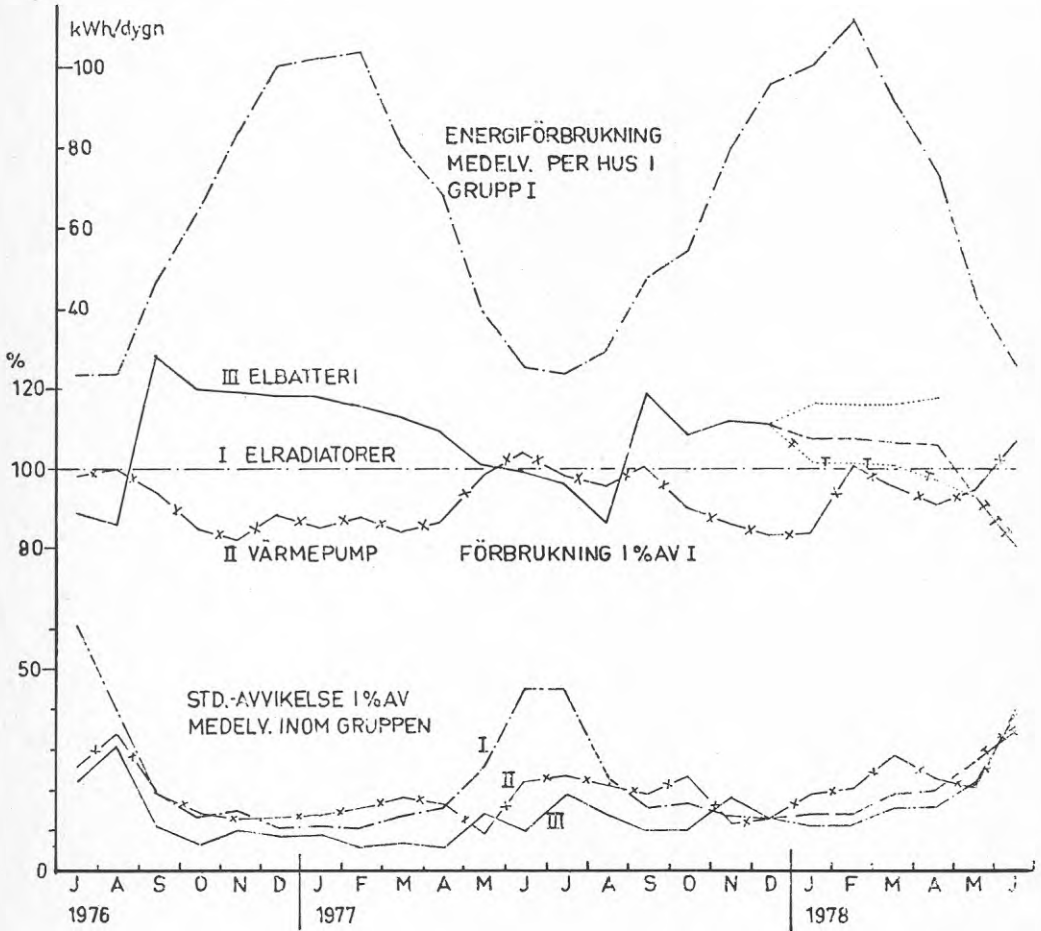


DYGN



Figur 3.1 n

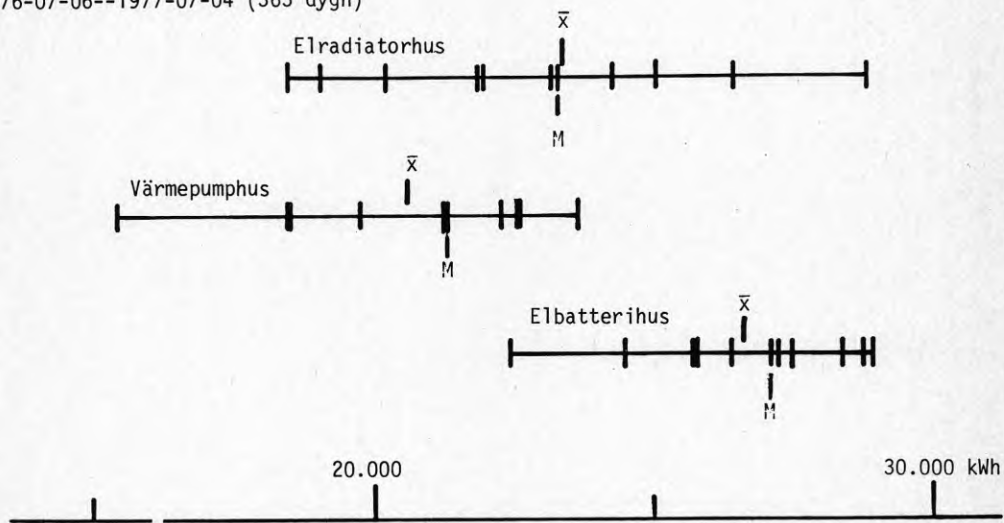
Medelvärde för energiförbrukning i elradiatorhusen, relativ energiförbrukning i värmepump- och elbatterihusen samt standardavvikelser



