



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

R28:1988

**Frånluftvärmepumpar i
tvåvånings bostadshus
kv Bojsenburg, Falun**

Utvärdering av två års mätningar

Sven-Erik Persson

R
Jull

INSTITUTET FÖR BYGGDOKUMENTATION	
Accnr	
Plac	Seo

Byggeforskningsrådet

R28:1988

FRÅNLUFTVÄRMEPUMPAR I TVÅVÅNINGSS BOSTADSHUS
KV BOJSENBURG, FALUN

Utvärdering av två års mätningar

Sven-Erik Persson

Denna rapport hänför sig till forsknings-
anslag 831080-3 från Statens råd för
byggnadsforskning till Fastighets AB
Kopparstaden, Falun.

REFERAT

Fastighets AB Kopparstaden, Falun har på försök installerat frånluftvärmepumpar i åtta av de 92 husen i bostadsområdet Bojsenburg i nordvästra Falun. Bostadsområdet byggdes åren 1974-78 och uppvärmningen är uteslutande baserad på direktel. För att utprova den lämpligaste tekniken, har fyra av husen försetts med värmepumpar för indirekt förångning och fyra andra med värmepumpar för direktförångning. Rapporten redovisar i tabeller och diagram resultatet av två års mätningar finansierade av Statens råd för byggnadsforskning.

Under det sista mätåret 1986, har värmepumparna för direktförångning i hus 1, 2, 3 och 8 levererat energi för tappvarmvatten med en värmefaktor av 2,2 för värmepumparna som enhet. För hela systemet är dock värmefaktorn så låg som 1,4 medan täckningsgraden uppgår till 77%. Under en tioårsperiod tenderar dessa värmepumpar totalt att ge en förlust om 100 tkr i stället för en beräknad vinst om 88 tkr.

Under 1986 har värmepumparna för direktförångning i hus 4, 5, 6 och 7 levererat energi till tappvarmvatten med värmefaktorn 3,0 för värmepumparna som enhet. För hela systemet är värmefaktorn 2,6 och täckningsgraden 91% vilket bör ge en vinst om 124 tkr under en tioårsperiod, vilket exakt motsvarar den vinst som kalkylerats.

Trots de mycket fördelaktiga energilånen som finansierar projektet, blir vinsten obetydlig eller ingen alls, samtidigt som värmepumparna orsakat en mängd besvär för hyresgäster och fastighetspersonal. Det finns dock ingen anledning att skrinlägga planerna på att installera värmepumpar i resterande 84 hus i området. Tvärtom visar rapporten, att värmepumpar för direktförångning ekonomiskt väl kan hävda sig även i hus med så få lägenheter som det här är frågan om. Den andra värmepumptypen med indirekt förångning ger dock en alltför dålig systemvärmefaktor, och gör också anläggningen mera komplicerad.

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

Denna skrift är tryckt på miljövänligt, oblekt papper.

R28:1988

ISBN 91-540-4872-9

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Svenskt Tryck Stockholm 1988

INNEHÅLL

BETECKNINGAR	5
SAMMANFATTNING	7
1 VÄRMEPUMPAR I FLERBOSTADSHUS	15
2 BOSTADSOMRÅDET BOJSENBURG	
2.1 Historik	17
2.2 Uppvärmning	19
2.3 VA-anläggningar	21
2.4 Ventilation	22
2.5 Tidstypisk elvärme i Bojsenburg	23
3 TEKNISK BESKRIVNING	
3.1 Frånluftvärmepumpar	25
3.2 Frånluftvärmepumpar i Bojsenburg	26
3.3 Indirekt förångning - hus 1, 2, 3 och 8	28
3.4 Direktförångning - hus 4, 5, 6 och 7	31
3.5 Styrning, reglering	35
4 MÄTUTRUSTNING, MÄTPROGRAM	
4.1 Mätningar i entreprenadform	36
4.2 Mätområdet	36
4.3 Mätutrustning	38
4.4 Mätnoggrannhet	38
4.5 Mätvärdesinsamling	38
4.6 Specialmätningar i hus 5 och 8	41
4.7 Intensivmätningar	41
4.8 Utvärdering och rapportering	42
4.9 Opålitliga integreringsverk	42
5 DAGBOK, DRIFT	
5.1 Dåligt med anteckningar	45
5.2 Ingen utbildning av personalen	45
5.3 Dålig åtkomlighet	45
5.4 Dålig systemanpassning	48
5.5 Ackumulator och reservvärme i samma tank	50
5.6 Många driftstörningar	51
5.7 En elektrisk varmvattenberedare skulle räcka	52
6 MÄTRESULTAT	
6.1 Klimatdata	53
6.2 Definition av mätdata	55
6.3 Energidata 1986 blir referens	64
6.4 Dygnsmedelvärden som stapeldiagram	64
6.5 Månadsvärden för energidata 1986	65
6.6 Årssammanställning energidata 1986	70
6.7 Analoga mätningar hus 5 och 8	75
6.7.1 Dygnsvärden	75
6.7.2 Luftfuktighet	80
6.7.3 Temperaturnivåer	80
6.7.4 Täckningsgraden ej 100 %-ig	81
6.7.5 Timmedelvärden	86

7	INTENSIVMÄTNING, EXTREMDATA	
7.1	Intensivmätningar	87
7.2	Oturlig mätperiod	87
7.3	Värmepump i hus 5	89
7.4	Värmepump i hus 8	92
7.5	Elpatroner stöttar	92
7.6	Extremdata för energi, flöde m m	93
7.7	Extremdata för analoga mätvärden .	94
8	TAPPVARMVATTENFÖRBRUKNING	96
9	EKONOMI	
9.1	Grundinvestering för frånluftvärme- pumpar	98
9.2	Energilån för flerbostadshus . . .	98
9.3	Kapitalkostnader med energilån . .	99
9.4	Beräkning av energikostnadsbe- sparing	100
9.5	Besparingar i hus 1, 2, 3 och 8 . .	101
9.6	Besparingar i hus 4, 5, 6 och 7 . .	101
9.7	Vinst och förlust	102
9.8	Värmepumpar i resten av Bojsenburg.	103
	LITTERATUR	105
	BILAGA 6:1, h-log p-diagram för R22 . . .	106
	BILAGA 6:2, densitet och entalpitet, R22.	107

BETECKNINGAR

Styr- och reglersystem

GT	Givare temperatur
TM	Termometer
RV	Fast reglerventil
RC	Reglercentral
BR	Strömbrytare
HR	Hjälprelä, kontaktor
ELC	Elcentral
SV	Styrventil
ST	Ställdon

Apparater, system

P	Cirkulationspump
FF	Frånluftfläkt
EXP	Expansionskärl
VVB	Varmvattenberedare
VVX	Värmeväxlare
SÄV	Säkerhetsventil
FD	Frånluftdel
VP	Värmepump
K	Kompressor
KD	Kondensor (älv drifttid)
EV	Förångare

Mätutrustning

MÄTN	Central mätutrustning
GT	Givare temperatur
RL	Givare luftfuktighet
GP	Givare tryck
FL	Flöde luft
TL	Temperatur luft
FV	Flöde vatten
TV	Temperatur vatten
INT	Integreringsverk
EE	Elektrisk energi
KD	Drifttid (älv kondensor)

Övrigt

VV	Tappvarmvatten
VVC	Tappvarmvatten cirkulation
KV	Tappkallvatten

SAMMANFATTNING

Energistatistik

Energiförbrukningen för uppvärmning av fastigheter fortsätter att minska, men nu med allt lägre takt. I flerbostadshus har oljeförbrukningen minskat från 30,4 l/m² 1978 till 26,6 l/m² uppvärmd yta 1985. Motsvarande minskning i flerbostadshus med fjärrvärme är 233 kWh/m² 1978 till 209 kWh/m² uppvärmd yta 1985.

Energiförbrukning i flerbostadshus, olja resp fjärrvärme, 1978–1985.

Genomsnittlig energiförbrukning per m² uppvärmd yta (bostadsyta, lokalyta, varmgarageyta).

	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985
NORMALÅRSKORRIGERAD FÖRBRUKNING								
Egen oljeeldning (liter/m²)								
Stat, landsting, kommun	37,9	35,0	35,1	34,5	32,4	31,7	30,3	30,0
Enskilda	30,4	29,3	28,3	28,0	27,3	26,8	25,9	25,1
Bostadsrättsföreningar	28,2	26,8	26,3	25,6	24,6	24,3	23,7	23,3
Allmännyttiga bostadsföretag	29,6	28,4	27,5	26,9	26,1	25,1	24,7	24,6
Totalt	29,7	28,4	27,6	27,3	26,4	25,7	25,0	24,7
Förändring, procent	-3,3	-4,4	-2,8	-1,1	-3,3	-2,7	-2,3	-1,2
Fjärrvärme (kWh/m²)								
Stat, landsting, kommun	249	238	244	251	249	226	232	226
Enskilda	211	212	205	203	198	190	185	186
Bostadsrättsföreningar	216	213	209	198	196	192	189	184
Allmännyttiga bostadsföretag	246	238	235	226	217	212	206	209
Totalt	228	224	219	212	206	201	195	195
Förändring, procent	-3,0	-2,2	-1,8	-3,2	-2,8	-2,4	-3,0	±0,0
ANTAL GRADDAGAR I PROCENT AV NORMALÅR								
Egen oljeeldning	104,4	107,4	106,0	102,4	96,8	90,7	92,5	114,7
Fjärrvärme	104,6	106,6	100,0	102,2	96,7	90,6	92,6	114,9
Samtliga uppvärmningssätt	104,5	107,0	106,1	102,3	96,7	90,6	92,5	114,7
Normalårskorrigeringen har gjorts schablonmässigt med 50 % av relativa avvikelserna i graddagtal jämfört med normalåret.								
<i>Källa: SCB</i>								

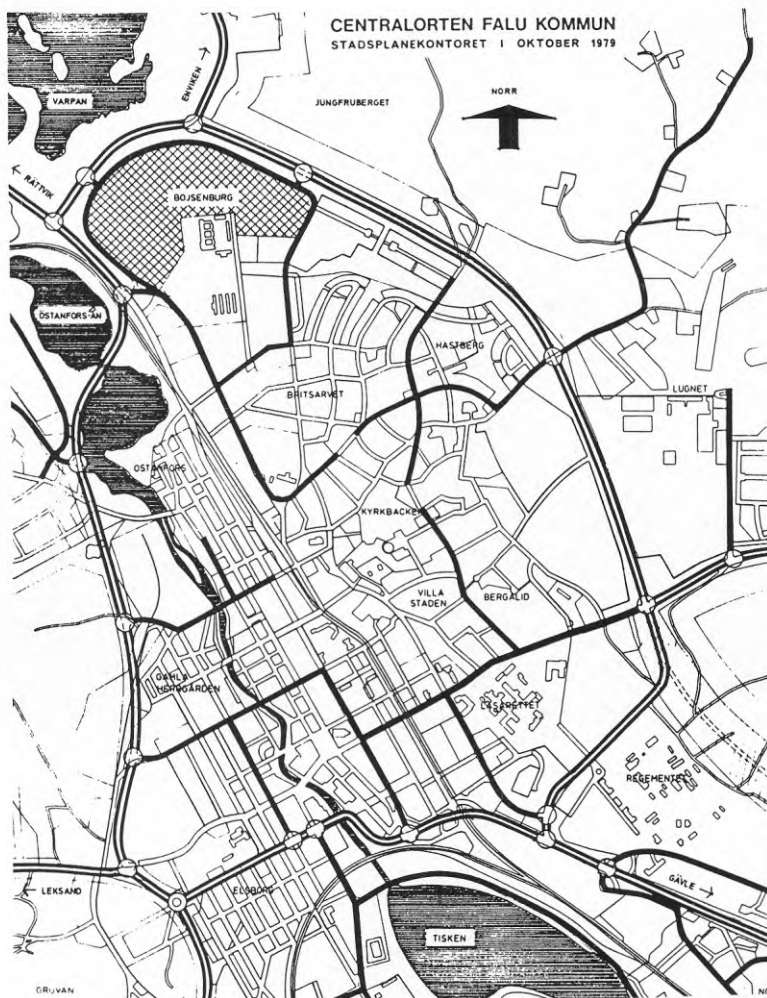
En krympande marknad

Att energiförsörjningen inte minskar längre är mera påtagligt efter 1985, eftersom det stora prisfallet på olja kom 1986. Därigenom blev energiinvesteringar mindre lönsamma och vissa branscher, t ex leverantörer av värmepumpar och fastbränsleanläggningar drabbades mycket hårt.

En lugnare prisutveckling på energi i olika former skulle utan tvekan gynna både konsumenter och leverantörer av energi, eftersom ryckigheten omöjliggör all planering och framförhållning. Leverantörer och entreprenörer inom energisektorn blir helt utslagna, och har ingen möjlighet att behålla personal och kunnande till den dag, då marknaden expanderar igen.

Fortfarande aktuellt

Trots att oljepriset rasat de två senaste åren, kan fortfarande värmepumpar installeras med god ekonomi, om finansieringen är gynnsam. I flerbostadshus med mekanisk ventilation är frånluftvärmepumpar aktuella i första hand i hus med gemensam värmecentral, elvärme eller egen panna i huset.



Bojsenburg

Bostadsområdet Bojsenburg byggdes åren 1974-78 och är med sina 1062 lägenheter ett "stort" område i Falun. Husen har genomgående direktverkande elradiatorer och mekanisk frånluftventilation. Området består av 92 hus med lägenheter i 2½ plan. I åtta av dem har frånluftvärmepumpar installerats till en sammanlagd kostnad av 622 tkr.

Två olika värmepumpar har prövats

För en grupp om fyra hus i Bojsenburg installerades värmepumpar för direktförångning där värmepump och hjälpapparater levererades som prefabricerade enheter för takmontage. För en annan husgrupp installerades prefabricerade värmepumpar på vind enligt ett indirekt system, där värmeenergin i frånluften tillvaratas med separata batterier och ett vatten/glykolsystem.

Den här uppdelningen på olika värmepumptyper har gjort det möjligt, att få en mera allsidig bedömning av frånluftvärmepumpar i drift, och att effektivare utnyttja de höga ställkostnaderna för mätutrustningen.



Positiva mätningar

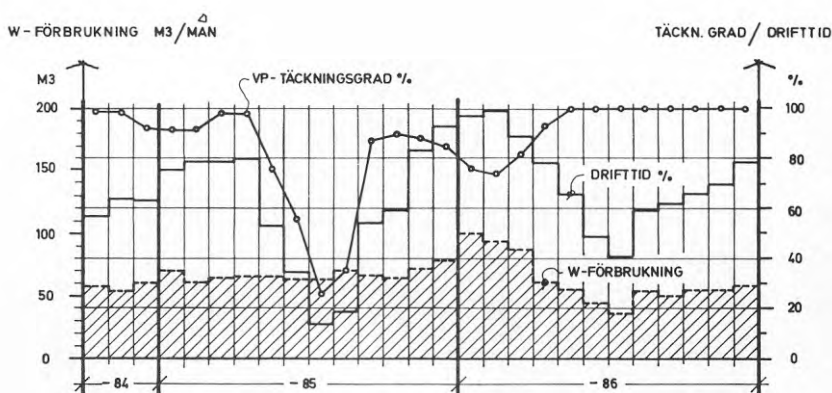
Mätprogram och mätvärdesinsamling har genomförts av Mätcentralen för Energiforskning vid KTH i Stockholm. Programmet har omfattat ca 130 mätpunkter, där energidata registrerats timme för timme i över två år. De mätdata som insamlats är användbara

- Under den period mätningarna pågår är de ett utmärkt hjälpmedel för att trimma in och optimera anläggningarna.
- Efter avslutade mätningar ligger de data som insamlats till grund för funktionsanalyser och ekonomiska bedömningar i t ex denna rapport.
- Slutligen lagras dessa 2,5 milj mätvärden hos MCE som en bank för detaljerad information om anläggningarna, i princip tillgängliga för alla anläggningstekniker, forskare etc.

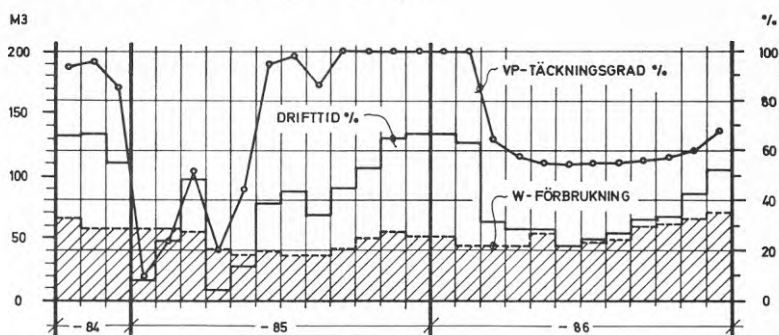
Fel från början

Värmepumparna installerades utan att fastighetsägaren byggt upp en organisation inom förvaltningen, som kunde sköta service och underhåll av anläggningarna. Det fanns tidigare inga värmepumpar i fastighetsbeståndet och därför ej heller någon erfarenhet att falla tillbaka på.

Följden blev att felanmälningar under garantitiden alltid vidarebefordrades till entreprenören, även när det inte var problem som kunde hänföras till garantiåtagandet. Det här fick till följd att även entreprenörerna blev irriterade när de fick agera fastighets-skötare.



HUS 7, 53-an, 10 lgh



HUS 8, 59-an, 14 lgh

Diagrammen ovan gäller två av husen men visar på den dåliga motivationen att åtgärda brister i systemen. Under ca 5-6 månader har värmepumparna haft en mycket dålig drift utan att felet reparerats.

Varken vinst eller förlust

För investeringen i värmepumpar utnyttjade Kopparstaden de s k *energilånen*, där staten garanterar räntan till 3 % det första året för att därefter öka med 0,25 % per år. Vid den ekonomiska utvärderingen antas både energipriset på elektrisk energi och inflationen öka med 8 % per år.

Värmepumpar med indirekt förångning i hus 1, 2, 3 och 8 tenderar att ge en förlust om 100 tkr i stället för den kalkylerade vinsten 88 tkr totalt under de första tio åren. Den här förlusten behöver inte vara något ödesbestämt, men blir en realitet om inte systemen förbättras liksom skötsel och underhåll.

Värmepumpar med direktförångning i hus 4, 5, 6 och 7 tenderar trots dåliga förutsättningar att ge en vinst om 124 tkr totalt under de första tio åren. Det motsvarar exakt den vinst som kalkylerats, men det förhållandevis goda resultatet beror mycket på att elförbrukningen för fläktarna blivit lägre än väntat. Även för denna värmepumptyp kan resultatet förbättras avsevärt om några förhållandevis enkla åtgärder vidtas.

Sammantaget kommer alltså dessa åtta värmepumpar att ge en vinst om 24 tkr för den första tioårsperioden. Det är också mycket möjligt, att vinsten byts i en förlust när marginalen är så liten. En marginell förändring av elprisets utveckling t ex, från 8 % ökning per år till 7 % är tillräckligt. En kraftigare ökning av elpriset kommer på motsvarande sätt att ge en ökad vinst i systemet. De senaste årens prisutveckling på energi visar att den här typen av kalkyler egentligen är meningslösa.

Värmepumpar i övriga hus

Trots de mycket fördelaktiga energilånen, blir vinsten obetydlig eller ingen alls, samtidigt som värmepumparna orsakat en mängd besvär för hyresgäster och fastighetspersonal.

Det finns dock ingen anledning att skrinlägga planerna på att installera värmepumpar i resterande 84 hus i området. Tvärtom visas i rapporten att värmepumpar för direktförångning ekonomiskt väl kan hävda sig även i hus med så få lägenheter som det här är frågan om. Den andra värmepumptypen med indirekt förångning ger dock en alltför dålig systemvärmefaktor, och gör också anläggningen mera komplicerad.

Om ytterligare värmepumpar skall installeras *måste* detta ske under tre grundförutsättningar

- Personalen som skall sköta värmepumparna måste utbildas och de måste dessutom *ha en positiv inställning* till investeringen som sådan.
- Systemlösningen skall ge en *driftsäker* anläggning med separat elektrisk varmvattenberedare.
- Värmepumpar typ direktförångning skall placeras lättåtkomligt på vind och systemen vara lätta att underhålla.

Under dessa förutsättningar är värmepumpar en vettig investering i detta bostadsområde, där andra alternativa energiinvesteringar är långsökta och knappast ekonomiskt försvarbara.

1 VÄRMEPUMPAR I FLERBOSTADSHUS

Antalet lägenheter i flerbostadshus uppgår f n till över 2 miljoner och nyproduktionen ligger omkring 20000 lägenheter per år (1985 = 17124 st). Av det totala antalet lägenheter, beräknas 1985 ca 4 % eller 85000 lägenheter ha elvärme, 60 % vara fjärrvärmeanslutna och 25 % erhålla värme från kvarterscentraler eller mindre pannanläggningar med oljeeldning. Övriga lägenheter värmeförsörjs via värmepumpar, fastbränsleanläggningar eller olika kombinationer av ovanstående.

Konsumentpriser på hushållsel 1979–1986.

Genomsnittliga priser (öre/kWh) på hushållsel (lågspänd elkraft) under åren 1979–1986. Priserna är inklusive elskatt* och per den 1 januari respektive år.

Kategori	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986
Hushåll i flerbostadshus								
2 000 kWh/år, 16 A	26,9	30,7	33,2	35,7	37,4	39,2	42,8	43,4
Villa utan elvärme								
5 000 kWh/år, 16 A	25,1	28,6	31,2	33,6	35,4	37,0	40,7	43,2
Villa med elvärme								
25 000 kWh/år, 20 A	18,1	21,3	23,6	25,0	26,6	28,3	31,7	33,2

* Elskatten var den 1.1.1986 7,2 öre/kWh. I vissa Norrlandskommuner var skatten 6,2 öre/kWh.

Källa: SCB

Av ovanstående tabell framgår att prisutvecklingen på elenergi varit mycket jämn, med ca 8 % ökning per år. Av kap 2 framgår att elpriset i Bojsenburg totalt stigit med 9 % per år perioden 1982-1986.

I BFR:s underlag för programplan 1984-1987 [6], beräknas över 40000 lägenheter årligen förses med värmepumpar för värme- och/eller varmvattenproduktion. Av dessa beräknas ca 5000 lägenheter förses med frånluftvärmepumpar.

Frånluftvärmepumpar i flerbostadshus med direktverkande elvärme borde med Bostadsstyrelsens räntestöd (RBF) kunna installeras i flertalet fastigheter med mekaniska frånluftsystem. Det förekommer här inte heller normalt några konflikter av typen "fjärrvärmeunderlag" eller "relationer mellan energipriser". Besparing i effekt och energi sker utan tvekan i den energiform som försörjer byggnaderna med värme.

Räntestödet är upplagt så att det skall motsvara knappt halva den tänkta räntekostnaden för lånet under lånetiden 10 eller 20 år. Stödet som handläggs av Länsbostadsnämnderna är 6,075 % för fastigheter inom allmännyttan och 4,075 % för enskilda fastighetsägare i jan 1988.

För en nyproducerad lägenhet i en typfastighet fördelade sig driftkostnaderna 1981 enligt Bostadsstyrelsen

Driftkostnad nyproduktion 1981	%
Bränsle	28
Underhåll	21
Fastighetsskatt	11
Vatten, avlopp, elström	13
Fastighetsskötsel, städning	12
Sotning, renhålln, snöröjn	6
Hysesförluster	3
Administration	6

Inom SABO-företagen fördelade sig driftkostnaderna under 1985 så som visas i nedanstående tabell. Driftkostnaderna uppgick under 1985 enligt SABO till 173 kr/kvm i genomsnitt.

Driftkostnad SABO-fastigheter 1985	%
Bränsle	34
Reparationer	12
Skötsel	16
Fastighetsskatt	8
Vatten, avlopp	15
Övriga driftkostnader	6
Administration	9

Trots de lyckade energibesparingar som genomförts i flerbostadshusen under senare år fortsätter bränslekostnaden att öka. Det finns således incitament både i form av fördelaktiga lån och ökade bränslekostnader, för att installera värmepumpar i flerbostadshusen.

2 BOSTADSOMRÅDET BOJSENBURG

2.1 Historik

Bostadsområdet ligger i nordvästra delen av Falun vid riksväg 80 mot Rättvik. Området byggdes på totalentreprenad av Platzer Bygg under åren 1974-78 och omfattar totalt 1062 lägenheter uppdelade på 92 huskroppar.

Inom området finns också kvartersgårdar, barnstuga och centrumanläggning. Området förvaltas av Fastighets AB Kopparstaden i Falun, som totalt förvaltar ca 5400 lägenheter inom Falu kommun.

Insprängd i områdets centrum finns dessutom en låg-, mellan- och högstadieskola, som har de norra delarna av Falun som upptagningsområde.

Bostadshusen är utförda i två och en halv våning över mark. Vissa av dem har dessutom hel suterrängvåning innehållande lägenheter och skyddsrum. Den "halva" våningen innebär vindsplacerade gavel-lägenheter. På vindarna finns dessutom lägenhetsförråd, städskrubbar och apparatrum.

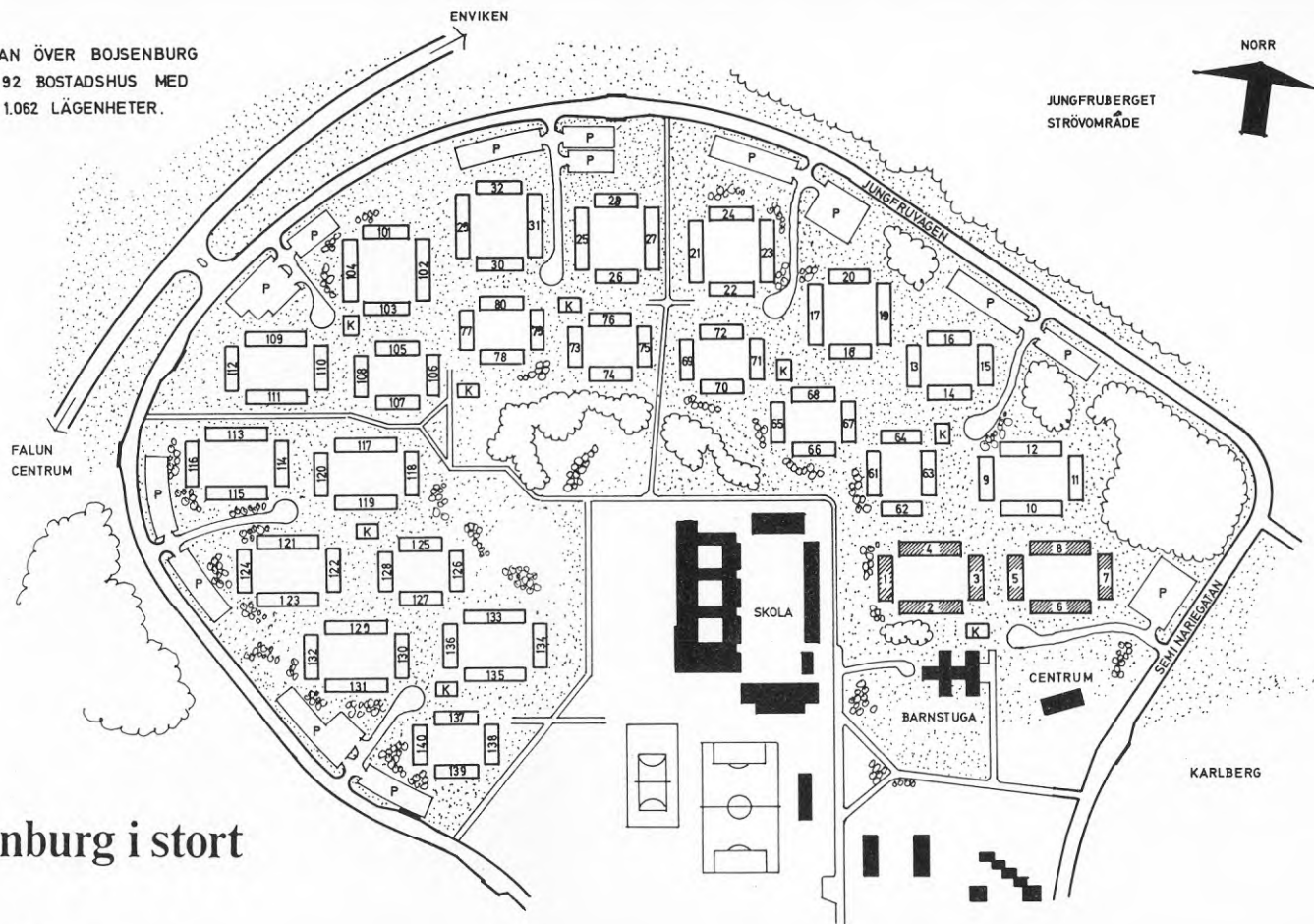
De hus som försetts med värmepumpar i första etappen var också först inflyttningsklara, hus 1-4 i november 1974 och 5-8 i februari 1975.



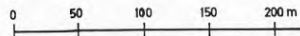
Fig 2.1 Huskropparna har samlats i grupper om fyra och innesluter då en gård, där ett gemensamt gårdshus utgör "bystuga" med förvaringsutrymmen för cyklar och med sittplatser under tak.

FIGUR 2.2

SITUATIONSPLAN ÖVER BOJSENBURG
OMFATTANDE 92 BOSTADSHUS MED
SAMMANLAGT 1.062 LÄGENHETER.



Bojsenburg i stort



2.2 Uppvärmning

2.2.1 Direktverkande elvärme

Alla byggnader i området är uppvärmda med direktverkande el-radiatorer och el-batterier. Tappvarmvatten bereds i elektriskt uppvärmda vattenvärmare i apparatrum på vindsplan i resp hus.

För år 1986 redovisades nedanstående el-förbrukning:

Områdets totala förbrukning	18 722 MWh *)
Kostnad el	5 621 946 kr
Kostnad per kWh	30,0 öre
Antal lägenheter	1 062 st
Förbrukning per lgh	17 629 kWh
Kostnad per lgh	5 294 kr
Bostadsyta bly	74 138 m ²
Kostnad per m ² bly	75:83 kr

- *) I områdets totala el-förbrukning ingår all elektricitet för uppvärmning, varmvattenberedning, hushåll, kvartersgårdar, gatubelysning etc. Alla tabellvärden ovan är också beräknade från denna förbrukning.



Fig 2.3 I kvartersgårdar insprängda i området finns bl a tvättstuga, torkrum samt lokaler för fastighetsskötsel.

För åren 1982 t o m 1986 har elpriset ständigt ökat enligt nedanstående tabell.

Tabell 2.1 Elkostnader för Bojsenburgsområdet totalt.

År	Total förbr MWh	Total kostn Mkr	Elpris öre/ kWh	Gr.dag % av normal- år	Korr Gr.dag förbr MWh
1982	18 462	4,071	22,1	98	18 839
83	17 868	4,236	23,7	90	19 853
84	18 363	4,639	25,3	93	19 745
85	22 346	6,205	27,8	116	19 263
86	18 722	5,622	30,0	101	18 537

Av tabellen framgår att den relativa elförbrukningen (graddagskorrigerad) har varit förvånansvärt konstant under perioden.

2.2.2 Elförbrukning lägenheter

För de sist färdigställda etapperna 4 och 5 finns även statistik över lägenheternas elförbrukning avseende värme och hushållsel. Etapp 4 och 5 omfattar 443 lägenheter i 40 hus med nummer 101 t o m 140 (enl fig 2.2).

Tabell 2.2 Sammanställning av el-förbrukning för lägenheter inom etapp 4 och 5, Bojsenburg. Värdena avser både hushållsel och el för uppvärmning.

Antal lgh	Typ	Yta m ²	Elförbrukning	
			kWh 1979, 53v	medel/lgh, år kWh 1980, 52v
40	1RoK	45	7 237	6 895
12	2RoK	62	9 124	8 324
104	2RoK	64	11 560	11 067
15	2RoK	66	10 691	9 907
13	2RoK	67	9 059	8 374
24	3RoK	75	12 853	11 877
209	3RoK	76	11 184	10 419
26	4RoK	95	14 898	13 848
Medel/lgh		≈ 70,5	≈ 11 100	≈ 10 400

2.3 VA-anläggningar

2.3.1 Tappvarmvattenberedare på vind

De flesta husen i området saknar helt källarlokalerna under markplanets lägenheter. I de fall husen har en suterrängvåning är den utnyttjad till lägenheter och skyddsrum. Husen saknar därför naturliga lokaler, där fördelningsledningar för tappvatten kan placeras.