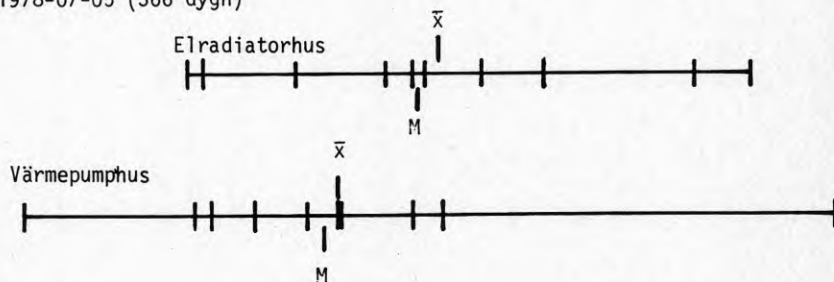
Figur 3.1 o

Linjediagram över total energiförbrukning per hus och år

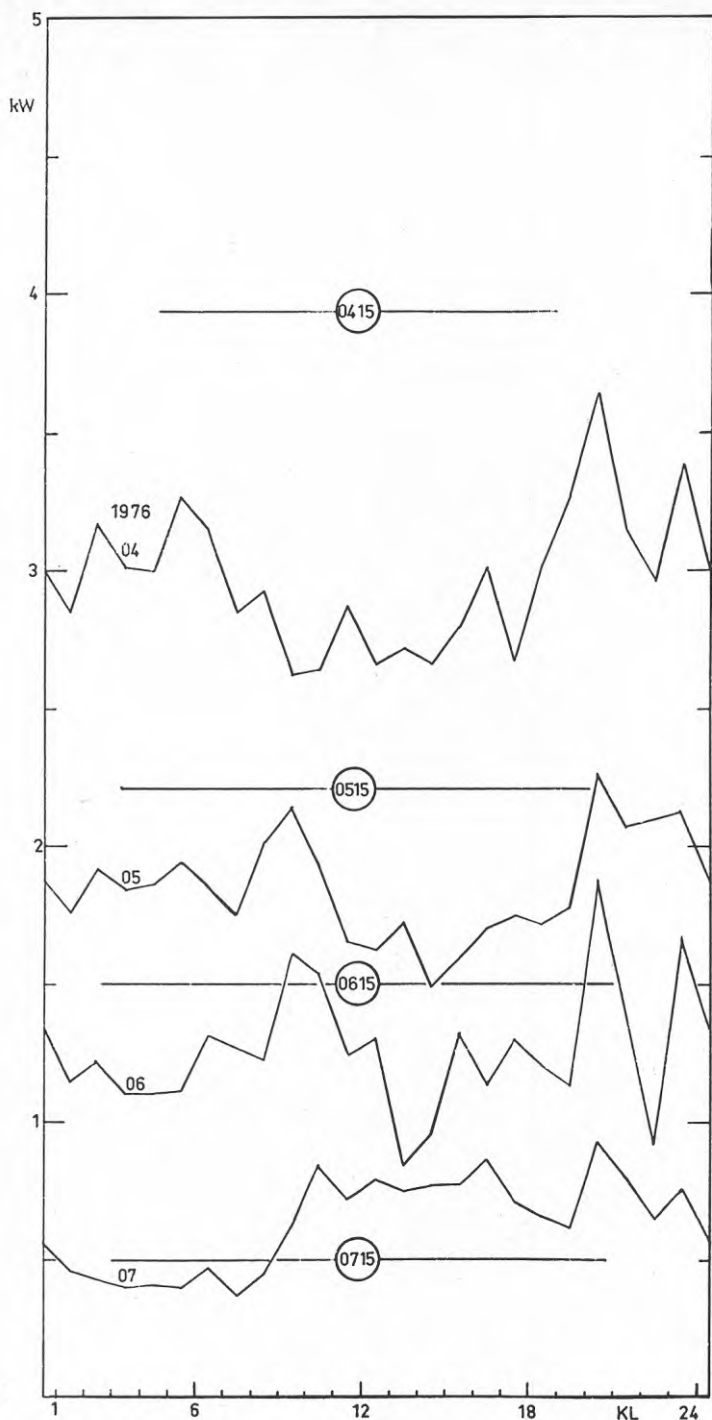
1976-07-06--1977-07-04 (363 dygn)



1977-07-04--1978-07-05 (366 dygn)

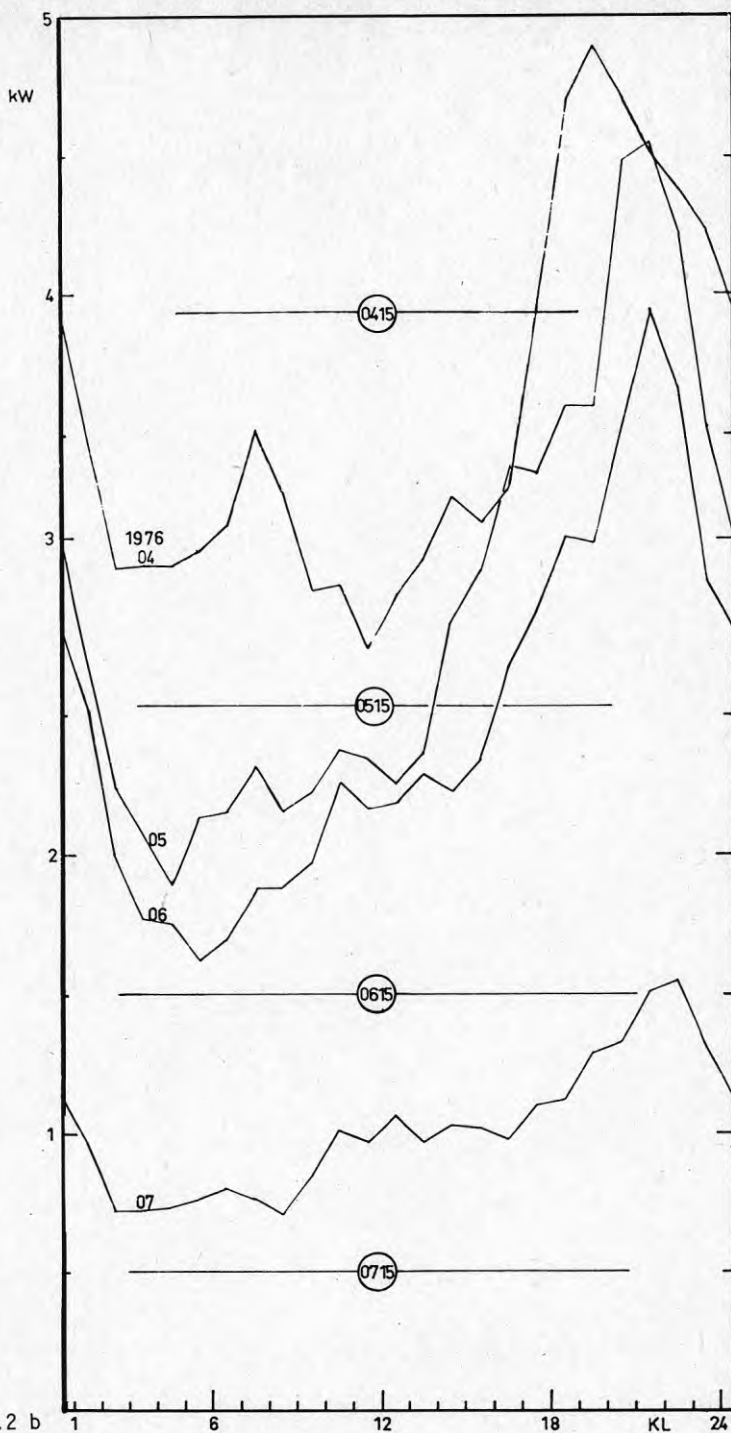
 $\bar{x}$  = Medelvärde

M = Medianvärde



Figur 3.2 a

Medeleffekt timme för timme under april-juli (04-07) 1976 för ett elradiatorhus med nära medelförbrukning för gruppen. Den tid solen är uppe den 15:e i varje månad är angiven med horisontella linjer.