Konstruktören har därför valt att placera alla fördelningsledningar på kallvinden, med de risker för sönderfrysning som också konstaterats. Städskrubb och apparatur för varmvattenberedare har också placerats på vind.

Varmvattenberedare är av förrådstyp och har nedanstående volym för de åtta husen 1-8. Temperatur på utgående varmvatten konstanthålls via blandningsventiler på 60°C.

Hus 1, 3, 7	10 lgh,	VVB = 1 200 lit
Hus 2, 4, 5, 8,	14 lgh,	VVB = 1 500 lit
Hus 6	19 lgh,	VVB = 2 000 lit

Tabell 2.3 Varmvattenförbrukning i hus 1 t o m 8 under perioden okt-nov-dec 1983. Mätningar registrerade i lägenhetsmätare. Observera att dessa värden ligger till grund för lönsamhetskalkylerna i förstudien över projektet (R97:1983).

Hus	Antal lgh	W-förbrukning m ³			Interpolerat	
		Okt	Nov	Dec	m ³ /år	m ³ /lgh,år
1	10	39,4	30,4	39,4	436,8	43,7
2	14	61,0	61,4	57,1	718,0	51,5
3	10	44,9	37,0	36,1	472,0	47,2
4	14	67,8	100,7	102,1	1082,4	77,4
5	14	34,7	31,9	35,9	410,0	29,3
6	19	60,5	69,8	74,4	818,8	43,1
7	10	32,6	26,4	27,9	347,6	34,8
8	14	37,7	31,9	38,2	431,2	30,8
Tot	105	378,6	389,5	421,1	4716,8	45,8

Ovanstående varmvattenförbrukning kan jämföras med den faktiska förbrukningen under 1985 och 1986 som redovisas i kap 6 och 8.



Fig 2.4

Frånluftfläktar är utförda som takfläktar. Taklucka sitter i omedelbar anslutning till fläkt.

2.4 Ventilation

Lägenheterna ventileras enligt system F dvs med enbart frånluft. För varje byggnad samlas all frånluft till en takplacerad frånluftfläkt. Denna fläkt är placerad intill tappvarmvattenberedaren i resp byggnad.

Frånluftfläktar kördes tidigare med reducerat varvtal nattetid, men efter klagomål från hyresgästerna körs fläktarna numera på fullt varvtal hela dygnet.

I de två hus, där mätning av luftflödet skett kontinuerligt under mätperioden, avviker uppmätt värde betydligt från projekterade

- | | |
|------------------------------------|------------------------|
| - projekterat frånluftsflöde hus 5 | 2240 m ³ /h |
| uppmätt medelvärde 1986 | 1535 m ³ /h |
| - projekterat frånluftsflöde hus 8 | 2280 m ³ /h |
| uppmätt medelvärde 1986 | 1785 m ³ /h |

2.5 Tidstypisk elvärme i Bojsenburg

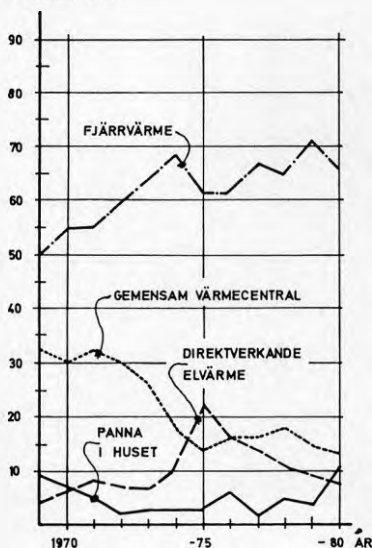
Bostadsområdet Bojsenburg byggdes under det s k miljon-programmets dagar. Bristen på lägenheter motiverade satsningen på kvantitet som i vissa fall gick ut över kvalitén. Samtidigt spåddes kärnkraften i Sverige en lysande framtid.

Följden blev den massiva satsningen på direktverkande elvärme i framför allt bostäder, med de låga investeringskostnader som systemet erbjuder.

Av ovanstående framgår att det inte var något ovanligt beslut som fattades för uppvärmningssätt i Bojsenburg. Text år 1975 försågs omkring 56% av alla lägenheter (småhus och flerbostadshus sammantaget) med direktverkande elvärme. År 1981 hade andelen sjunkit till 15% för småhus och 6% för flerbostadshus.

Fig 2.5 Uppvärmningssätt i flerbostadshus enligt beslut om statligt bostadslån åren 1969-1981. Källa: SCB.

%. LÄGENHETER



FLERBOSTADSHUS 1969 - 1980

Uppvärmningssätt 1985 %
samtliga lägenheter

Oljeeldning	25,3
Fjärrvärme	60,0
Elvärme	4,2
Kvarterscentral	2,4
Olja+elpanna	2,6
Enbart värmepump	0,2
El+värmepump	0,2
Olja+värmepump	2,5
Annan kombination	0,5
Övriga	2,1

SAMTLIGA LÄGENHETER 1985
FLERBOSTADSHUS

Det finns således en mängd flerbostadshus i landet som liknar husen i Bojsenburg. Husen är relativt nyproducerade och välisolerade, och alternativa energikällor svåra att introducera i värmesystemet. Den enda möjligheten att med totalekonomi reducera energiförbrukningen består i att tillvarata värmeenergin i frånluften.

I Bojsenburg har således på försök åtta av husen försetts med frånluftvärmepumpar. Denna rapport skall ge svar på frågan om resterande 84 hus skall förses med liknande värmepumpinstallationer.

3 TEKNISK BESKRIVNING

3.1 Frånluftvärmepumpar

I Sverige finns en potential av ca 30000 hus med 950000 lägenheter där frånluftvärmepumpar kan installeras (hus med F-ventilation). Ca 4% eller 70000 av lägenheterna i flerfamiljshus är uppvärmda med elektricitet år 1983. De flesta av dessa 70000 lägenheter har därmed samma grundförutsättningar som husen i Bojsenburg.

Om en byggnad innehåller ett frånluftssystem i kombination med ett tilluftssystem skall naturligtvis värmeinnehållet i frånluften i första hand överföras till tilluften. I flerbostadshus är dock denna kombination mycket ovanlig.

En del av energin i frånluften lämpar sig därför i regel som värmekälla för en värmepump. Man bör av drifttekniska skäl undvika att kyla frånluften mera än 10-15°C enär kondensutfall och påfrostning annars kan bli besvärande. Värmekällans fördelar är ganska påtagliga:

- frånluften har närmast konstant temperatur +20°C, vilket ger förutsättningar för en god årsvärme-faktor.
- energiinnehållet i frånluft från bostäder är via värmepump tillräckligt för bostädernas tappvarmvattenbehov och en del av energibehovet för uppvärmning. Den normala värmeförsörjningen kan därigenom eventuellt stoppas sommartid.
- om värmepumpen kopplas både till värmesystemet och beredningen av tappvarmvatten i bostadshus blir utnyttningstiden relativt lång.
- när värmekällan är "standardiserad" kan även värmepumpen standardiseras och serietillverkas.
- värmepumpar har varit och är en systemanpassad teknik, men genom den mångfald som möjliggörs med frånluftvärmepumpar kan denna systemanpassning standardiseras.

De frånluftvärmepumpar som installeras i eluppvärmda hus blir också speciella i ett avseende - de spar energi i samma form som den energi de förbrukar. Återbetalningstiden påverkas således *inte* av förändrade prisrelationer mellan olika energislag. Dessa förändringar är också allra svårast att förutse i ekonomiska kalkyler.

Förutsägelsen blir oantastlig - ökade priser på el ger ett positivt utfall i kalkylen.

3.2 Frånluftvärmepumpar i Bojsenburg

3.2.1 Hus 1 t o m 8 - pilotprojekt för Kopparstaden

Fastighets AB Kopparstaden har inventerat sitt lägenhetsbestånd för att se, var i beståndet riktade punktinsatser bäst kan ge både energibesparingar och erfarenheter för framtida energisatsningar.

Bojsenburg är med sina 1062 lägenheter ett "stort" område i Falun och direktverkande elradiatorer medger inga alternativa uppvärmningsformer. Trots detta har önskemålet ofta framförts både av hyresvärd och hyresgäster att göra något åt energiförbrukningen i området.

En reduktion av energiförbrukningen i Bojsenburg kan dock ske genom att utnyttja värmen i frånluften för tappvarmvattenberedning. Vindsplacerade värmepumpar är då det bästa alternativet. Husen i Bojsenburg innehåller vardera relativt få lägenheter, varierande mellan 10 och 19 per hus. För att få en bild av det ekonomiska utfallet i ett projekt av denna typ har värmepumpar installerats i åtta hus i en första etapp. För att alla hustyper skall vara representerade har husen 1 t o m 8 valts till pilotprojekt, se fig 3.2.



Fig 3.1 Fyra av husen har försetts med värmepumpar för direktförångning från Parca placerade direkt på yttertak.

FIGUR 3.2

FRÄNLUFTVÄRMEPUMPAR BOJSENBURG

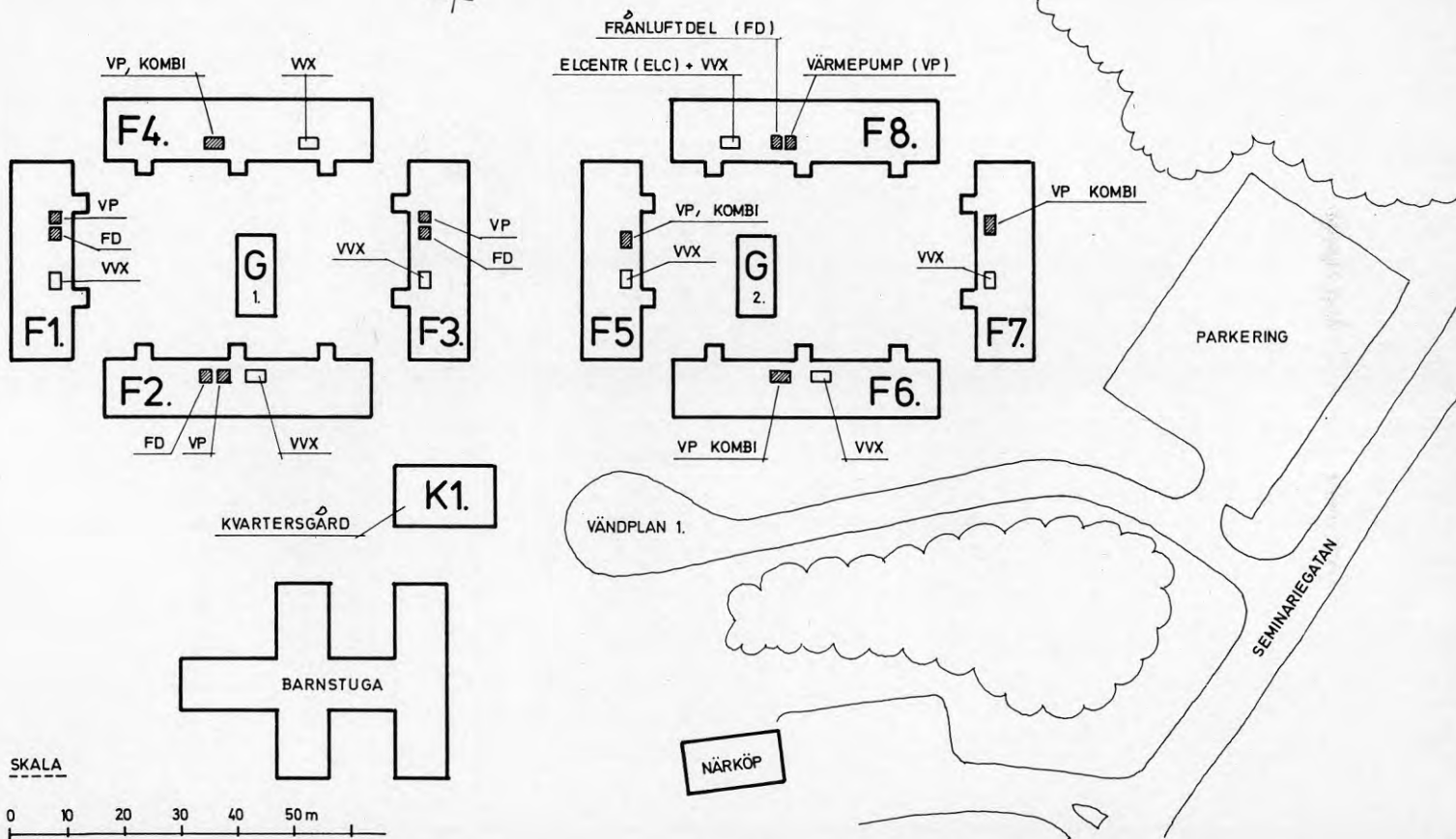
SITUATIONSPLAN

NORR.



INDIREKT FÖRÅNGNING = HUS F1, F2, F3, F8.

DIREKT FÖRÅNGNING = HUS F4, F5, F6, F7.



I den entreprenadhandling baserad på ABT74, som ligger till grund för upphandling av entreprenörer förutsattes att entreprenaden skulle delas, för att ge en möjlighet till jämförelse mellan olika tillverkare. I entreprenadhandlingarna föreskrevs vidare indirekt uppvärmning av tappvarmvatten men entreprenörerna gavs fritt val beträffande:

- dimensionering av värmepump
- direkt eller indirekt förångning
- placering av värmepump på tak eller vind
- ev komplettering med ackumulatorvolym eller tillsatsvärme
- styr- och reglerprincip samt utrustning för detta.

3.2.2 Koncentrerad installation

På vindarna finns ursprungligen dels ett apparatrum för tappvarmvattenberedaren och dels ett uppvärmt utrymme för städutrustning. Frånluftfläktar, en för varje hus, är takplacerade i omedelbar närhet av apparatrummet. Värmepumpinstallationerna blir således mycket koncentrerade utan ingrepp i den övriga delen av byggnaden.

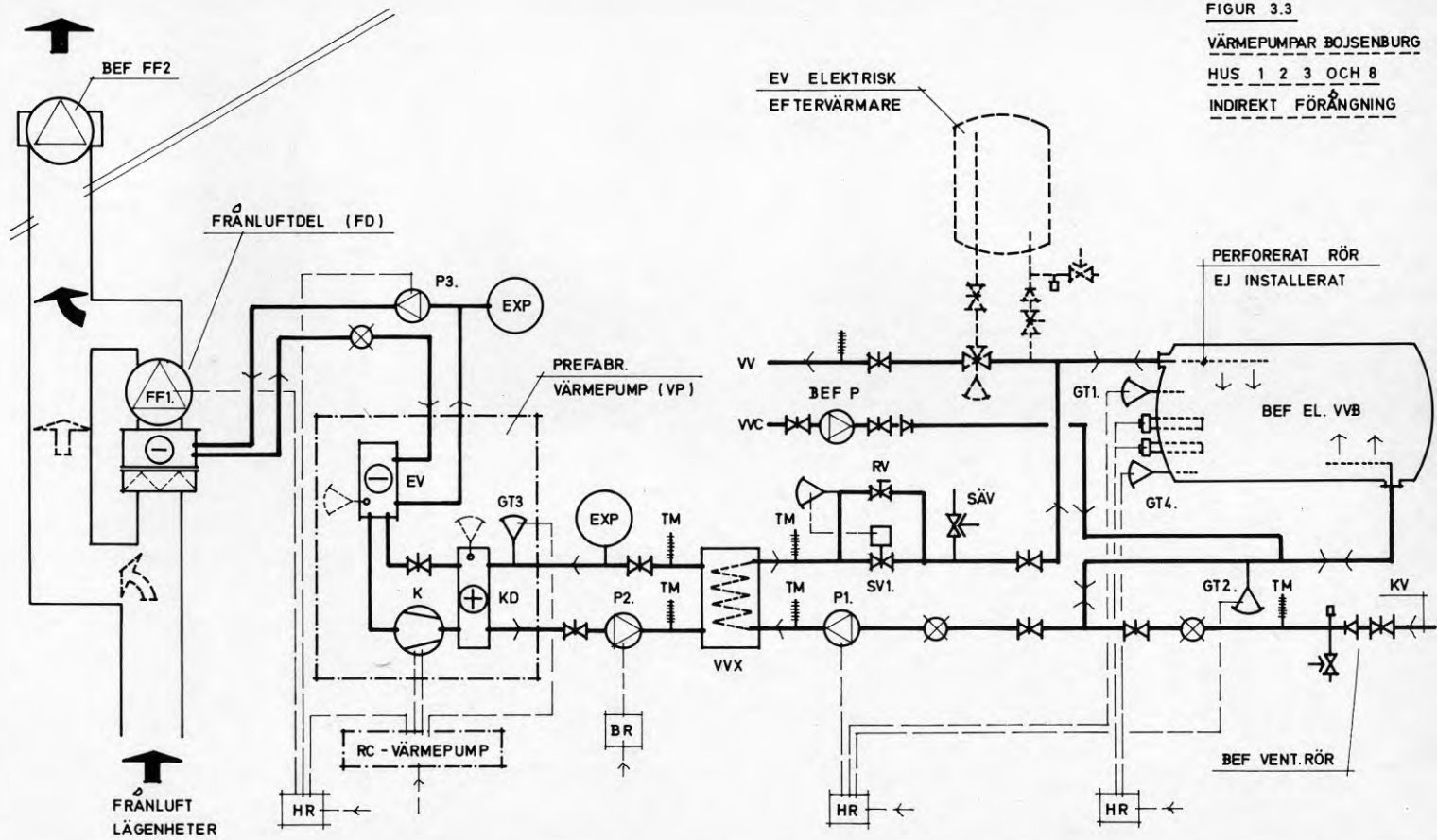
Värmepumpar kan valfritt placeras på tak, på vind vid fläkt eller i städrummet, men oavsett placering föreligger alla möjligheter att få en billig och enkel installation.

3.3 Indirekt förångning - hus 1, 2, 3 och 8

3.3.1 Fabrikat och tekniska data

För den första husgruppen om fyra hus har installerats värmepumpar av fabrikat Helpac som tillverkas i Frankrike och marknadsförs i Sverige av Termoteknik AB i Kalmar, under namnet HELPAC. I den första husgruppen ingår hus 1 t o m 4, men av mättekniska skäl har i denna grupp, hus 4 ersatts av hus 8 då husen är helt identiska.

Anläggningsutförandet framgår av fig 3.3 där även vissa befintliga apparater redovisas.



FIGUR 3.3
 VÄRMEPUMPAR BOJSENBURG
 HUS 1 2 3 OCH 8
 INDIREKT FÖRÄNGNING

Beräknade tekniska data hus 1, 2, 3 och 8:

Värmepump hus 1, 3	EVE S.32
hus 2, 8	EVE S.36
Kompressorenhet	Maneurop
Köldmedium	R22
Förångare	Helpac
Kondensator	Helpac
Köldbärare in/ut	10/6°C
Värmebärare in/ut	50/55°C
Pumpar 3 st	Grundfos
Tappvattenvärmare	CTC/UNI C316
Utgående tappvarmvatten	+50°C
Akkumulator bef hus 1, 3	1200 lit
hus 2, 8	1500 lit
Täckningsgrad enligt lev	100% (beräknad)

Hus nr	1, 3	2, 8
Antal lgh	10	14
Frånluftflöde	0,46 m ³ /s	0,63 m ³ /s
Frånlufttemp in/ut	20/7°C	20/9°C
Kylbatteri	Lamellbatt	Lamellbatt
Avgiven VP-effekt	7,9 kW	9,2 kW
Upptagen effekt (tillf)	2,5 kW	2,9 kW
Värmefaktor COP.vp	3,16	3,17

Observera att ovanstående värden angavs av entreprenören före installationen och således skall jämföras med uppmätta dito enl kap 6. Frånluftflödet är t ex betydligt lägre och tappvarmvattentemperaturen högre än vad som anges ovan.

Övrigt:

- *Värmepump* har placerats i städskrubb på vind.
- *Frånluftdel* har placerats vid frånluftfläkt i fastighetsförråd.
- *Laddningsväxlare* har placerats i apparatrum vid bef ackumulator.

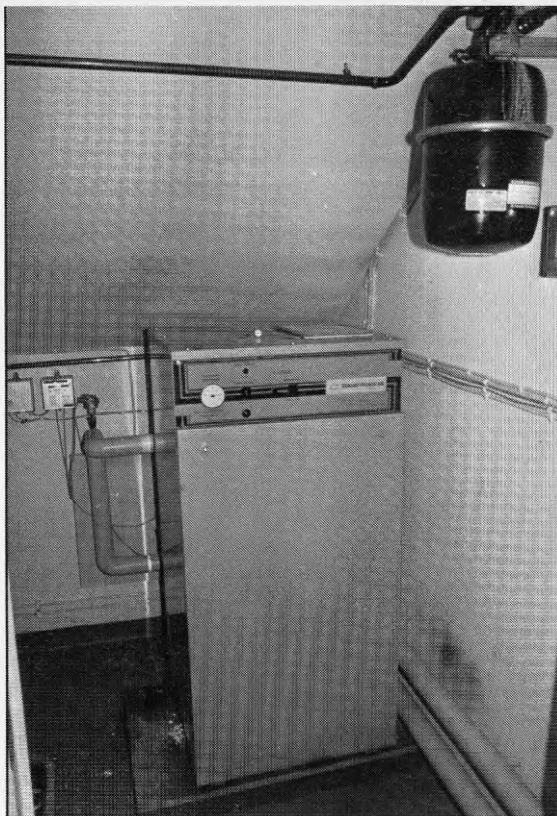


Fig 3.4

Värmepumpar för hus 1, 2, 3 och 8 består av enhetsaggregat med kompressor, förångare och kondensormont i städskrubba på resp vind.

3.4 Direktförångning hus 4, 5, 6 och 7

3.4.1 Fabrikat och tekniska data

För den andra husgruppen om fyra hus har valts värmepumpar av fabrikat PARCA Vent som tillverkas vid Parcas fabrik i Härnösand. I den här husgruppen ingår hus 5 t o m 8, men av mättekniska skäl har i denna grupp, hus 8 ersatts av hus 4 då husen är helt identiska.

Anläggningsutförandet enligt fig 3.5 där även vissa befintliga apparater redovisas.

Vid mätning av fläktarnas energiförbrukning har det visat sig, att de fläktar som ingår i de nya takaggregaten har *lägre* energiförbrukning än de gamla takfläktar som demonterats. Det är naturligtvis utmärkt med denna sidoeffekt, men det är svårt att placera in denna "vinst" på rätt sätt i utvärderingen.

Tekniska data hus 4 och 5

Värmepump	Parca Vent 14 med fläkt 20
Kompressorenhet	Tecumseh
Köldmedium	R22
Förångare	Lamellbatteri
Filter	G80
Kondensor	Dubbelrörs
Värmebärare in/ut	50/55°C
Pumpar 2 st	Grundfos
Tappvattenvärmare	Parca SB13
Utgående tappvarmvatten	+50°C
Akkumulator bef	1500 lit
Täckningsgrad enligt lev	100% (beräknad)

Hus nr	4	5
Antal lgh	14	14
Frånluftflöde	0,63 m ³ /s	0,62 m ³ /s
Frånlufttemp in/ut	20-11°C	20-11°C
Avgiven VP-effekt	9 kW	9 kW
Upptagen effekt (tillf)	2,2 kW	2,2 kW
Värmefaktor COP.vp	4,09	4,09

Observera att ovanstående värden gäller projekterade värden som således skall jämföras med uppmätta dito enl kap 6.

Så har t ex

frånluftsflödet i hus 5 under 1986 uppgått till 0,43 m³/s och temperaturfallet på frånluften har i genomsnitt varit ca 6°.

I hus 5 har även analoga mätvärden insamlats som t ex temperaturer, förångnings- och kondenserings-tryck.

Tekniska data hus 6 och 7

Värmepump hus 6	Parca Vent 20 med fläkt 40
hus 7	Parca Vent 14
Kompressorenhet	Tecumseh
Köldmedium	R22
Förångare	Lamellbatteri
Filter	G80
Kondensor	Dubbelrörs
Värmebärare in/ut	50/55°C
Pumpar 2 st	Grundfos
Tappvattenvärmare	Parca SB13
Utg tappvarmvatten	+50°C
Akkumulator bef hus 6	2000 lit
hus 7	1200 lit
Täckningsgrad enligt lev	100% (beräknad)

Hus nr	6	7
Antal lgh	19	10
Frånluftflöde	0,88 m ³ /s	0,46 m ³ /s
Frånlufttemp in/ut	20-11°C	20-8°C
Avgiven VP-effekt	13 kW	8 kW
Upptagen effekt (tillf)	3,5 kW	2 kW
Värmefaktor COP.vp	3,72	4,00

Observera att ovanstående värden gäller projekterade värden som således skall jämföras med uppmätta dito enl kap 6.

Övrigt:

- *Värmepump med frånluftdel* har placerats på yttertak vid befintlig taklucka.
- *Laddningsväxlare* har placerats i apparatrum vid befintlig ackumulator.
- *Hel- och halvfart* på frånluftfläktar har slopats efter klagomål från hyresgästerna.

3.5 Styrning, reglering

3.5.1 Styr- och reglerfunktioner vid indirekt förångning hus 1, 2, 3 och 8

Fläkt FF1 i frånluftdel startas samtidigt med värmepump. P2 och P3 har kontinuerlig drift. När temperaturen vid givare GT1 i w-ackumulator understiger t ex +35°C startas laddningspump P1.

Via laddningsväxlaren VVX kyls då vattnet i värmebärarkretsen vid P2. På inkommande ledning till kondensator sitter termostat GT3 som då startar värmepump och FF1 i frånluftdel.

När temperaturen vid GT2 överstiger t ex +50°C stoppas laddningspump P1. Härvid stiger temperaturen vid GT3 över +50°C och stoppar värmepump och FF1 i frånluftdel.

Styrventilen SV1 upprätthåller tappvarmvattentemperaturen genom att strypa flödet då temperaturen sjunker vid temperaturgivaren GT4.

3.5.2 Styr- och reglerfunktion vid direktförångning hus 4, 5, 6 och 7

Frånluftfläkt FF1 har kontinuerlig drift. Likaså P2 har kontinuerlig drift.

F ö har reglerutrustningen ungefär samma funktion som enligt kap 3.6.1 (indirekt förångning) dvs

- GT1 startar P1 vid fallande temperatur
- GT3 startar värmepump vid fallande temperatur
- GT2 stoppar P1 då tillräcklig temperatur uppnåtts
- GT3 stoppar värmepump då tillräcklig temperatur uppnåtts
- SV1 minimibegränsar tappvarmvattentemperaturen, men utförandet är något ovanligt, eftersom känselkroppen är placerad på värmebärarreturen ut ur VVX.

4 MÄTUTRUSTNING, MÄTPROGRAM

4.1 Mätningar i entreprenadform

Alla mätningar i projektet har under ledning av Per Huitfeldt utförts av mätcentralen vid KTH.

MätCentralen för Energiforskning (MCE)
KTH
100 44 STOCKHOLM
08-7908715

Mätningarna har pågått kontinuerligt från juli -84 t o m jan -87. I huvudsak har timvärden registrerats under denna period och dessa data kommer att finnas tillgängliga hos MCE för lång tid framåt.

4.2 Mätområdet

De åtta bostadshusens placering framgår av fig 4.2 där även mätinstallationerna skisserats. Som synes är husen utspridda med ca 200 m mellan mätinstallationernas yttersta delar.

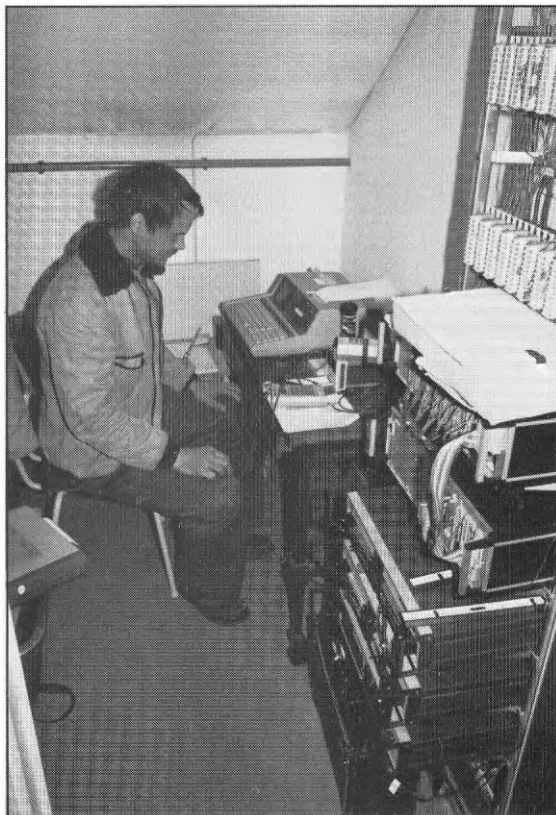


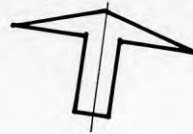
Fig 4.1
Mätutrustningen
i Bojsenburg
har varit pla-
cerad i en städ-
skrubb på vinden.

FIGUR 4.2

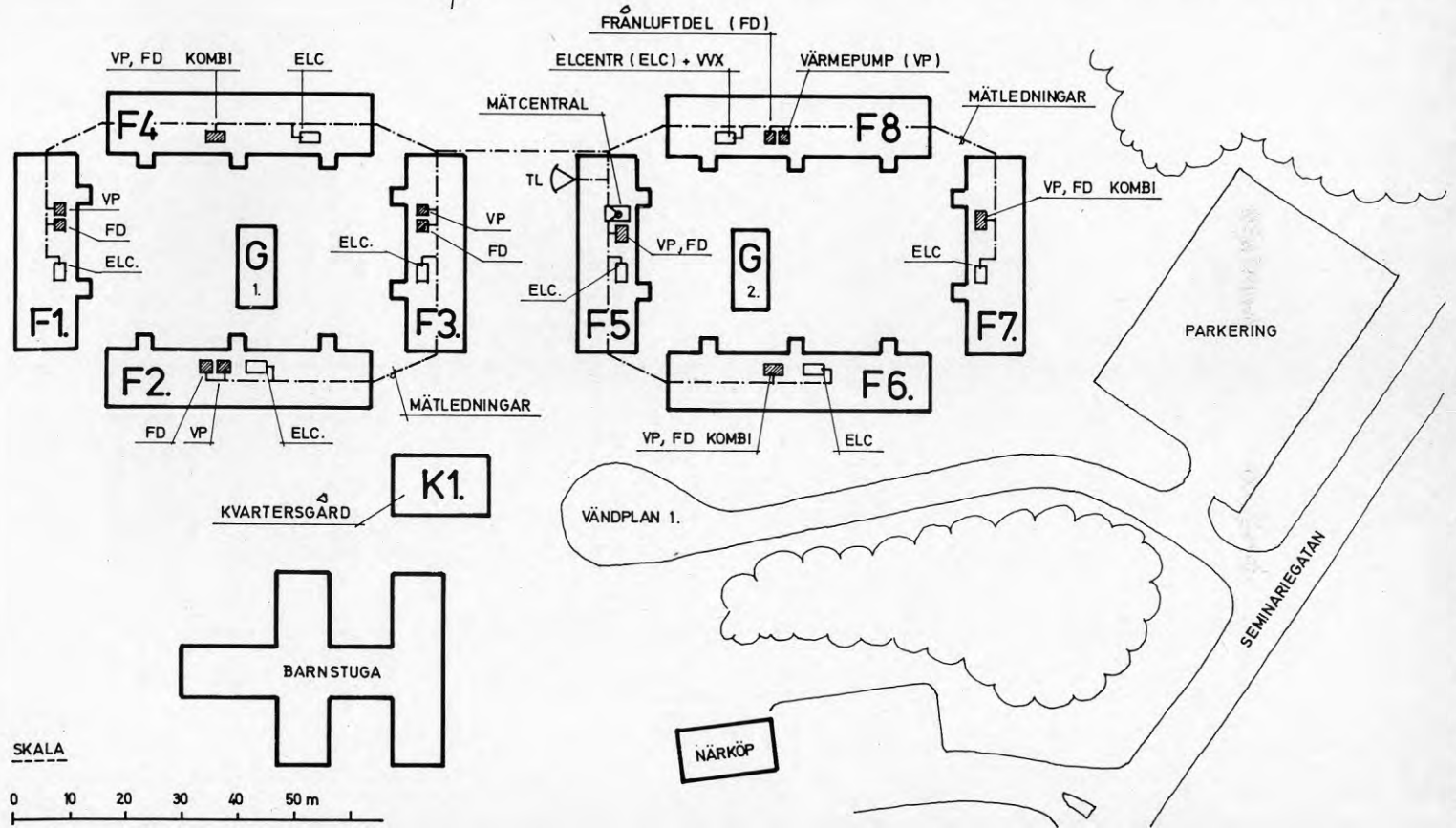
MÄTNINGAR BOJSENBURG

SITUATIONSPLAN

NORR.