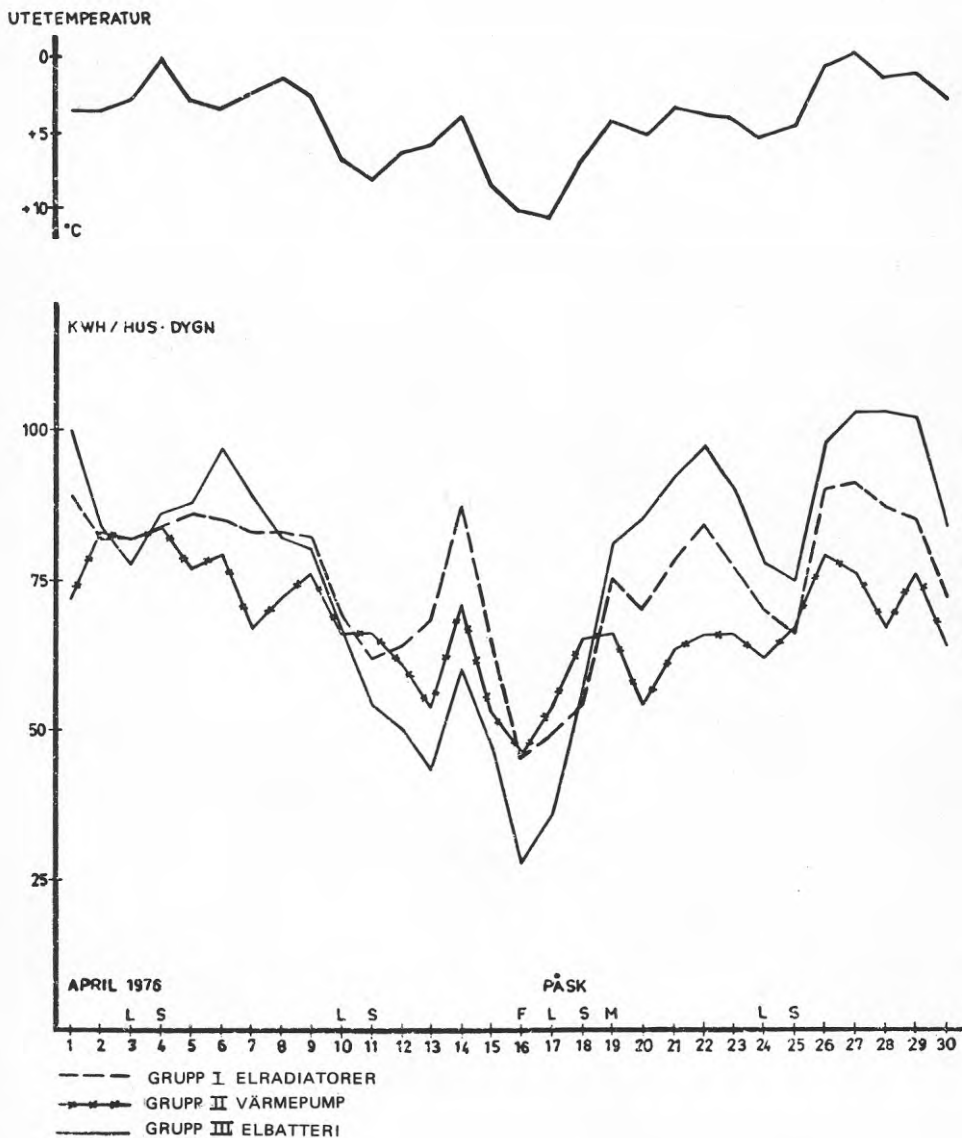


Figur 3.2 b

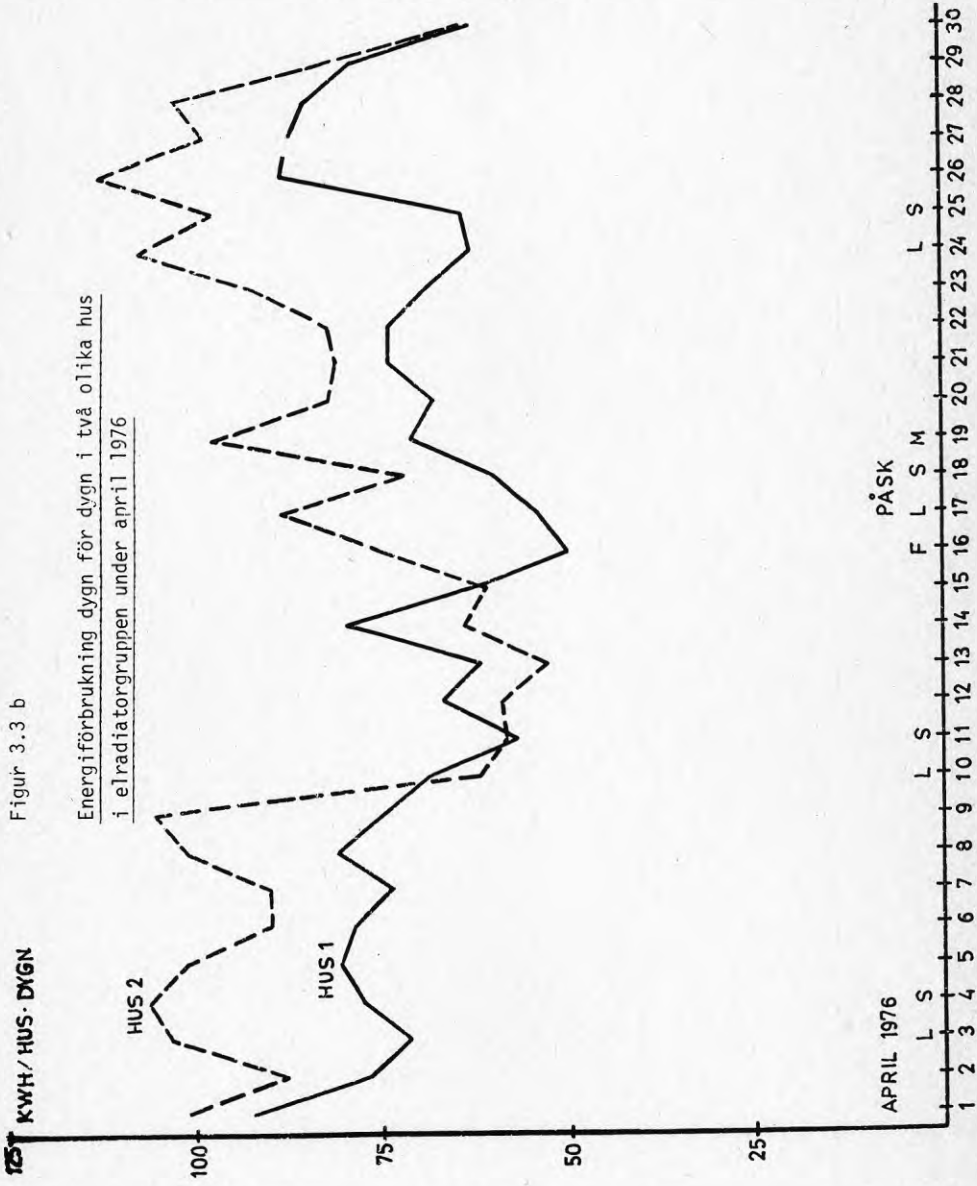
Medel-effekt timme för timme under april-juli 1976 för ett elradiatorhus med stor förbrukning. Den tid solen är upp den 15:e i varje månad är angiven med horisontella linjer.

Figur 3.3 a

Dygnsmedelvärde av utetemperatur och energiförbrukning  
dygn för dygn i medeltal för timavlästa hus inom grupperna  
i april 1976

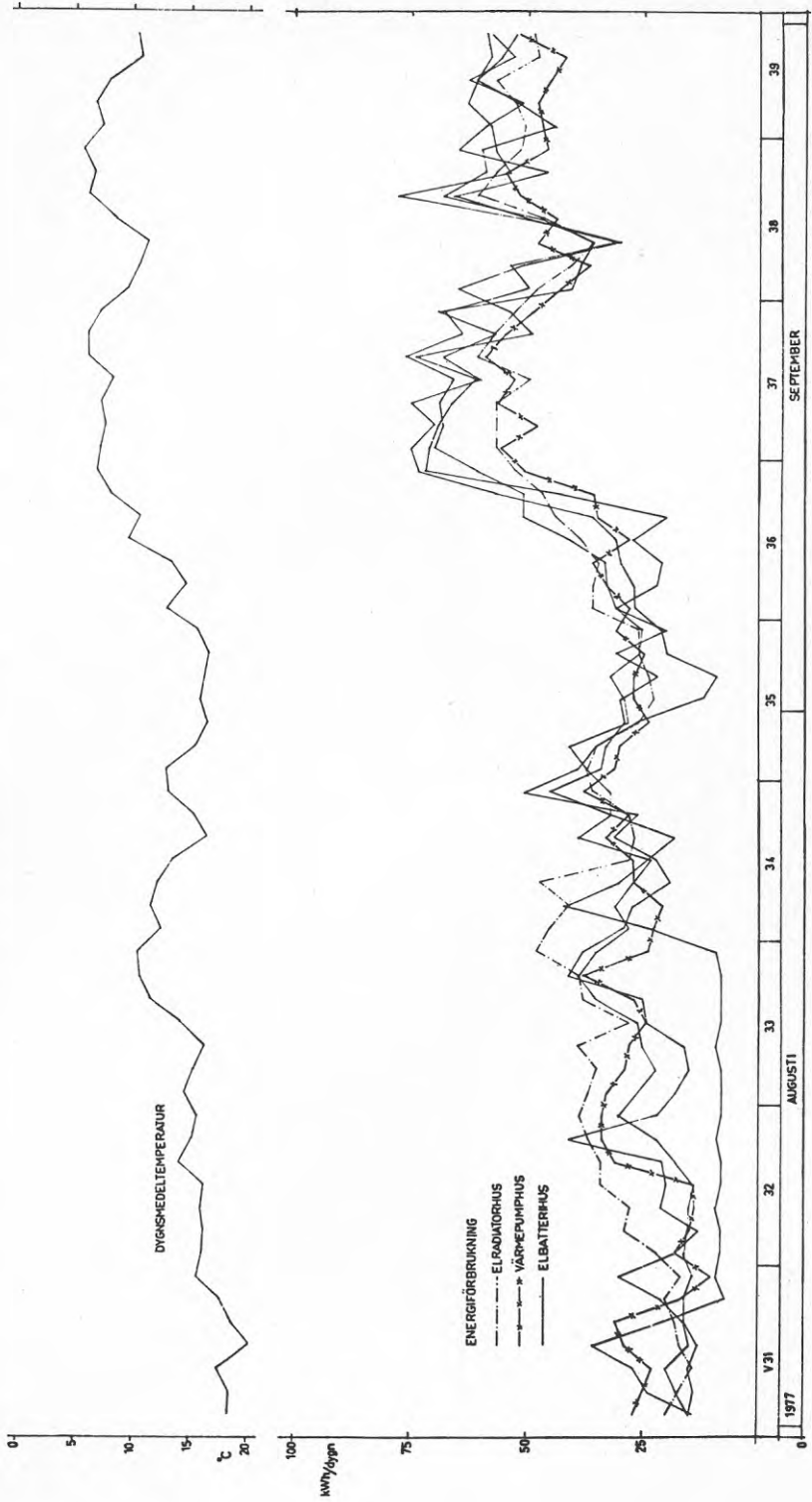






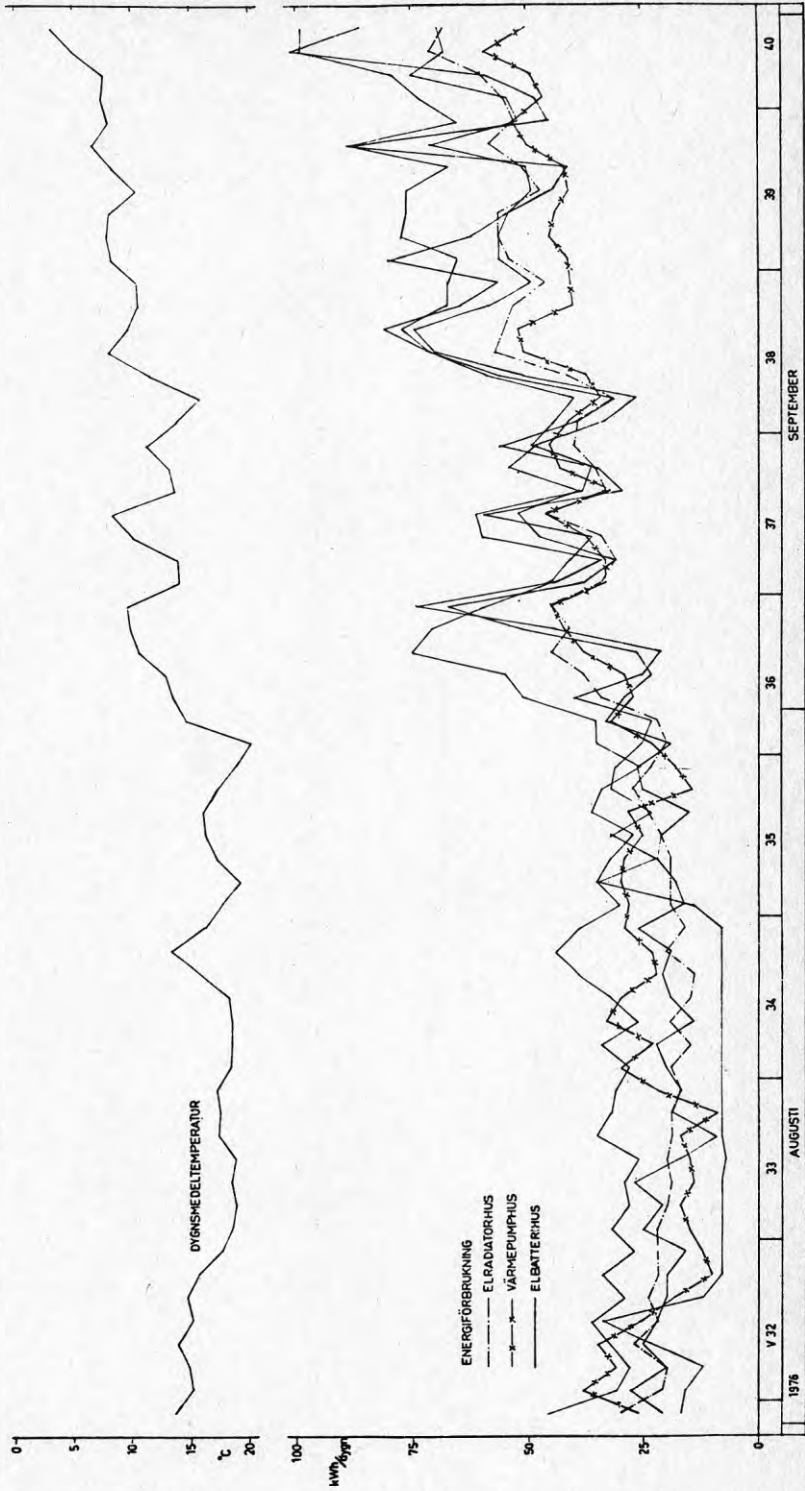
Figur 3.3 c

Energiförbrukning dygn för dygn under augusti - september 1976 för ett elradiatorhus och ett värmepumphus med nära medelförbrukning samt tre elbatterihus