INDIREKT FÖRÄNGNING = HUS F1, F2, F3, F8.
 DIREKT FÖRÄNGNING = HUS F4, F5, F6, F7.
 ANALOGA - MÄTNINGAR = HUS F5 OCH F8.



4.3 Mätutrustning

Centralutrustningen med bordsdator placerades i en städskrubb på vinden, hus 5.

Centralutrustning

Bordsdator, HP85
Systemvoltmeter, Solartron 7066
Mätpunktsväljare, Schlumberger 7010
Räknarenhet, Meteb 78
Realtidsklocka
Larmenhet
Magnetstabilisator
Nätaggreat

Extern utrustning, givare

Temperatur, vatten	Pt-100, 1/5 DIN enl 43760
Temperatur, ute	Pt-100, 4 tråd
Fukt, kanaler	Vaisala HMP 112Y
Temperatur, kanaler	Pt-100, 1/5 DIN enl 43760
Luftflöde, kanaler	CME mätfläns, Micatrone MG-1000
Tryck köldmedier	Haenni EDA 210
Integreringsverk	SVME 68, batteridrift

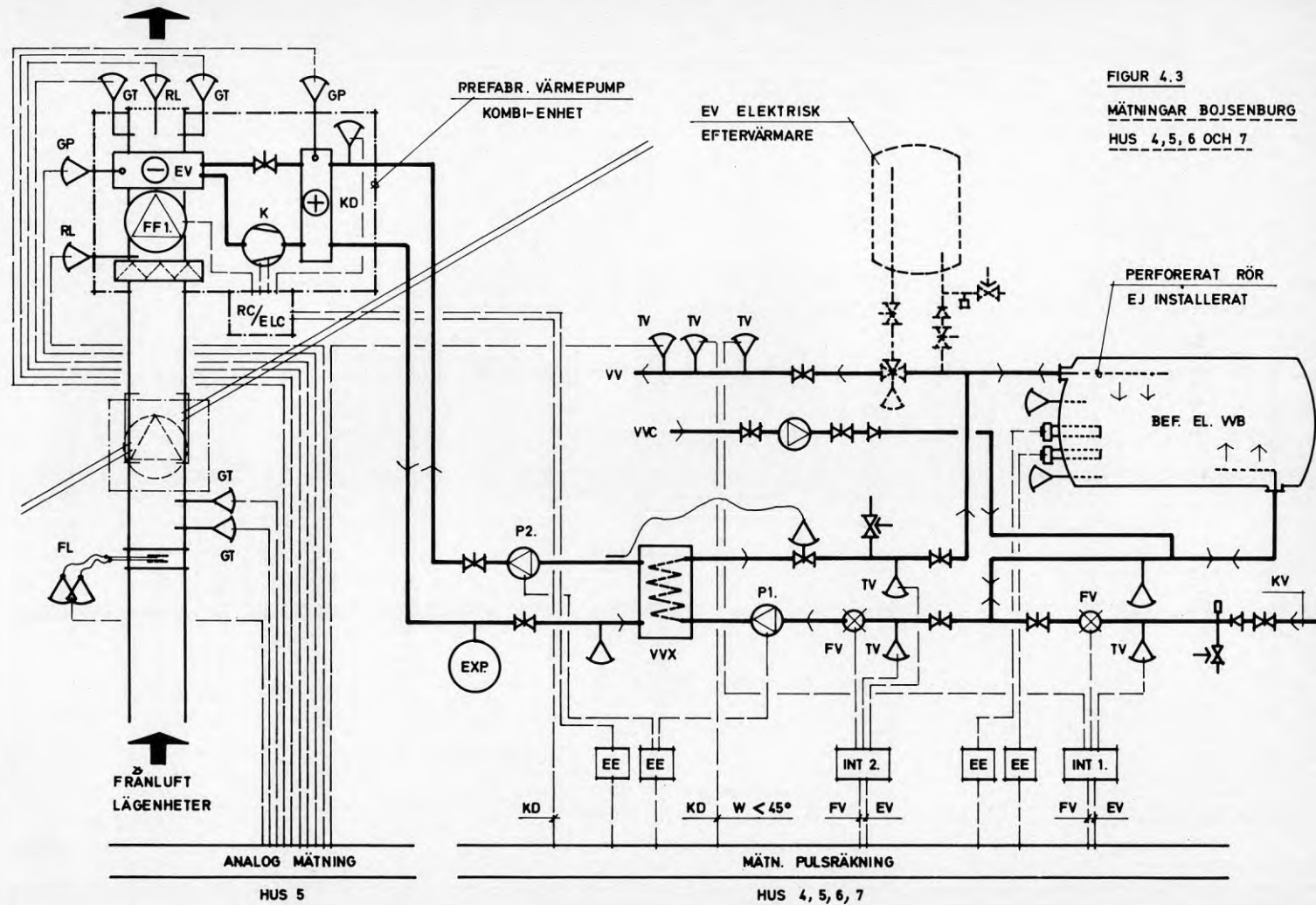
4.4 Mätnoggrannhet

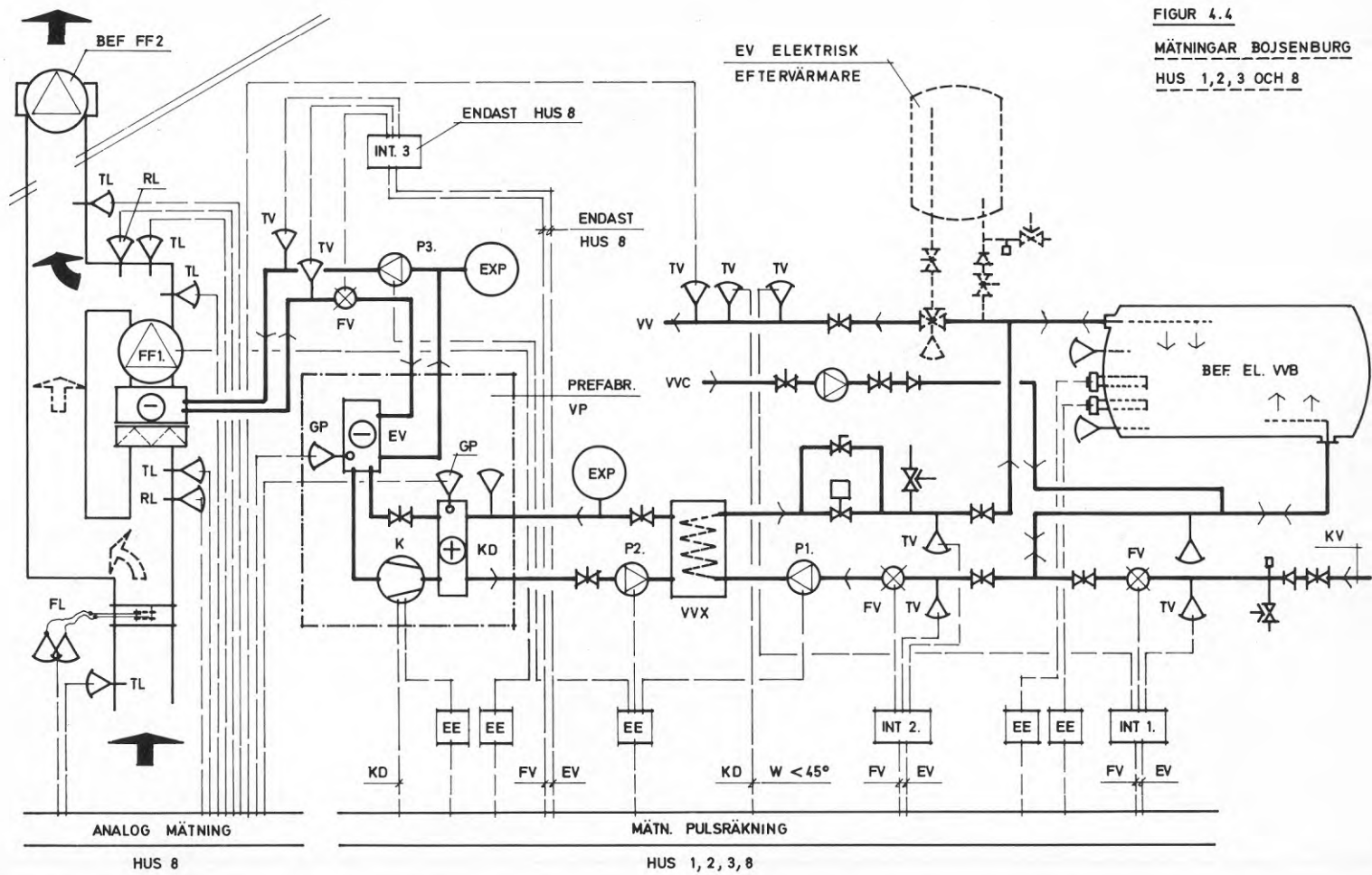
Målet vid val av mätutrustning och installationsmetoder har varit att kunna bestämma enskilda energimängder med en onoggrannhet <4%. Mätning av elenergi till pumpar etc skall ha ett fel som är <2%. Felet vid beräkning av energibalanser för delsystem skulle då ligga i intervallet 5-10%. Temperaturer mäts med ett fel <1%.

4.5 Mätvärdesinsamling

Mätprogrammet har primärt omfattat 130 mätpunkter. El- och värmeenergi, drifttider och vätskeflöden har registrerats som pulsräkning. Analoga mätpunkter i hus 5 och 8 har registrerats som absoluttal var 5:e minut.

Mätutrustningen styrs av en bordsdator. Datorn avsöker alla mätpunkter var 5:e minut och mellanlagrar mätvärdet internt. Varje hel timme bildas medelvärden och summavärden, vilka lagras på kassettband. Data överförs vid MCE till ett minidatorsystem och till 1/2-tums magnetband enligt ANSI-standard.





FIGUR 4.4
 MÄTNINGAR BOJSENBURG
 HUS 1,2,3 OCH 8

4.6 Specialmätning i hus 5 och 8

I samtliga hus har energimängder, flöden drifttider etc registrerats via pulsräkning. Denna metod är enkel och lämpar sig väl för stora avstånd mellan mätobjekt och mätcentral.

De elledningar som erfordras för pulsräkningen är relativt enkla och okänsliga för störningar och omfattar huvuddelen av ledningarna. De har utförts som provisoriska luftledningarna mellan de olika husens gavelspetsar.

För att få en mera varierad bild av funktionen hos värmepumparna har analoga mätvärden registrerats i två av husen. I hus 5 där mätcentralen varit placerad har mätvärden för en värmepump med *direktförångning* registrerats. I hus 8 som ligger närmast hus 5 har en värmepump med *indirekt förångning* registrerats med analoga mätvärden.

För dessa analoga mätningar erfordras större noggrannhet hos elinstallationen, men den har i gengäld varit mycket begränsad i geografiskt hänseende.

Analoga mätvärden hus 5 och 8:

- *kondenseringstryck* GP
- *förångningstryck* GP
- *temperatur* frånluft TL, före och efter kylbatteriet
- *relativ fuktighet* frånluft RL, före och efter kylbatteriet
- *frånluftflödet* FL
- *temperatur* TV, på utgående tappvarmvatten
- *utetemperatur* TL, på gavel hus 5.

4.7 Intensivmätningar

Vissa funktioner eller driftförhållanden kan inte dokumenteras bra med lagring av ett medel- eller sumnavärde varje timme. Det gäller naturligtvis alla snabba eller intermitenta förlopp. I detta projekt är värmepumpens drift exempel på oförmågan hos den normala mätvärdesinsamlingen.

För att få en bättre dokumentation av värmepumparna har intensivmättningsperioder lagts in i det ordinarie mätprogrammet. Under dessa perioder har 5-minutersvärden registrerats.

Tyvärr var mätsystemets voltmeter ur funktion då värmepumparnas driftdata under sommarfallet skulle registreras.

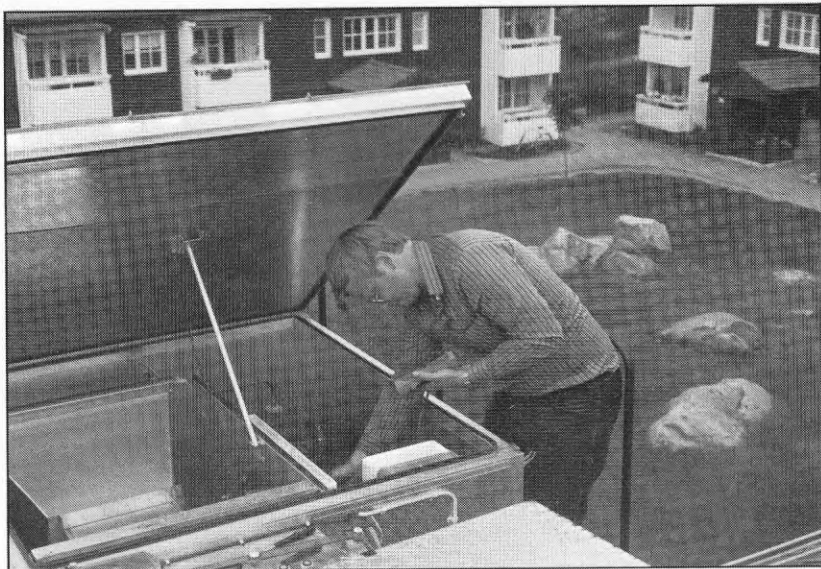


Fig 4.5 MCE har utfört regelbunden kontroll av mätutrustningen i Bojsenburg.

4.8 Utvärdering och rapportering

MCE har under projekttiden svarat för en sådan sammanställning av mätvärden och grafer, att mät-systemets funktion kontrollerats regelbundet. Även analys av vissa projektdelar har utförts på ett sätt, som gjort det möjligt att kontrollera enskilda entreprenaddelar.

Mätningarna har varit till stor hjälp vid kontroll av entreprenaden och vid lokalisering av fel. Det vore önskvärt att alla energibesparingsprojekt hade tillgång till en mätutrustning, där anläggningens driftförhållande kunde analyseras kontinuerligt och energibesparingseffekten kunde jämföras med uppsatta mål.

För själva utvärderingen och slutrapporten har MCE via sin databas ställt alla timvärden till förfogande. För en del av de diagram som ingår i rapporten har MCE dessutom svarat för konceptet.

4.9 Opålitliga integreringsverk

Den centrala mätutrustningen har fungerat mycket bra under hela perioden utan egentliga avbrott. Fr o m april -85 har en del nya villkor lagts på vissa av de analoga mätpunkterna. Man kan därför inte direkt

jämföra mätresultaten för dessa punkter före och efter omläggningen.

De integreringsverk som installerats för registrering av energimängder och flöden har däremot inte motsvarat förväntningarna. Mätnoggrannheten som sådan, med krav på onoggrannhet $<4\%$, har vi inte haft möjlighet att kontrollera och heller inte haft anledning att betvivla. Men om avbrotten i mätningarna skall inräknas i mätnoggrannheten har inte kravet uppfyllts i denna anläggning.

Några av integreringsverken var ur funktion redan vid installationen, och flera av dem har slutat registrera värmemängder flera gånger. Batterierna som skulle räcka i minst 3 år har fått bytas efter bara några månader.

Så t ex vid en kontroll i oktober -85 registrerades samtidigt fyra mätpunkter från integreringsverk ur funktion.

F1-EV410,	- mätvärde saknas
F1-EV310,	- mätvärde helt fel
F2-EV310,	- mätvärde saknas
F7-EV310,	- mätvärde saknas

Det här skapar naturligtvis problem vid utvärderingen. Det är mycket tidsödande att manuellt gå in och korrigera (fylla på) databehandlade summeringar eller diagram. Eftersom ingen egentlig dubbelmätning förekommer blir resultatet heller inte så tillförlitligt.



Fig 4.6 Här ses den vindsplacerade värmeåtervinningsdelen i hus 8 med temperatur- och fuktgivare i de anslutande kanalerna.

Vid redovisning av mätresultat i kap 6 har diagram och tabeller korrigerats på detta sätt, om sidomätningar skapat förutsättningar för en korrigerig. Den ekonomiska utvärderingen av värmepumpinstallationen skulle också bli djupt otillfredsställande, om den energi som värmepumparna gett inte räknades in i kalkylen, bara för att ett batteri i värmemängdsmätaren slutat fungera.

5 DAGBOK, DRIFT

5.1 Dåligt med anteckningar

Redan tidigt i projektet fanns ambitionen att anteckna driftavbrott och serviceåtgärder på värmepumparna. Trots att driftpersonalen varit med på speciella informationer om mätningarna och vikten av att dokumentera utfallet, har inte något av alla driftavbrotten dokumenterats. Det största problemet kanske är mängden driftavbrott.

5.2 Ingen utbildning av personalen

Värmepumparna installerades utan att fastighetsägaren dvs Kopparstaden byggt upp en riktig organisation för drift och underhåll av utrustningen. Det fanns tidigare inga värmepumpar i fastighetsbeståndet och värmepumpar har inte samma driftproblem som pannor, oljebrännare och pumpar. Följden blev att felanmälningar under garantitiden alltid vidarebefordrades till entreprenören, även när det inte var problem som kunde hänföras till garantiåtagandet. Det här fick till följd att även entreprenörerna blev irriterade när de fick agera fastighetsskötare.

Naturligtvis skulle driftpersonalen utbildats för skötsel av värmepumpar, utbudet av kurser t ex är fullt tillfredsställande. Därefter skulle denna personal svarat för den periodiska skötseln och underhållet, och även deltagit då garantireparationer blivit nödvändiga.

5.3 Dålig åtkomlighet

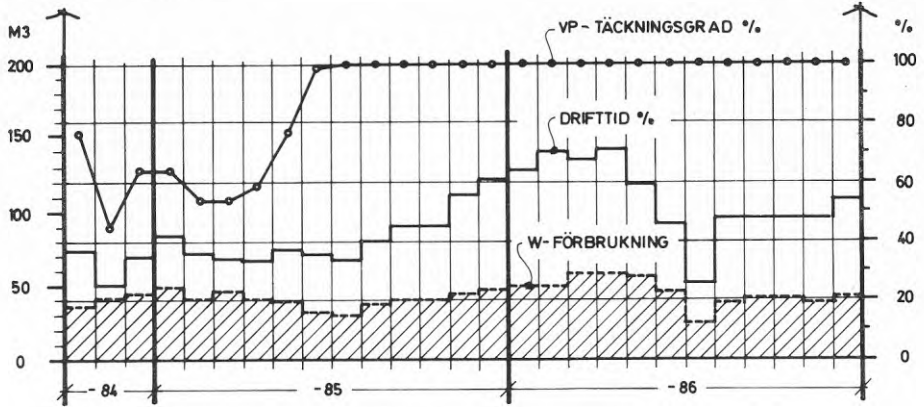
Värmepumpar för indirekt förångning fabr Helpac i hus 1, 2, 3 och 8 är placerade i städskrubbar på vind. Värmepumparna av fabr Parca däremot har placerats på yttertak. Det betyder att man för att komma åt värmepumpen måste:

- klättra på en vindsstege upp till takluckan
- klättra ut genom takluckan
- balansera på en takstege fram till värmepumpen
- arbeta med värmepumpen uteslutande från en sida (service-sida).

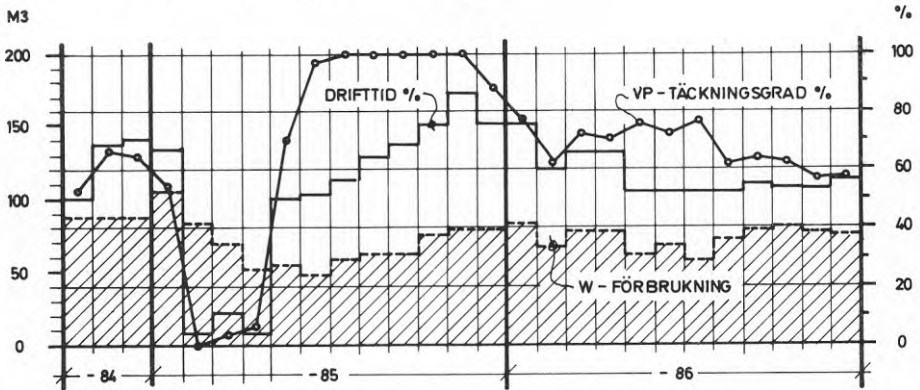
Om man då skall byta en komponent eller ta ner filtret för rengöring blir det uppenbart farligt för personalen. Skyddsombudet har därför protesterat mot allt arbete på yttertak. Trots att åtgärder har föreskrivits i slutbesiktningsprotokoll, har inte några godtagbara åtgärder vidtagits som förbättrat tillgängligheten.

W-FÖRBRUKNING M³/MAN

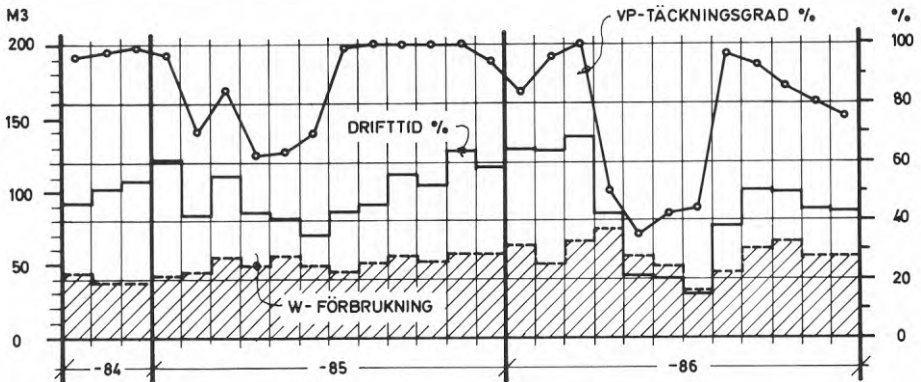
TÄCKN. GRAD / DRIFTTID



HUS 1, 65-an, 10 lgh



HUS 2, 63-an, 14 lgh

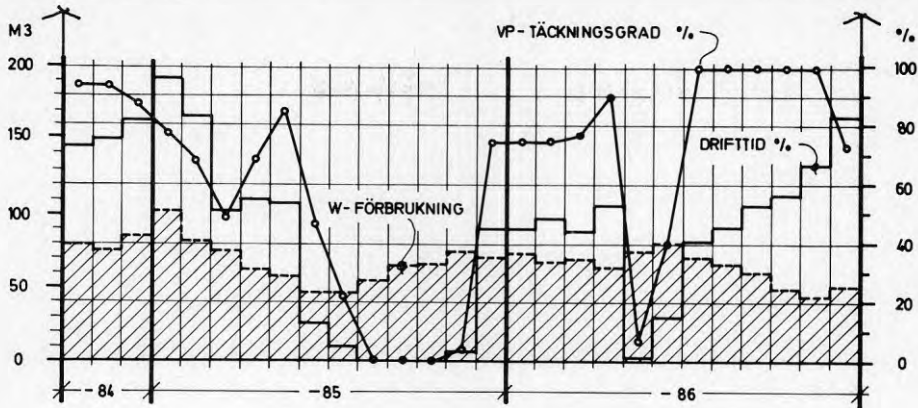


HUS 3, 61-an, 10 lgh

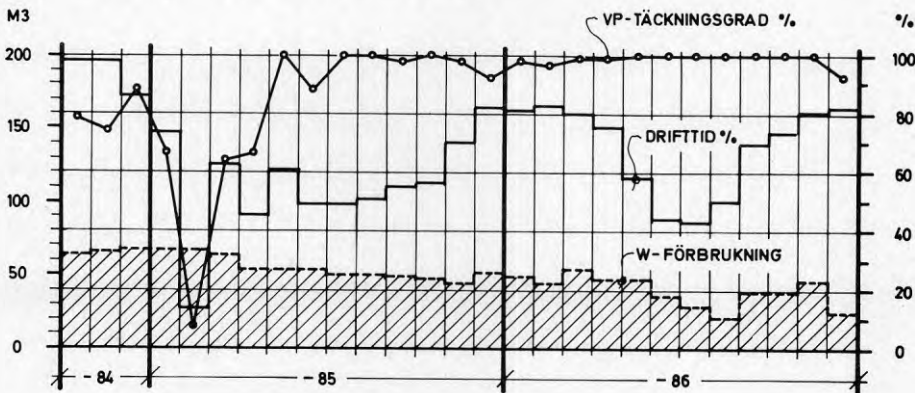
FIG 5.1 DRIFTRISULTAT VÄRMEPUMPAR, MÅNADSVÄRDEN OKT -84 TOM DEC -86

W-FÖRBRUKNING M³/MÅN

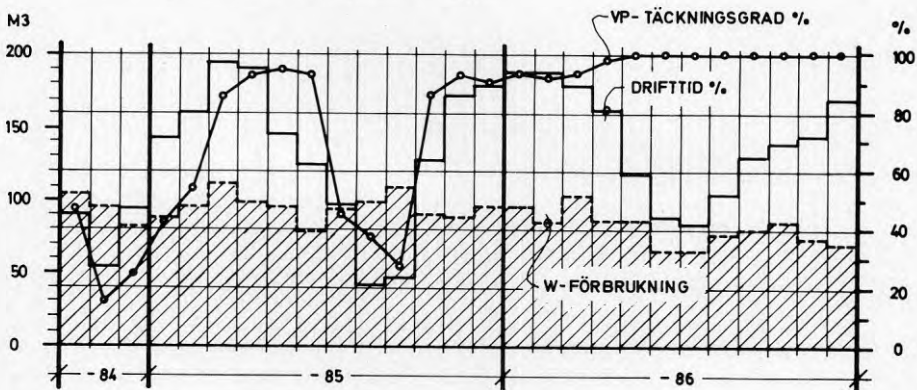
TÄCKN. GRAD / DRIFTTID



HUS 4, 67-an, 14 lgh

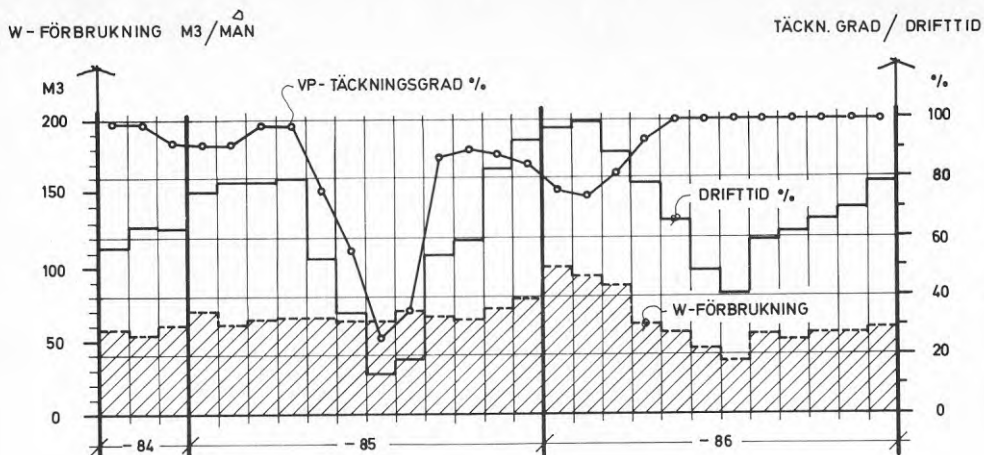


HUS 5, 57-an, 14 lgh

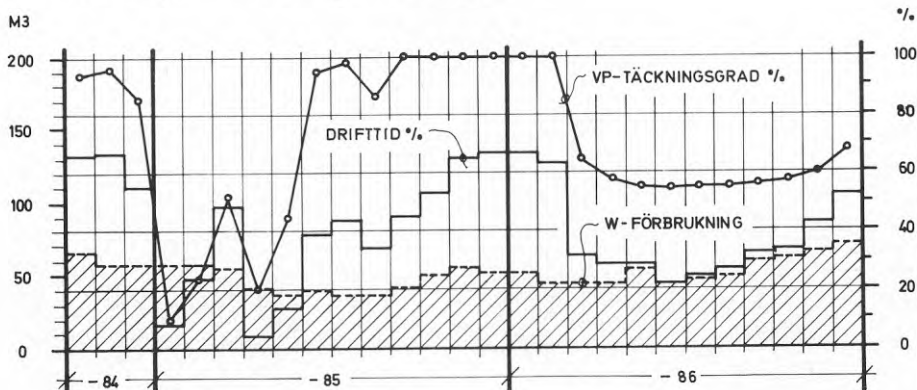


HUS 6, 55-an, 19 lgh

FIG 5.2 DRIFTRISULTAT VÄRMEPUMPAR, MÅNADSVÄRDEN OKT-84 TOM DEC -86



HUS 7, 53-an, 10 lgh



HUS 8, 59-an, 14 lgh

FIG 5.3 DRIFTRISULTAT VÄRMEPUMPAR, MÅNADSVÄRDEN OKT -84 TOM DEC -86

5.4 Dålig systemanpassning

Värmepumpens inkoppling i systemet framgår av fig 3.3 (indirekt förångning) och fig 3.5 (direktförångning). Systeminkopplingen är numera standardicerad hos de flesta värmepumpleverantörer, med olika varianter allt efter anläggningstyp.

Problemet i dessa hus har förmodligen varit det faktum, att det redan i den ursprungliga anläggningen fanns en elektrisk varmvattenberedare, som dessutom hade en stor ackumulatorvolym. Eftersom det är en totalentreprenad har entreprenörerna fallit för frestelsen att utnyttja befintlig varmvattenberedare både som ackumulator och reservberedare vid driftstörningar.

Av anbudsunderlaget framgår att båda entreprenörerna (värmepumpleverantörerna) förutsätter en täckningsgrad på 100%. Av fig 5.1 t o m 5.3 framgår att verkligheten blev annorlunda. Ingen av värmepumparna har klarat denna målsättning.

Varför blev resultatet så dåligt?

Det finns många orsaker

- ingen personal hos fastighetsbolaget var från början avdelad för skötseln
- den personal som senare tillsattes hade ingen specialutbildning
- värmepumparna på yttertak var alltför otillgängliga
- inga fungerande larmanordningar förutom hyresgästerna
- de många klagomålen från hyresgästerna i början gjorde att fastighetspersonalen helt tappade motivation för uppgiften
- anläggningen var från början dåligt systemanpassad och av flera orsaker har anläggningen inte åtgärdats på rätt sätt
- dålig eller ingen skiktning i ackumulatortanken.

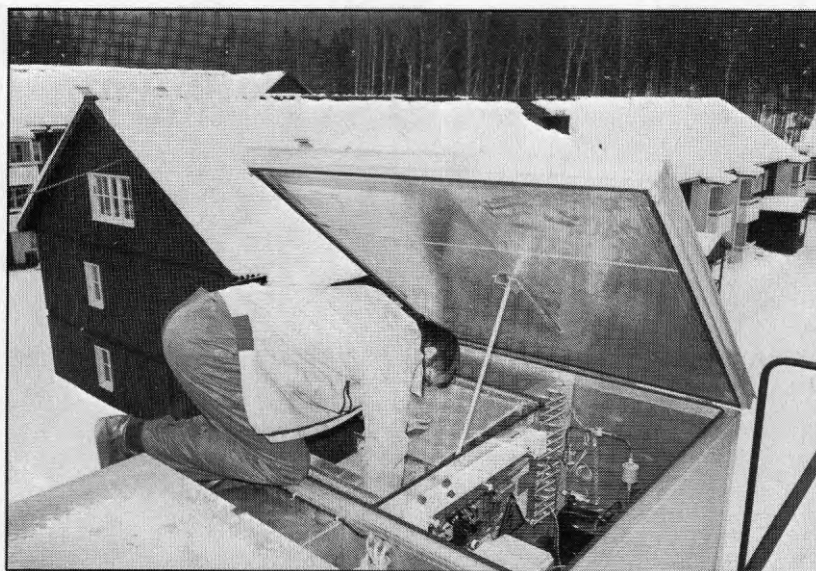


Fig 5.4 Man måste ha förståelse för personalen som klagat på arbetsförhållandena här uppe på taken.

5.5 Ackumulator och reservvärme i samma tank

Dessa värmepumpar, som arbetar med R22, lämnar inte med bibehållen ekonomi värmebärarvatten med högre temperatur än $+55^{\circ}\text{C}$. Eftersom rambeskrivningen föreskriver indirekt värmning av tappvarmvattnet blir vattnets temperatur knappast högre än $+50^{\circ}\text{C}$. Lägenhetsinnehavarna kan kräva *minst* $+45^{\circ}\text{C}$ vid tappstället som kanske motsvarar ca $47-48^{\circ}$ i ackumulatortanken. Marginalen mellan den temperatur, $+50^{\circ}\text{C}$ som värmepumpen ger och ackumulatortemperaturen $+48^{\circ}\text{C}$ när ev reservvärme skall kopplas in blir således mycket liten.

Entreprenören har försökt lösa problemet genom att flytta runt termostaterna i ackumulatortanken eller att ge dem större noggrannhet. Eftersom inte heller något spridarrör installerats för den "varma" anslutningen har termostaternas placering ingen större betydelse. Det är samma temperatur i hela ackumulatortanken.

Den minsta störning hos värmepumpen eller *den minsta felinställning hos någon termostat* får alltid till följd att reservelpatronerna i ackumulatortanken kopplas in. När dessa väl inkopplats värmer de upp vattnet i ackumulatortanken och slår alltså mer eller mindre ut värmepumpen. Fastighetsbolagets platspersonal som får klagomål på låg tappvarmvattentemperatur har inget annat val än att höja temperaturinställningen på den termostat som reglerar elpatronerna (tills reparatör anländer).



Fig 5.5 Den fastighetspersonal som dristar sig upp till värmepumparna har i alla fall en betagande utsikt.

5.6 Många driftstörningar

Tyvärr finns som tidigare nämnts ingen journal över värmepumparna i Bojsenburg. Under de två första åren gällde garantitiden. De två entreprenörerna svarade då för alla reparationer och trimningsåtgärder. Under den första tiden, kanske ett år eller mera fanns ingen fungerande larmutrustning, varför värmepumparna då kunde stanna av alla tänkbara orsaker, utan att felet observerades.

Under detta år registrerades driftstörningarna via MCE:s mätutrustning och rapporterades vidare till fastighetsbolaget. Det var otaliga driftavbrott eller låg tappvarmvattentemperatur. Med varje rapport bifogades en utskrift över registrerade mätdata i hopp om att anläggningarna skulle åtgärdas.

Registrerade fel

- otaliga problem med alltför låg tappvarmvattentemperatur och därtill hörande klagomål
- hög- och lågtrycksutlösningar på värmepumparna
- ett flertal havererade kompressorenheter, antalet okänt eftersom flera olika firmor svarat för reparationerna
- havererade cirkulationspumpar
- sönderfrysning av värmebärarsystem

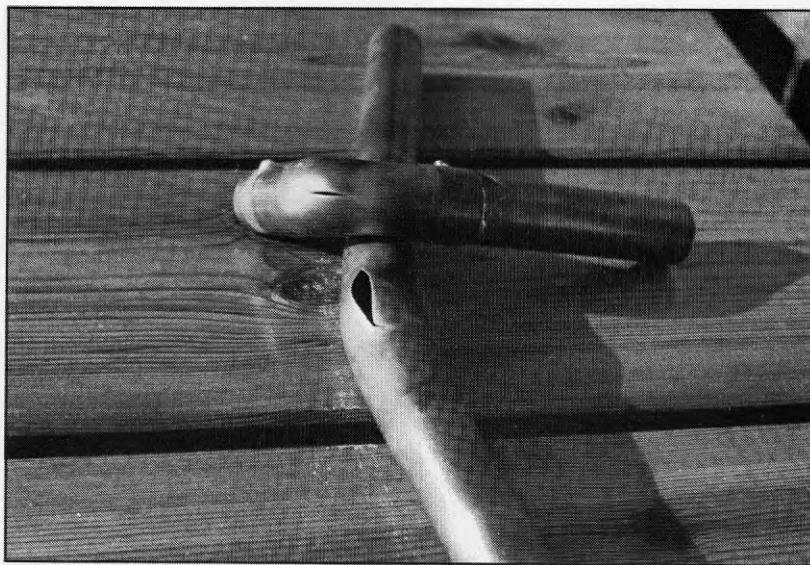


Fig 5.6 Här ses sönderfrosna rör från värmebärarsystemet som delvis passerar kallvinden. I början kördes systemen utan fryspunktsnedsättande medel.

Ett annat mycket stort problem har varit de långa perioder som värmepumparna fungerat dåligt eller stått helt stilla. Det har tagit månader innan i vissa fall enkla fel upptäckts eller åtgärdats. Det torde vara en kombination av dåliga larmsystem och bristande intresse.

Ett inte unikt exempel från hus 4 under 1985 kan visa på en stor del av orsaken till dåliga driftdata i anläggningen.

Veckorna 524 t o m 528 har värmepumpen en felaktig drift och stannar vecka 528 definitivt. I vecka 548, dvs 20 veckor senare startas den upp igen! En värmepump fordrar bättre tillsyn än så!

5.7 En elektrisk varmvattenberedare skulle räcka

Den efterföljande redovisningen av driftdata i kap 6 utgår ifrån betraktarens ögon, eftersom de förslag som debatterats under mätperioden inte genomförts! Det är dock mycket enkla åtgärder som behövs för att få en fullt godtagbar tillgänglighet i anläggningen och därmed god täckningsgrad.

En elektrisk varmvattenberedare skall då inkopplas som reserv- och spetsvärmekälla enligt fig 4.3 och 4.4. Man kan då sänka värmepumparnas kondenserings-temperatur några grader, och ev låta den elektriska eftervärmaren höja varmvattentemperaturen någon grad. Visserligen blir inte täckningsgraden 100 %-ig, men

- värmepumparnas drifttid minskar
- värmefaktorn ökar
- kompressorernas livslängd ökar väsentligt.

De elpatroner som finns i den gamla varmvattenberedaren (ackumulatören) skall endast kopplas in manuellt vid långvariga driftstopp eller reparationer.

6 MÄTRESULTAT

6.1 Klimatdata

Registrering av utetemperaturen har skett under hela mätperioden. I nedanstående tabell redovisas resultatet jämfört med statistik från SMHI, station Falun.

Tabell 6.1 Uppmätta klimatdata i Bojsenburg, Falun samt graddagsstatistik från SMHI.

År /mån	Utomhus temp °C			Eldn dagar BOJ	Graddagar	
	min	max	medel		BOJ	SMHI
1984/07	7,9	27,8	15,4	0	0	0
08	2,8	26,2	15,4	2	17	16
09	-1,5	20,9	9,1	28	228	234
10	-2,3	14,6	7,2	30	300	316
11	-7,4	12,7	1,5	30	465	473
12	-8,3	8,0	-0,7	31	548	558
1985/01	-31,3	0,7	-12,4	31	912	924
02	-30,5	1,4	-14,2	28	875	885
03	-18,5	6,8	-2,9	31	618	604
04	-13,7	11,6	1,7	30	457	470
05	-1,4	28,5	9,8	16	177	194
06	2,8	28,8	15,0	4	33	45
07	6,1	28,0	16,5	0	0	0
08	4,4	24,8	15,0	0	0	6
09	-0,9	16,4	9,0	24	206	244
10	-4,0	19,6	6,9	28	305	329
11	-13,0	6,7	-2,3	30	579	600
12	-25,3	6,9	-9,8	31	831	844
1986/01	-29,8	1,6	-8,6	31	794	806
02	-30,6	3,6	-11,1	28	786	788
03	-17,4	8,8	0,2	31	520	538
04	-10,7	15,3	1,2	30	473	486
05	0,4	24,1	12,2	3	23	40
06	3,7	33,9	17,4	0	0	0
07	7,0	29,6	16,8	0	0	0
08	1,8	22,4	12,1	9	115	71
09	2,5	11,5	7,4	29	277	309
10	-4,5	18,4	5,9	31	345	368
11	-5,4	11,5	3,6	30	403	425
12	-26,7	9,1	-3,9	31	649	672
År 1986	-30,6	33,9	4,2	253	4385	4503

Mätdata fram t o m febr -85 härrör från MCE:s mätningar på Lugnet i Falun, eftersom temperaturgivaren i Bojsenburg då visade felaktiga värden.

Graddagar beräknade enligt av Kungl Byggnadsstyrelsen fastställda regler efter temperaturgränsen $+17^{\circ}\text{C}$.
(1 graddag = 86400 kelvinsekunder)

Eldningsgräns dygnsmedeltemperatur:

- april	$+12^{\circ}\text{C}$
- maj-juli	$+10^{\circ}\text{C}$
- aug	$+11^{\circ}\text{C}$
- sept	$+12^{\circ}\text{C}$
- okt	$+13^{\circ}\text{C}$

Tabell 6.2 Utomhustemperatur för Falun (period 1951-80), graddagar under normalår för Falun (period 1961/62-1978/79), normala antalet eldningsdygn samt antalet graddagar 1986 i Falun enl SMHI
Källa: SMHI

Mån	Medel temp $^{\circ}\text{C}$ 1951-80	Grad dagar 1961-79	Eldnings dagar 1961-79	Grad dagar 1986
01	-7,4	749	31	806
02	-7,4	686	28	788
03	-2,5	599	31	538
04	3,0	421	30	486
05	9,3	179	19	40
06	14,7	13	3	0
07	15,9	2	1	0
08	14,6	15	4	71
09	10,0	186	26	309
10	5,1	364	31	368
11	-0,6	532	30	425
12	-4,8	705	31	672
ÅR	4,2	4451	265	4503

- I tabell 6.2 beräknas dygnsmedeltemperaturen som ett viktat medelvärde av de temperaturavläsningar som skett kl 07, kl 13 och kl 19. I tabell 6.1 beräknas den däremot som ett medelvärde av 5-minuters registreringar för hela dygnet.
- I tabell 6.1 och 6.2 beräknas graddagar identiskt, dock baseras eldningsgränsen och graddagarna i resp tabell på dygnsmedelvärden beräknade så som angetts ovan.

- Eldningsdagar i tabell 6.2 är angivna som uppskattade medelvärden. I tabell 6.1 däremot anges de eldningsdagar som legat till grund för resp graddagsberäkning (månadsvärde).

6.2 Definition av mätdata

De mätdata som presenteras i tabeller och diagram i denna rapport utgår från nedanstående definitioner:

<i>Drift VP</i> <i>KD23</i>	drifttiden i % av total tid
<i>TVV-förbrukn</i> <i>FV411</i>	tappvarmvattenförbrukning totalt angivet i m ³
<i>TVV-energi</i> <i>EV410</i>	energiuttag för tappvarmvattenförbrukning totalt VVC-förluster ingår ej
<i>Energi från VP</i> <i>EV310</i>	nettoenergi från värmepump till tappvarmvattensystemet
<i>El till VP</i> <i>EE21-k_A</i>	elenergi (brutto) till värmepump $k_A = \text{el till FF1 (endast hus 4-7)}$
<i>El till patr</i> <i>EE321+EE322</i>	elenergi till elpatroner i befintlig VV-beredare
<i>El till hjälpm</i> <i>EE22+k_B</i>	elenergi till pumpar samt tillkommande elenergi till fläktar $k_B \text{ hus 1,2,3,8} = \text{uppmätt till FF1}$ $k_B \text{ hus 4,5,6,7} = \text{tillkommande elenergi till FF1}$
<i>Värmefakt COP.vp</i>	värmefaktor för värmepumpar som enhet = $EV310/EE21-k_A$
<i>Värmefakt COP.syst</i>	värmefaktor för hela systemet jämfört med enbart elpatroner = $EV310 + \text{el till elpatroner/el till VP} + \text{el till hjälpmaskiner} + \text{el till elpatroner}$
<i>Låg TVV-temp %</i>	anger i % hur lång tid som temp på utgående TVV varit <45°C
<i>Täckn grad %</i>	värmepumpens andel av värmeenergi för TVV-beredning
<i>Systemförluster %</i>	beräknas som skillnaden mellan totalt tillförd energi (via VP och elpatr) och utnyttjad energi (TVV) dividerad med utnyttjad energi.

FIG 6. 1 DYGNSMEDELVÄRDEN PERIODEN - 860303 T O M - 860406

Bojsenburg HUS 1 - 10 LGH, HELPAC (65-an)

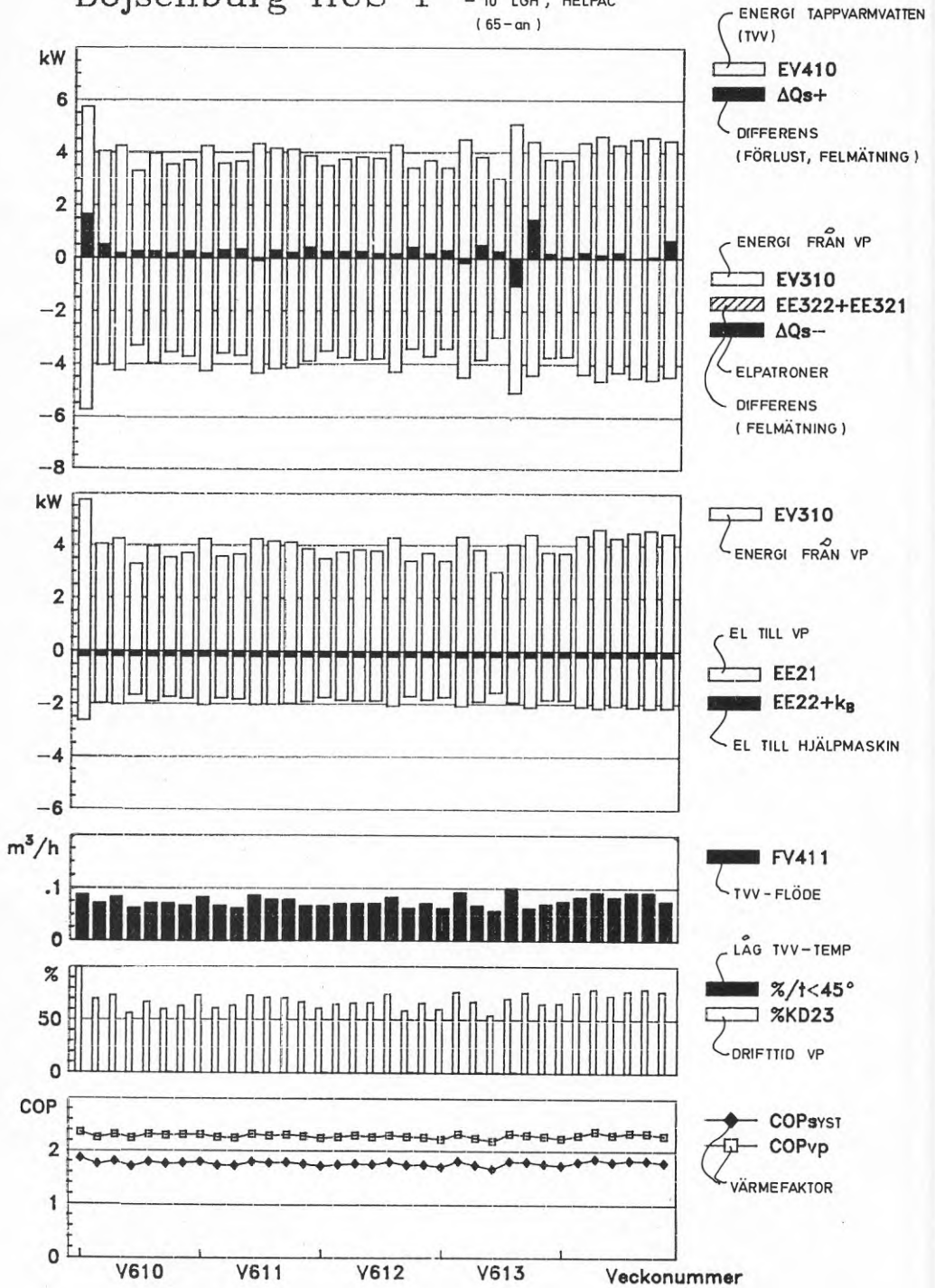


FIG 6.2 DYGNSMEDELVÄRDEN PERIODEN -860303 T O M -860406

Bojsenburg HUS 2

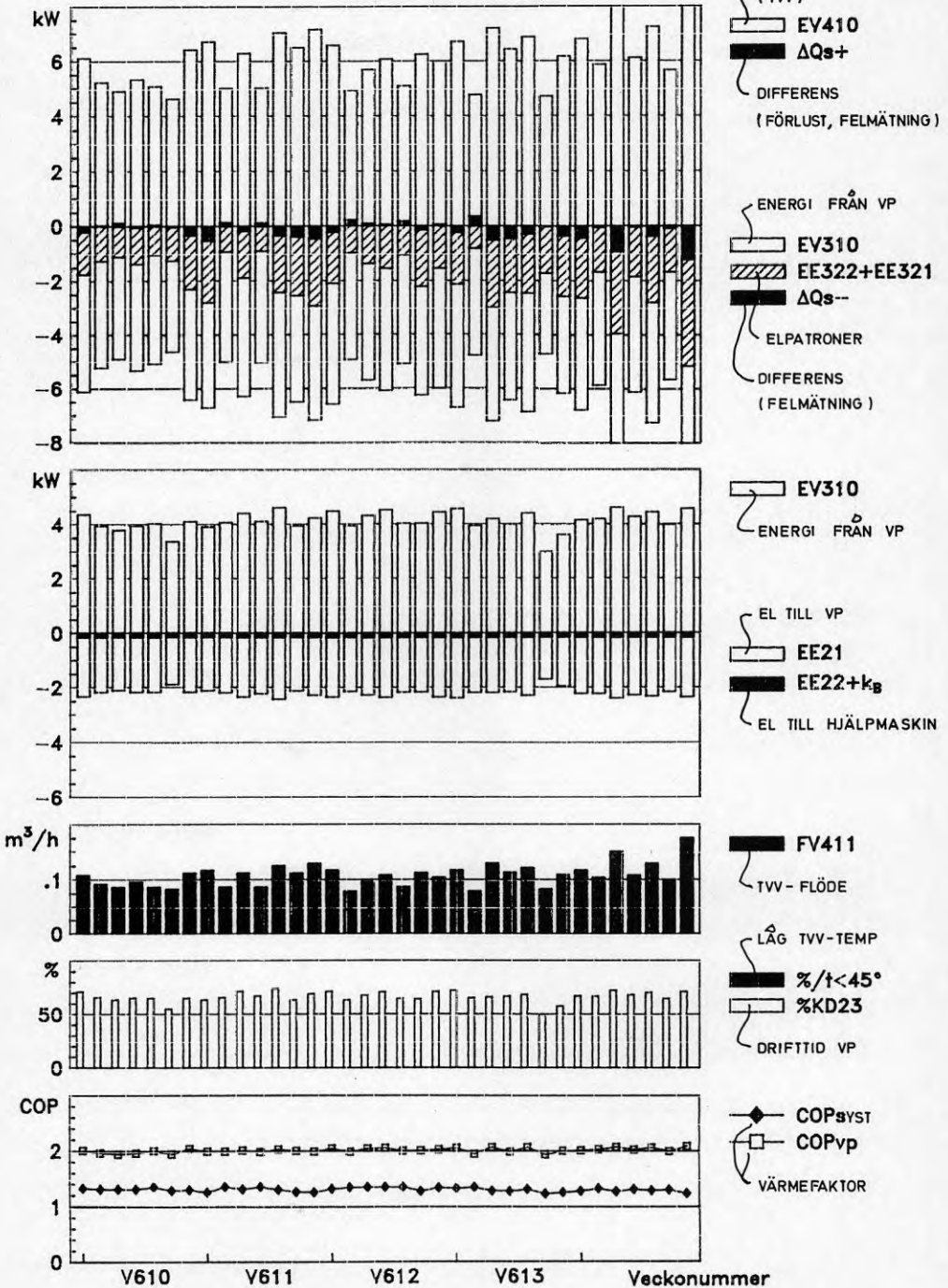
- 14 LGH, HELFAC
(63- an)

FIG 6.3 DYGNSMEDELVÄRDEN PERIODEN -860303 T O M -860406

Bojsenburg HUS 3

- 10 LGH, HELPAC
(61-an)

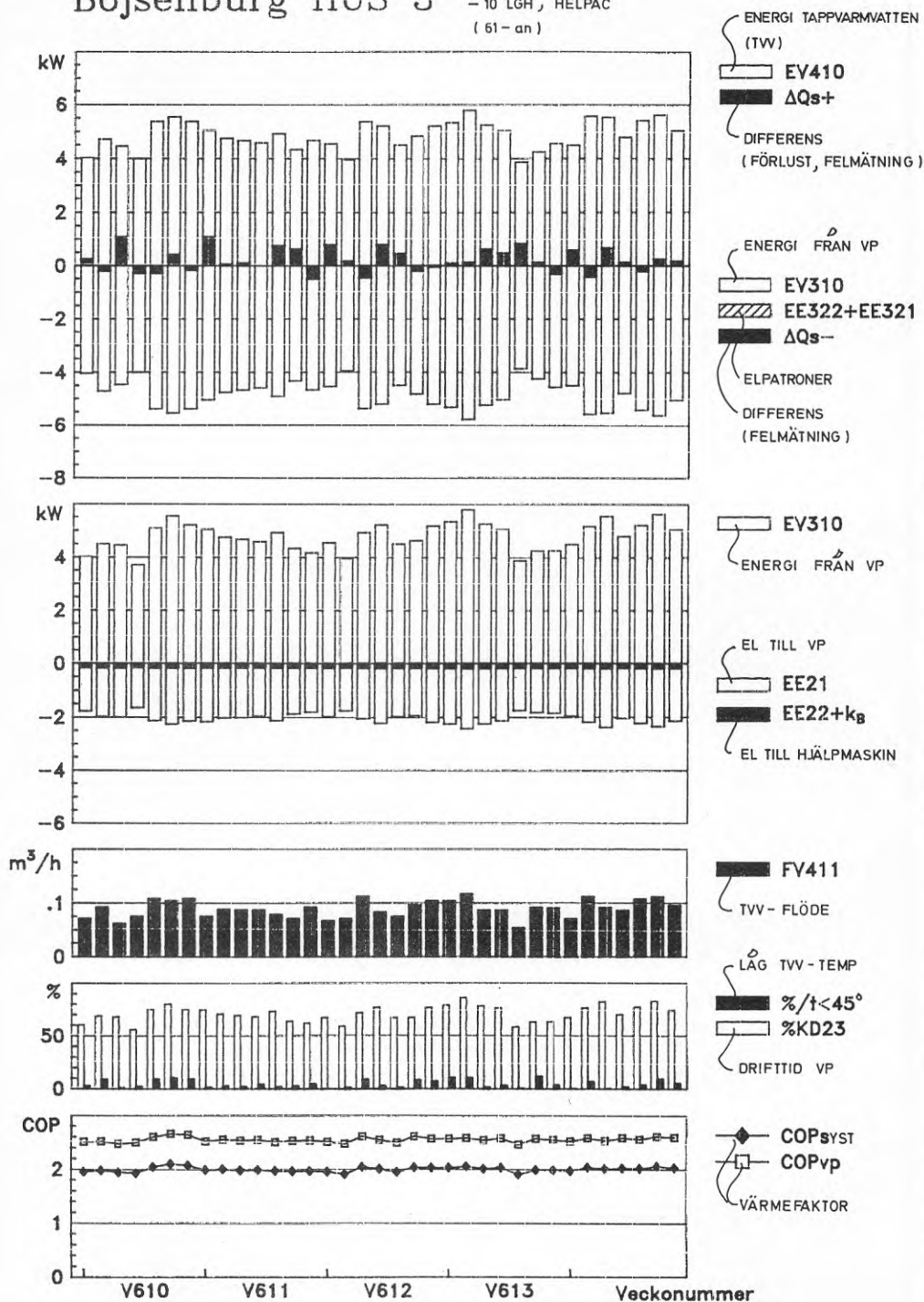


FIG 6. 4 DYGNSMEDELVÄRDEN PERIODEN -860303 T O M -860406

Bojsenburg HUS 4

1/4 LGH, PARCA, (67-an)

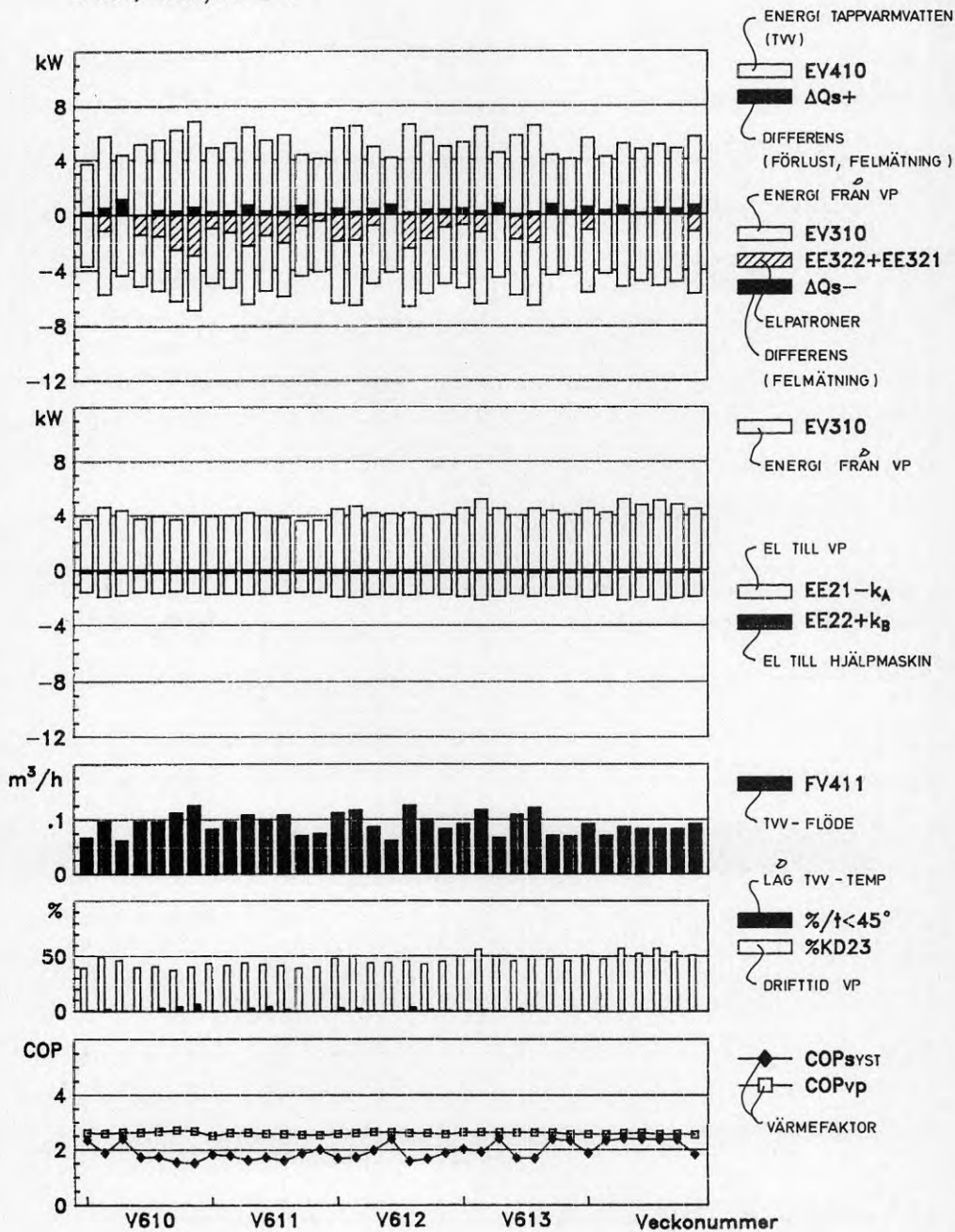


FIG 6. 5 DYGNMEDELVÄRDEN PERIODEN -860303 T O M -860406

Bojsenburg HUS 5

14 LGH, PARCA, (57-an)

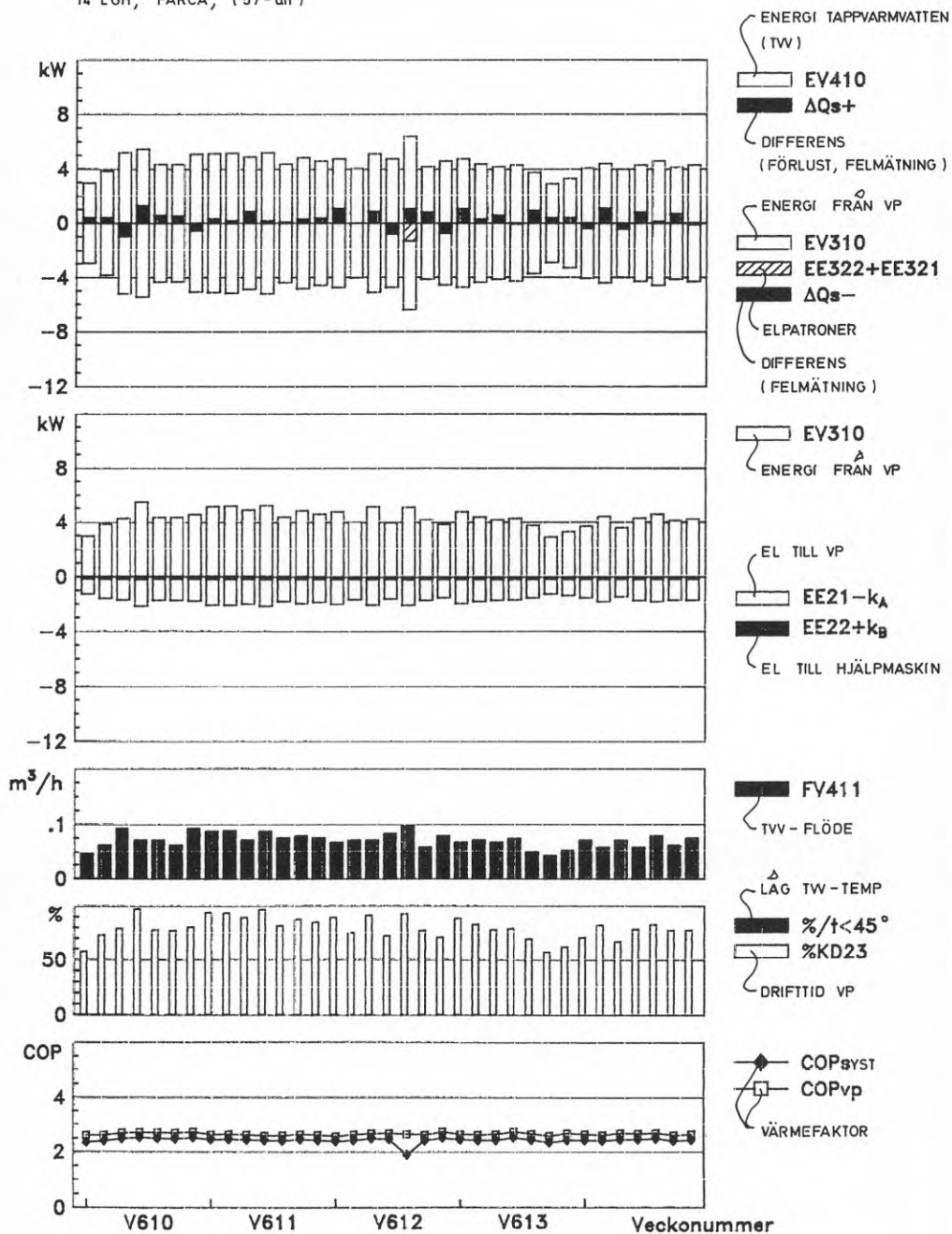


FIG 6. 6 DYGNSMEDELVÄRDEN PERIODEN -860303 T O M -860406

Bojsenburg HUS 6

19 LGH, PARCA, (55-an)

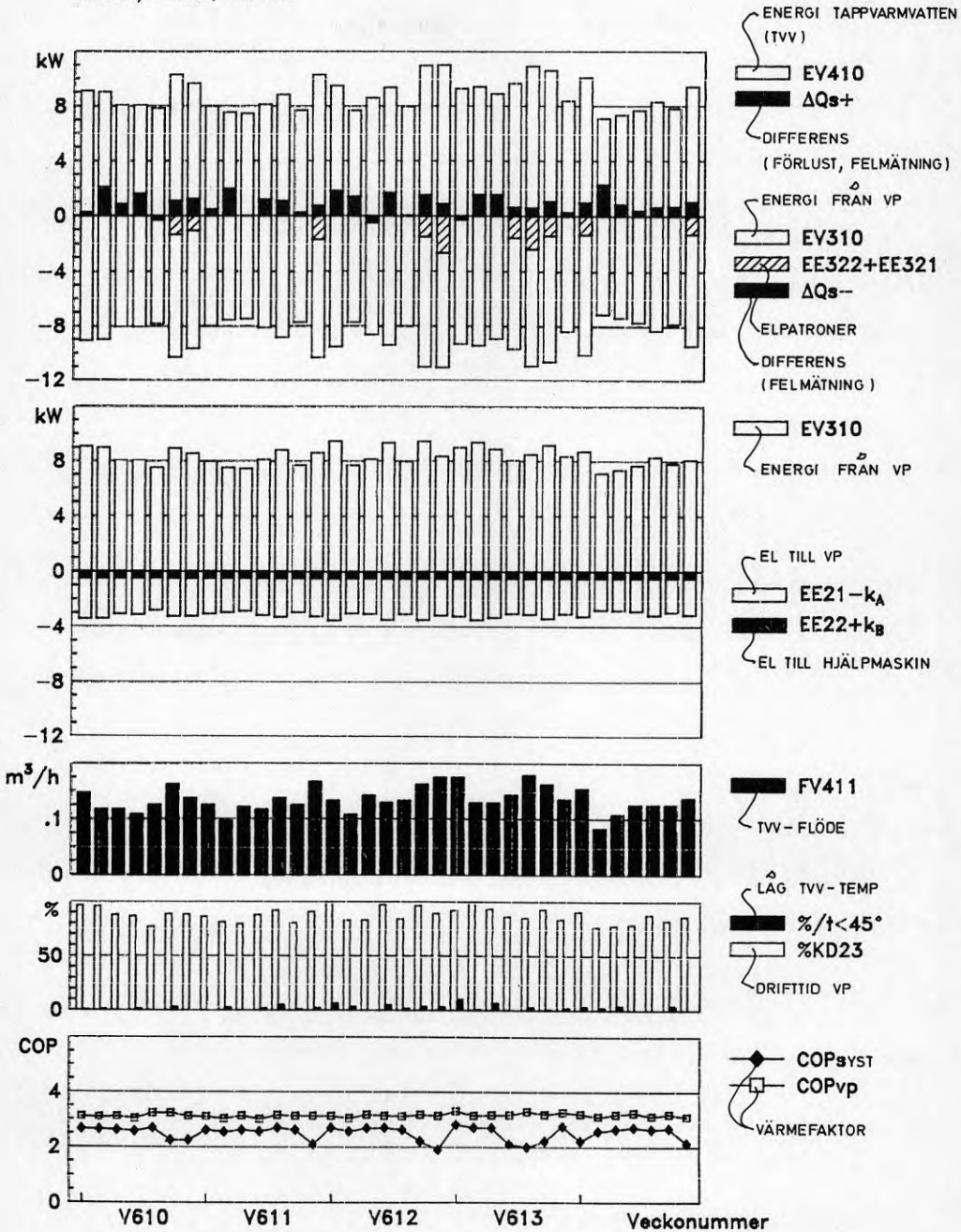


FIG 6. 7 DYGNSMEDELVÄRDEN PERIODEN -860303 TOM -860406

Bojsenburg HUS 7

10 LGH, PARCA, (53-an)

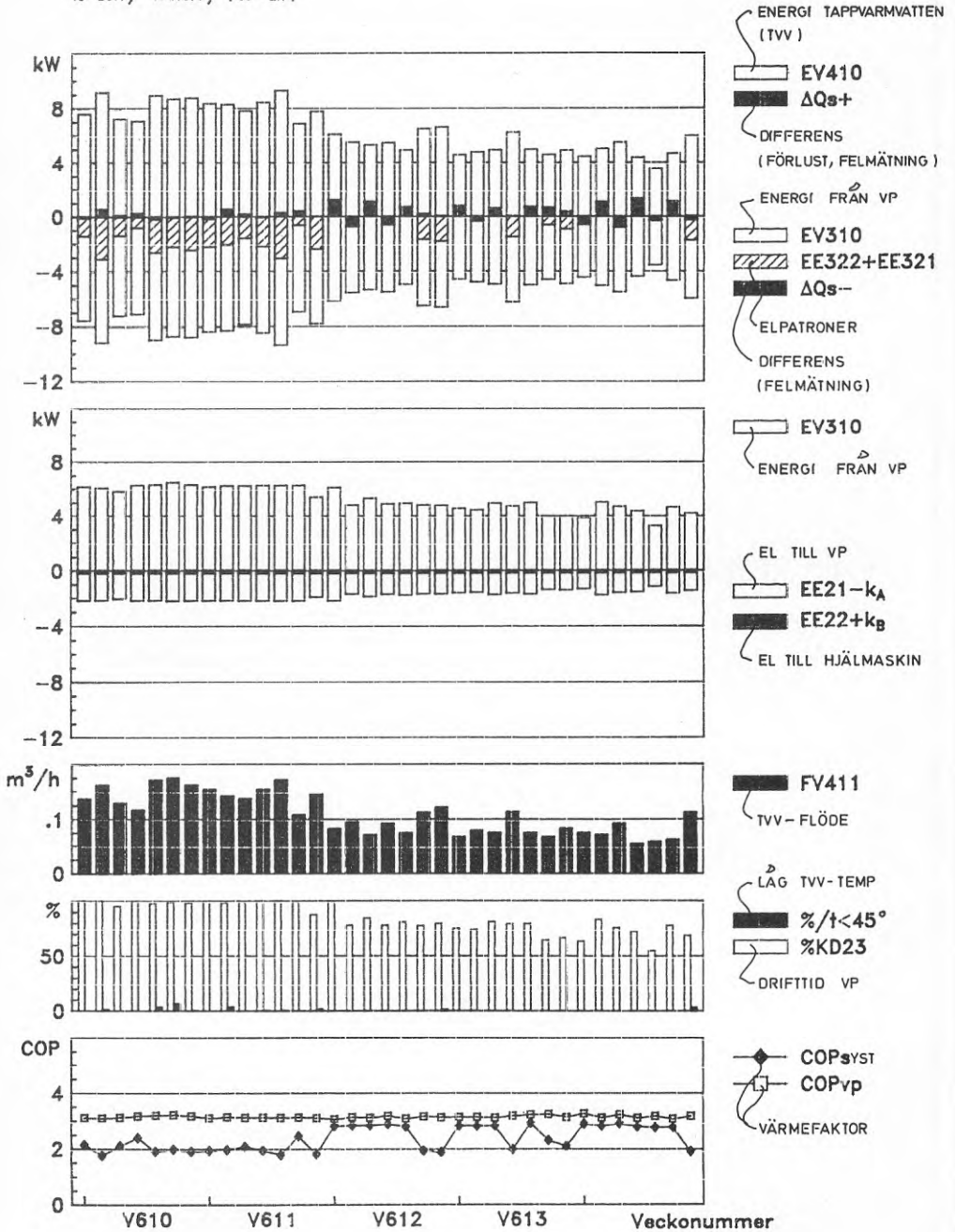
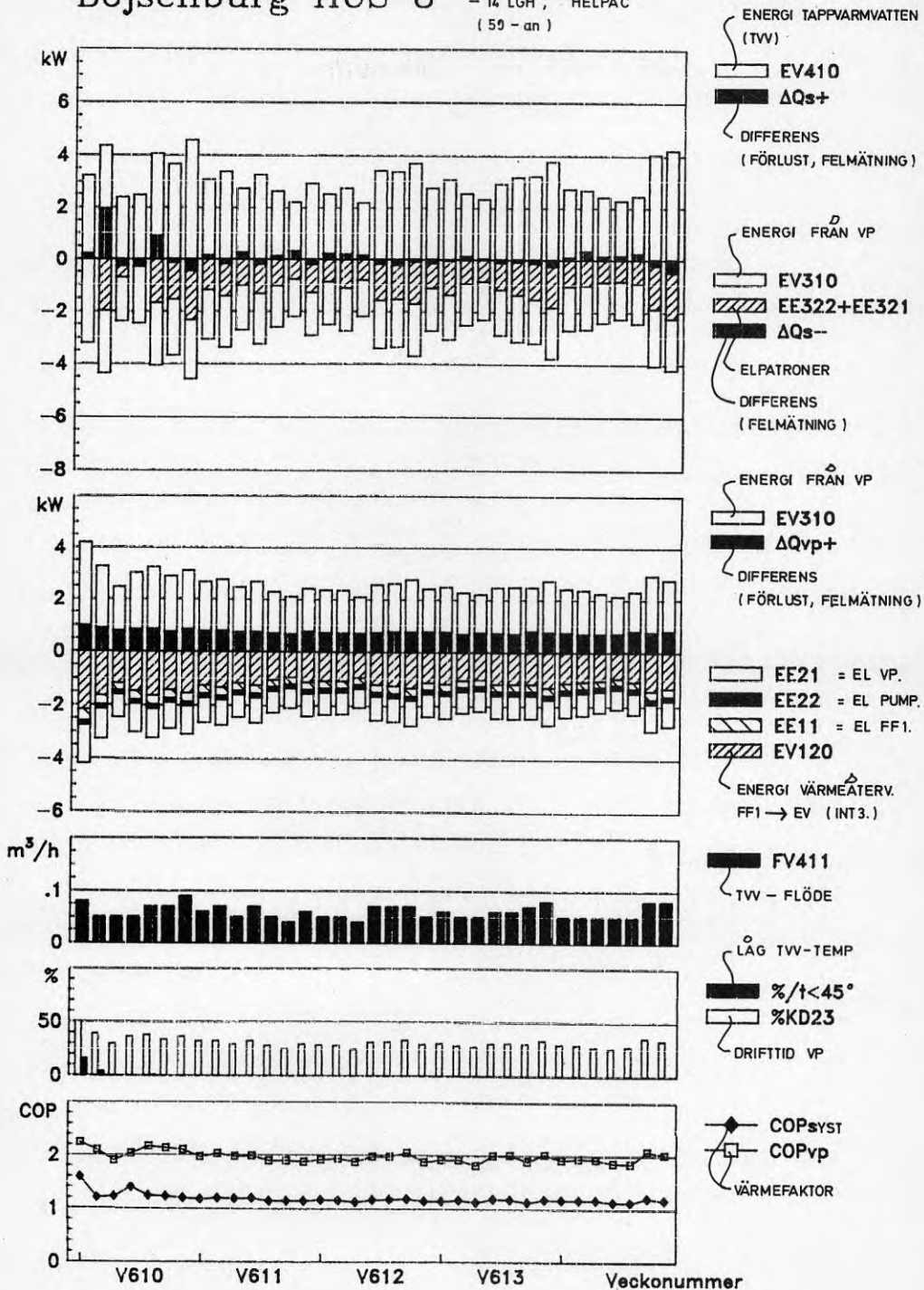


FIG 6. 8 DYGNSMEDELVÄRDEN PERIODEN -860303 T O M -860406

Bojsenburg HUS 8

- 14 LGH, HELPAC
(59 - an)



6.3 Energidata 1986 blir referens

I fig 5.1 t o m 5.3 visas översiktligt värmepumpars driftdata för perioden okt -84 t o m dec -86. I huvudsak kommer mätdata fortsättningsvis att redovisas för 1986. Som framgår av ovannämnda figurer gynnar detta i viss mån värmepumparna för direktförångning i hus 4 t o m 7, som har avsevärt bättre driftdata under 1986 än 1985. Motsvarande förbättringar har inte skett för värmepumparna i hus 2, 3 och 8 (indirekt förångning).

Den direkta anledningen att välja 1986 för en detaljerad presentation av mätdata är, att mätutrustningen under detta år fungerat utan avbrott och att alla mätpunkter registrerats med likvärdiga villkor under hela året.

6.4 Dygnsmedelvärden som stapeldiagram

I stapeldiagram på föregående sidor redovisas mätdata för samtliga åtta hus perioden 1986-03-03 t o m 1986-04-06. Perioden har valts bl a utifrån bilderna i fig 5.1 t o m 5.3 efter dessa urvalskriterier:

- normal vattenförbrukning
- bästa möjliga täckningsgrad
- alla värmepumpar i drift hela perioden
- inget avbrott i mätningarna

Man kan givetvis välja olika perioder för olika värmepumpar och på så sätt välja de "bästa" bitarna. För jämförelsen mellan olika pumpar bör dock en gemensam period vara att föredra. Vid den ekonomiska värderingen jämförs samtliga hus under hela år 1986. På så sätt blir driftresultaten mera jämförbara.

Av fig 5.1 t o m 5.3 framgår att år 1985 var näst intill ett "förlorat år" med många och i vissa fall långa stopp för samtliga värmepumpar.

Definition av mätdata i stapeldiagram framgår av kap 6.2. Observera att definitionen av "el till hjälpmaskiner" skiljer sig något från de data som redovisas i tabeller och övriga diagram i rapporten.

Av stapeldiagrammen framgår bl a att

- värmepumparnas drifttid är förvånansvärt lång, för hus 5, 6 och 7 t ex upp till 100 % vissa dygn.
- skillnaden mellan COP.vp och COP.syst är avsevärt större vid indirekt förångning än vid direktförångning, - observera att skalan för COP är olika för hus 4 t o m 7 och de övriga.

- COP.syst är "otillåtet" låg för hus 2 och 8, det finns med denna drift ingen anledning att överhuvudtaget köra dessa värmepumpar.
- låg tappvarmvattentemperatur förekommer ofta i hus 3, 4 och 6 - 10% av dygnets 24 timmar med detta förhållande är helt oacceptabelt.
- tappvarmvattenförbrukningen i hus 7 är i början av månaden 4-5 m³/dygn för 10 lägenheter dvs 400-500 l/dygn och lägenhet!!

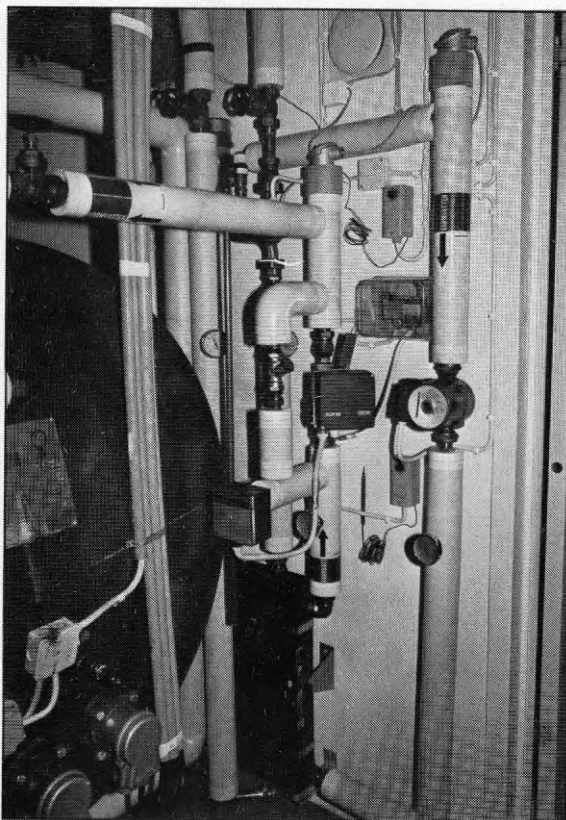


Fig 6.9

Del av rörkoppling i hus 8 med ackumulatortill vänster och tappvarmvärmaren mot väggen bakom ackumulatort.

6.5 Månadsvärden för energidata 1986

I nedanstående tabeller redovisas mätvärden för samtliga åtta hus som försetts med värmepumpar. Av utrymmesskäl saknas mätvärdet "El till VP", men detta värde redovisas i årssammanställningen i kap 6.6 och kan dessutom lätt beräknas månadsvis via mätvärdena EV310/COP.vp.

Tabell 6.3 Månadsvärden 1986 - Hus 1, "65-an"

Mån	Drift tid %	Flöde TVV M3	Energi			COP	
			TVV MWh	fr VP MWh	patr MWh	.vp -	.syst -
01	63	48	2,4	2,6	,0	2,2	1,7
02	70	48	2,4	2,6	,0	2,2	1,7
03	67	56	2,7	2,9	,0	2,3	1,8
04	71	58	2,9	3,0	,0	2,3	1,8
05	59	54	2,6	2,7	,0	2,4	1,8
06	45	45	2,0	2,2	,0	2,5	1,8
07	25	23	,9	1,2	,0	2,3	1,6
08	47	38	1,6	1,8	,0	2,0	1,5
09	47	40	1,8	2,0	,0	2,2	1,7
10	46	40	1,8	2,0	,0	2,2	1,7
11	47	37	1,7	1,9	,0	2,1	1,6
12	53	41	2,0	2,2	,0	2,2	1,7
1986	53	527	24,8	27,1	,0	2,2	1,7

Tabell 6.4 Månadsvärden 1986 - Hus 2, "63-an"

Mån	Drift tid %	Flöde TVV M3	Energi			COP	
			TVV MWh	fr VP MWh	patr MWh	.vp -	.syst -
01	75	82	4,3	3,2	1,0	1,9	1,3
02	60	67	3,9	2,3	1,4	1,9	1,2
03	66	77	4,4	3,0	1,2	2,0	1,3
04	66	77	4,4	3,0	1,3	2,0	1,3
05	52	62	3,4	2,6	,9	2,1	1,4
06	52	68	3,4	2,5	1,0	2,1	1,3
07	52	57	2,8	2,3	,7	2,1	1,3
08	52	72	3,6	2,4	1,5	2,1	1,3
09	54	78	4,1	2,5	1,4	2,1	1,3
10	53	80	4,2	2,5	1,6	2,1	1,3
11	53	77	4,2	2,2	1,7	2,0	1,2
12	57	75	4,3	2,3	1,7	1,9	1,2
1986	58	872	47,0	30,8	15,3	2,0	1,3

Tabell 6.5 Månadsvärden 1986 - Hus 3, "61-an"

Mån	Drift tid %	Flöde TVV M3	Energi			COP	
			TVV MWh	fr VP MWh	patr MWh	.vp -	.syst -
01	64	62	3,3	3,2	,5	2,7	1,8
02	63	50	2,5	3,0	,1	2,7	2,1
03	68	63	3,2	3,4	,0	2,5	2,0
04	42	73	3,8	2,0	2,0	2,4	1,3

05	21	55	2,7	1,0	1,9	2,4	1,6
06	20	48	2,2	1,0	1,4	2,3	1,2
07	14	32	1,4	,7	,9	2,3	1,2
08	38	44	1,8	2,0	,1	2,7	1,9

09	50	60	2,5	2,5	,2	2,7	1,9
10	49	65	2,7	2,5	,4	2,8	1,8
11	43	54	2,3	2,1	,5	2,7	1,7
12	42	54	2,4	2,0	,6	2,7	1,6

1986	43	660	30,8	25,4	8,6	2,6	1,6

Tabell 6.6 Månadsvärden 1986 - Hus 4, "67-an"

Mån	Drift tid %	Flöde TVV M3	Energi			COP	
			TVV MWh	fr VP MWh	patr MWh	.vp -	.syst -
01	45	73	3,8	3,0	1,1	2,5	1,9
02	49	68	3,6	2,9	1,0	2,5	1,9
03	44	70	3,7	3,1	,9	2,6	2,0
04	53	65	3,5	3,4	,4	2,6	2,4

05	3	74	3,2	,2	3,2	-	1,1
06	16	80	3,3	1,4	2,1	3,2	1,4
07	41	71	3,4	3,5	,0	2,8	3,1
08	46	67	3,3	3,6	,0	2,7	2,9

09	53	61	3,2	3,6	,0	2,5	2,7
10	57	50	2,4	3,6	,0	2,4	2,6
11	67	44	2,2	3,5	,0	2,2	2,4
12	83	52	2,6	2,8	1,1	1,8	1,5

1986	46	775	38,5	34,5	9,9	2,5	2,0

Tabell 6.7 Månadsvärden 1986 - Hus 5, "57-an"

Mån	Drift tid %	Flöde TVV M3	Energi			COP	
			TVV MWh	fr VP MWh	patr MWh	.vp -	.syst -
01	81	50	2,8	3,1	,1	2,6	2,8
02	83	45	2,5	2,7	,1	2,5	2,5
03	80	53	3,0	3,2	,0	2,6	2,9
04	76	48	2,7	3,0	,0	2,6	2,9

05	58	49	2,8	3,0	,0	3,2	3,7
06	44	37	2,1	2,3	,0	3,4	4,2
07	43	30	1,9	2,3	,0	3,4	4,2
08	50	22	2,1	2,5	,0	3,2	3,8

09	70	39	2,8	3,2	,0	3,0	3,4
10	73	39	3,0	3,3	,0	2,9	3,3
11	81	47	3,0	3,4	,0	2,8	3,1
12	82	25	3,1	3,2	,3	2,6	2,5

1986	68	484	31,9	35,0	,5	2,8	3,1

Tabell 6.8 Månadsvärden 1986 - Hus 6, "55-an"

Mån	Drift tid %	Flöde TVV M3	Energi			COP	
			TVV MWh	fr VP MWh	patr MWh	.vp -	.syst -
01	92	94	5,5	5,7	,4	3,0	2,3
02	93	84	4,9	5,0	,5	2,9	2,2
03	89	102	6,0	6,3	,4	3,1	2,4
04	81	84	5,0	5,5	,1	3,1	2,5

05	58	84	4,6	5,1	,0	3,6	2,9
06	44	66	3,5	3,9	,0	3,9	2,9
07	42	66	3,4	3,9	,0	3,9	2,9
08	52	77	4,0	4,3	,0	3,6	2,8

09	64	80	4,7	5,1	,0	3,7	3,0
10	69	84	4,9	5,3	,0	3,5	2,9
11	71	73	4,3	4,7	,0	3,6	2,7
12	83	70	4,1	4,5	,0	2,6	2,2

1986	70	966	54,9	59,3	1,5	3,3	2,6

Tabell 6.9 Månadsvärden 1986 - Hus 7, "53-an"

Mån	Drift tid %	Flöde TVV M3	Energi			COP	
			TVV MWh	fr VP MWh	patr MWh	.vp -	.syst -
01	97	100	5,4	4,2	1,3	3,0	2,2
02	99	93	5,0	3,8	1,3	3,0	2,1
03	88	87	4,8	4,1	,9	3,1	2,6
04	78	61	3,5	3,5	,2	3,2	3,4

05	66	56	3,2	3,3	,0	3,4	4,7
06	48	43	2,3	2,5	,0	3,6	5,9
07	41	37	1,9	2,1	,0	3,6	6,8
08	59	54	2,8	2,9	,0	3,4	4,9

09	62	51	2,6	2,8	,0	3,3	4,7
10	66	55	2,9	3,1	,0	3,2	4,5
11	70	54	2,9	3,0	,0	3,2	4,3
12	79	59	3,2	3,4	,0	3,0	3,9

1986	71	750	40,5	38,8	3,8	3,2	3,3

Tabell 6.10 Månadsvärden 1986 - Hus 8, "59-an"

Mån	Drift tid %	Flöde TVV M3	Energi			COP	
			TVV MWh	fr VP MWh	patr MWh	.vp -	.syst -
01	66	51	2,5	3,0	,0	2,2	1,6
02	63	44	2,3	2,6	,0	2,2	1,6
03	32	45	2,2	1,4	,8	2,0	1,2
04	29	45	2,2	1,3	,9	2,0	1,2

05	29	55	2,6	1,3	1,1	2,1	1,2
06	22	46	2,2	1,1	,9	2,3	1,2
07	24	48	2,2	1,2	,9	2,2	1,2
08	27	50	2,3	1,2	1,0	2,1	1,2

09	33	60	2,8	1,5	1,1	2,2	1,2
10	34	62	2,9	1,6	1,2	2,2	1,2
11	43	67	3,3	1,9	1,2	2,2	1,3
12	53	71	3,6	2,3	1,1	2,2	1,3

1986	38	643	31,0	20,2	10,2	2,2	1,3

6.6 Årssammanställning energidata 1986

Tabell 6.11 Driftdata 1986, indirekt förångning.
Värmepumpar fabrikat Helpac.

Driftdata	Hus 1 10 lgh	Hus 2 14 lgh	Hus 3 10 lgh	Hus 8 14 lgh	Tot Helpac M/S *)	
Drift %	53	58	43	38	48	M
TVV-förbrukn M3	527	872	660	643	2702	S
TVV-energi MWh	24,8	47,0	30,8	31,0	133,7	S
Energi VP MWh	27,1	30,8	25,4	20,2	103,5	S
El till VP MWh	12,1	15,2	9,8	9,4	46,5	S
El patroner MWh	0	15,3	8,6	10,2	34,1	S
El hjälpm MWh	3,8	5,6	3,2	4,2	16,8	S
COP.vp	2,2	2,0	2,6	2,2	2,2	S
COP.syst	1,7	1,3	1,6	1,3	1,4	S
Låg TVV-temp %	0	1	7	1	2	M
Täckn grad %	100	67	73	66	77	M
Systemförlust %	8	-2	10	-2	-	
COP.vp förstudie	3,2	3,2	3,2	3,2	-	

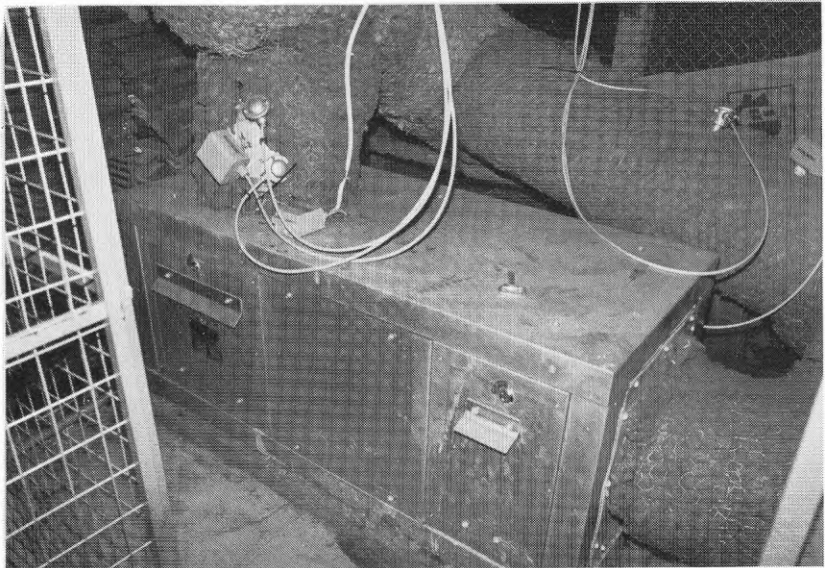


Fig 6.10 Det råder ingen tvekan om att elförbrukningen för VÅ-aggregaten kraftigt försämrar det ekonomiska resultatet.

Tabell 6.12 Driftdata 1986, direktförångning.
Värmepumpar fabrikat Parca.

Driftdata	Hus 4 14 lgh	Hus 5 14 lgh	Hus 6 19 lgh	Hus 7 10 lgh	TotParca M/S *)
Drift %	46	68	70	71	64 M
TVV-förbrukn M3	775	484	966	750	2975 S
TVV-energi MWh	38,5	31,9	54,9	40,5	165,8 S
Energi VP MWh	34,5	35,0	59,3	38,8	167,6 S
El till VP MWh	14,0	12,4	17,9	12,1	56,4 S
El patroner MWh	9,9	0,5	1,5	3,8	15,7 S
El hjälpm MWh **)	-1,3	-1,5	4,1	-3,1	-1,8 S
COP.vp	2,5	2,8	3,3	3,2	3,0 S
COP.syst	2,0	3,1	2,6	3,3	2,6 S
Låg TVV-temp %	17	0	1	0	5 M
Täckn grad %	78	99	97	91	91 M
Systemförlust %	15	11	11	5	-
COP.vp förstudie	4,1	4,1	3,7	4,0	-

- *) M - avser medelvärde för alla hus
S - avser sumnavärde för alla hus
COP beräknat på sumnavärden

**) Elenergi till hjälpmaskiner (fläktar och pumpar) blir negativ i hus 4, 5 och 7. Normalt skall den nya frånluftfläkten FF1 dra mera elenergi än den gamla fläkt som den ersatt. Det behövs nämligen en större tryckuppsättning för att klara tryckfallet över filter och återvinningsbatteri (förångare).

I detta projekt har dock Parca kunnat installera fläktar med bättre verkningsgrad och något lägre luftflöde, så att den totala elenergiförbrukningen *minskat*, och dessutom minskat mera än den tillkommande elförbrukningen i pumparna P1 och P2. Det här förhållandet har naturligtvis en positiv inverkan på systemvärmefaktorn COP.syst i dessa hus.

Man kan naturligtvis inte generellt räkna med denna "gratis-effekt" vid installation av värmepumpar av denna typ, men man kan å andra sidan inte bortse från effekten, då detta projekt utvärderas.

I de stapeldiagram som redovisas i denna rapport, fig 6.1 t o m 6.8, har tillkommande elenergi för FF1 i hus 4, 5 och 7 antagits till 0 medan motsvarande post i hus 6 uppmätts till 0,3 kWh/h.

Kommentar värmefaktor COP.vp

Av tabell 6.11 och 6.12 framgår att värmefaktorn för hus 4-7 (Parca) är högre än hus 1, 2, 3 och 8 med värmepumpar för indirekt förångning (Helpac). Avvikelsen till de värden på COP.vp som förutsattes i förstudien (R97:1983) är dock i bägge fallen alltför stor.

De dåliga driftförhållanden som berörts i kap 5 samt låg förångningstemperatur vintertid och hög kondenseringstemperatur är naturligtvis orsak till den största delen av försämringen.

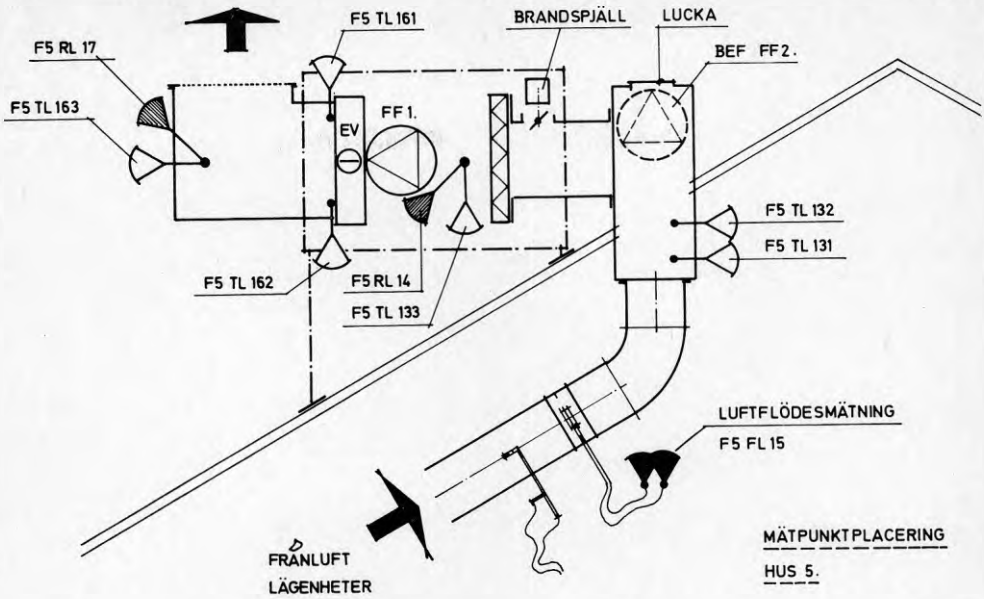
Kommentar systemförluster

Systemförlusterna i tabellen ger ett visst mått på dessa förluster men är genom sin relativa litenhet ett bättre mått på mätnoggrannheten (energiebalansen) i systemet.

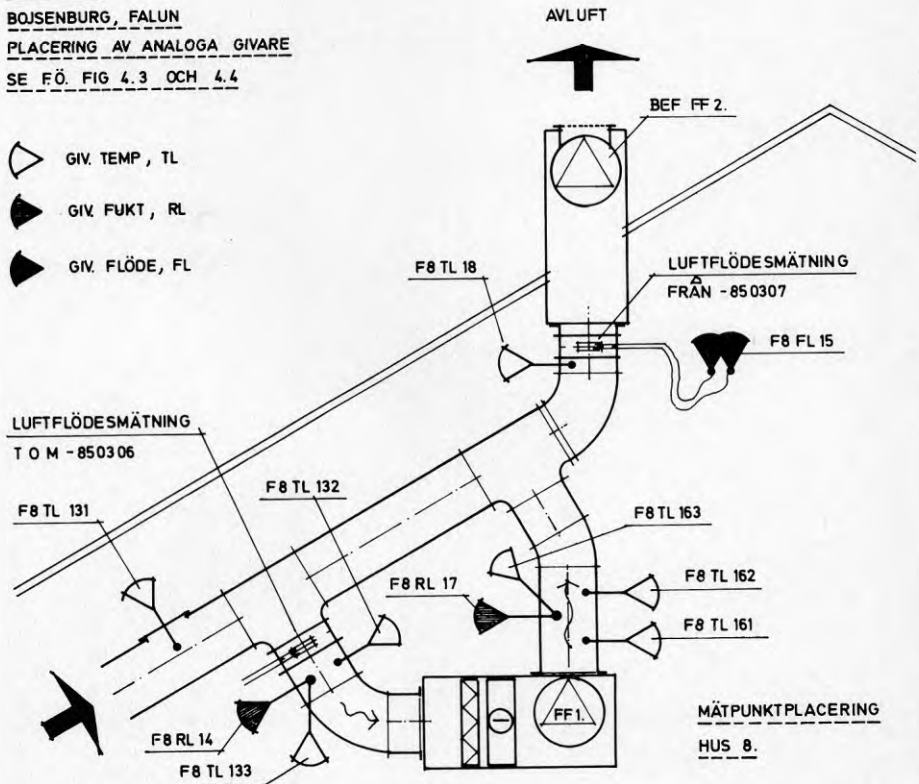
Om man antar att en systemförlust på 10% är rimlig framgår omedelbart var mätningarna fungerat bra och var dom fungerat dåligt. Orsaken till att mätningarna fungerat dåligt är inte svår att finna. På tappvarmvattensidan arbetar värmemängdsmätaren med en stor temperaturdifferens, (INT1). I laddningskretsen däremot (INT2) är temperaturdifferensen i många lägen alltför liten och därmed också noggrannheten.

Man kan därför på goda grunder anta att mätvärdena i hus 2 och 8 inte är helt korrekta. Energivärdena "energi från VP" borde förmodligen varit ca 12% högre och värmefaktorn därmed ca 0,2 enheter högre. Det är dock ingen avgörande skillnad.

Eftersom det inte existerar några parallellmätningar som kan verifiera ovanstående antagande presenteras i denna rapport de mätdata som uppmätts. Ett annat förfarande skulle vara oestetiskt av det skälet, att *alla* mätdata då skulle kunna manipuleras mer eller mindre.



FIGUR 6.11
BOJSENBURG, FALUN
PLACERING AV ANALOGA GIVARE
SE FÖ. FIG 4.3 OCH 4.4



6.7 Analoga mätningar hus 5 och 8

6.7.1 Dygnsvärden

I fig 6.11 visas placeringen av huvuddelen av de analoga givare som monterats i hus 5 och 8. Utöver dessa finns givare för tappvarmvattentemperaturen och köldmedietryck enligt fig 4.3 och 4.4.

De första fyra figurerna 6.13 t o m 6.16 visar dygnsvärden för hela februari 1986. De analoga givarna redovisas som dygnsmedelvärden, medan energimängder redovisas som summavärden för resp dygn.



Fig 6.12 Värmepumparna på yttertaken dominerar takbilden men har inte stört hyresgästerna sedan ljudhuvarna monterats på fläktutloppet.

FIG 6. 13 LUFTFUKTIGHET, VÄRMEFAKTOR MM, HUS 5, FEBR -86 (DYGNSEDELVÄRDEN)

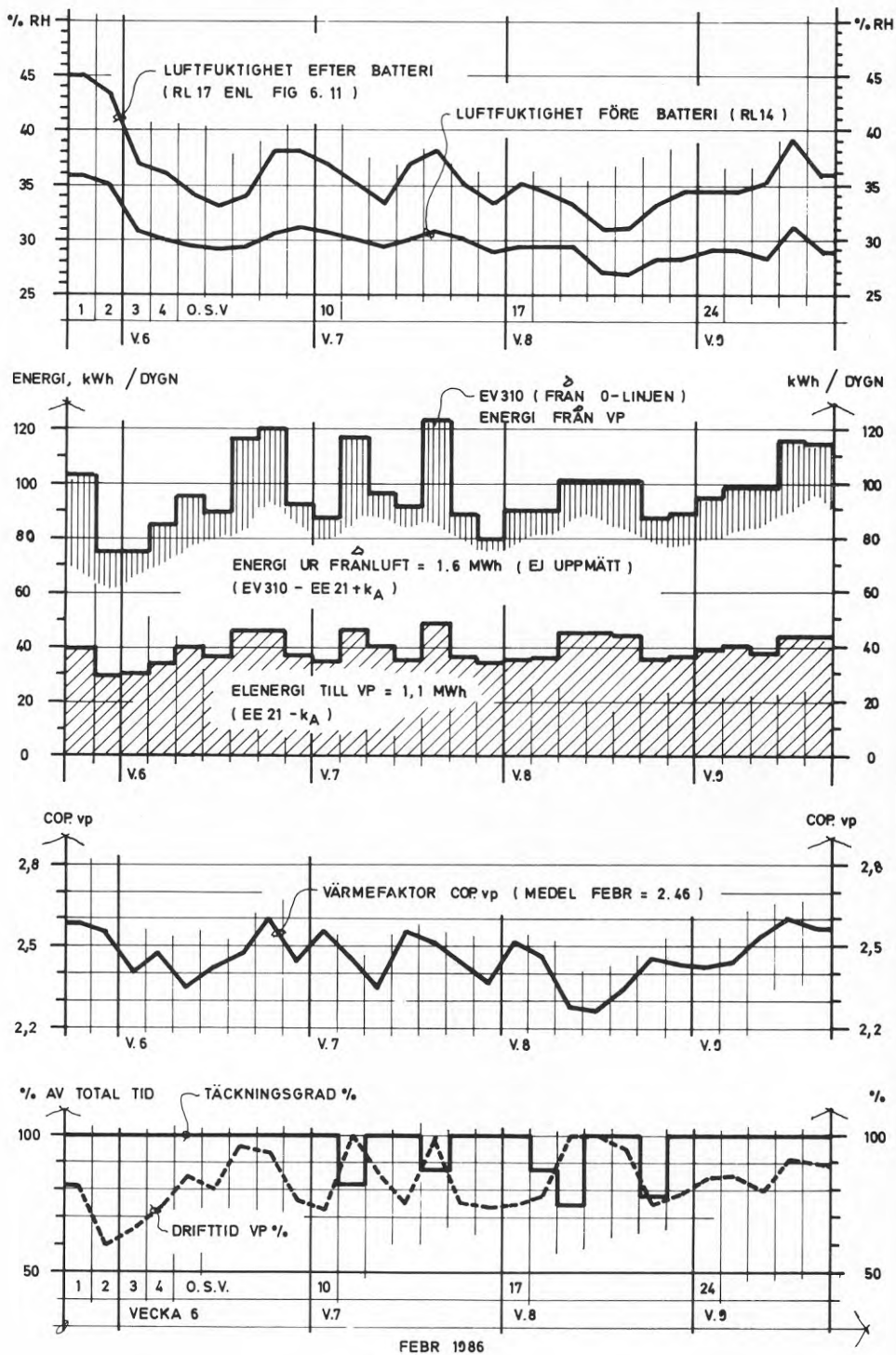


FIG 6. 14 TEMPERATURER ENL FIG 6. 11 , HUS 5, FEBR -86 (DYGNSMEDELVÄRDEN)

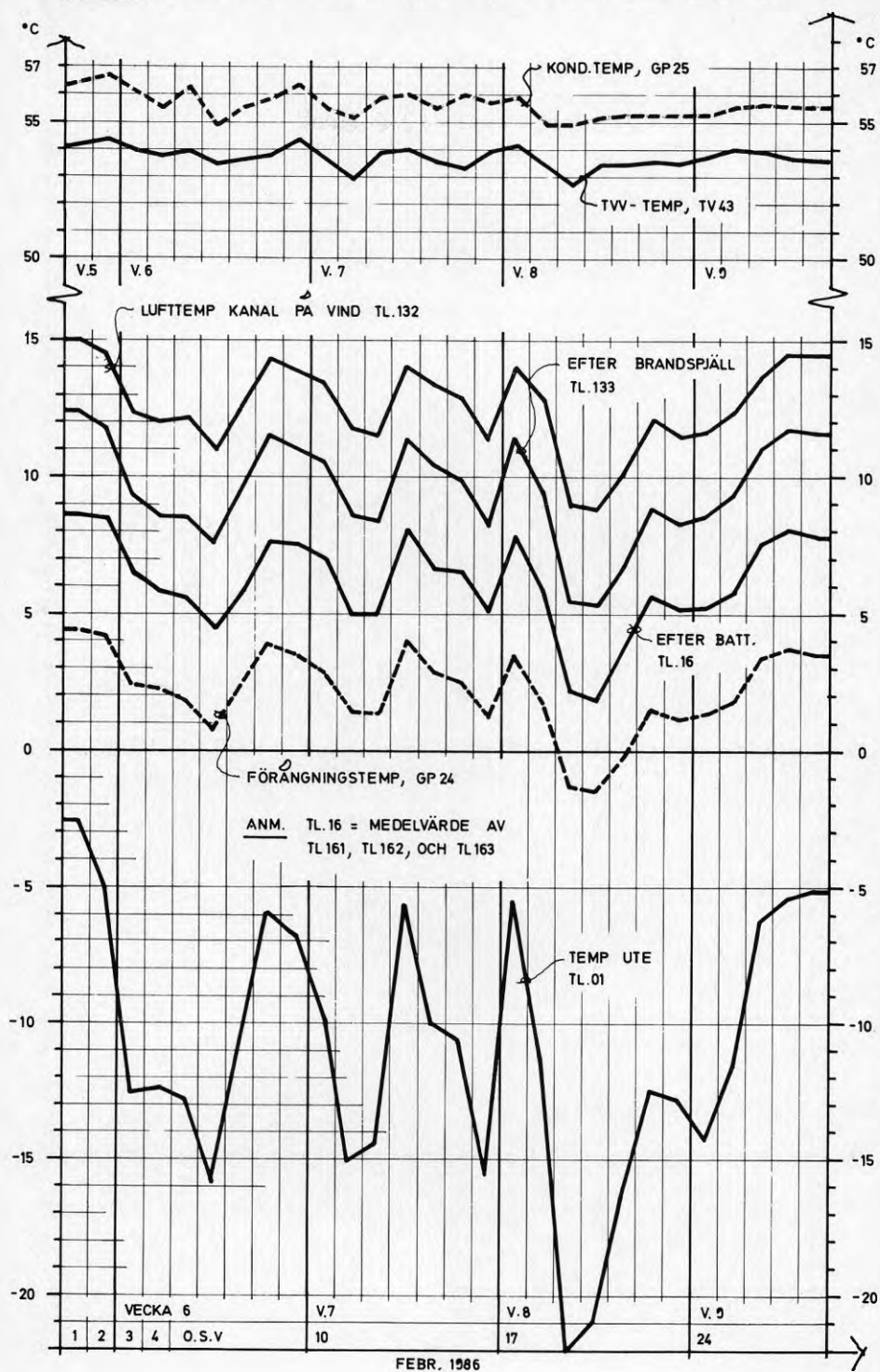


FIG 6. 15 LUFTFUKTIGHET, VÄRMEFAKTOR MM, HUS 8, FEBR -86 (DYGNMEDELVÄRDEN)

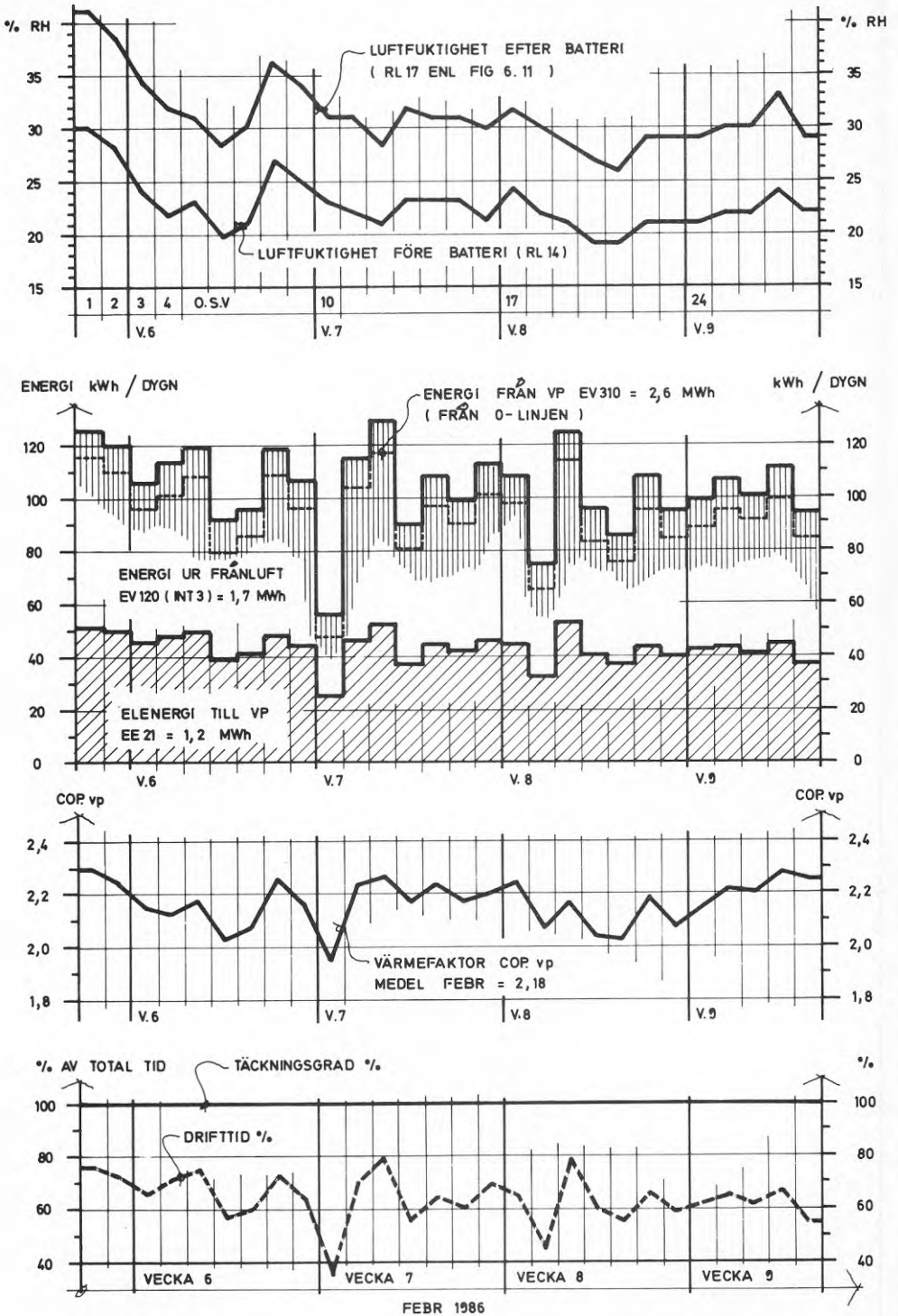
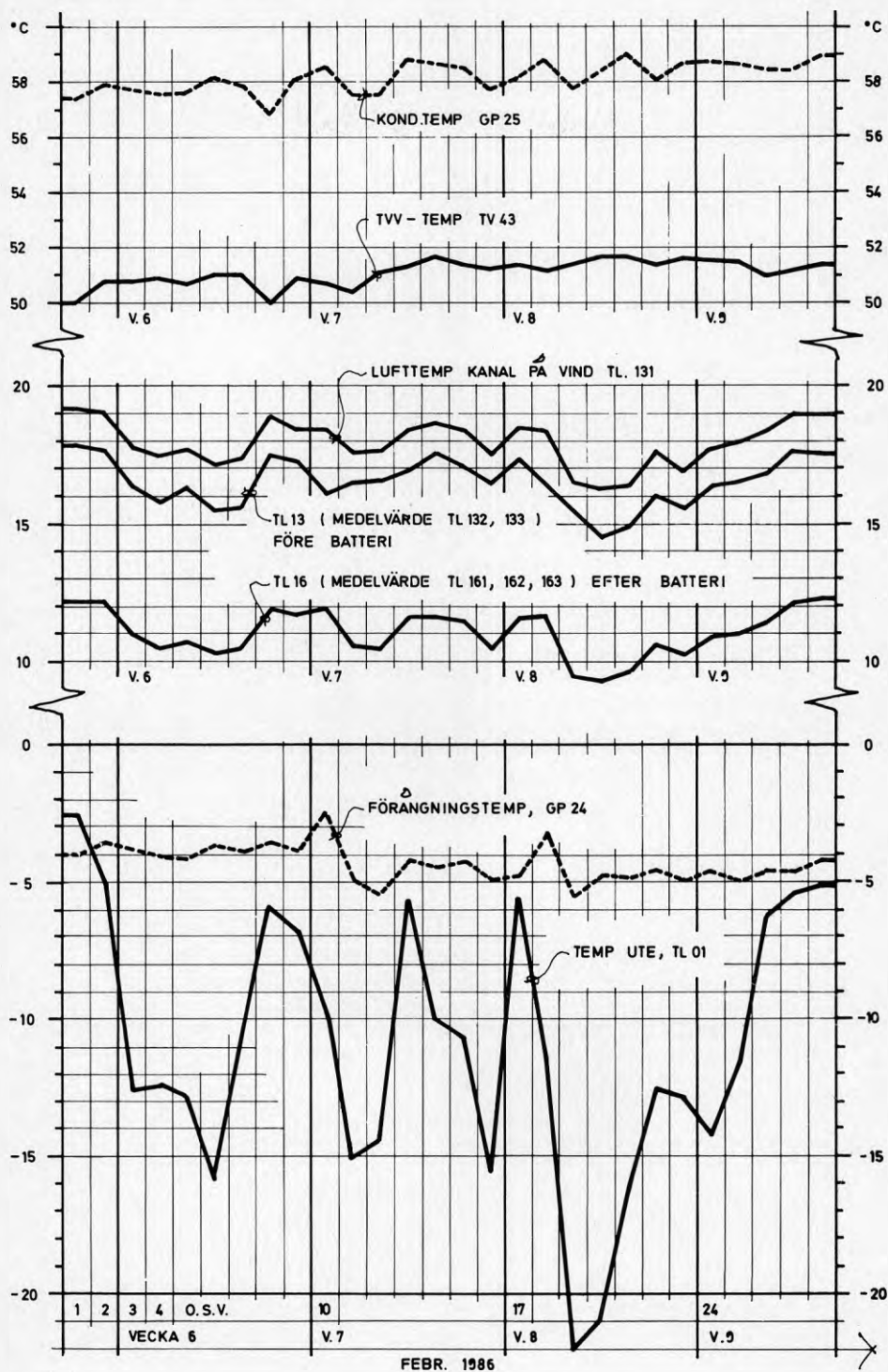


FIG 6. 16 TEMPERATURER ENL FIG 6. 11 , HUS 8 , FEBR - 86 (DYGNSMEDELVÄRDEN)



6.7.2 Luftfuktighet

Mätvärdena för luftfuktighet följer konsekvent förutsättningarna efter Mollier-diagrammet visavi luftens temperaturfall i batteriet.

För en exakt återgivning av luftens vatteninnehåll före och efter batteriet, skall nedanstående mätvärden jämföras:

- före batteri RL14 resp TL133
- efter batteri RL17 resp TL163

I diagrammen har dessa temperaturer i de flesta fall inte redovisats separat, utan ligger som delposter i medelvärden. Skillnaden mellan de temperaturer som ligger till grund för medelvärdena är dock inte så stor.

Av diagrammen framgår, att luftens vatteninnehåll är konstant före och efter batteriet, varierande mellan 2-3 g/kg luft för den redovisade månaden februari -86. Det betyder i sin tur, att ingen mätbar kondensering skett på batteriet. Den lägre *relativa* luftfuktigheten i hus 8 beror helt enkelt på, att lufttemperaturen är högre än i hus 5, där luften kyls exceptionellt mycket i kanalerna fram till batteriet.

6.7.3 Temperaturnivåer

Den temperaturredovisning som sker för februari -86 avviker principiellt inte på något sätt från årets övriga månader, varför slutsatserna nedan gäller generellt för hela året och även för samtliga hus i projektet.

Hus 5, 57-an

Med fig 6.11 som underlag kan man i fig 6.14 se hur frånluftens temperatur faller på vägen genom kanalsystemet fram till förångaren (batteriet). Luftens temperatur är som lägst +20°C i lägenheterna, men då den passerat kanalsystemet på vinden har den kylts ner mellan 5 och 12 grader beroende på utomhustemperaturen. Orsaken är dels transmissionsförluster genom den isolerade kanalväggen och dels inläckning av kall luft från vinden. Även om isoleringen har vissa brister här och där måste det största temperaturfallet bero på otätheter i kanalsystemet.

Temperaturgivare TL133 är monterad före batteriet inne i värmepumpenheten. Diagrammet i fig 6.14 visar, att från givare TL132 fram till TL133 har luftens temperatur fallit ytterligare 3-4 grader och är nu som lägst endast +5°C. Dygnsmedeltemperaturen utomhus är då lägre än -20°C. Eftersom transmissionsförlusterna här är obetydliga, måste temperaturfallet

bero på inläckning av kall uteluft. Brandspjället på inloppet i värmepumpen läckte vid slutbesiktningen, varför entreprenören helt enkelt satte ett lock över kanalöppningen. Före de här presenterade mätningarna var alltså läckaget ännu större!

Värmepumparna, som enligt anbudsunderlaget dimensionerats för en ingående lufttemperatur på +20°C, får alltså arbeta med temperaturer t o m under +5°C. Förångningstemperaturen sänks i motsvarande grad, värmefaktorn minskar drastiskt och det möjliga värmeuttaget reduceras.

I och med att förångningstemperaturen (trycket) GP24 sjunker, följer kondenseringstemperaturen GP25 med. Med det höga kondenseringstryck som inreglerats i hus 5 är dock risken obetydlig för att tappvatten-temperaturen skall sjunka under den tillåtna nivån 47-48°C.

Hus 8, 59-an

I detta hus är temperaturfallet betydligt mindre mellan lägenheterna och frånluftens temperatur före batteriet. Kanalerna på vinden bör alltså vara bättre isolerade och framför allt tätare. Tyvärr finns även här ett temperaturfall på ca 2 grader mellan TL131 och TL132. Till en del kan detta dock förklaras med de olika villkor som gäller för de två mätpunkterna.

Temperaturfallet över själva batteriet är i detta hus något större än i hus 5, eftersom VÅ-aggregatet arbetar med endast ett delflöde, som är betydligt längre än husets totala frånluftflöde, ca 1800 m³/h.

Skillnaden mellan direkt och indirekt förångning

Vid en jämförelse mellan de två anläggningstyperna klarar värmepumpen i hus 5 den låga frånlufttemperaturen tack vare att anläggningsdelarna är väldimensionerade. Differensen mellan kondenseringstemperatur och TVV-temperatur är endast 2-3 grader i hus 5, medan den är 7-8 grader i hus 8. Differensen mellan ingående frånlufttemperatur TL133 och förångningstemperatur är endast 7-8 grader i hus 5, medan motsvarande differens i hus 8 är 20-22 grader. Man måste då komma ihåg att anläggningen i hus 8 arbetar med indirekt förångning dvs värmeöverföringen sker i två steg via ett mellanliggande VÅ-system.

6.7.4 Täckningsgraden ej 100%-ig

Som en följd av betydligt lägre förångningstemperatur hos värmepumpen i hus 8 är också värmefaktorn här betydligt lägre. Medelvärde för febr -86 är 2,18 i hus 8 mot 2,46 i hus 5. Kondenseringstemperaturen är också högre i hus 8 än i hus 5.

FIG 6. 17 LUFTFUKTIGHET VÄRMEFAKTOR MM, HUS 5 (TIMMEDELVÄRDEN), 2 DYGN

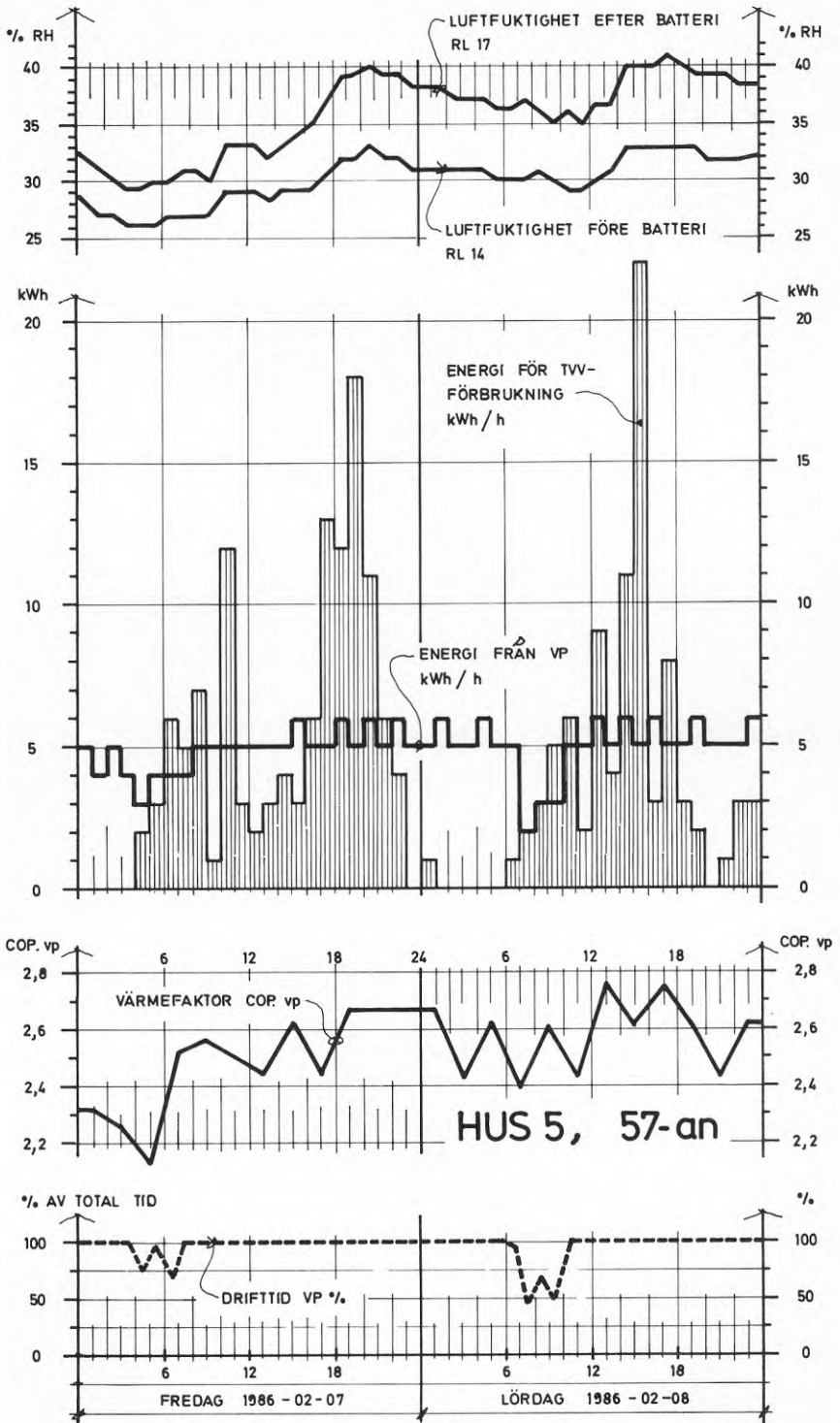


FIG 6. 18 TEMPERATURER ENL. FIG 6. 11 , HUS 5 , (TIMMEDELVÄRDEN) 2 DYGN.

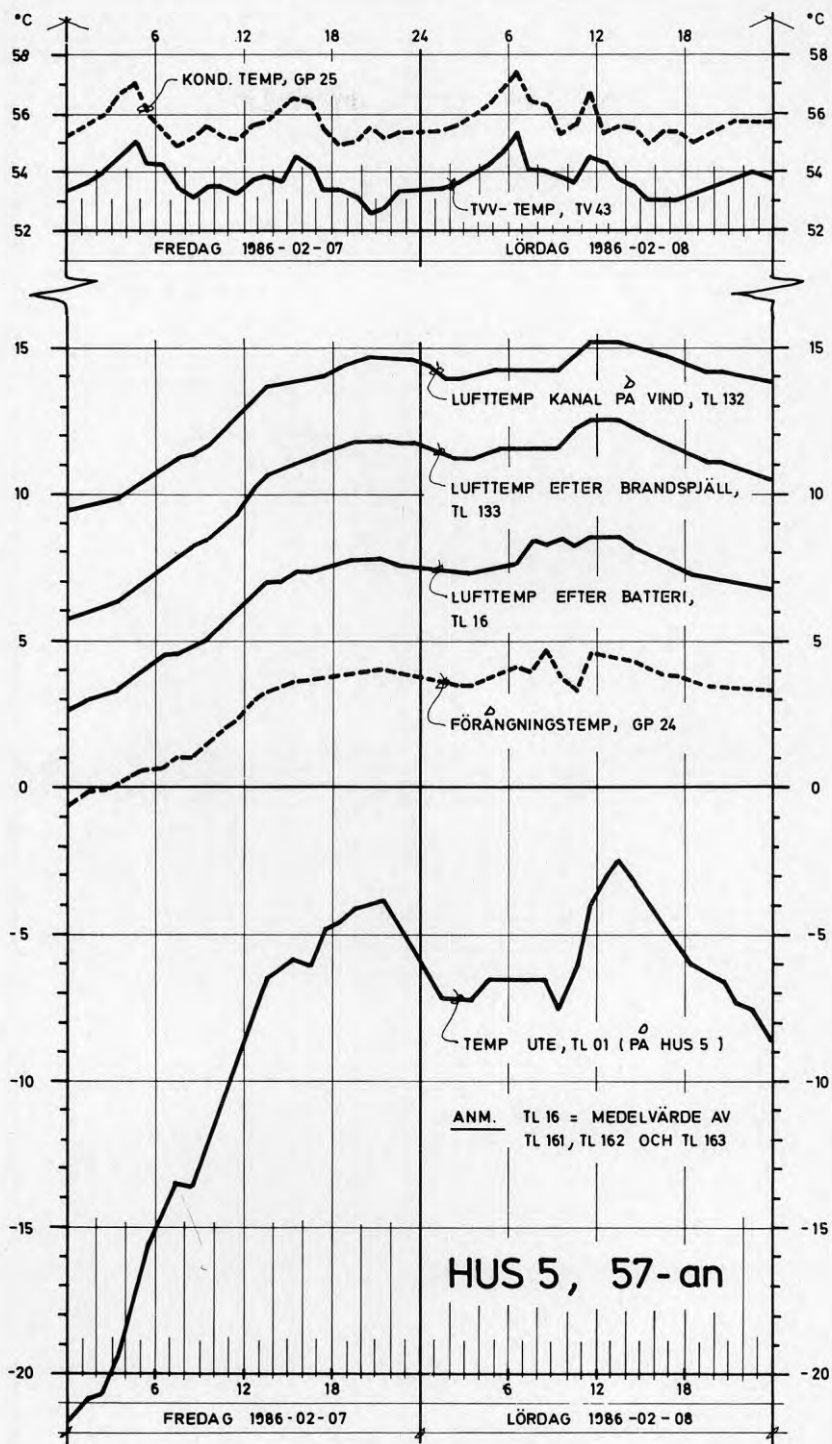


FIG 6. 19 LUFTFUKTIGHET VÄRMEFAKTOR MM, HUS 8 (TIMMEDELVÄRDEN), 2 DYGN

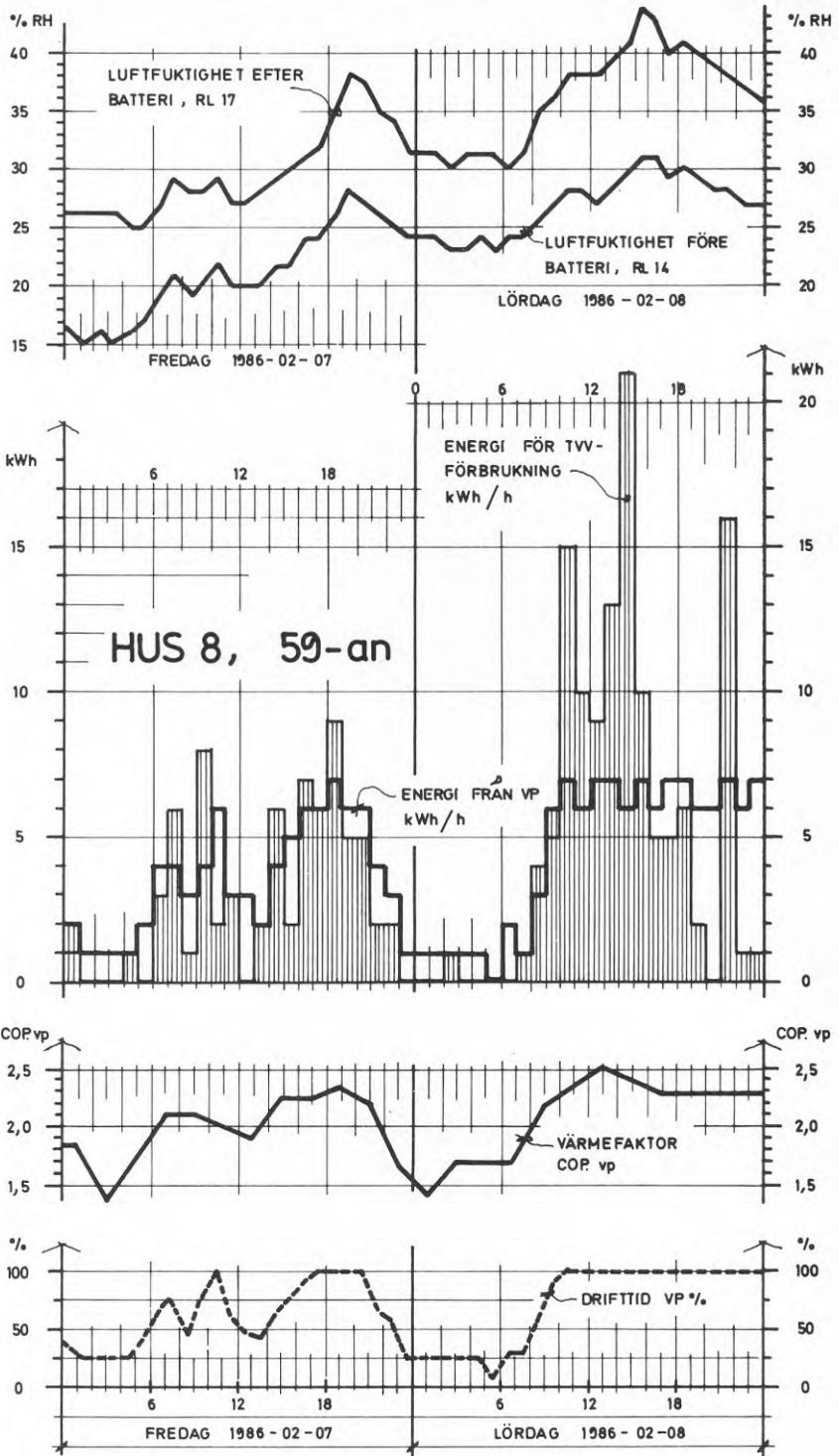
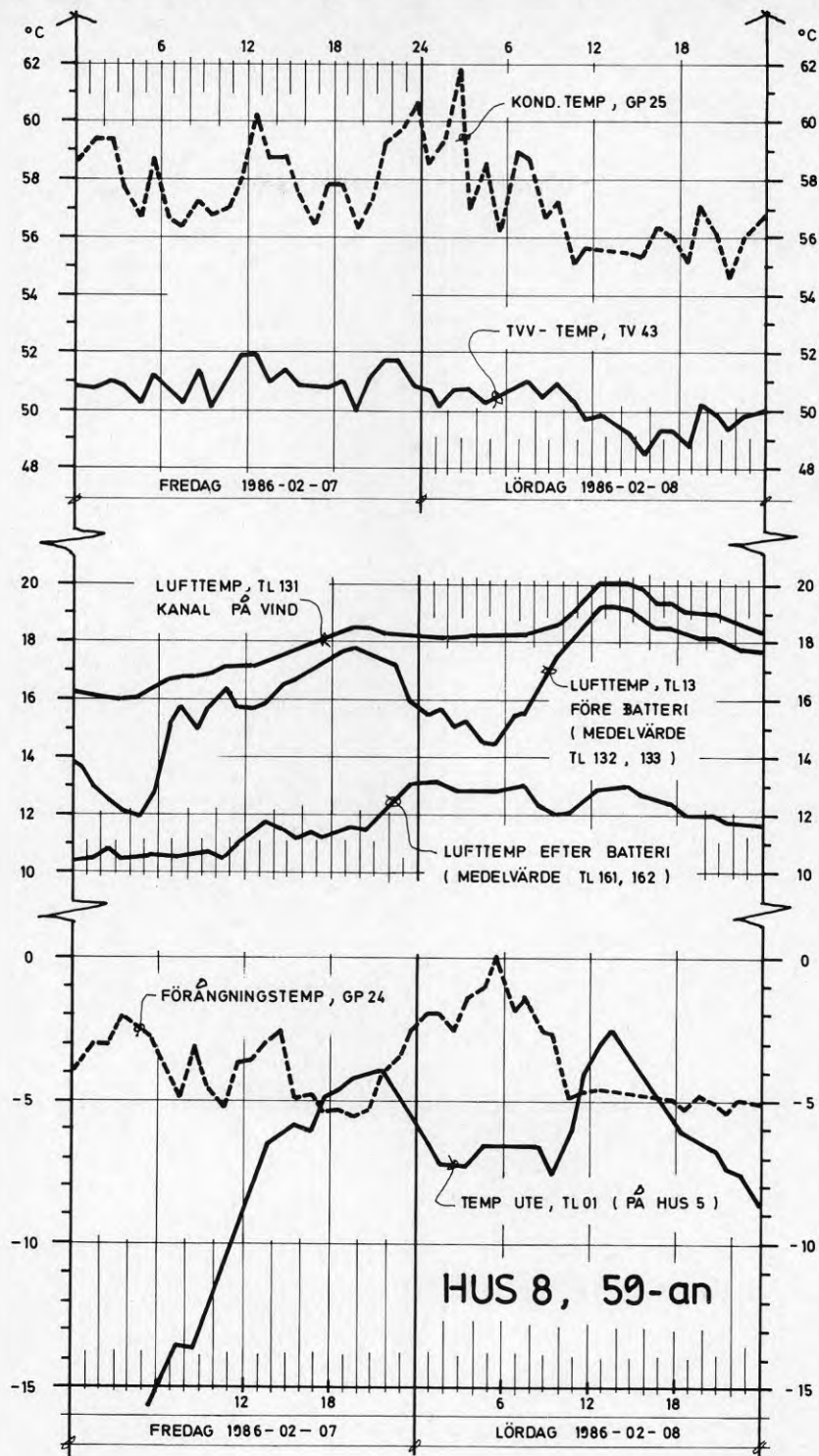


FIG 6. 20 TEMPERATURER ENL. FIG 6. 11 , HUS 8 , (TIMMEDELVÄRDEN) 2 DYGN.



I hus 5 är drifttiden mycket lång, i vissa fall upp till 100% (dygnsvärde). Täckningsgraden blir vid denna hårda belastning inte 100%ig, men det bör heller inte vara något självändamål att uppnå denna siffra, om inte ekonomin i projektet förbättras.

6.7.5 Timmedelvärden

På samma sätt som tidigare redovisas i fig 6.17 t o m fig 6.20 timmedelvärden för i huvudsak analoga mätpunkter enligt fig 6.11. Två veckoslutsdygn fredag/lördag i februari visar på ungefär samma bild som tidigare, men nu med en annan tidsupplösning. Utetemperaturen hinner på dessa dygn ändras från -22°C till -3°C .

Ett par viktiga skillnader måste noteras:

- Temperaturer och andra analoga mätvärden blir helt representativa som timmedelvärden endast när värmepumpens drift är 100%-ig.

Detta beror på att vissa mätvärden har villkorats relativt värmepumpens drift. I t ex fig 6.20 framgår detta tydligt. Lufttemp TL13 (medelvärde av TL132 och 133) mäts omedelbart före VÅ-aggregat. När värmepumpens drifttid är liten hinner luften i kanalen kylas mellan de perioder den är i drift. Differensen till TL131 blir då stor, upp till 4 grader.

TL161, TL162, GP24 och GP25 hör till de mätvärden som registreras endast då värmepumpen är i drift.

- Energidiagrammen kan även ses som effektdiagram, dvs avgiven VP-effekt resp effekt för tappvarmvattenbehov.

I hus 5 har leverantören offererat en VP-effekt om 9 kW, men med den låga förångningstemperaturen som konstaterats, ger den levererade värmepumpen endast ca 5,5 kW.

I hus 8 kan man på samma sätt konstatera att en offererad VP-effekt om 9,2 kW blivit ca 6,5 kW.

7 INTENSIVMÄTNING, EXTREMDATA

7.1 Intensivmätningar

Under sammanlagt 44 timmar i mars 1987 genomfördes en period med intensivmätning i projektet, dvs samtliga mätpunkter registrerades med 5-minutersintervaller.

Mätvärden för elenergi och flöde registrerades via pulsräkning. Mätarens upplösning gör att värdet på varje puls är så stort, att bara tillfälligheter avgör, om en puls skall registreras under 5-minutersperioden eller ej. Det är därför inte meningsfullt att överhuvudtaget behandla dessa mätdata i detta perspektiv.

De analoga mätvärden som registrerats i hus 5 och 8 kan dock med fördel presenteras t ex i diagramform som sker i fig 7.1 t o m fig 7.4.

7.2 Oturlig mätperiod

Intensivmätningarna började 1987-03-09 kl 19.00 då en kall mätperiod förutspåddes. Mätningarna avslutades också 1987-03-11 kl 14.00 efter ett kallt dygn.

Av helt oförklarlig anledning stannade mätningarna för både värmepumpen i hus 5 och hus 8 ganska omgående sedan mätningarna startats.

I hus 5 upphörde värmepumpens drifttidsmätare att fungera efter ca 7 timmar. Därigenom upphörde också flera väsentliga mätvärden att registreras, eftersom de villkorats till värmepumpens drift. I hus 8 däremot stannade värmepumpen efter ca 4 timmar och de mätvärden som registrerades före driftstoppet är inte representativa för denna värmepump.

Eftersom det inte fanns tid för ytterligare mätperioder då anläggningen reparerats, existerar bara dessa i viss mån misslyckade mätvärden. Av naturliga skäl redovisas därför de första fyra timmarna av intensivmätningarna i diagramform.

FIG 7.1 TEMPERATURER VÄRMEPUMP HUS 5.
INTENSIVMÄTNINGAR - 5 MIN. VÄRDEN 87.03.09

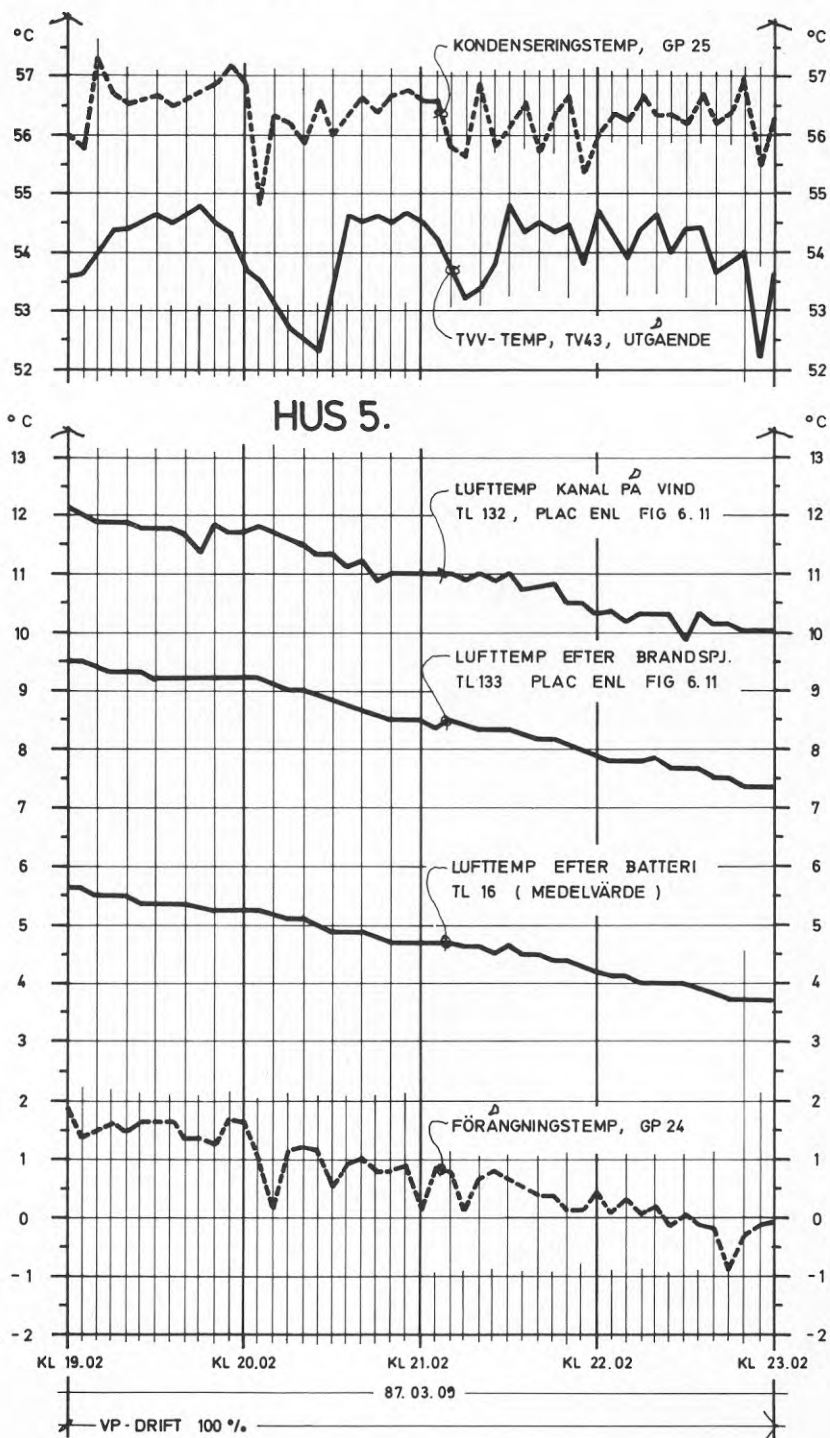
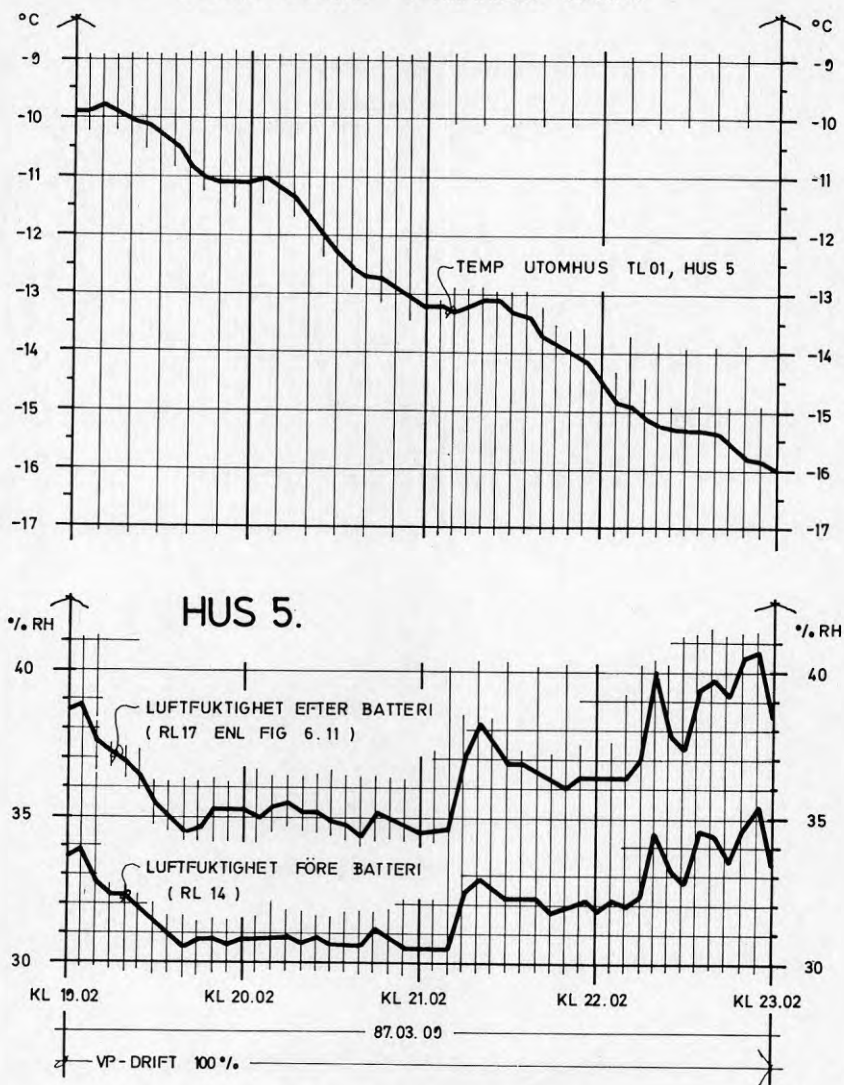


FIG 7.2 UTETEMP, LUFTFUKTIGHET, HUS 5.
INTENSIVMÄTNINGAR - 5 MIN. VÄRDEN 87.03.03



7.3 Värmepump i hus 5

Värmepumpen är i drift hela perioden kl 19.02 t o m 23.02. Alla mätdata i fig 7.1 och fig 7.2 kan därför sägas vara representativa för värmepumpen som enhet, och de hjälpmaskiner som ingår i takaggregatet och anläggningen i övrigt.

Mätdata avviker inte i stort från mätdata presenterade som 1-timmes- eller dygnsvärden. Strax efter kl 21 sker dock en markant ökning av den relativa luftfuktigheten. Kanske någon hyresgäst börjar duscha i en lägenhet?

FIG 7.3 TEMPERATURER VÄRMEPUMP HUS 8.
INTENSIVMÄTNINGAR - 5 MIN.VÄRDEN 87.03.09

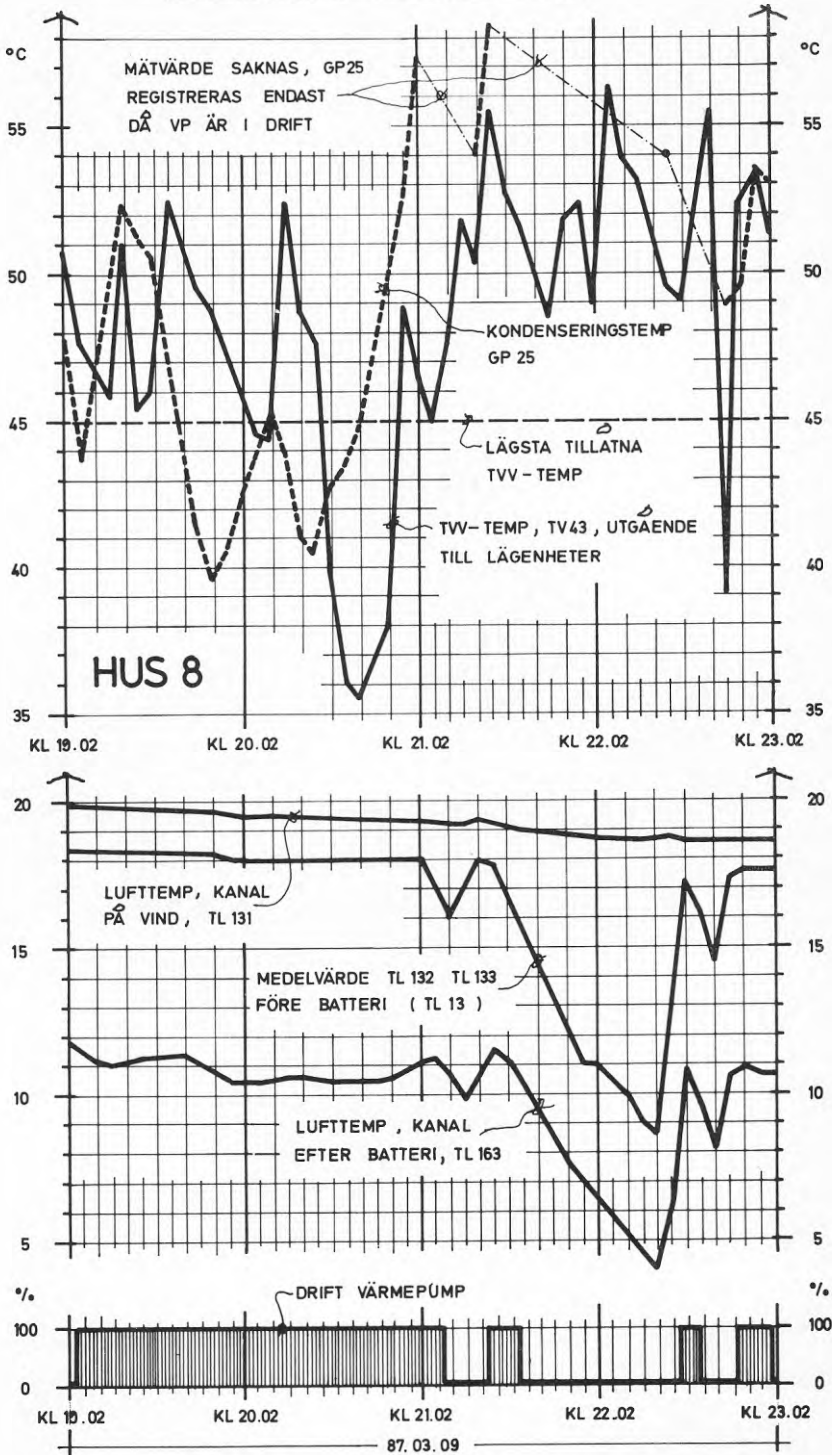
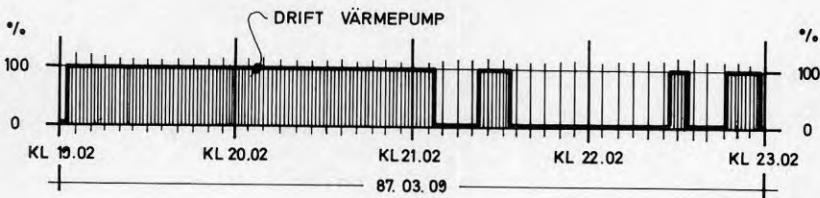
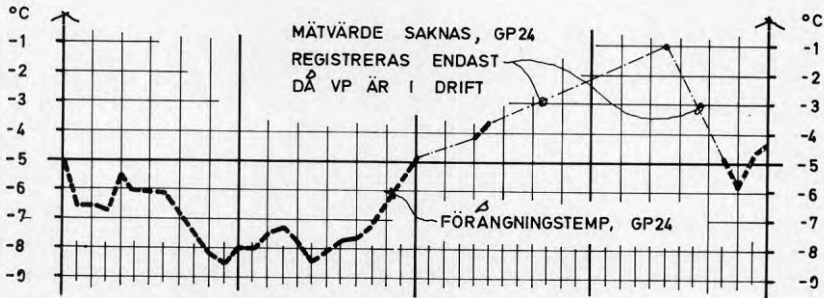
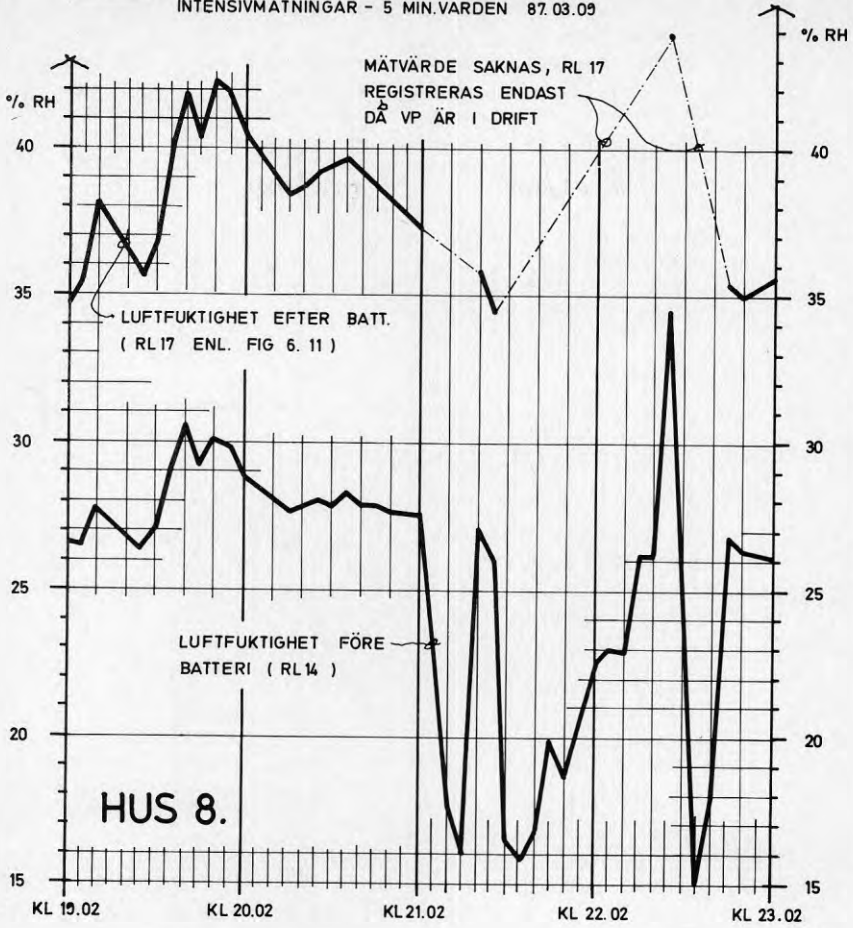


FIG 7.4 LUFTFUKTIGHET, FÖRÄNGNINGSTEMP. HUS 8
INTENSIVMÄTNINGAR - 5 MIN.VÄRDEN 87.03.09



7.4 Värmepump i hus 8

De fyra timmar som redovisas i fig 7.3 och fig 7.4 för värmepumpen i hus 8 är absolut inte representativa för denna värmepumptyp. Som tidigare nämnts finns tyvärr inga andra data tillgängliga med denna periodicitet. Som kuriosas kan dessa mätvärden vara intressanta eftersom de förebådar driftstoppet för värmepumpen.

Observera att temperaturskalan (y-axeln) inte är densamma för hus 5 resp hus 8. Temperaturvariationerna i hus 8 är så stora att en annan skala valts av utrymmesskäl.

7.5 Elpatroner stöttar

Det är inte så lätt att tolka de varierande mätvärdena för hus 8.

Tappvarmvattentemperaturen TV43 pendlar långt över gränsen för vad som är tillåtet. Det är här fråga om den tidigare noterade svårigheten att styra tillsatsvärmens (elpatronerna) i ackumulatortanken.

Kondenseringstemperaturen GP25 uppvisar en osannolik variation, som är svår att förklara annat än som ett tekniskt fel hos själva värmepumpen.

Lufttemperaturen i kanalsystemet visar hur snabbt temperaturen sjunker både i VÅ-aggregatet och i kanalsystemet på ömse sidor om aggregatet då värmepumpen stannar, (TL132, 133 resp 163). Det är här naturligtvis en stor nackdel att VÅ-aggregatet är placerat på kallvinden.

Den relativa luftfuktigheten pendlar nästan osannolikt vid VP-stopp. Om man betänker att det är fråga om mätvärden för den *relativa* luftfuktigheten blir spekulationerna om orsaken bara - en spekulation. Kondenserar den stillastående luftens fuktinnehåll på de kalla kanalväggarna, eller är det ett mätfel vid det plötsliga temperaturfallet i den stillastående luften?

Förångningstemperaturen GP24 visar på följsamhet med kondenseringstemperaturen, men inte med lufttemperaturen i kanalsystemet.

7.6 Extremlada för energi, flöde m m

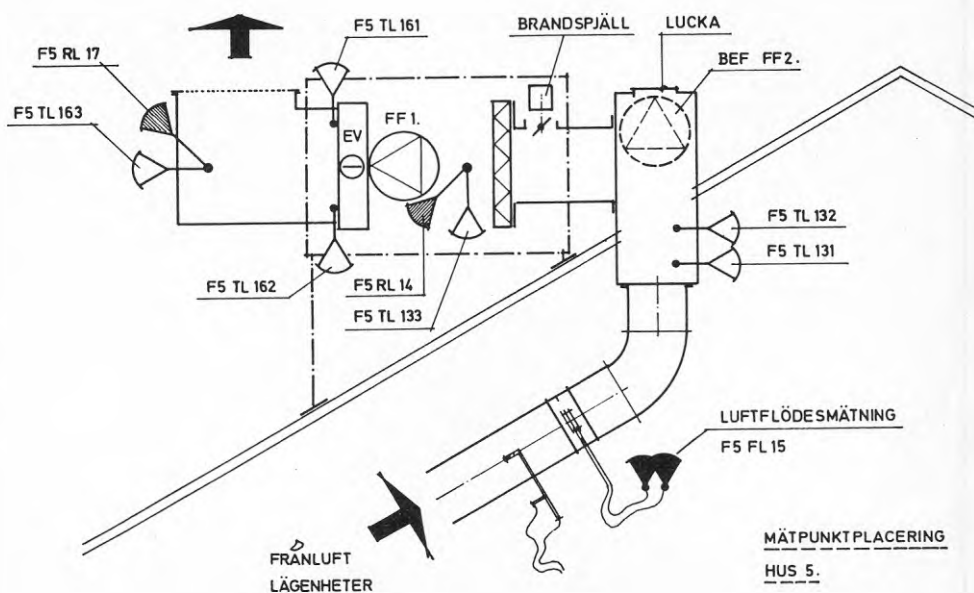
Tabell 7.1 Maximala tim-, dygns- och veckovärden 1986 för vissa energidata m m i hus 1, 2, 3 och 8.

Driftdata 1986		Hus 1	Hus 2	Hus 3	Hus 8
		10 lgh	14 lgh	10 lgh	14 lgh
Timmax	TVV-förbrukn M3	0,6	1,3	0,9	0,8
	TVV-energi kWh	30	72	47	39
	VP-energi kWh	7	11	9	7
Dygnmax	TVV-förbrukn M3	3,2	4,2	4,7	3,4
	TVV-energi kWh	144	234	243	173
	VP-energi kWh	138	146	139	130
	El till VP kWh	59	73	60	56
	El till FF1 kWh	11	19	10	18
	COP.vp	2,62	4,21	2,95	2,96
	COP.syst	1,97	1,61	2,13	1,71
Veckomax	Vecka nr	v616	v614	v615	v651
	TVV-förbrukn M3	14	20	19	19
	TVV-energi kWh	687	1140	969	945
	VP-energi kWh	736	959	867	733

Tabell 7.2 Maximala tim-, dygns- och veckovärden 1986 för vissa energidata m m i hus 4, 5, 6 och 7.

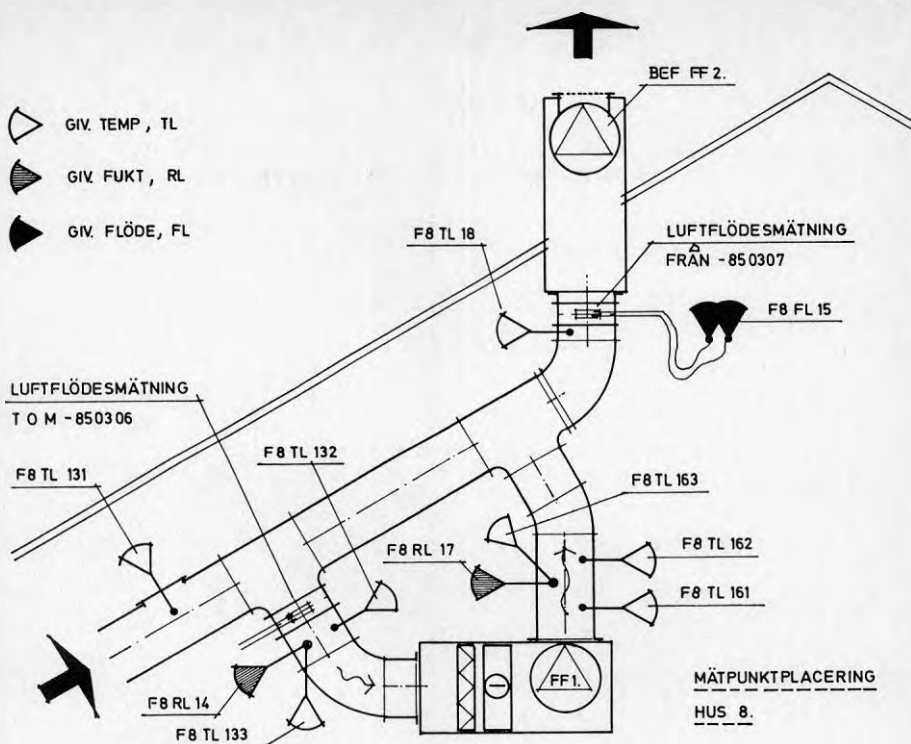
Driftdata 1986		Hus 4	Hus 5	Hus 6	Hus 7
		14 lgh	14 lgh	19 lgh	10 lgh
Timmax	TVV-förbrukn M3	0,7	0,8	0,9	1,1
	TVV-energi kWh	41	48	49	56
	VP-energi kWh	13	9	14	9
Dygnmax	TVV-förbrukn M3	3,8	2,3	4,9	4,3
	TVV-energi kWh	193	141	273	218
	VP-energi kWh	227	144	248	156
	El till VP kWh	87	50	73	49
	COP.vp	4,01	3,64	4,59	3,95
	COP.syst	3,84	-	3,15	-
Veckomax	Vecka nr	v623	v610	v612	v608
	TVV-förbrukn M3	22	14	25	25
	TVV-energi kWh	887	768	1467	1324
	VP-energi kWh	935	838	1485	1049

7.7 Extremdata för analoga mätvärden



Tabell 7.3 Extremdata i hus 5 - timmedelvärden 1986

Mätpunkt	Sort	Min	Max
Frånluftflöde FL15	m ³ /h	1344	1666
Lufttemp, medelvärde TL131,132	°C	4,6	32,0
, före batteri TL133	°C	1,6	32,1
, på batteri TL161	°C	-0,2	26,3
, på batteri TL162	°C	-2,1	24,1
, utloppsboj TL163	°C	1,4	35,1
Luftfukt, före batteri RL14	%RH	10	66
, efter batteri RL17	%RH	10	100
Förångningstryck, GP24	kPa(a)	65	782
-temp, GP24	°C	-50	15
Kondenseringstryck, GP25	kPa(a)	1630	3101
-temp, GP25	°C	43	>70
Utgående TVV-temp, TV43	°C	37	58
Kompressorstarter, antal/h	st	-	6
, antal/dygn	st	-	30



Tabell 7.4 Extremdata i hus 8 - timmedelvärden 1986

Mätpunkt	Sort	Min	Max
Frånluftflöde FL15	m ³ /h	1125	1983
Lufttemp, kanal på vind TL131	°C	14,2	29,7
, före batteri TL133	°C	0,3	29,1
, medelvärde TL161,162	°C	7,1	25,6
, efter batteri TL163	°C	-2,7	27,0
Luftfukt, före batteri RL14	%RH	10	59
, efter batteri RL17	%RH	10	76
Förångningstryck, GP24	kPa(a)	63	668
-temp, GP24	°C	-50	9
Kondenseringstryck, GP25	kPa(a)	104	2863
-temp, GP25	°C	-40	>65
Utgående TVV-temp, TV43	°C	30	54
Kompressorstarter, antal/h	st	-	34
, antal/dygn	st	-	204

8 TAPPVARMVATTENFÖRBRUKNING

I BFR-rapport R97:1983 redovisades den förbrukning av tappvarmvatten som uppmätts okt-nov 1982 genom avläsning av lägenhetsmätare. Extrapolerat till helt år är denna förbrukning ca 20% lägre än den förbrukning som nu uppmätts 1985 och 1986 enl tabell 8.1 nedan. Den individuella variationen mellan husen är dock avsevärd.

Tabell 8.1 Tappvarmvattenförbrukning hus 1 t o m 8.

Hus	Lgh	Enl R97:1983		1985		1986	
		M3/år	M3/lgh	M3/år	M3/lgh	M3/år	M3/lgh
1	10	437	44	477	48	527	53
2	14	718	52	826	59	872	62
3	10	472	47	619	62	660	66
4	14	1082	77	804	57	775	55
5	14	410	29	662	47	484	35
6	19	818	43	1134	60	966	51
7	10	347	35	805	81	750	75
8	14	431	31	563	40	643	46
Tot	105	4715	45	5890	56	5677	54

I fig 8.1 redovisas tappvarmvattenförbrukningen för hus 1 t o m 8 under februari 1986 med dygnsmedelförbrukningen per lägenhet. Det är här svårt att se något av den karakteristiska veckorytm som redovisats i andra liknande mätningar.

I figuren har husen redovisats två och två. Därvid har kombinerats ett hus med värmepump för indirekt förångning tillsammans med ett hus försett med värmepump för direktförångning. Denna kombination har inte valts i något speciellt syfte, eftersom tappvarmvattenförbrukningen troligen inte påverkats av värmepumptypen. Man kan möjligen utläsa i vilka hus förbrukningen blivit större än förväntningarna och vise versa.

I hus 7 är förbrukningen per lägenhet störst under den här mätperioden. Förbrukningen är nära dubbelt så stor som i huset med den lägsta förbrukningen.

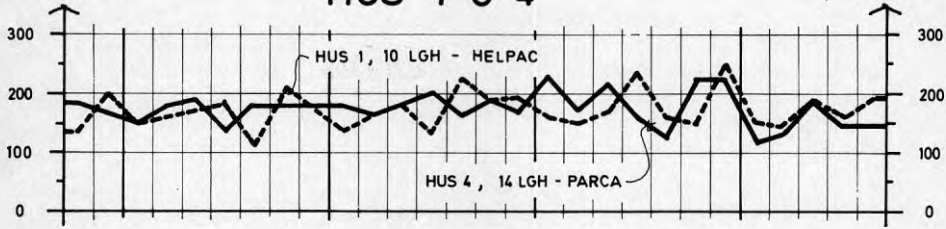
Utslaget per dygn ger detta en medelförbrukning pendlande mellan 95 l/lgh och dygn till 220 l/lgh och dygn. Som synes av fig 8.1 är variationerna mellan olika dygn stor. En variation i förhållandet 1:2 är regelmässig, medan extremvärden redovisats i kap 7.

FIG 8.1 TAPPVARMVATTENFÖRBRUKNING I FEBR. - 86 (DYGNSVÄRDEN)
HUS 1 - 8

TVV-FÖRBRUKNING
L / LGH, DYGN

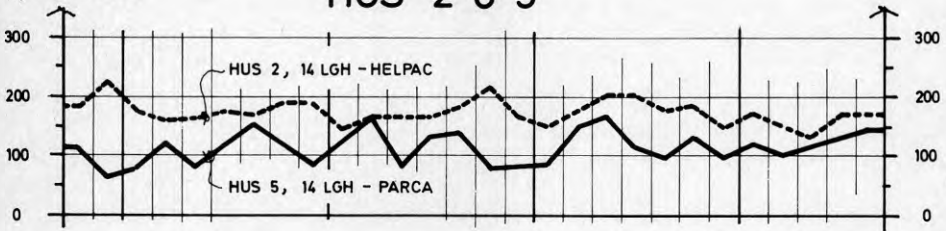
HUS 1 o 4

L / LGH, DYGN



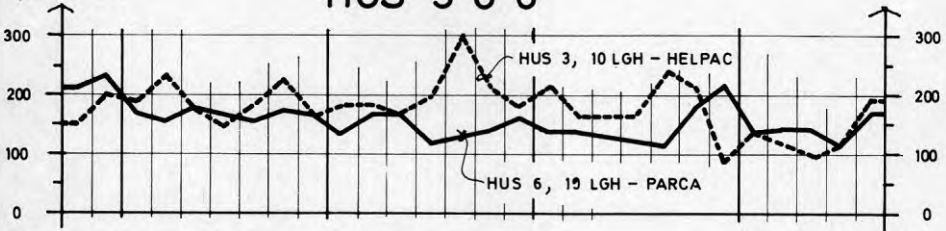
TVV-FÖRBRUKNING
L / LGH, DYGN

HUS 2 o 5



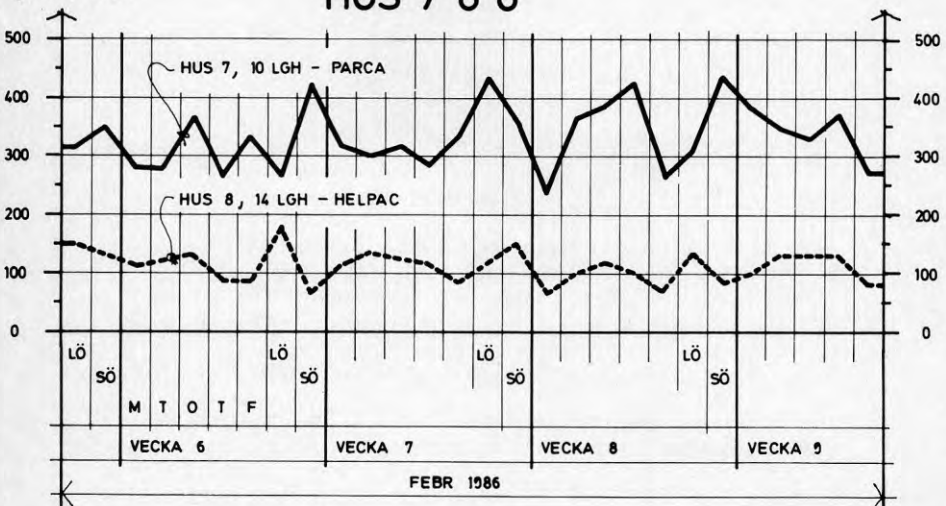
TVV-FÖRBRUKNING
L / LGH, DYGN

HUS 3 o 6



TVV-FÖRBRUKNING
L / LGH, DYGN

HUS 7 o 8



9 EKONOMI

9.1 Grundinvestering för frånluftvärmepumpar

För val av entreprenörer/leverantörer har anbudsinfordran skett för entreprenadformen *totalentreprenad*, dvs entreprenören ansvarar för såväl projektering som installation. Entreprenaden innefattar alla delentreprenader såsom kyl-, ventilation-, rör-, bygg- och elentreprenader.

De entreprenadkostnader som förutsattes i BFR-rapport R97:1983 har vid efterkalkylen inte förändrats i någon större grad. Visserligen blev indexkostnaden något högre än beräknat, men i gengäld blev posten för kontroll och besiktning lägre än kalkylen. Det är därför lämpligt att vid den ekonomiska utvärderingen använda de kapitalkostnader som beräknats tidigare i förstudien.

Anläggningskostnader kronor, hus 1, 2, 3 och 8 -
- indirekt förångning:

Värmepumpar totalentreprenad	218 300
Index	6 550
Moms 12,87 %	28 950
Kontroll, besiktning, div	<u>15 000</u>
Summa hus 1, 2, 3 och 8	268 800

Anläggningskostnader kronor, hus 4, 5, 6 och 7 -
- direktförångning:

Värmepumpar totalentreprenad	219 250
Index	8 750
Moms 12,87 %	38 600
Kontroll, besiktning, div	<u>15 000</u>
Summa hus 4, 5, 6 och 7	353 600

Grundinvestering för samtliga
åtta hus, blir därmed kr 622 400

9.2 Energilån för flerbostadshus

Den form av energisparstöd som gällde 1983 och utnyttjades i Bojsenburg måste betraktas som mycket förmånligt. Stödet lämnades som räntebidrag och lånen som lämnades i detta fall kallades *energilån*.

För dessa energilån gäller nedanstående villkor:

Om godkänd kostnad är *högst 100 000 kr* medges energilån för solvärme- och värmepumpsystem med 100 % av låneunderlaget. Om godkänd kostnad är *högre än 100 000 kr* medges lån med 100 % av låneunderlaget varvid

70 % lämnas som bottenlån från kreditinstitut och
30 % som statligt bostadslån.

Räntebidrag lämnas som garantier låneräntan till 3 % första året, varefter den garanterade räntan stiger med 0,25 %-enheter per år. Man bör observera att den garanterade räntan hela tiden räknas på det ursprungliga lånebeloppet oavsett amorteringstakt.

9.3 Kapitalkostnader med energilån

Beräkningen av de kapitalkostnader som belastar detta projekt i form av bottenlån i kreditinstitut och statligt bostadslån beskrivs mycket ingående i tidigare omnämnd BFR-rapport varför själva beräkningen inte specificeras här.

Genom att sammanställa ränte- och amorteringskostnaderna för båda lånen erhålls en samlad bild av fastighetsägarens förväntade kapitalkostnader. Vid beräkning av räntebidraget sammanräknas räntekostnaderna för båda lånen för att sedan jämföras med den garanterade räntan.

Kapitalkostnader för hus 1, 2, 3 och 8

Godkänt låneunderlag	268 800 kr
Statligt energilån 30 %	80 640 kr
Bottenlån 70 %	188 160 kr

Tabell 9.1 Kapitalkostnader i kronor för hus 1, 2, 3 och 8 under de första tio åren.

År	Energilån	Bottenlån	Totalt
1	4 147	11 299	15 446
2	4 489	12 055	16 544
3	4 843	12 827	17 670
4	5 209	13 613	18 822
5	5 590	14 415	20 005
6	5 984	15 235	21 219
7	6 394	16 073	22 467
8	6 821	16 927	23 748
9	7 267	17 802	25 069
10	7 733	18 697	26 430
Summa	58 477	148 943	207 420

Kapitalkostnader för hus 4, 5, 6 och 7

Godkänt låneunderlag	353 600 kr
Statligt energilån 30 %	106 080 kr
Bottenlån 70 %	247 520 kr

Tabell 9.2 Kapitalkostnader i kronor för hus 4, 5, 6 och 7 under de första tio åren.

År	Energilån	Bottenlån	Totalt
1	5 455	14 864	20 319
2	5 905	15 859	21 764
3	6 371	16 873	23 244
4	6 853	17 908	24 761
5	7 353	18 963	26 316
6	7 872	20 042	27 914
7	8 411	21 143	29 554
8	8 973	22 267	31 240
9	9 560	23 418	32 978
10	10 172	24 596	34 768
Summa	76 925	195 933	272 858

9.4 Beräkning av energikostnadsbesparing

Eftersom energibesparingen under 1985 inte avviker allt för mycket från besparingen 1986, utgår kalkylerna fortsättningsvis från 1986 års energidata. De besparingar som uppmätts redovisas i tabell 6.11 och 6.12.

Vid beräkningen av energikostnadsbesparingen används den energikostnad som redovisas i tabell 2.1 för år -85 och -86 dvs:

- 27,8 öre/kWh för 1985
- 30,0 för 1986

och därefter antas elpriset öka med 8 % per år.

Ökade kostnader för skötsel och underhåll antas 1:a året till 1000 kr per hus, dvs 8000 kr för hela området. Skötselkostnaderna antas sedan öka med inflationen 8 % per år.

9.5 Besparingen i hus 1, 2, 3 och 8

Energibesparing enligt tabell 6.11

- energi producerat via värmepumpar	+103,5 MWh
- avgår, el till värmepumpar	- 46,5
, el till hjälpmaskiner	- 16,8
Energibesparing per år	40,2 MWh

Den här besparingen kan jämföras med den förväntade besparingen 88,7 MWh enligt förstudien för projektet.

Energikostnadsbesparing 1985, 278 kr/MWh = 11 176 kr
1986, 300 kr/MWh = 12 060 kr

Tabell 9.3 Lönsamhetsbedömning för installation av frånluftvärmepumpar i hus 1, 2, 3 och 8 i kronor.

År	Besparing	Skötsel	Netto- besp	Kapital- kostn	Vinst/ förlust
1	11 176	4 000	7 176	15 446	- 8 270
2	12 060	4 320	7 740	16 544	- 8 804
3	13 025	4 666	8 359	17 670	- 9 311
4	14 067	5 039	9 028	18 822	- 9 794
5	15 192	5 442	9 750	20 005	-10 255
6	16 407	5 877	10 530	21 219	-10 689
7	17 720	6 347	11 373	22 467	-11 094
8	19 138	6 855	12 283	23 748	-11 465
9	20 669	7 404	13 265	25 069	-11 804
10	22 322	7 996	14 326	26 430	-12 104
Summa	161 776	57 946	103 830	207 420	-103 590

9.6 Besparingen i hus 4, 5, 6 och 7

Energibesparing enligt tabell 6.12

- energi producerat via värmepumpar	+167,6 MWh
- avgår, el till värmepumpar	- 56,4
, el till hjälpmaskiner	+ 1,8
Energibesparing per år	113,0 MWh

Den här besparingen kan jämföras med den förväntade besparingen 114,2 MWh enligt förstudien för projektet.

Energikostnadsbesparing 1985, 278 kr/MWh = 31 414 kr
1986, 300 kr/MWh = 33 900 kr

Tabell 9.4 Lönsamhetsbedömning för installation av frånluftvärmepumpar i hus 4, 5, 6 och 7 i kronor.

År	Besparing	Skötsel	Netto- besp	Kapital- kostn	Vinst/ förlust
1	31 414	4 000	27 414	20 319	7 095
2	33 900	4 320	29 580	21 764	7 816
3	36 612	4 666	31 946	23 244	8 702
4	39 541	5 039	34 502	24 761	9 741
5	42 704	5 442	37 262	26 316	10 946
6	46 121	5 877	40 244	27 914	12 330
7	49 810	6 347	43 463	29 554	13 909
8	53 795	6 855	46 940	31 240	15 700
9	58 099	7 404	50 695	32 978	17 717
10	62 747	7 996	54 751	34 768	19 983
Summa	454 743	57 946	396 797	272 858	123 939

9.7 Vinst och förlust

Värmepumpar med indirekt förångning fabrikat Helpac i hus 1, 2, 3 och 8 tenderar att ge en förlust om 100 tkr i stället för den kalkylerade vinsten 88 tkr totalt under de första tio åren. Den här förlusten behöver inte vara något ödesbestämt, men blir en realitet om inte systemen förbättras liksom skötsel och underhåll. Förslag till åtgärder redovisas i kap 5.

Värmepumpar med direktförångning fabrikat Parca i hus 4, 5, 6 och 7 tenderar trots dåliga förutsättningar att ge en vinst om 124 tkr totalt under de första tio åren. Det motsvarar exakt den vinst som kalkylerats, men det förhållandevis goda resultatet beror mycket på att elförbrukningen för fläktarna blivit lägre än väntat. Även för denna värmepumptyp kan resultatet förbättras avsevärt om några förhållandevis enkla åtgärder vidtas.

Sammantaget tenderar dessa åtta värmepumpar att ge en vinst om 24 tkr för den första tioårsperioden. Det är lätt att förutspå förhållandet, att vinsten byts i en förlust när marginalen är så liten.

En marginell förändring av elprisets utveckling, från 8 % ökning per år till 7 % är tillräckligt. Likaså oväntade eller dyra reparationer kommer att ge ett minus i slutkolumnen. En kraftigare ökning av elpriset kommer på motsvarande sätt att ge en ökad vinst i systemet. De senaste årens prisutveckling på energi visar att alla kalkyler som förutspår energipris-

utveckling eller prisrelationer mellan olika energislag egentligen är grovt vilseledande.

Det är ingen som ens *försöker* att förutspå vädret dag för dag i tio år framåt. I energisammanhang förutsätts dock alltid en energiprisutveckling parad med en antagen inflationsutveckling. Det är inte svårt att ta fram exempel på energiinvesteringar som *blev* dåliga, därför att oljepriset inte ökat på det sätt, som förutsattes i många kalkyler under 80-talets början. Det labila oljepriset gör dock, att dessa investeringar plötsligt kan *bli* lönsamma projekt igen.

9.8 Värmepumpar i resten av Bojsenburg

Drifterfarenheterna som redovisas i kap 5 och mätresultaten i kap 6 ger ett entydigt resultat, att detta inte blev något lyckat projekt. Trots de mycket fördelaktiga energilånen, blir vinsten obetydlig eller ingen alls, samtidigt som värmepumparna orsakat en mängd besvär för hyresgäster och fastighetspersonal.

Trots detta finns det ingen anledning att skrinlägga planerna på att installera värmepump i resterande 84 hus i området. Tvärtom visas i denna rapport att värmepumpar för direktförångning ekonomiskt väl kan hävda sig även i hus med så få lägenheter som det här är frågan om. Den andra värmepumptypen med indirekt förångning ger en alltför dålig systemvärmefaktor, och gör också anläggningen mera komplicerad med ytterligare komponenter att underhålla.

De allvarligaste bristerna har dock inte uppdragats i själva systemen utan i handläggningen av projektet. De brister som finns i systemen är allvarliga, men de kan åtgärdas om fastighetsbolaget bara fattar beslut om detta.

Om ytterligare värmepumpar skall installeras *måste* detta ske under tre grundförutsättningar

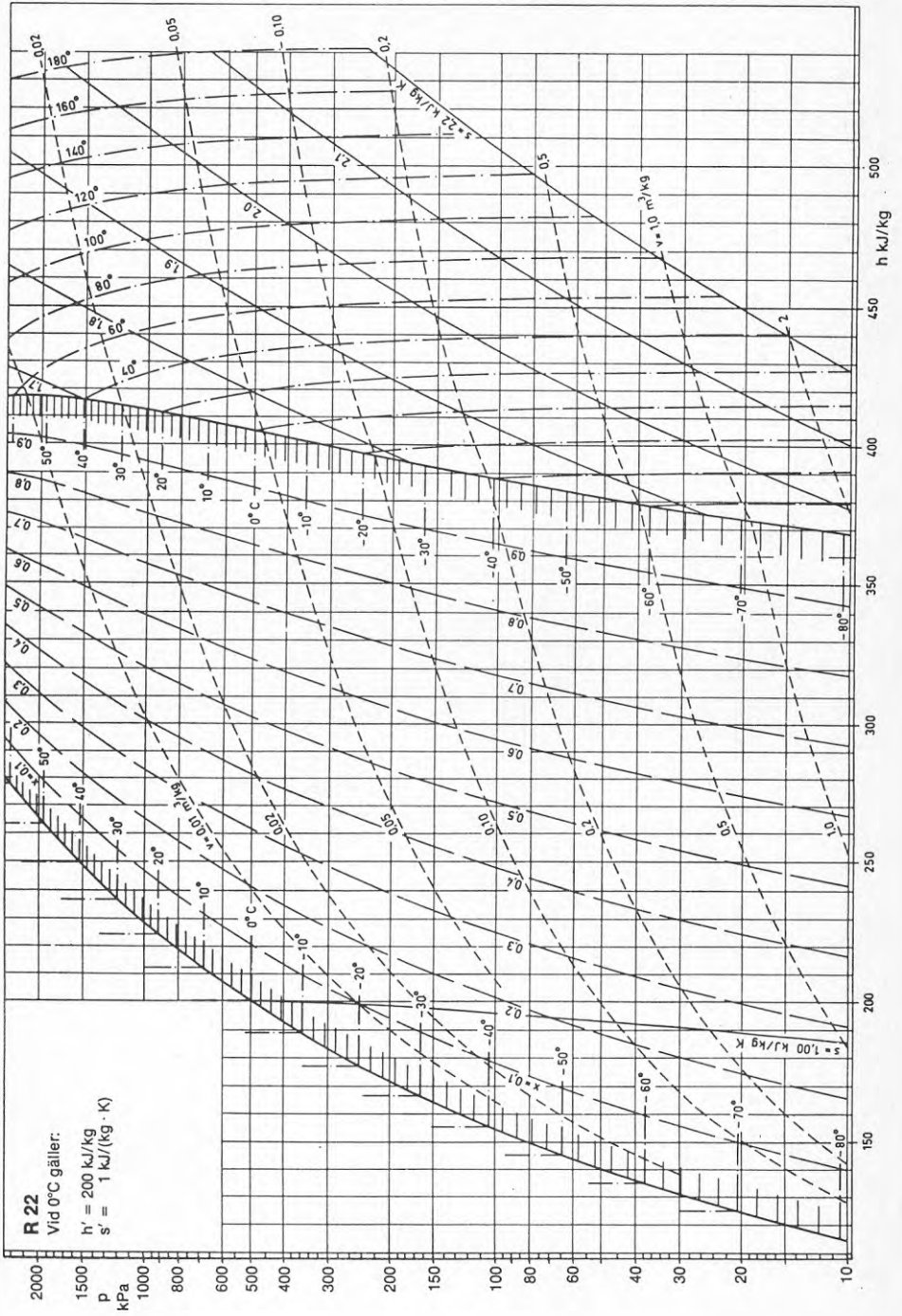
- Personalen som skall sköta värmepumparna måste utbildas och de måste dessutom *ha en positiv inställning* till investeringen som sådan.
- Systemlösningen skall ge en *driftsäker* anläggning med separat elektrisk varmvattenberedare.
- Värmepumpar typ direktförångning skall placeras lättåtkomligt på vind och systemen vara lätta att underhålla.

Under dessa förutsättningar är värmepumpar en vettig investering i detta bostadsområde, där andra alternativa energiinvesteringar är långsökta och knappast ekonomiskt försvarbara.

LITTERATUR

- | <u>Författare</u> | <u>Titel</u> |
|--|---|
| [1] Enström, H
Solin, L
1986 | <i>Frånluftvärmepump i kv
Bondesalen. (Rapport
R29:1986 från Statens
råd för byggnads-
forskning)</i> |
| [2] Glas, L-O
1978 | <i>Värmepumpboken. Grund-
läggande teorier om
värmepumpar</i> |
| [3] Persson, S-E
1983 | <i>Frånluftvärmepumpar i 1062
lägenheter i kv Bojsenburg
Falun. (Rapport R97:1983
från Statens råd för
byggnadsforskning)</i> |
| [4] Förlags AB VVS
1974 | <i>VVS-handboken, tabeller och
diagram</i> |
| [5] VVS-FORUM (RR)
1986 | <i>VVS-Forums årsbok 1986/87</i> |
| [6] Statens råd för
byggnadsforskning
1983 | <i>Värmepumpar. Underlag för
BFR:s verksamhetsplan 1984-87.
(Samlingskrift G17:1983)</i> |
| [7] Svensk Byggtjänst
1987 | <i>Sammanställning av låne- och
bidragsregler för ombyggnad</i> |

BILAGA 6:1

h-log p-diagram för monoklordfluormetan, R 22, CHClF₂

Densitet och entalpitet för monoklordifluormetan, R 22

BILAGA 6:2

Temp	Tryck	Densitet vid nedre gräns- kurva	Densitet vid övre gräns- kurva	Entalpitet vid nedre gräns- kurva	Entalpitet vid övre gräns- kurva	Ångbild- nings- entalpitet
ϑ °C	p kPa	ρ' kg/m ³	ρ'' kg/m ³	h' kJ/kg	h'' kJ/kg	r kJ/kg
-10	354,30	1318,0	15,3040	188,42	401,70	213,28
-9	367,00	1314,7	15,8286	189,56	402,09	212,53
-8	380,06	1311,5	16,3671	190,71	402,49	211,77
-7	393,47	1308,2	16,9200	191,86	402,87	211,01
-6	407,23	1304,9	17,4874	193,02	403,26	210,25
-5	421,35	1301,6	18,0697	194,17	403,64	209,47
-4	435,83	1298,3	18,6671	195,33	404,02	208,69
-3	450,70	1294,9	19,2800	196,5	404,4	207,91
-2	465,94	1291,6	19,9087	197,66	404,77	207,11
-1	481,56	1288,2	20,5535	198,83	405,14	206,31
0	497,59	1284,8	21,2147	200,00	405,51	205,51
+1	514,00	1281,4	21,8927	201,18	405,87	204,7
+2	530,82	1278,0	22,5877	202,35	406,23	203,88
+3	548,05	1274,6	23,3002	203,53	406,59	203,06
+4	565,71	1271,1	24,0305	204,71	406,94	202,22
+5	583,78	1267,6	24,7788	205,90	407,29	201,39
+6	602,28	1264,2	25,5457	207,09	407,64	200,54
+7	621,21	1260,6	26,3315	208,29	407,98	199,69
+8	640,59	1257,1	27,1366	209,48	408,32	198,84
+9	660,42	1253,6	27,9613	210,68	408,65	197,97
+10	680,70	1250,0	28,8061	211,89	408,97	197,10
+11	701,45	1246,4	29,6714	213,09	409,31	196,22
+12	722,65	1242,8	30,5576	214,30	409,64	195,34
+13	744,33	1239,2	31,4651	215,51	409,98	194,44
+14	766,50	1235,5	32,3945	216,73	410,27	193,53
+15	789,15	1231,9	33,3461	217,95	410,56	192,63
+16	812,29	1228,9	34,3204	219,17	410,90	191,71
+17	835,94	1224,5	35,3180	220,4	411,19	190,79
+18	860,08	1220,7	36,3392	221,63	411,49	189,86
+19	884,75	1217,0	37,3848	222,86	411,77	188,92
+20	909,93	1213,2	38,4552	224,10	412,07	187,97
+21	935,65	1209,4	39,5508	225,34	412,36	187,01
+22	961,89	1205,5	40,6724	226,59	412,66	186,05
+23	988,64	1201,7	41,8204	227,84	412,91	185,07
+24	1016,01	1197,8	42,9955	229,09	413,20	184,09
+25	1043,86	1193,9	44,1983	230,34	413,45	183,10
+26	1072,40	1189,9	45,4295	231,60	413,70	182,10
+27	1101,33	1185,9	46,6896	232,87	413,96	181,09
+28	1130,94	1181,9	47,9795	234,14	414,21	180,07
+29	1161,15	1177,9	49,2998	235,41	414,46	179,04
+30	1191,84	1173,8	50,6513	236,69	414,71	178,00
+31	1223,23	1169,8	52,0347	237,97	414,91	176,95
+32	1255,20	1165,6	53,4508	239,25	415,13	175,89
+33	1287,76	1161,5	54,9005	240,54	415,38	174,82
+34	1321,00	1157,3	56,3846	241,84	415,59	173,74
+35	1354,84	1153,1	57,9039	243,14	415,80	172,65
+36	1389,26	1148,8	59,4596	244,45	416,01	171,54
+37	1424,37	1144,5	61,0524	245,75	416,17	170,43
+38	1460,07	1140,2	62,6834	247,07	416,38	169,30
+39	1496,45	1135,8	64,3537	248,38	416,55	168,16
+40	1533,52	1131,4	66,0644	249,71	416,72	167,01
+41	1571,28	1126,9	67,8166	251,04	416,89	165,85
+42	1609,62	1122,4	69,6116	252,38	417,05	164,67
+43	1648,75	1117,9	71,4504	253,72	417,18	163,48
+44	1688,57	1113,3	73,3345	255,07	417,35	162,27
+45	1729,07	1108,6	75,2653	256,42	417,47	161,05
+46	1770,26	1104,0	77,2443	257,78	417,60	159,82
+47	1812,14	1099,2	79,2728	259,15	417,72	158,57
+48	1854,80	1094,4	81,3526	260,52	417,81	157,31
+49	1898,24	1089,6	83,4853	261,90	417,93	156,02
+50	1942,37	1084,7	85,6727	263,29	418,02	154,73
+51	1987,19	1079,8	87,9166	264,68	418,10	153,41
+52	2032,89	1074,8	90,2191	266,08	418,14	152,08
+53	2079,28	1069,7	92,5821	267,49	418,23	150,73
+54	2126,45	1064,6	95,0079	268,91	418,27	149,36
+55	2174,51	1059,4	97,4989	270,33	418,31	147,97
+56	2223,25	1054,1	100,0575	271,76	418,33	146,56
+57	2272,87	1048,7	102,6863	273,20	418,35	145,13
+58	2323,28	1043,3	105,3881	274,65	418,35	143,68
+59	2374,47	1037,8	108,1659	276,11	418,33	142,20

**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 831080-3
från Statens råd för byggnadsforskning till Fastighets AB
Kopparstaden, Falun.**

R28: 1988

ISBN 91-540-4872-9

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6708028

**Abonnemangsgrupp:
Ingår ej i abonnemang**

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

Cirkapris: 45 kr exkl moms