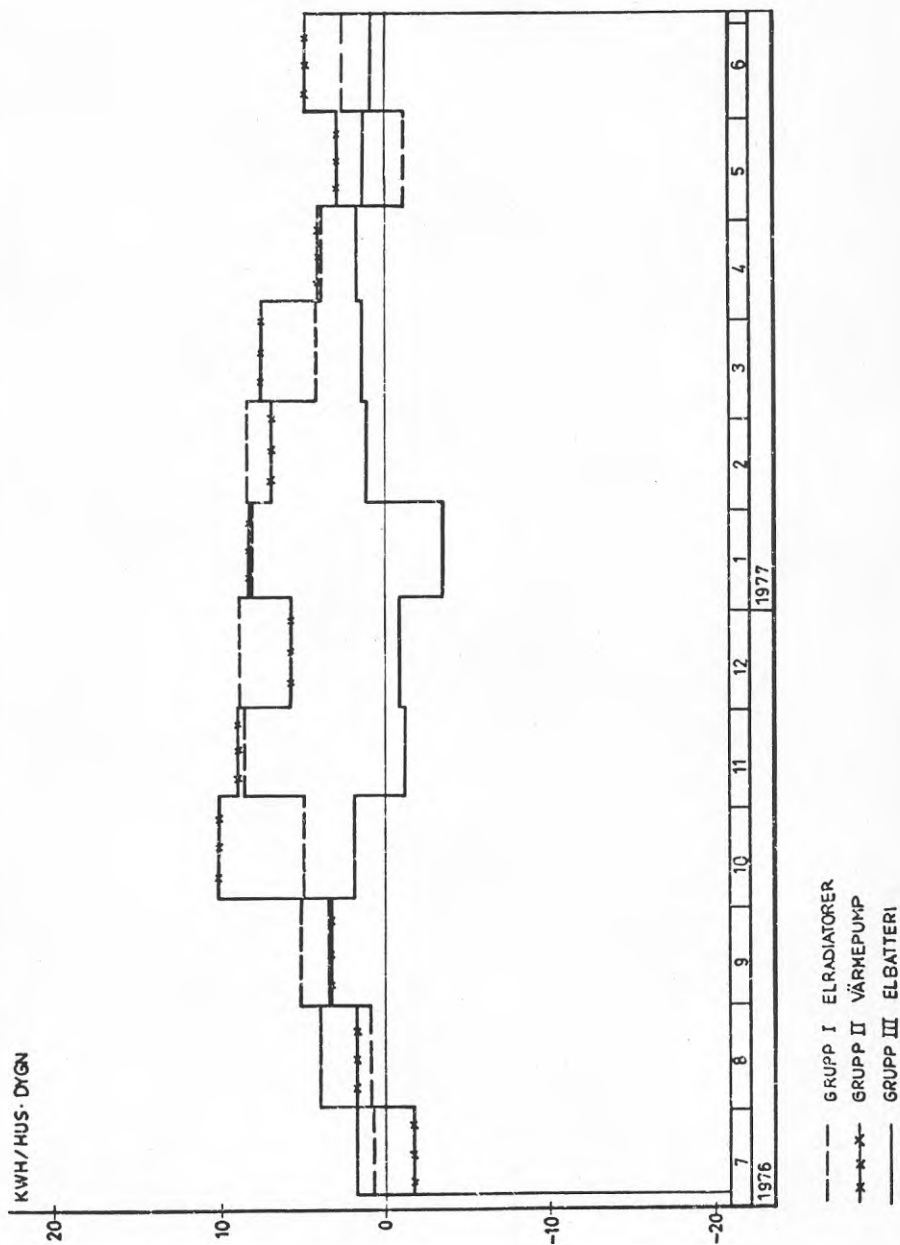


Figur 3.3 d

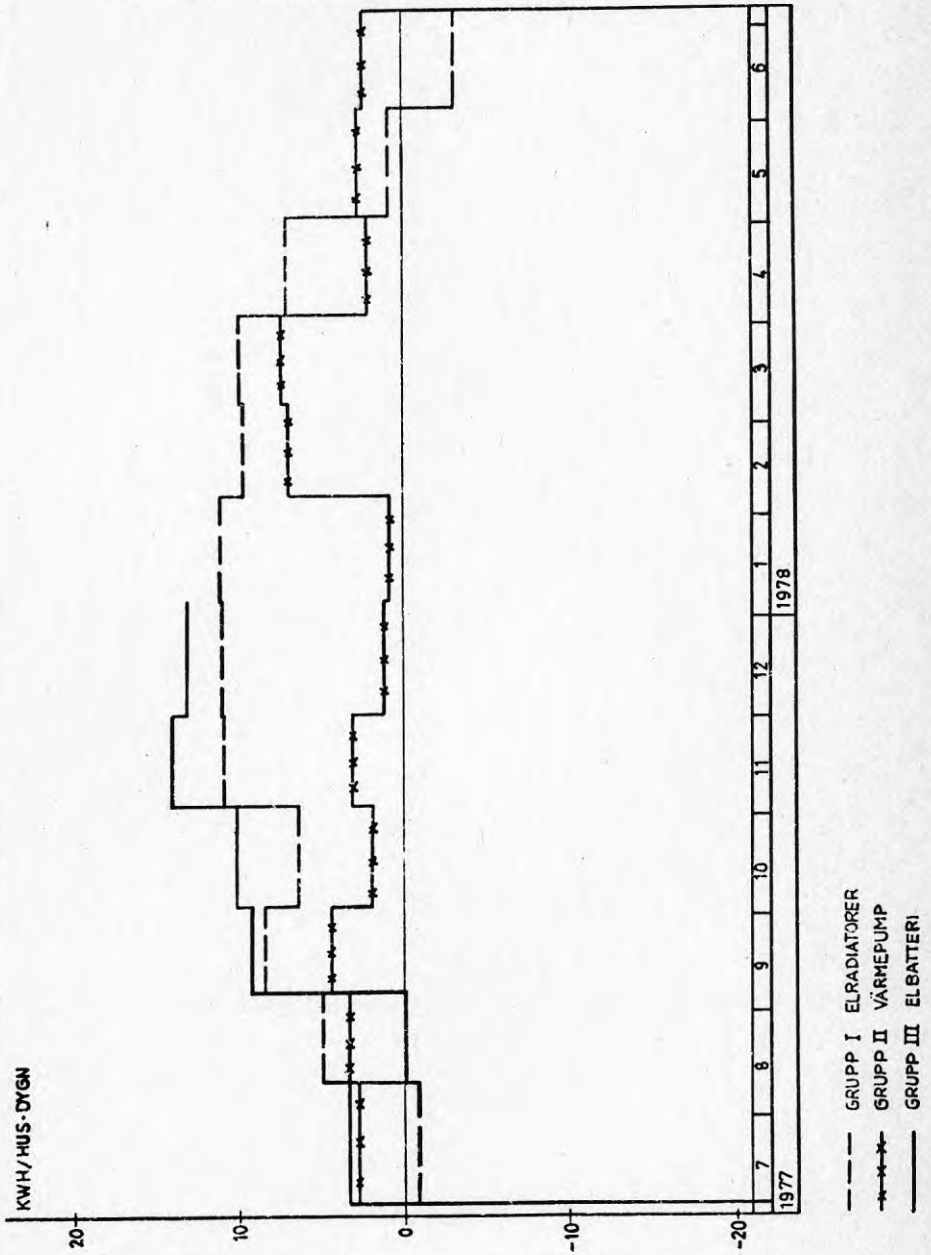
Energiförbrukning dygn för dygn under augusti - september 1977 för ett elradiatorhus och ett värmepumphus med nära medelförbrukning samt tre elbatterihus



Figur 3.4 a Skillnad i energiförbrukning mellan hus med västervända och södervända vardagsrum 1976--1977



Figur 3.4 b Skillnad i energiförbrukning mellan hus med västervända och södervända vardagsrum 1977--1978











TEKNISKA HOGSKOLAN LUND  
INSTITUTEN FOR VAG- OCH VATTEN  
TEKNIKET



Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 760999-7 från  
Statens råd för byggnadsforskning till Skånska Cement-  
gjuteriet, Malmö

**Art.nr: 6600975**

**Abonnemangsgrupp:  
Installationer**

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

**Cirkapris: 35 kr exkl moms**

**R75:1979**

**ISBN 91-540-3043-9  
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm**