



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.

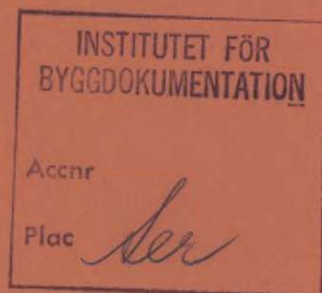
This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may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



## Värmeutvinning ur grovrensad avloppsvatten

Ett års erfarenheter från  
Kodammarnas pumpstation  
i Göteborg

**Geron Johansson**  
**Knut-Olof Lagerkvist**



R122:1982

VÄRMEUTVINNING UR GROVRENSAT  
AVLOPPSVATTEN

Ett års erfarenheter från Kodammarnas  
pumpstation i Göteborg

Geron Johansson  
Knut-Olof Lagerkvist

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag  
801227-3 från Statens råd för byggnadsforskning  
till Statens Provningsanstalt, Borås.

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

R122:1982

ISBN 91-540-3810-3  
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm  
LiberTryck Stockholm 1982



## INNEHÅLL

1.	FÖRORD .....	5
2.	SAMMANFATTNING .....	6
2.1	Kortfattad beskrivning .....	6
2.2	Sammanfattning av mätresultat .....	7
3.	BESKRIVNING AV ANLÄGGNINGEN .....	8
3.1	Allmänt .....	8
3.2	Funktionsbeskrivning enligt Stal Refrigeration AB .....	9
3.3	Samkörning av värmepumpdrift med den befintliga oljeeldade pannanläggningen, enligt K-Konsult i Göteborg .....	13
4.	MÄTRESULTAT .....	15
4.1	Mätprogram .....	15
4.2	Kapacitetsprov .....	18
4.3	Mätresultat, månadsvärden .....	22
4.4	Mätresultat, Veckovärden .....	28
4.5	Mätresultat, timvärden .....	45
5.	SLUTSATSER. KOMMENTARER .....	51
5.1	Årsvärmefaktor .....	51
5.2	Tubpanneförångare .....	52
5.3	Ekonomi .....	54
Bilaga 1	Kortfattad beskrivning av integrerande datainsamlings- system SP-AE 508 .....	55
Bilaga 2	Kalibreringsprotokoll SP-AE 508 .....	56



## 1 FÖRORD

VA-verket i Göteborg har, med ekonomiskt stöd från Statens råd för byggnadsforskning, installerat en anläggning som återvinner värme ur grovrensat avloppsvatten med hjälp av värmepump. Anläggningen är belägen i pumpstationen Kodammarna, nära Partihallarna i centrala Göteborg och betjänar pumpstationens uppvärmningssystem.

Intresset för att använda orenat avloppsvatten som värmekälla för värmepumpar beror främst på att pumpstationer, till skillnad från vattenreningsverk, ofta är belägna nära tätbebyggelse. Problemet är att betydligt större krav ställs på utformningen av värmepumpens förångare än om renat avloppsvatten används.

Det bör beaktas att temperaturfallet i pumpstationen kan påverka den biologiska nedbrytningen i reningsanläggningen.

Den aktuella anläggningen utnyttjar endast en liten del av det totala avloppsflödet, ca 6 l/s, jämfört med minflödet genom pumpstationen, ca 350 l/s. Tanken har varit att genom denna mindre anläggning vinna driftserfarenheter, som kan användas vid projektering av en större anläggning som förser kringliggande industrier och hotell med värme.

Denna rapport behandlar i första hand resultatet av mätning och utvärdering av projektet under en uppvärmningssäsong. Mätning och utvärdering samt rapportsammanställning har utförts av Knut-Olof Lagerkvist och Geron Johansson vid laboratoriet för VVS-teknik, Statens provningsanstalt i Borås. Arbetet har följts av Ulf Hägg, K-Konsult i Göteborg, Hans Wahlström, VA-verket i Göteborg, Håkan Lundström, Stal-Refrigeration i Göteborg samt Bengt Lundqvist, Byggnadsförskningsrådet, bland annat genom granskning av mätresultat under projektets gång.

Projekteringen har utförts av K-Konsult i Göteborg i samarbete med VA-verket och är beskriven i en förstudierapport (Rapport R37:1981).

Anläggningen togs i drift 1981-03-09. Våren -81 installerades en datalogger och en intensivmätperiod utfördes. Från värmesäsongstarten hösten -81 till våren -82 har mätdata registrerats och avlästs veckovis. Vintern -82 var dessutom dataloggern återigen installerad under en 14-dagarsperiod.

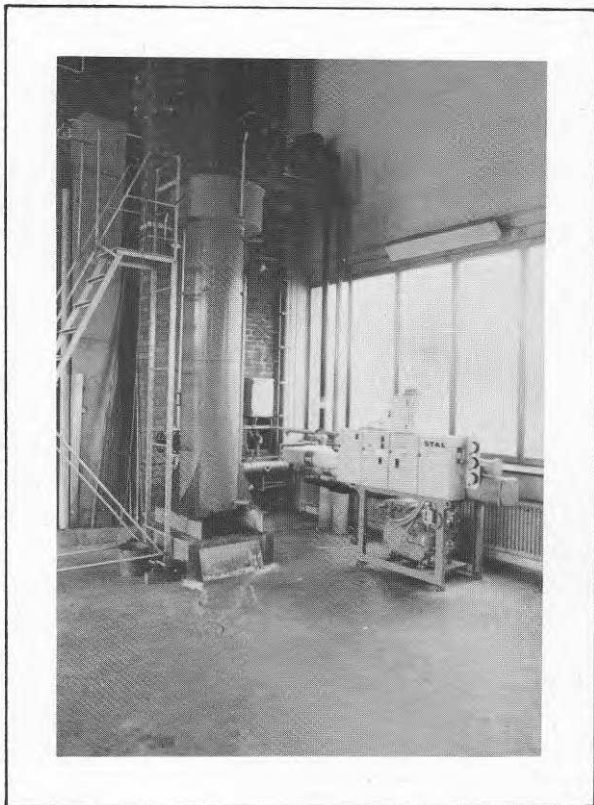
## 2 SAMMANFATTNING

### 2.1 Kortfattad beskrivning

Projektets syfte har varit att vinna driftserfarenheter från en värmepumpanläggning som utnyttjar grovrensat avloppsvatten som värmekälla.

Den av värmepumpen levererade energin används för uppvärmning genom att den har dockats till den befintliga oljepannan.

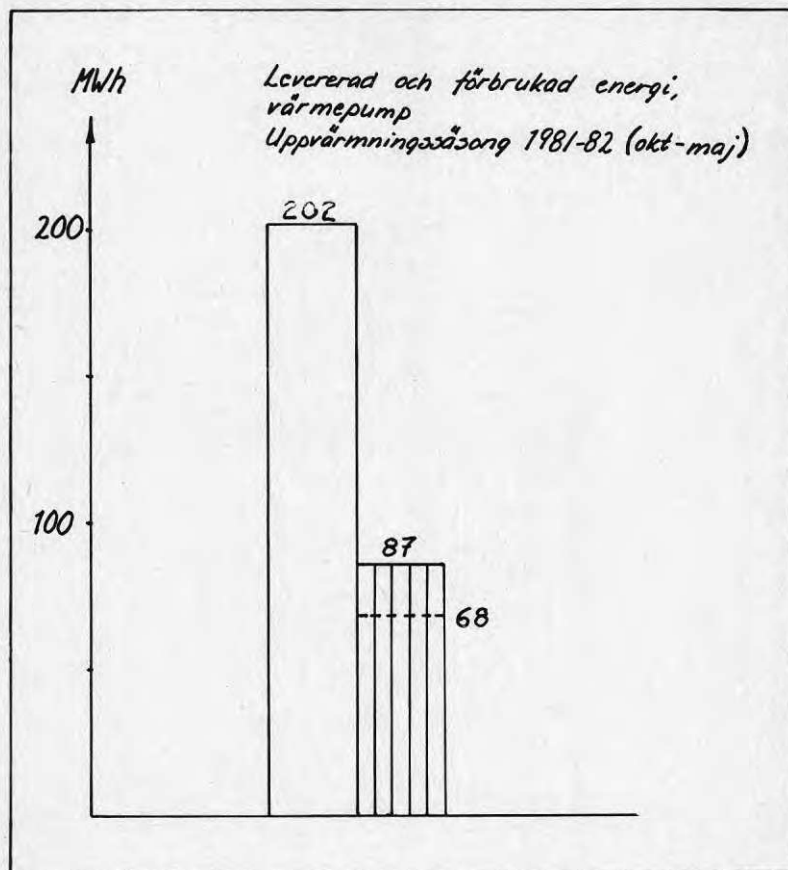
Från början var det meningen att värmepumpen också skulle bereda varmvatten. På grund av att värmesystemet utnyttjar relativt låga framledningstemperaturer kopplades i stället en elektrisk varmvattenberedare in.



Figur 1. Värmepumpanläggning.

## 2.2 Sammanfattning av mätresultat

Under uppvärmningssäsongen 1981-82 klarade värmepumpen av att täcka pumpstationens hela energibehov för uppvärmning.



Figur 2. Levererad och förbrukad energi från värmepumpen.

Värmebehovet under denna tid var 202 MWh. För att producera denna energi förbrukade hela värmepumpen 87 MWh elenergi. Den totala årsvärmefaktorn för anläggningen blir då

$$\text{COP}_{\text{tot}} = \frac{202}{87} = 2,3$$

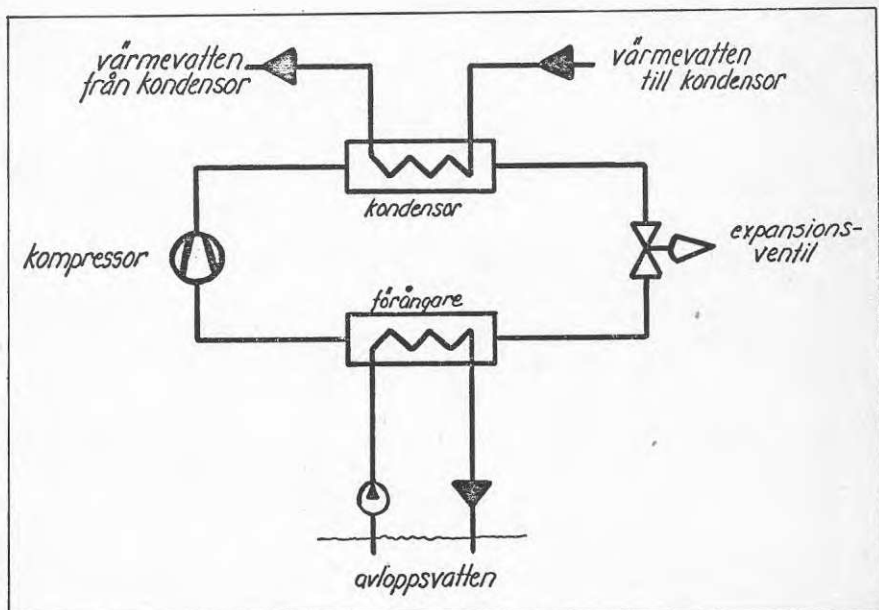
Värmepumpen utan avloppsvattenpump förbrukade 68 MWh elenergi. Detta medför att värmepumpens årsvärmefaktor blir

$$\text{COP}_k = \frac{202}{68} = 3,0$$

## 3 BESKRIVNING AV ANLÄGGNINGEN

## 3.1 Allmänt

Kodammarnas pumpstation är en av fem avloppspumpstationer i Göteborgsregionen. Avloppsvattnet pumpas till Ryaverket för rening. Pumpstationen har ett minsta avloppsvattenflöde på ca 350 l/s och har tidigare försörjts med värme och varmvatten av en egen oljepanna med märkeffekt 245 kW och oljeförbrukning 30 m<sup>3</sup> (Eo 1) per år.



Figur 3. Princip värmepump­anläggning.

Den installerade värmepumpen har grovrensat avloppsvattnet (rengaller med spaltvidd 30 mm) som värmekälla. Avloppsvattnet pumpas upp till värmepumpens förångare med en dränkbar pump. Värmepumpens köldmedium tar i förångaren upp värme till köldmediet som förångas. Köldmediet pumpas vidare till kompressorn och trycket höjs. Efter kompressorn går gasen vidare till kondensorn, där den kondenseras till vätska och därmed lämnar av sitt värmeinnehåll till värmevattnet.

Köldmediet går därefter vidare till expansionsventilen, där trycket sänks. Därefter kan köldmediet med det lägre trycket gå vidare till förångaren för att förångas och ta upp nytt värme igen.



Värmepumpens drivkälla är en eldriven motor med en maximal effekt på 30 kW. Enligt tillverkaren är värmepumpens värmeeffekt 65 kW med följande förutsättningar:

Värmebärartemperatur in	40	°C
Värmebärartemperatur ut	45	°C
Köldbärartemperatur in/ut	7/5	°C
Köldbärarflöde	6	l/s

Den förångare som används är av standardmässigt utförande. Förångaren består i huvudsak av ett vertikalt tubknippe omslutet av en cylindrisk mantel. Ståltuberna, som är tillverkade av kolstål, har en ytterdiameter av 57 mm och är infästade i tubplåtarna medelst svetsning. I toppen är en ringformad vattenbassäng placerad, dit avloppsvatten pumpas. Från vattenbehållaren rinner vattnet ned genom tuberna.

Vattenfördelare av plast skall normalt vara insatta i tubernas övre ändar för att ge vattnet en god fördelning över tubernas inneryta, samtidigt som ett för värmeöverföringen fördelaktigt strömningsförhållande erhålls. Dessa har inte kunnat användas på grund av problem med igen-sättning.

Avloppsvattenpumpen som pumpar upp det grovrensade vattnet till förångaren är av en speciell typ, som tål grova föroreningar. Den är helt dränkbar och är utrustad med ett öppet enkanalspumphjul med skärplatta. Pumpen har en märkeffekt på 5,5 kW.

### 3.2 Funktionsbeskrivning enligt Stal Refirgeration AB

#### Funktion

Anläggningens kompressor (KK) pumpar köldmediegas från anläggningens lågtryckssida till högtryckssidan och vidare till kondensorn (KD). Se figur 4. Här kondenserar gasen till vätska och avger därvid värme till värmebäraren (värmevattnet) i kondensorn.

Vätskan passerar härefter torkfilter (SIL), magnetventil (MV), synglas (SG), utjämningsbehållare (UB) med flottörventil (SV 2), oljeåterförare (OÅ) samt går fram till strypventilen (SV 1). Här sker en trycksänkning och vätskan börjar koka när den går in i vätskeavskiljaren (VA). I botten på denna finns kall vätska och i toppen gas.

Genom själv-cirkulation går vätskan via fallröret till botten av förångaren (EV). Här tillförs värme från avloppsvattnet som cirkuleras genom förångaren och vätskan börjar förångas (koka).

Härvid stiger gasvätskeblandningen uppåt och går via stigarröret i retur till vätskeavskiljaren. Den gas som bildats i förångaren avskiljs i vätskeavskiljaren och sugas via sugledningen i retur till kompressorn.

Under drift följer en del smörjolja med köldmediet upp till vätskeavskiljaren. För att få denna olja i retur till kompressorn finns en oljeåterförare monterad som fungerar så att en del kall oljeblandad köldmedievätska tages ut från vätskeavskiljarens botten till oljeåterföraren.

Oljeåterföraren fungerar då som en värmeväxlare mellan varm vätska från kondensorn och kall vätska från vätskeavskiljaren. Den kalla vätskan förångas härvid och går som en blandning av gas och oljedroppar till oljeuppsamlingskärlet (OU). I detta avskiljs oljan och faller till botten av kärlet medan gasen fortsätter till vätskeavskiljaren.

En flottörventil i kompressorns vevhus känner oljenivån och öppnar vid behov magnetventilen (MVO) för påfyllning av olja från oljeuppsamlingskärlet.

Flottörventilen (SV 2) känner en vätskenivå i utjämningskärlet (UB). Vid stigande nivå påverkas huvudventilen (SV 1) via pilotledningen och öppnar och släpper in vätska i vätskeavskiljaren.

### Driftsfunktion

Start kan ske när fel inte signaleras och manöverströmställaren (ST 1) står i läge 1. Starten fördröjs 10 min (mellan starter). Startfördröjningen kan förbikopplas genom att strömställaren (ST 1) förs till läge 2 (återfjädrande). Återställning av fel, vilket sker manuellt, görs också genom att föra strömställaren till läge 2.

Manöverströmställaren har ett läge 0 där start inte kan ske. Kompressorns oljevärmare har dock spänning.

Vid fel bryter aggregatet enligt följande:

P g a för hög motortemperatur omedelbart när lindnings-temperaturen överskrider  $100^{\circ}\text{C}$ .

P g a för högt kondenseringstryck omedelbart vid överskridande av 2,1 MPa övertryck (+  $78^{\circ}\text{C}$  vid R-12) (GP 1).

P g a för lågt oljetryck när 0,15 MPa underskridits längre tid än 30 s. (För att åstadkomma tillslag efter start fordras 0,18 MPa.) (GP 3).

P g a för lågt sugtryck när 0,1 MPa ( $-12^{\circ}\text{C}$  vid R-12) underskridits längre tid än 60 s. (För att åstadkomma tillslag efter brytning fordras 0,18 MPa ( $-3^{\circ}\text{C}$  vid R-12.) (GP 1).

Blockering sker och röd lampa lyser i felsignaltablån och återställning måste ske med strömställaren (ST 1). Externt larm kan även anslutas.



Oljevärmare inkopplas under kompressorns ståperioder för att hålla vevhusoljan fri från köldmedium.

För att aggregatet skall starta fordras även att värmebärarpumpen (P 4) är i drift.

Parallellt med aggregatet startar också avloppsvattenpumpen (P 5).

Om förångartuberna blir igensatta av smuts stiger vattennivån i fördelningsskålen på förångarens topp, varvid en nivåvakt (GIV 3) stoppar avloppsvattenpump och värmepump.

### Reglerfunktion

Styrventil SV 3 styrs av reglercentralen via GIV 1 så att ventilen står i sitt ändläge tills värmepumpen ej längre klarar att hålla utetemperaturkompenserad framledningstemperatur. Då öppnar ventilen och pannan tillåts starta efter en inställbar tid 0 - 10 timmar.

När pannan har startat går den vid sin drifttemperatur, under en inställbar tid 0 - 48 timmar, oavsett värmebehovet.

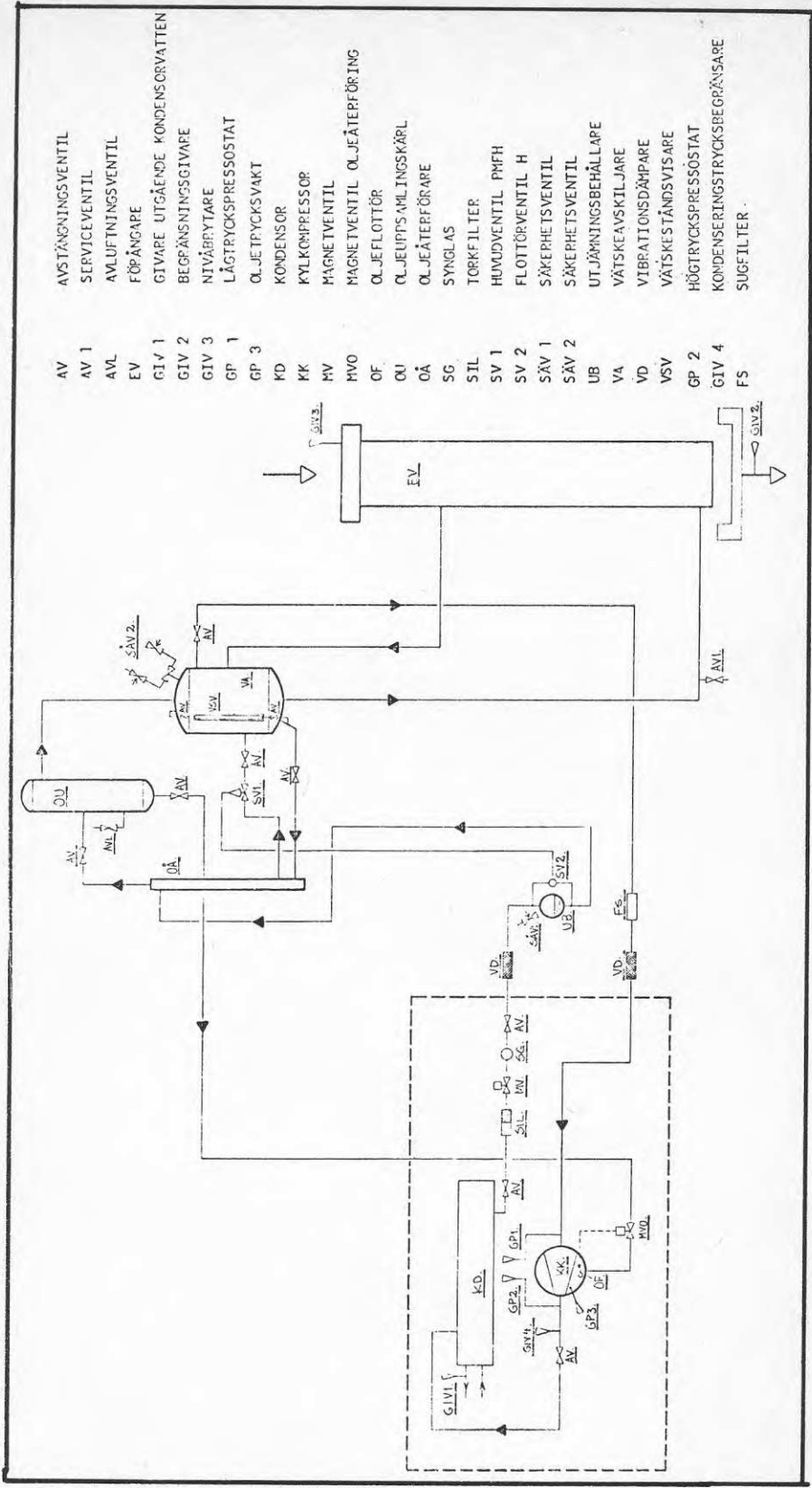
Oljepannans befintliga drifttermostat skall styra panntemperaturen när shuntventilen har lämnat sitt ändläge.

Avloppsvattnet enligt pos 8 går parallellt med värmepumpen.

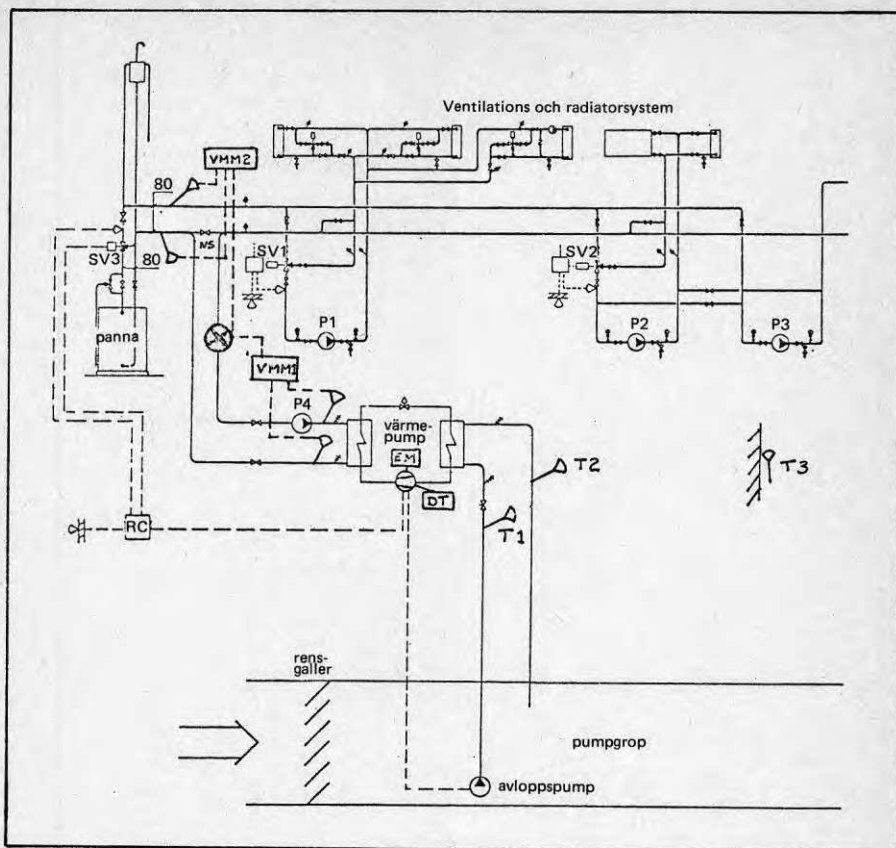
Pump P4 enligt pos 9 går kontinuerligt.

Om utgående avloppsvattentemperatur blir för låg, regleras kompressorns kapacitet ned via GIV 2 och reglercentralen.

Om kondenseringstrycket blir för högt regleras också kompressorns kapacitet ned via GIV 4 och reglercentralen.



Figur 4. Kylprincipschema.



Figur 6. Placering av mätgivare.

Förklaring till figur 6:

VMM 1	Levererad energi av värmepump
VMM 2	Levererad energi av oljepanna
T1	Köldbärartemperatur till värmepumpens förångare
T2	Köldbärartemperatur från värmepumpens förångare
T3	Utomhustemperatur
EM	Elförbrukning värmepumpanläggning
DT	Drifftid värmepumpanläggning och oljepanna

För drifftidsmätning av oljepanna utnyttjades en befintlig drifftidsmätare.

## 4.2 Kapacitetsprov

Provningsen genomfördes med konstant temperatur på köld- och värmebäraren. Värmesystemets belastning ändrades genom att värmebärarens temperaturnivå varierades i två steg. Först uppmättes kapaciteten under normal värmebelastning. Med normal belastning avses här de förutsättningar som gällde den aktuella dagen och de värden som reglercentralen då reglerade in. Sedan simulerades en högre värmebelastning genom att börvärdet på reglercentralen ställdes upp.

För att kontrollera stabiliteten på värmebärartemperaturen och köldbärartemperaturen användes en tvåkanals linjeskrivare.

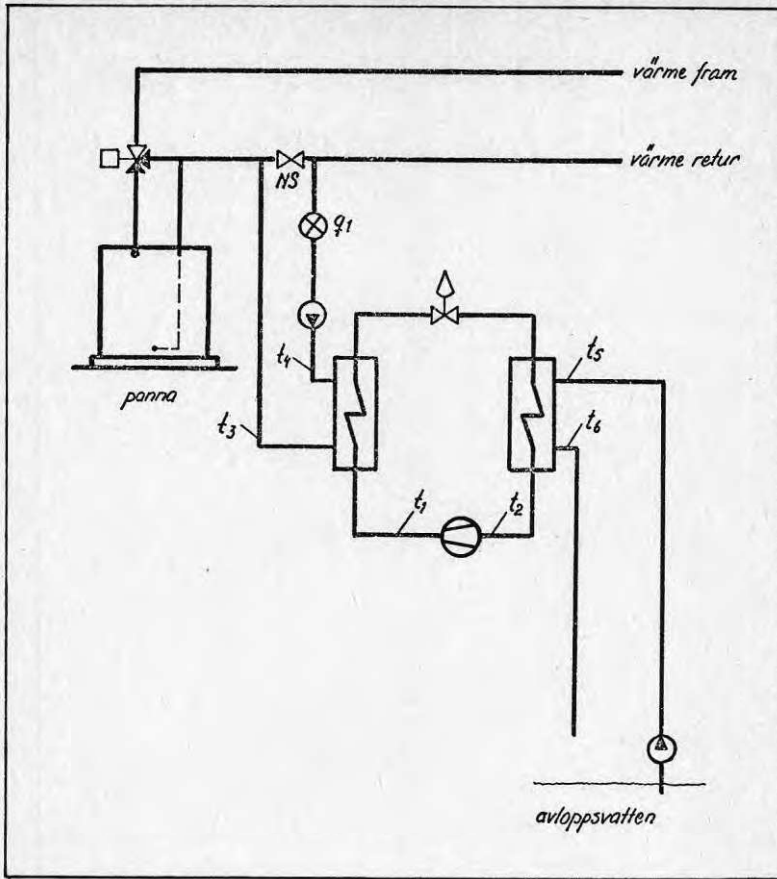
Då stabila förhållanden inträtt genomfördes mätning av de parametrar som behövdes för bestämning av värmepumpens värmeeffekt, elförbrukning samt driftpunkt.

Temperaturer mättes med kalibrerade Pt-100 givare och datainsamlingssystem SP-AE 508. Förångnings- och kondenseringstemperaturer mättes med kalibrerade kylmanometrar fabrikat Alame Acier.

Eleffekt mättes med kWh-mätare.

För placering av mätpunkter se figur 7.

- vattenflöde genom kondensor,  $q$
- temperatur till kondensor,  $t_4$
- temperatur från kondensor,  $t_3$
- avloppsvattnets temperatur till förångare,  $t_5$
- avloppsvattnets temperatur från förångare,  $t_6$
- kondenseringstemperatur,  $t_1$
- förångningstemperatur,  $t_2$



Figur 7. Mätpunkternas placering vid kapacitetsprov.

### Resultat

Mätresultaten redovisas i tabell 1.

Avgiven värmeeffekt mäts under stationära förhållanden och beräknas enligt följande:

$$Q = \dot{m} \cdot c_p \cdot (t_3 - t_4)$$

där  $\dot{m}$  = massflöde (kg/s)

$c_p$  = specifik värmekapacitet (kWs/kg·°C)

$t$  = temperatur (°C)

Värmefaktorn beräknas enligt följande:

$$\text{COP}_{\text{tot}} = \frac{Q}{P_{\text{tot}}} \quad \text{och} \quad \text{COP}_k = \frac{Q}{P_k}$$

där  $Q$  = avgiven effekt (kW)

$P_{\text{tot}}$  = driveffekt för hela värmepumpanläggningen (kW)

$P_k$  = driveffekt för enbart kompressor (kW)

Carnotvärmefaktor beräknas enligt följande

$$\text{COP}_{\text{ct}} = \frac{T_1}{T_1 - T_2}$$

där  $T_1$  = kondenseringstemperatur (K)

$T_2$  = förångningstemperatur (K)

Carnotverkningsgrad beräknas enligt följande

$$\eta_{\text{ct}} = \frac{\text{COP}_k}{\text{COP}_{\text{ct}}}$$

#### Kommentar

Enligt VVS-handlingarna skall värmepumpen ha en maximal värmeeffekt av 65 kW och då förbruka 18 kW (enbart kompressoreffekt). Detta skall gälla vid följande förhållanden:

Värmebärartemperatur in/ut	40/45 °C
Värmebärrflöde	3 l/s
Köldbärartemperatur in/ut	7/5 °C
Köldbärrflöde	6 l/s

Vid en jämförelse mellan de uppmätta värdena och de garanterade synes de stämma ganska väl överens.

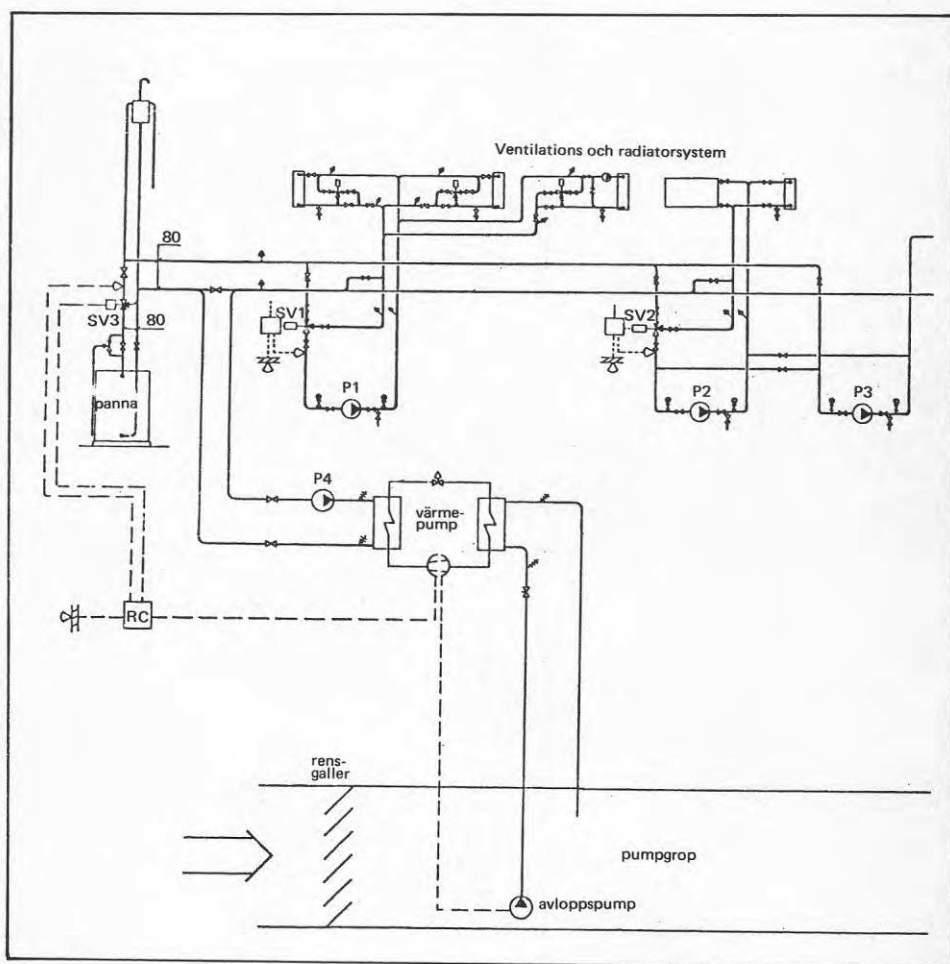
### 3.3 Samkörning av värmepumpdrift med den befintliga oljeeldade pannanläggningen, enligt K-Konsult i Göteborg

Följande gäller (se figur 5):

- 1 Värmepumpen skall gå kontinuerligt som baslast då värmebehov föreligger.
- 2 Utgående vattentemperatur från värmepumpen styrs av en utetemperaturkompenserad reglerutrustning. Max temperatur 70 °C.
- 3 Reglerventiler i befintliga shuntgrupper skall ställas i "öppet" ändläge (SV1 och SV2). Läge "öppet" på väljare i reglercentral.
- 4 Varmvattenberedaren skall värmas med el (läge "sommar" på omkopplaren).
- 5 Cirkulationspumpar P1, P2 och P4 (värmevatten) skall alltid vara i drift (då värmeanläggningen är i drift). P3 skall ej vara i drift.  
  
Avloppspump för förångaren är förreglad med värmepumpen och är således i drift samtidigt med värmepumpen.
- 6 Oljepannan varmhålls genom att reglerventilen SV3 min-begränsas så att ett delflöde passerar pannan. Min-begränsningen sker med hjälp av en manuell lägesväljare på reglermotorn.
- 7 Då framledningstemperaturen till värmesystemet från värmepumpen är ca 3 °C lägre än det börvärde som gäller startar en timer. Timerns uppgift är att ej låta pannan starta vid endast kortvariga ökningar av värmebehovet. Timern är inställbar mellan 0 - 2 timmar. Inställt värde vid idrifttagning skall vara 2 timmar. Drifterfarenheterna under den första tiden får visa om inställningsvärdet behöver ändras.
- 8 Är värmebehovet större än värmepumpens kapacitet även efter 2 timmar tillåts pannan starta. Utgående temperatur från pannan styrs av panntermostaten. Inställt värde 80 - 85 °C.
- 9 Panneffekten är låg vid starten då endast ett litet flöde passerar pannan. Värmepumpen producerar den största effekten.
- 10 Ökar värmebehovet ytterligare ändrar reglercentralen reglerventilen SV3s läge så att ett större flöde passerar pannan, varvid pannans effekt ökar.
- 11 Vid minskande värmebehov stänger SV3 och då värmepumpen klarar hela värmebehovet blockeras pannan.
- 12 Möjlighet finns att låta pannan gå trots att värmepumpen klarar hela värmebehovet. Detta regleras med en timer med inställningstiden 0 - 48 timmar. Timern



låter pannan gå inställt antal timmar då värmebehovet sjunker enligt punkt 11 ovan. Denna funktion skall ej utnyttjas, varför inställningstiden skall vara 0 timmar.



Figur 5. Principflödesschema.



## 4 MÄTRESULTAT

### 4.1 Mätprogram

Mätningarnas syfte har dels varit att upprätta en energiflödesbalans över pumpstationens uppvärmningssystem och dels att närmare studera värmepumpens driftsförhållanden och i någon mån dess driftsegenskaper.

Mätprogrammet kan indelas i tre delar:

- o Kapacitetsprov av värmepumpen vid ett driftsfall. Mätningarna utfördes vid ett för värmepumpen stabilt driftsförhållande och genomfördes vid ett tillfälle under mätperioden. (Resultat se 4.2).
- o Veckoavläsningar, har pågått under hela mätperioden. För registrering av mätdata har använts ett integrerande datainsamlingssystem, SP-AE 508, utvecklat vid Statens provningsanstalt. (Resultat se 4.3.)
- o Intensivmätperiod, då mätvärden i form av timmedelvärden insamlades med hjälp av en datalogger. Mätningarna utfördes vid två tillfällen under mätperioden. (Resultat se 4.4.)

Följande mätutrustning har använts:

#### Datainsamlingsutrustning

- o Integrerande datainsamlingssystem SP-AE 508 (se bilaga 1 och 2).
- o Datalogger fabrikat Acurex modell Autodata Ten/5 och kassetbandspelare fabrikat Facit.

#### Temperatur

- o Pt-100 givare fabrikat SVM. Vid mätning av temperaturdifferens har speciellt parade givare använts.

#### Vattenflöden

- o Värmevattenflödet genom uppvärmningssystemet och därmed genom värmepumpens kondensor mättes med en vinghjulsmätare typ RMS, fabrikat SVM.

#### Eleenergi

- o Värmepumpens elförbrukning bestämdes med kWh-mätare klass 1 fabrikat Asea-Skandia. Mätaren var försedd med pulsutgång, som användes under intensivmätperioderna. Pulsutgångens upplösning var 5 kWh.

Följande energiflöden har mätts, både vid veckoavläsningarna och intensivmätperioderna.

- Förbrukad energi för uppvärmning som levererats av värmepump
- Förbrukad energi för uppvärmning som levererats av oljepanna
- Av värmepumpen förbrukad elenergi

Dessutom har följande temperaturer uppmätts:

- Värmebärartemperatur till värmepump
- Köldbärartemperatur till värmepump
- Köldbärartemperatur från värmepump
- Utomhustemperatur

Drifftiderna för oljepanna och värmepump har också registrerats.

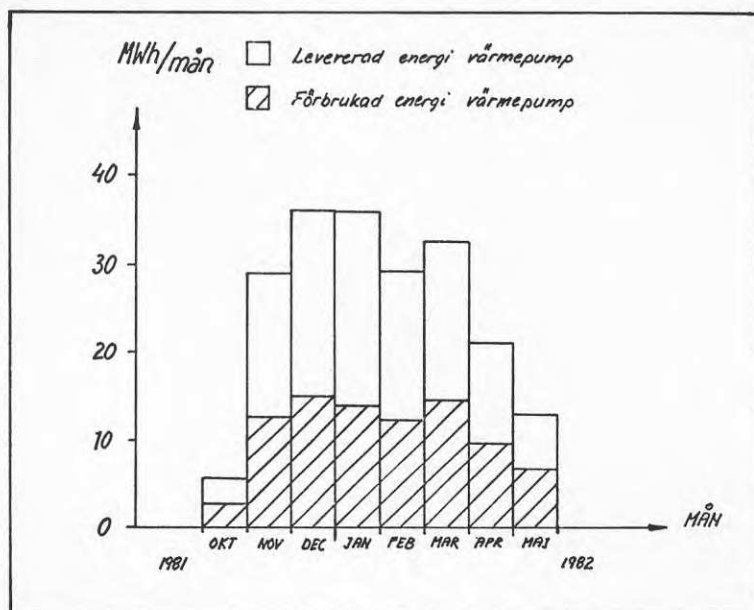
Mätgivarnas placering framgår av figur 6.

TABELL 1. Resultat av kapacitetsprov.

Främ- ledn temp $t_3$ $^{\circ}\text{C}$	Retur- ledn temp $t_4$ $^{\circ}\text{C}$	Köld- bärr- temp in $t_5$ $^{\circ}\text{C}$	Köld- bärr- temp ut $t_6$ $^{\circ}\text{C}$	Konden- serings- temp $t_1$ $^{\circ}\text{C}$	Förång- nings- temp $t_2$ $^{\circ}\text{C}$	Mass- flöde väme- krets $\dot{m}$ $\text{kg/s}$	Elef- fekt VP $P_{\text{tot}}$ kW	Elef- fekt VP $P_k$ kW	Avripen effekt Q kW	Värme- faktor COP <sub>tot</sub>	Värme- faktor COP <sub>k</sub>	Carnot- värme- faktor COP <sub>ct</sub>	Carnot- verk- nings- grad $\eta_{\text{ct}}$ %	Drift- fall
43,6	39,6	11,0	10,4	46,5	6,5	3,0	19,1	15,1	50,2	2,6	3,3	8,0	41	"Normal bel" 1
43,3	39,4	10,6	10,2	46,0	6,5	3,0	19,0	15,0	48,9	2,6	3,3	8,1	41	"Normal bel" 2
44,2	38,9	10,4	9,3	48,0	5,5	3,0	22,9	18,9	66,5	2,9	3,5	7,6	46	Full bel 1
44,3	39,0	10,7	9,3	48,0	5,5	3,0	22,9	18,9	66,5	2,9	3,5	7,6	46	Full bel 2

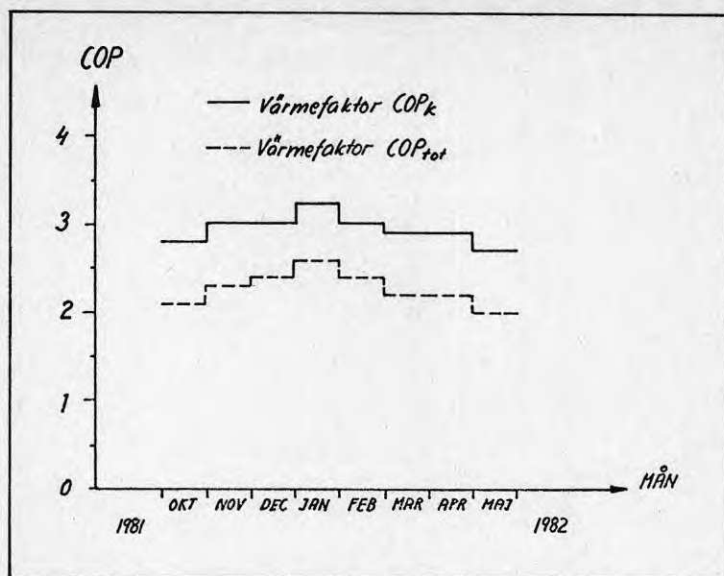
## 4.3 Mätresultat, månadsvärden

Mätresultaten nedan redovisas månadsvis, dels i tabellform, dels i diagramform.



Figur 8. Levererad och förbrukad energi av värmepump.

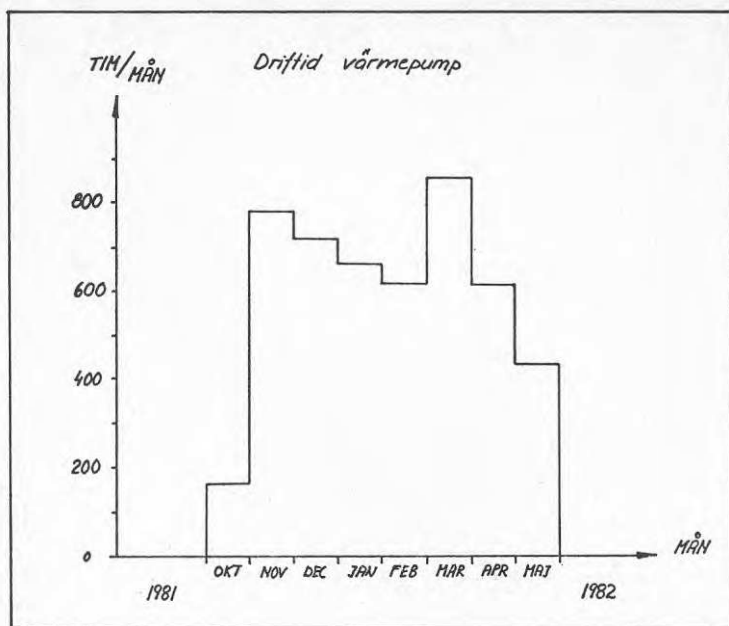
Anläggningen togs i drift i mitten av oktober 1981. I figur 8 visas den av värmepumpen levererade energin till uppvärmningssystemet samt den förbrukade elenergin för värmepumpen med kringutrustning.



Figur 9. Värmefaktorer värmepump.

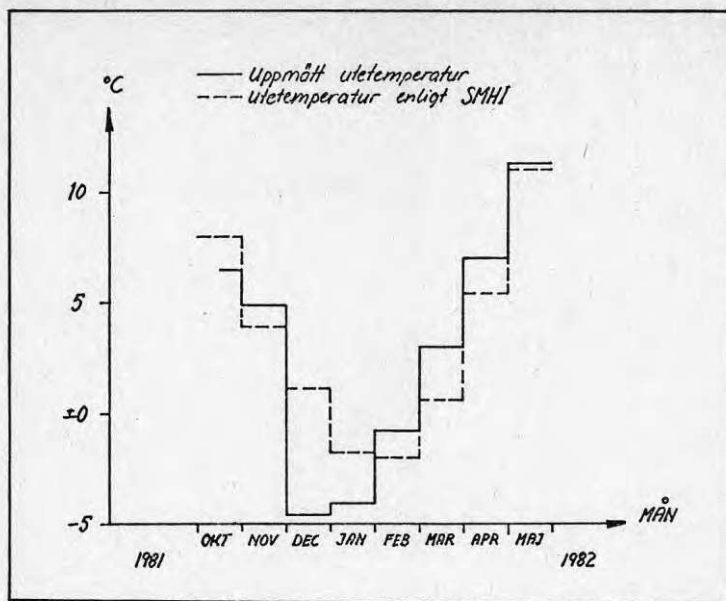
Värmepumpens värmefaktorer med och utan kringutrustning framgår av figur 9. Den kringutrustning som främst orsakar att  $COP_{tot}$  är betydligt lägre än  $COP_k$  är avloppspumpen. Dess elförbrukning är ca 4 kW<sub>k</sub>, vilket medför att elförbrukningen för t ex jan -82 är ca 19 % av den totala.

Den högsta värmefaktorn erhålls när värmepumpen går med full kapacitet, t ex i jan -82, medan den är något lägre i månader med mindre värmebehov, t ex i okt -81.



Figur 10. Drifttid värmepump.

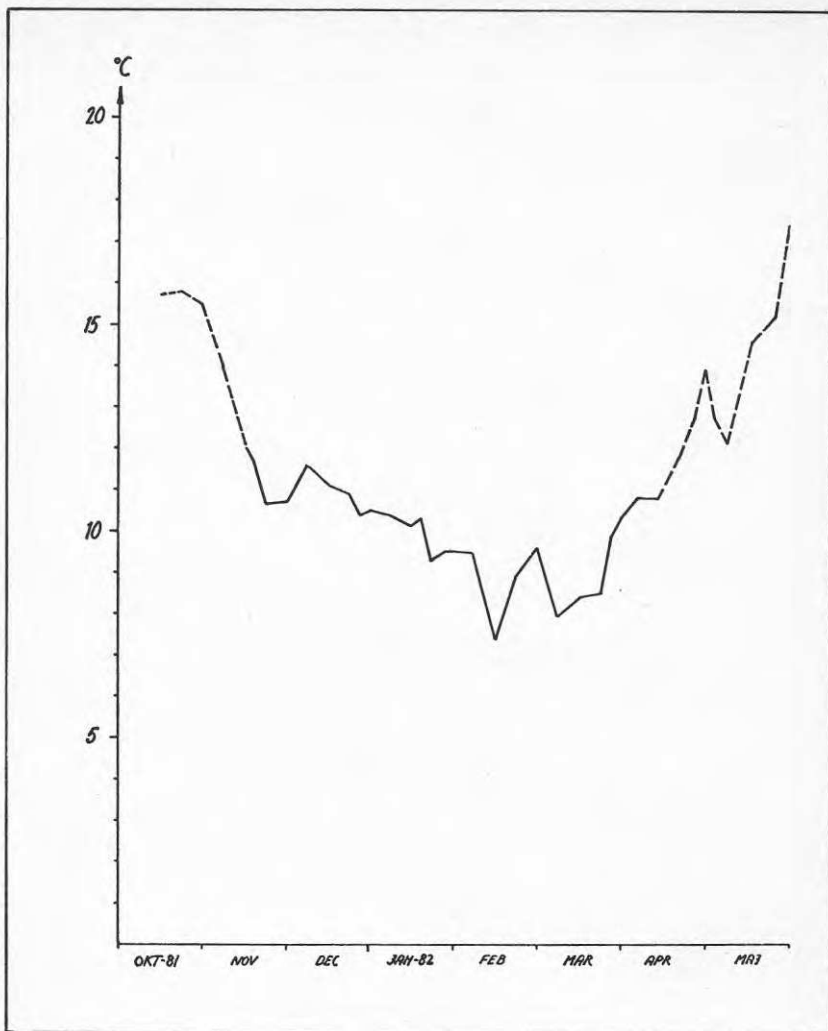
Värmepumpen har i stort sett varit i drift större delen av dygnet, över hela uppvärmningssäsongen. Dess totala gångtid för varje månad framgår av figur 10. Observera att den korta drifttiden i okt -81 beror på att värmesystemet åter togs i drift först i mitten av månaden.



Figur 11. Månadsmedelvärden utetemperaturer.

I figur 11 visas månadsmedelvärden av uppmätta utetemperaturer jämfört med av SMHI angivna normaltemperaturer vid Säve i Göteborg.

Som framgår av figuren var vintern 81/82 betydligt kallare medan våren var något varmare än normalt.



Figur 12. Avloppsvattentemperatur.

Avloppsvattentemperaturen är uppmätt på inkommande röret till värmepumpens förångare. De månader då värmepumpen ej gått kontinuerligt har mätgivaren registrerat en felaktig temperatur. Dessa månader är streckade i figuren.



TABELL 2. Energileveranser uppvärmningssäsongen 81/82

ENERGILEVERANSER KODAMMARNA

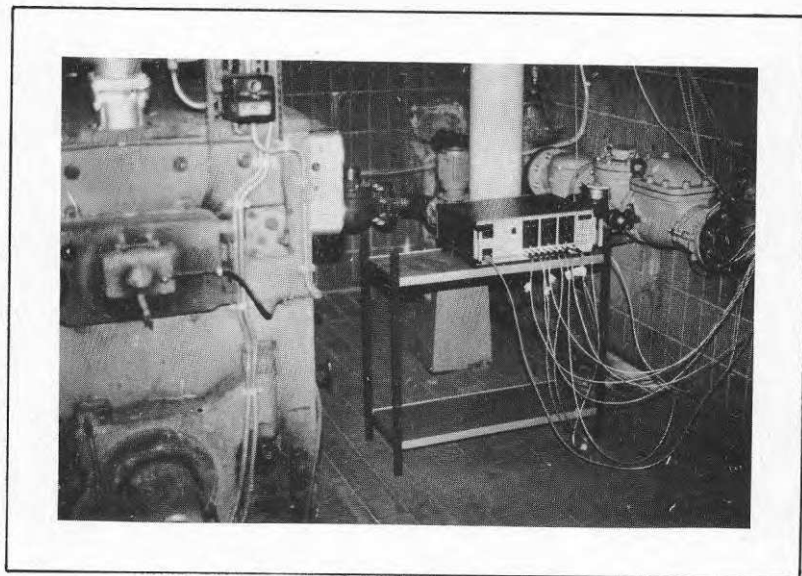
Månad	Lev energi VP	Förbr energi VP	COP tot	Drift-tid VP	Lev energi olje-panna	Lev energi totalt	Andel lev energi från VP	Sparad energi	Sparad energi i kr 25 öre/kWh	Fram-ledn-temp °C	Köld-bärar-temp °C	Ute-temp °C
	kWh	kWh		tim	kWh	kWh	%	kWh	kr			
Okt-81*	5 670	2 650	2,1	162	0	5 670	100	3 020	760	35,4	15,7	6,5
Nov	28 890	12 650	2,3	781	0	28 890	100	16 240	4 060	37,7	12,7	4,9
Dec	36 110	14 970	2,4	718	0	36 110	100	21 140	5 290	44,9	11,0	-4,6
Jan-82	36 090	13 840	2,6	662	0	36 090	100	22 250	5 560	46,1	9,8	-4,1
Feb	29 160	12 200	2,4	619	0	29 160	100	16 960	4 240	43,3	8,7	-0,8
Mars	32 240	14 460	2,2	858	0	32 240	100	17 780	4 450	39,7	8,9	3,0
April	21 120	9 770	2,2	617	0	21 120	100	11 350	2 840	34,8	11,8	7,0
Maj	13 000	6 590	2,0	429	0	13 000	100	6 410	1 603	32,5	14,7	11,3
Summa	202 280	87 130	2,3	4 846	0	202 280	100	115 150	28 790			

\* Anläggningen togs i drift 81-10- (efter sommaruppehåll)

#### 4.4 Mätresultat, veckovärden

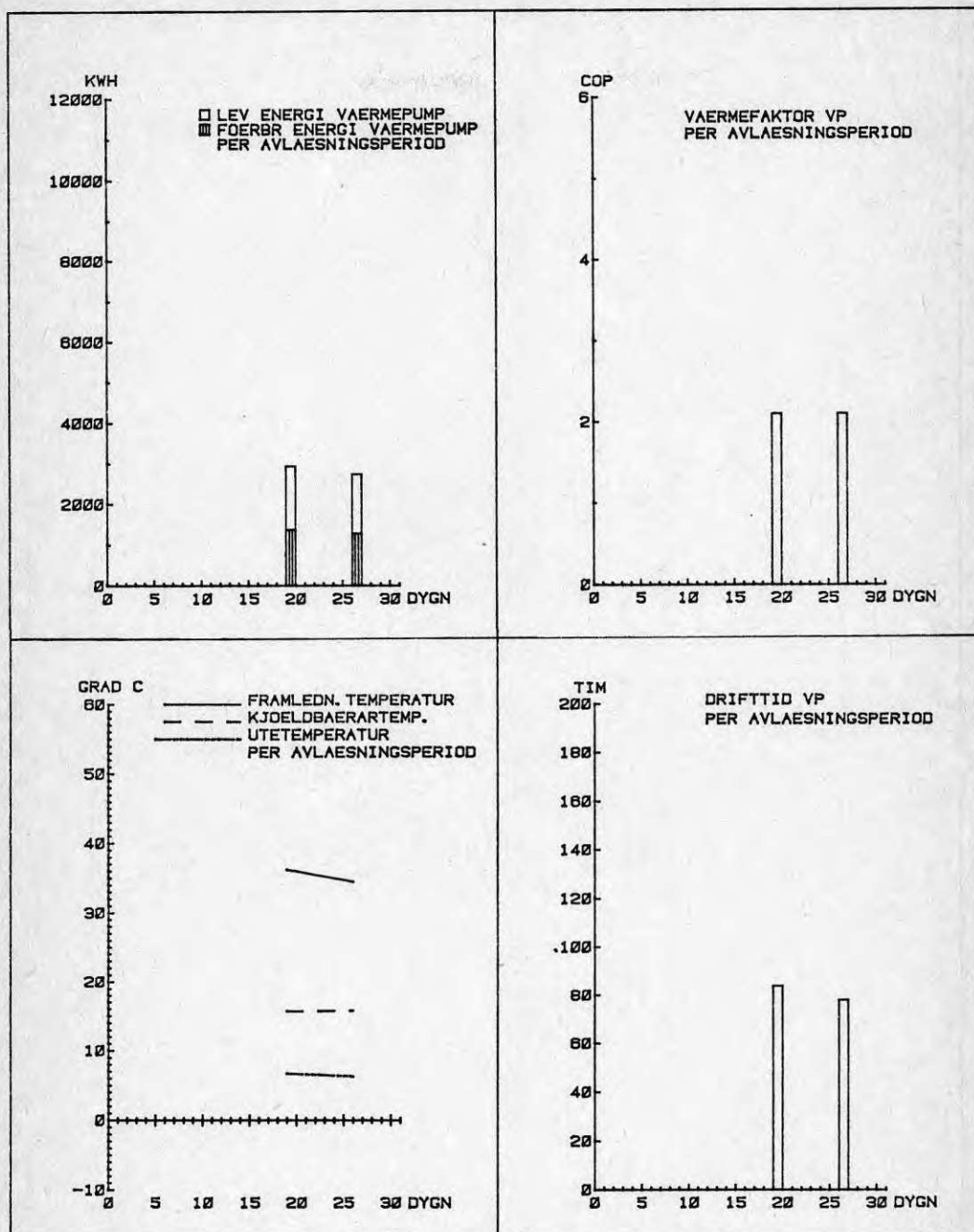
Mätresultaten redovisas nedan i form av veckovärden sammanställda månadsvis. Resultaten presenteras dels i tabellform, dels i diagramform.

Resultaten hänför sig till de veckoavläsningar som personalen vid pumpstationen utfört. Avläsningarna har förts upp på blanketter och skickats till Statens provningsanstalt. Där har resultaten matats in i en bordsdator och behandlats. Ett program för behandling av mätdata i samband med utvärderingen har tagits fram. Med hjälp av bordsdatorn har sedan resultaten skrivits och plottats ut månad för månad under projektets gång. Dessa resultat har utsänts till i projektet berörda parter efter hand som de sammanställts.



Figur 13. Bild från pannrummet, där integratorn för mätning av värmemängder och temperaturer var placerad.

## KODAMMARNA OKT 1981

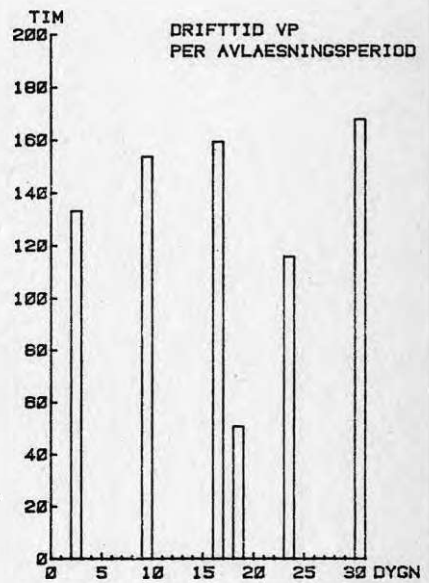
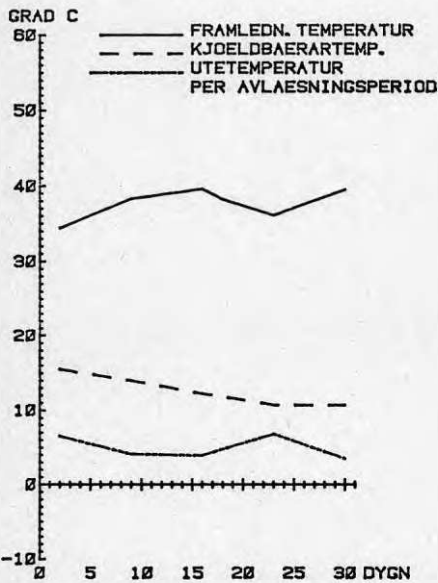
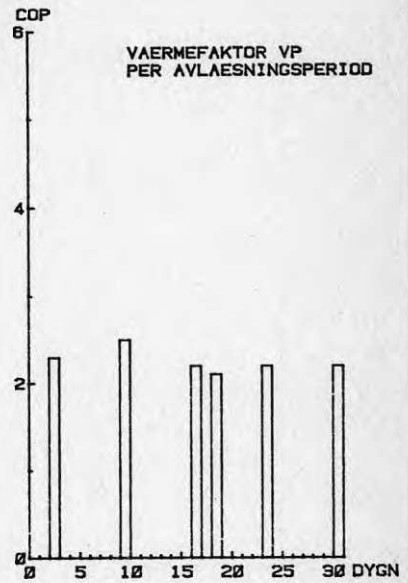
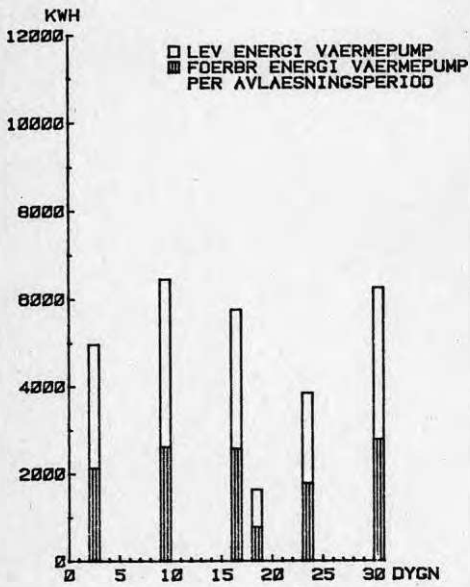


PUMPSTATION KODAMMARN  
 VAERMECENTRAL  
 OKT 1981

DAT	LEV. ENERGI VP	FOERBR ENERGI VP	VAERME FAKTOR COP	LEV. ENERGI OLJE- PANNA	LEV. ENERGI TOTALT	ANDEL AV TOTALT LEV ENER GI FRAAN VP	SPARAD ENERGI VP
	KWH	KWH		KWH	KWH	%	KWH
19	2934	1368	2.1	0	2934	100	1566
26	2739	1280	2.1	0	2739	100	1459
SUMMA	5673	2648		0	5673		3025
ME- DELV. PER DYGN	405	189	2.1	0	405	100	216

DAT	FRAM- LEDN. TEMP.	KJOELD BAERAR TEMP.	UTE- TEMP.	FLOEDE VAERME KRETS	DRIFT TID VP	DRIFT TID OLJE- PANNA
	GRAD	GRAD	GRAD	M3/H	TIM	TIM
19	36.2	15.7	6.7	10.7	83.9	0.0
26	34.5	15.8	6.3	10.7	78.0	0.0
SUMMA					161.9	0
ME- DELV. PER DYGN	35.4	15.7	6.5	10.7	11.6	0.0

## KODAMMARNA NOV 1981

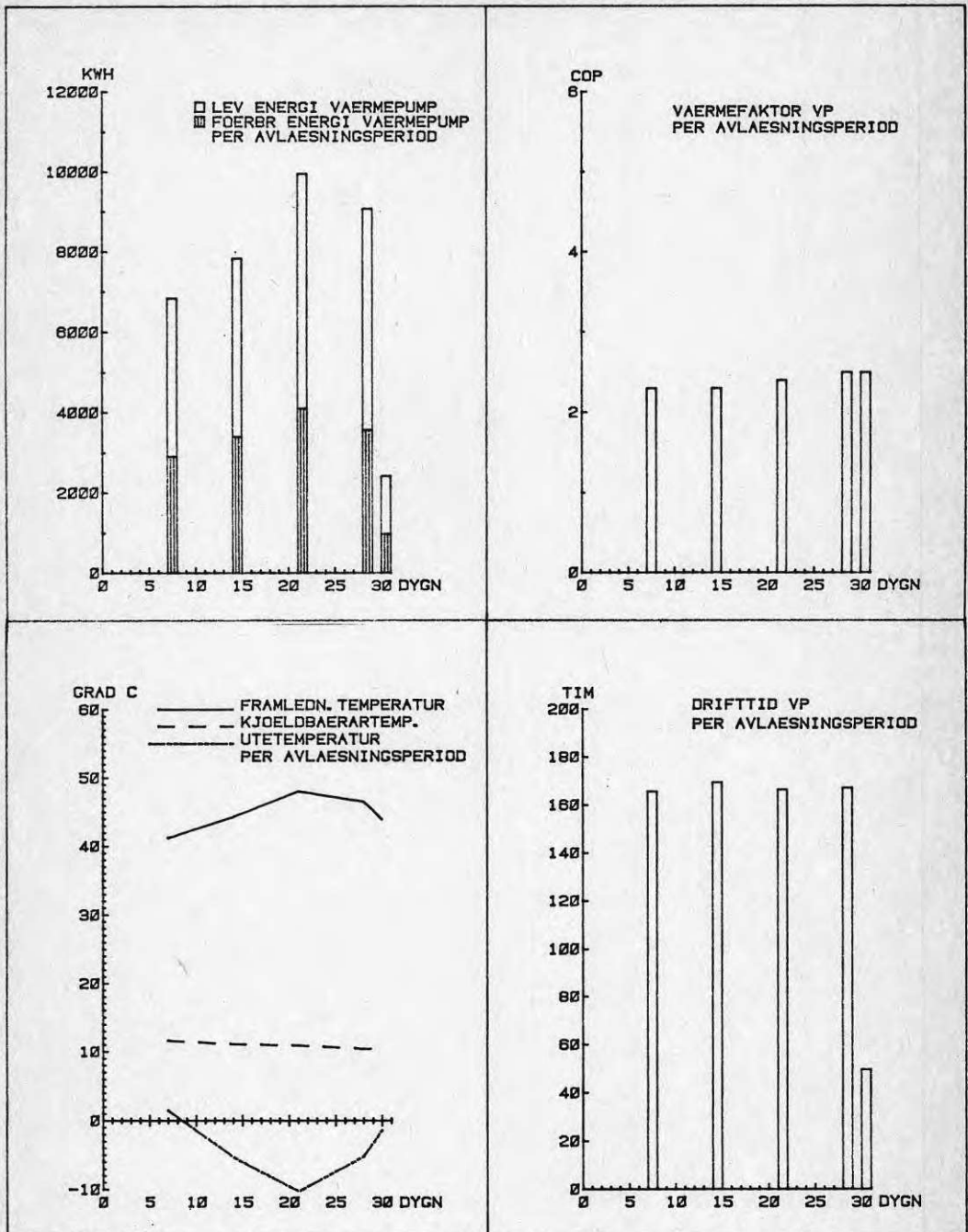


PUMPSTATION KODAMMÄRNA  
 VÄRMECENTRAL  
 NOV 1981

DAT	LEV. ENERGI VP	FOERBR ENERGI VP	VAERME FAKTOR COP	LEV. ENERGI OLJE- PANNA	LEV. ENERGI TOTALT	ANDEL AV TOTALT LEV ENER GI .FRAAN VP	SPARAD ENERGI VP
	KWH	KWH		KWH	KWH	%	KWH
2	4963	2132	2.3	0	4963	100	2831
9	6448	2608	2.5	0	6448	100	3840
16	5753	2570	2.2	0	5753	100	3183
18	1631	780	2.1	0	1631	100	851
23	3843	1784	2.2	0	3843	100	2059
30	6248	2778	2.2	0	6248	100	3470
SUMMA	28886	12652		0	28886		16234
ME- DELV. PER DYG	963	422	2.3	0	963	100	541

DAT	FRAM- LEDN. TEMP.	KJOELD BAERAR TEMP.	UTE- TEMP.	FLOEDE VAERME KRETS	DRIFT TID VP	DRIFT TID OLJE- PANNA
	GRAD	GRAD	GRAD	M3/H	TIM	TIM
2	34.4	15.5	6.5	10.8	133.2	0.0
9	38.3	14.0	4.1	10.6	153.7	0.0
16	39.6	12.2	3.9	10.1	159.3	0.0
18	38.2	11.8	4.8	9.9	50.8	0.0
23	36.1	10.7	6.8	10.8	115.9	0.0
30	39.5	10.7	3.5	10.7	167.9	0.0
SUMMA					780.8	0
ME- DELV. PER DYG	37.7	12.7	4.9	10.5	26.0	0.0

## KODAMMARNA DEC 1981



PUMPSTATION KODAMMARN  
 VAERMECENTRAL  
 DEC 1981

DAT	LEV. ENERGI VP	FOERBR ENERGI VP	VAERME FAKTOR COP	LEV. ENERGI OLJE- PANNA	LEV. ENERGI TOTALT	ANDEL AV TOTALT LEV ENER GI FRAAN VP	SPARAD ENERGI VP
	KWH	KWH		KWH	KWH	%	KWH
7	6841	2916	2.3	0	6841	100	3925
14	7834	3406	2.3	0	7834	100	4428
21	9946	4098	2.4	0	9946	100	5848
28	9070	3572	2.5	0	9070	100	5498
30	2420	976	2.5	0	2420	100	1444

SUMMA	36111	14968		0	36111		21143
-------	-------	-------	--	---	-------	--	-------

ME- DELV. PER DYGN	1204	499	2.4	0	1204	100	705
-----------------------------	------	-----	-----	---	------	-----	-----

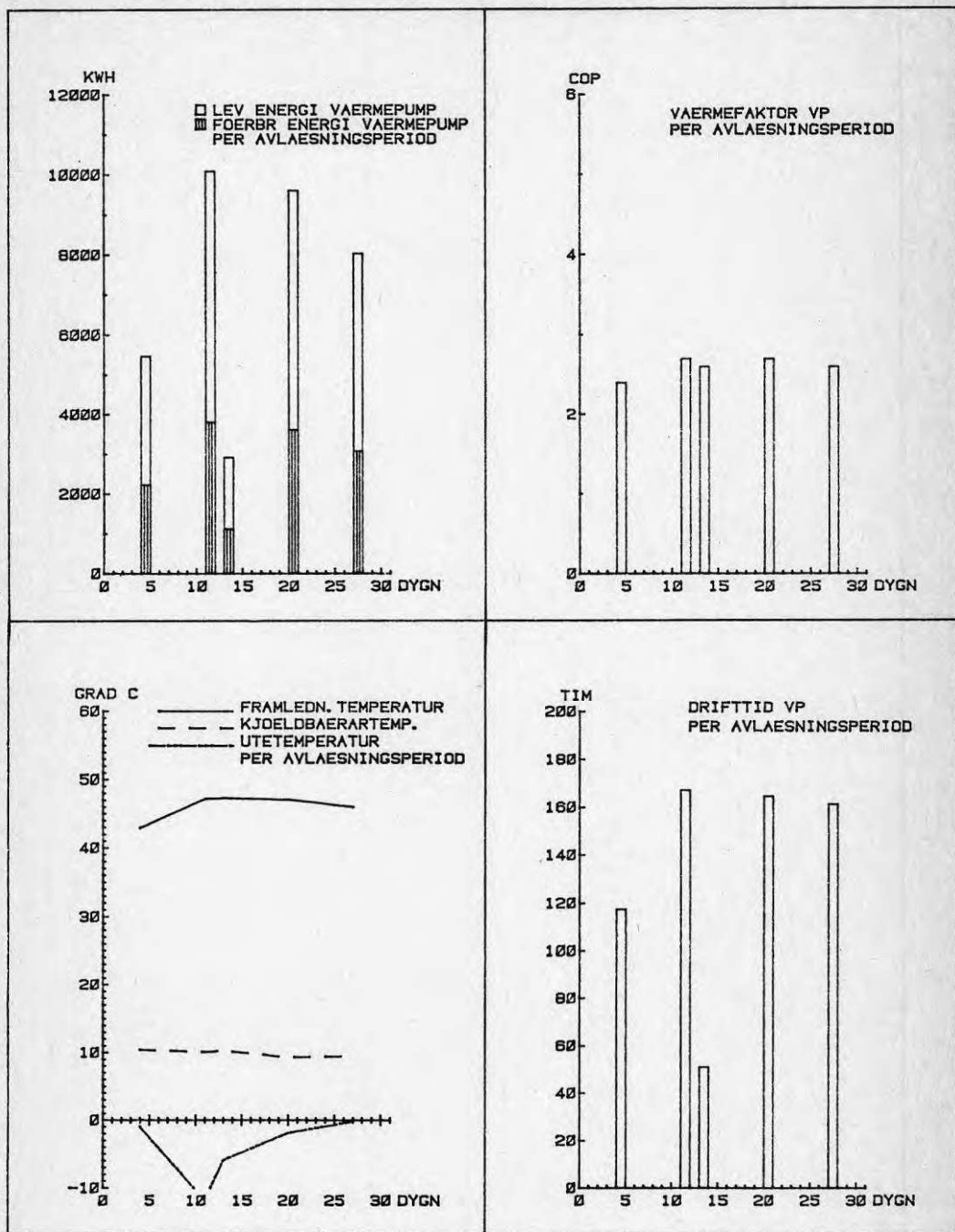
DAT	FRAM- LEDN. TEMP.	KJOELD BAERAR TEMP.	UTE- TEMP.	FLOEDE VAERME KRETS	DRIFT TID VP	DRIFT TID OLJE- PANNA
	GRAD	GRAD	GRAD	M3/H	TIM	TIM
7	41.2	11.6	1.5	10.7	165.6	0.0
14	44.3	11.1	-5.3	10.8	169.3	0.0
21	48.0	10.9	-10.3	10.8	166.3	0.0
28	46.5	10.4	-5.2	10.8	166.9	0.0
30	43.9	10.5	-1.4	10.8	49.7	0.0

SUMMA					717.8	0
-------	--	--	--	--	-------	---

ME- DELV. PER DYGN	44.9	11.0	-4.6	10.8	23.9	0.0
-----------------------------	------	------	------	------	------	-----



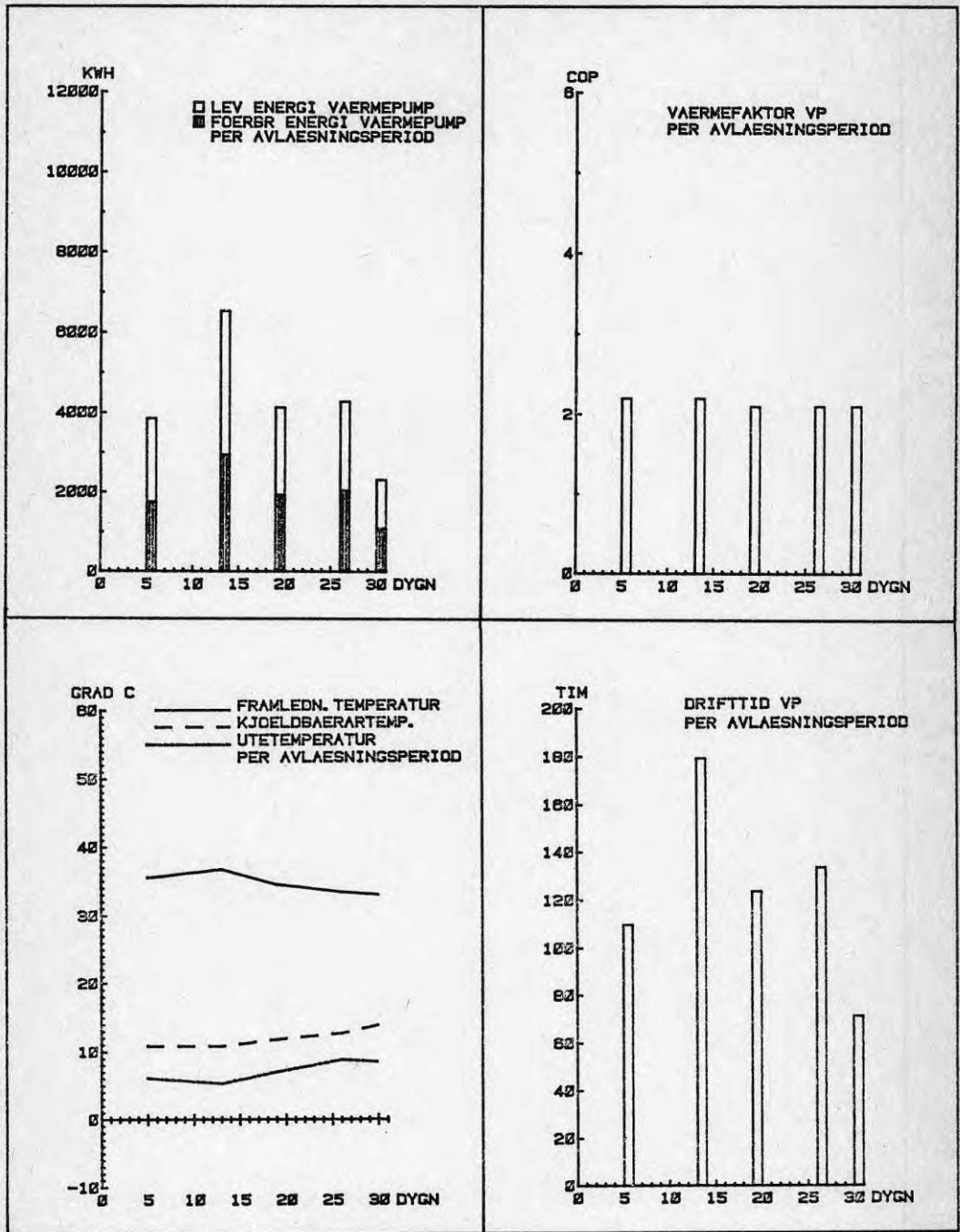
## KODAMMARNA JAN 1982



PUMPSTATION KODAMMARN  
VAERMECENTRAL  
JAN 1982

DAT	LEV. ENERGI VP	FOERBR ENERGI VP	VAERME FAKTOR COP	LEV. ENERGI OLJE- PANNA	LEV. ENERGI TOTALT	ANDEL AV TOTALT LEV ENER GI FRAAN VP	SPARAD ENERGI VP
	KWH	KWH		KWH	KWH	%	KWH
4	5461	2232	2.4	0	5461	100	3229
11	10087	3802	2.7	0	10087	100	6285
13	2918	1122	2.6	0	2918	100	1796
20	9603	3610	2.7	0	9603	100	5953
27	8023	3074	2.6	0	8023	100	4949
SUMMA	36092	13840		0	36092		22252
ME- DELV. PER DYGN	1289	494	2.6	0	1289	100	795
DAT	FRAM- LEDN. TEMP.	KJOELD BAERAR TEMP.	UTE- TEMP.	FLOEDE VAERME KRETS	DRIFT TID VP	DRIFT TID OLJE- PANNA	
	GRAD	GRAD	GRAD	M3/H	TIM	TIM	
4	42.9	10.4	-1.0	10.8	117.5	0.0	
11	47.2	10.1	-11.8	10.8	167.2	0.0	
13	47.3	10.3	-5.9	10.8	51.1	0.0	
20	47.1	9.3	-1.9	10.8	164.7	0.0	
27	46.0	9.5	-1.2	10.7	161.4	0.0	
SUMMA					661.9	0	
ME- DELV. PER DYGN	46.1	9.8	-4.1	10.8	23.6	0.0	

## KODAMMARNA APRIL 1982



PUMPSTATION KODAMMARNA  
 VAERHECENTRAL  
 APRIL 1982

DAT	LEV. ENERGI VP	FOERBR ENERGI VP	VAERME FAKTOR COP	LEV. ENERGI OLJE- PANNA	LEV. ENERGI TOTALT	ANDEL AV TOTALT LEV ENER GI FRAAN VP	SPARAD ENERGI VP
	KWH	KWH		KWH	KWH	%	KWH
5	3852	1756	2.2	0	3852	100	2096
13	6534	2944	2.2	0	6534	100	3590
19	4135	1930	2.1	0	4135	100	2205
26	4283	2044	2.1	0	4283	100	2239
30	2314	1100	2.1	0	2314	100	1214

SUMMA	21118	9774		0	21118		11344
-------	-------	------	--	---	-------	--	-------

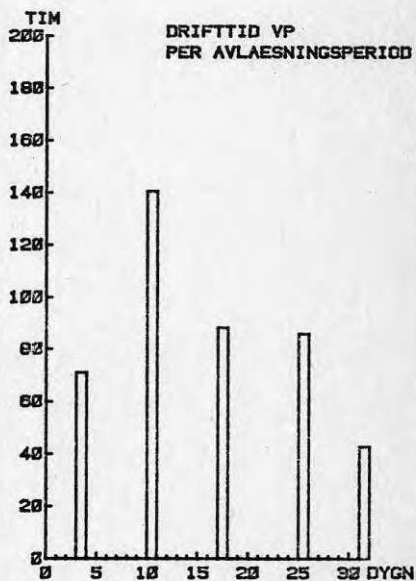
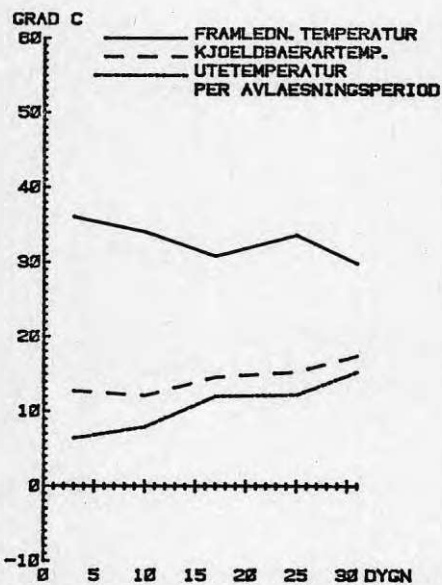
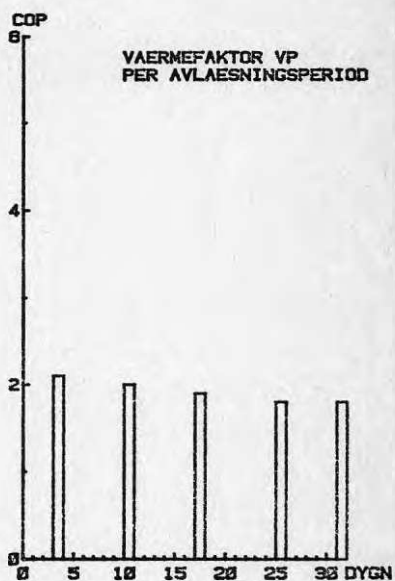
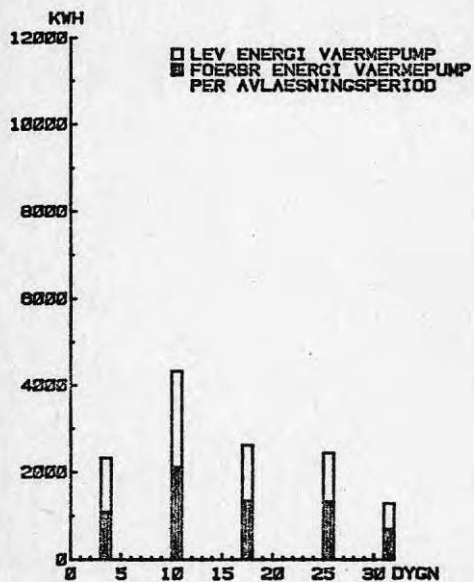
ME- DELV. PER DYGN	704	326	2.2	0	704	100	378
-----------------------------	-----	-----	-----	---	-----	-----	-----

DAT	FRAM- LEDN. TEMP.	KJDELDE BAERAR TEMP.	UTE- TEMP.	FLOEDE VAERME KRETS	DRIFT TID VP	DRIFT TID OLJE- PANNA
	GRAD	GRAD	GRAD	M3/H	TIM	TIM
5	35.5	10.8	6.1	10.6	109.7	0.0
13	36.7	10.8	5.3	10.6	179.1	0.0
19	34.5	11.8	7.0	10.6	123.5	0.0
26	33.4	12.7	8.8	10.6	133.3	0.0
30	33.0	13.9	8.5	10.5	71.1	0.0

SUMMA					616.7	0
-------	--	--	--	--	-------	---

ME- DELV. PER DYGN	34.8	11.8	7.0	10.6	20.6	0.0
-----------------------------	------	------	-----	------	------	-----

## KODAMMARNA MAJ 1982



PUMPSTATION KODAMMARNÄ  
 VÄRMECENTRAL  
 MAJ 1982

DAT	LEV. ENERGI VP	FÖRBR ENERGI VP	VÄRME FAKTOR COP	LEV. ENERGI OLJE- PÄNNÄ	LEV. ENERGI TOTALT	ANDEL AV TOTALT LEV ENER GI FÖRÄN VP	SPÄRAD ENERGI VP
	KWH	KWH		KWH	KWH	%	KWH
3	2325	1092	2.1	0	2325	100	1233
10	4324	2114	2.0	0	4324	100	2210
17	2618	1346	1.9	0	2618	100	1272
25	2442	1336	1.8	0	2442	100	1106
31	1292	704	1.8	0	1292	100	588

SUMMA	13001	6592		0	13001		6409
-------	-------	------	--	---	-------	--	------

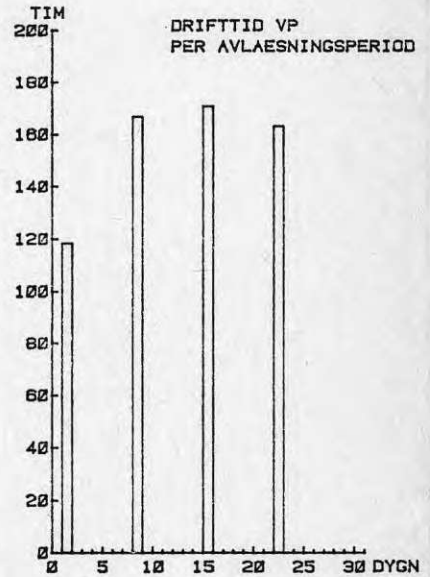
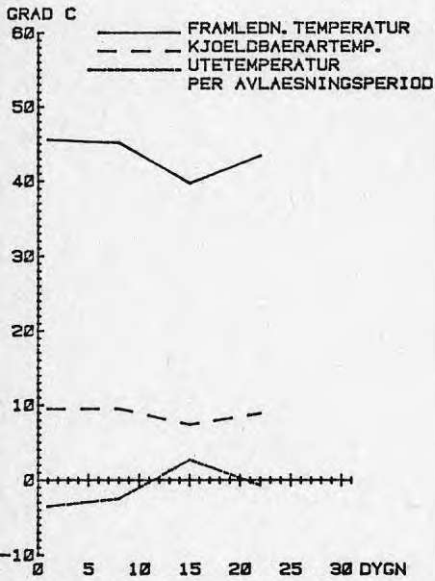
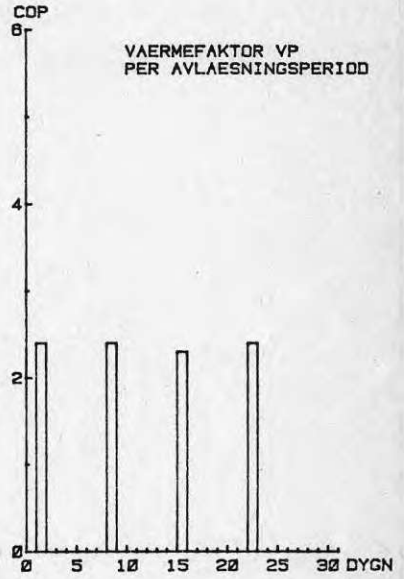
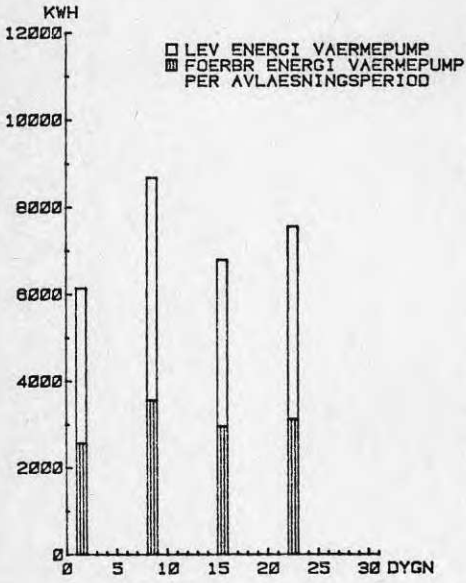
ME- DELV. PER DYG	419	213	2.0	0	419	100	207
----------------------------	-----	-----	-----	---	-----	-----	-----

DAT	FRÄM- LEDN. TEMP.	KÖJELD BÄRÄR TEMP.	UTE- TEMP.	FÖJED VÄRME KRETS	DRIFT TID VP	DRIFT TID OLJE- PÄNNÄ
	GRÄD	GRÄD	GRÄD	M3/H	TIM	TIM
3	36.0	12.7	6.4	10.5	71.1	0.0
10	34.0	12.1	7.9	10.5	140.6	0.0
17	30.8	14.6	12.0	10.5	88.4	0.0
25	33.6	15.3	12.2	10.5	85.9	0.0
31	29.8	17.4	15.3	10.5	42.7	0.0

SUMMA					428.7	0
-------	--	--	--	--	-------	---

ME- DELV. PER DYG	32.5	14.7	11.3	10.5	13.8	0.0
----------------------------	------	------	------	------	------	-----

KODAMMARNA FEBR 1982



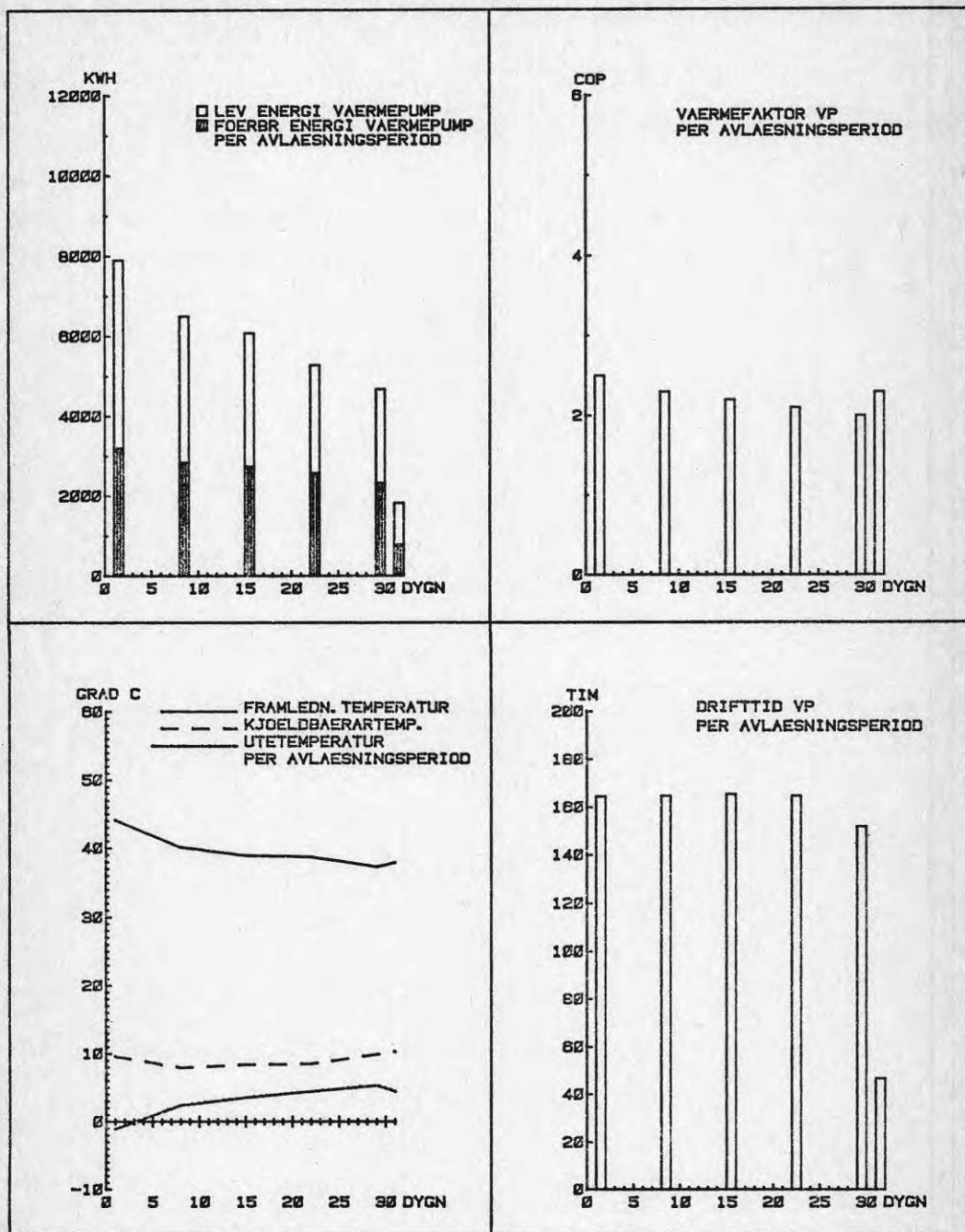
PUMPSTATION KODAMMARNA  
 VAERMECENTRAL  
 FEBR 1982

DAT	LEV. ENERGI VP	FOERBR ENERGI VP	VAERME FAKTOR COP	LEV. ENERGI OLJE- PANNA	LEV. ENERGI TOTALT	ANDEL AV TOTALT LEV ENER GI FRAAN VP	SPARAD ENERGI VP
	KWH	KWH		KWH	KWH	%	KWH
1	6144	2568	2.4	0	6144	100	3576
8	8675	3556	2.4	0	8675	100	5119
15	6788	2960	2.3	0	6788	100	3828
22	7554	3120	2.4	0	7554	100	4434
SUMMA	29161	12204		0	29161		16957
ME- DELV. PER DYGN	1122	469	2.4	0	1122	100	652

DAT	FRAM- LEDN. TEMP.	KJOELD BAERAR TEMP.	UTE- TEMP.	FLOEDE VAERME KRETS	DRIFT TID VP	DRIFT TID OLJE- PANNA
	GRAD	GRAD	GRAD	M3/H	TIM	TIM
1	45.6	9.5	-3.5	10.9	118.3	0.0
8	45.2	9.5	-2.5	10.8	166.7	0.0
15	39.7	7.4	2.7	10.8	170.7	0.0
22	43.4	8.9	-.7	10.7	163.1	0.0
SUMMA					618.8	0
ME- DELV. PER DYGN	43.3	8.7	-.8	10.8	23.8	0.0



## KODAMMARNA MARS 1982



PUMPSTATION KODAMMARN  
 VAERMECENTRAL  
 MARS 1982

DAT	LEV. ENERGI VP	FOERBR ENERGI VP	VAERME FAKTOR COP	LEV. ENERGI OLJE- PANNA	LEV. ENERGI TOTALT	ANDEL AV TOTALT LEV ENER GI FRAAN VP	SPARAD ENERGI VP
	KWH	KWH		KWH	KWH	%	KWH
1	7900	3204	2.5	0	7900	100	4696
8	6493	2838	2.3	0	6493	100	3655
15	6075	2732	2.2	0	6075	100	3343
22	5274	2572	2.1	0	5274	100	2702
29	4674	2328	2.0	0	4674	100	2346
31	1822	782	2.3	0	1822	100	1040
SUMMA	32238	14456		0	32238		17782
ME- DELV. PER DYGN	871	391	2.2	0	871	100	481
DAT	FRAM- LEDN. TEMP.	KJOELD BAERAR TEMP.	UTE- TEMP.	FLOEDE VAERME KRETS	DRIFT TID VP	DRIFT TID OLJE- PANNA	
	GRAD	GRAD	GRAD	M3/H	TIM	TIM	
1	44.1	9.6	-1.1	10.8	164.5	0.0	
8	40.1	7.9	2.4	10.7	164.7	0.0	
15	38.9	8.4	3.5	10.7	165.3	0.0	
22	38.7	8.5	4.4	10.7	164.7	0.0	
29	37.3	9.9	5.3	10.7	151.8	0.0	
31	37.9	10.3	4.4	10.8	46.7	0.0	
SUMMA					857.7	0	
ME- DELV. PER DYGN	39.7	8.9	3.0	10.7	23.2	0.0	

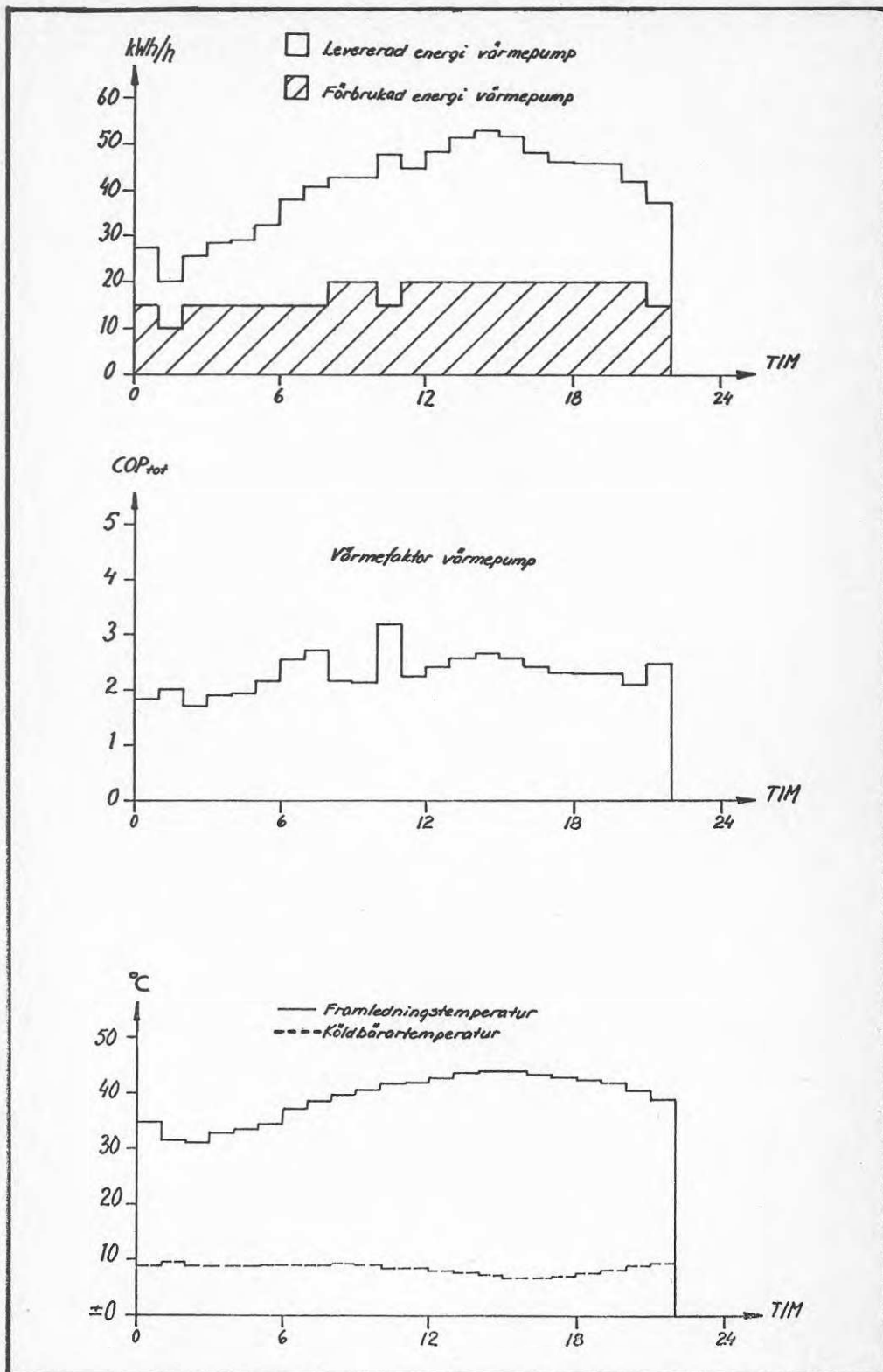
#### 4.5 Mätresultat, timvärden

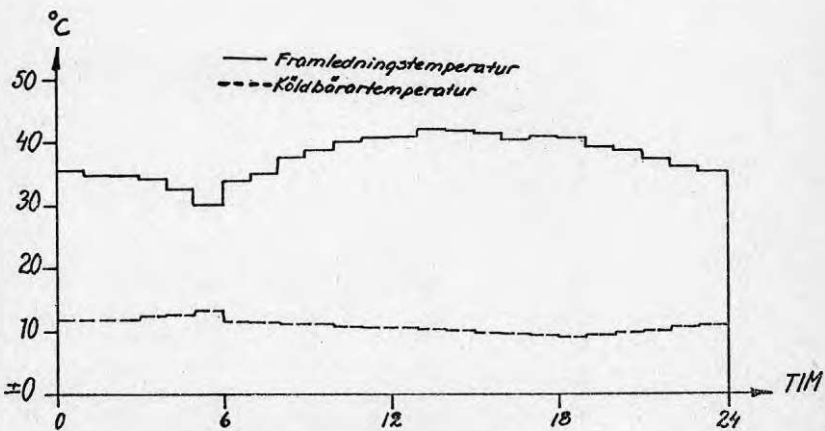
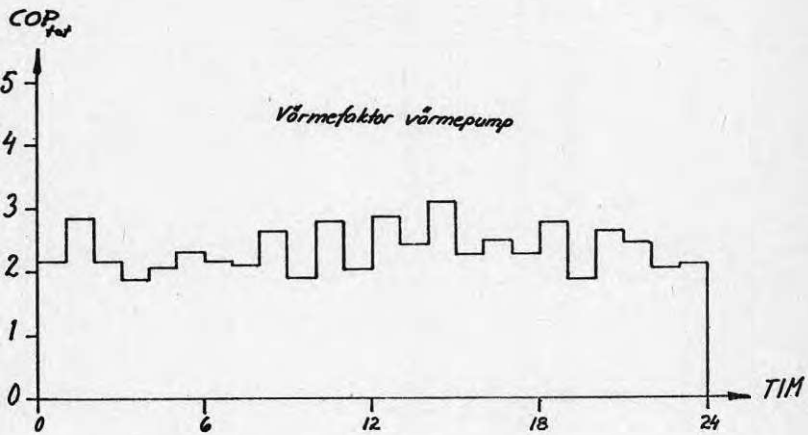
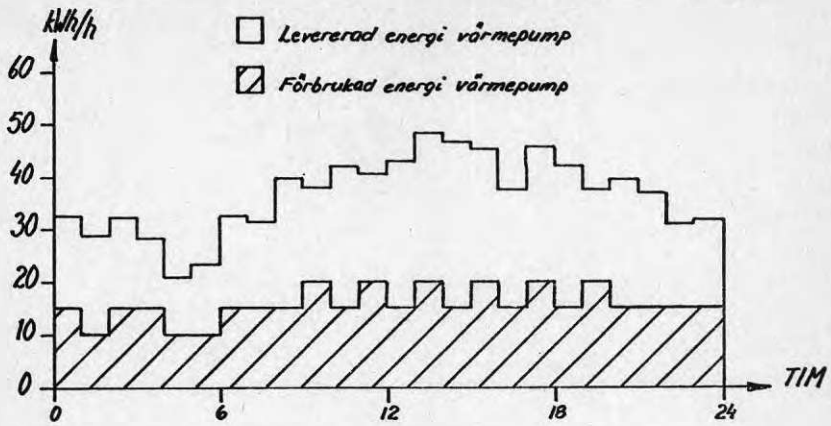
Mätresultaten redovisas nedan timme för timme för några kortare perioder under projektet. En datalogger utnyttjades för datainsamling under två 14-dagarsperioder. Första perioden var under våren -81 och andra under vintern -82.

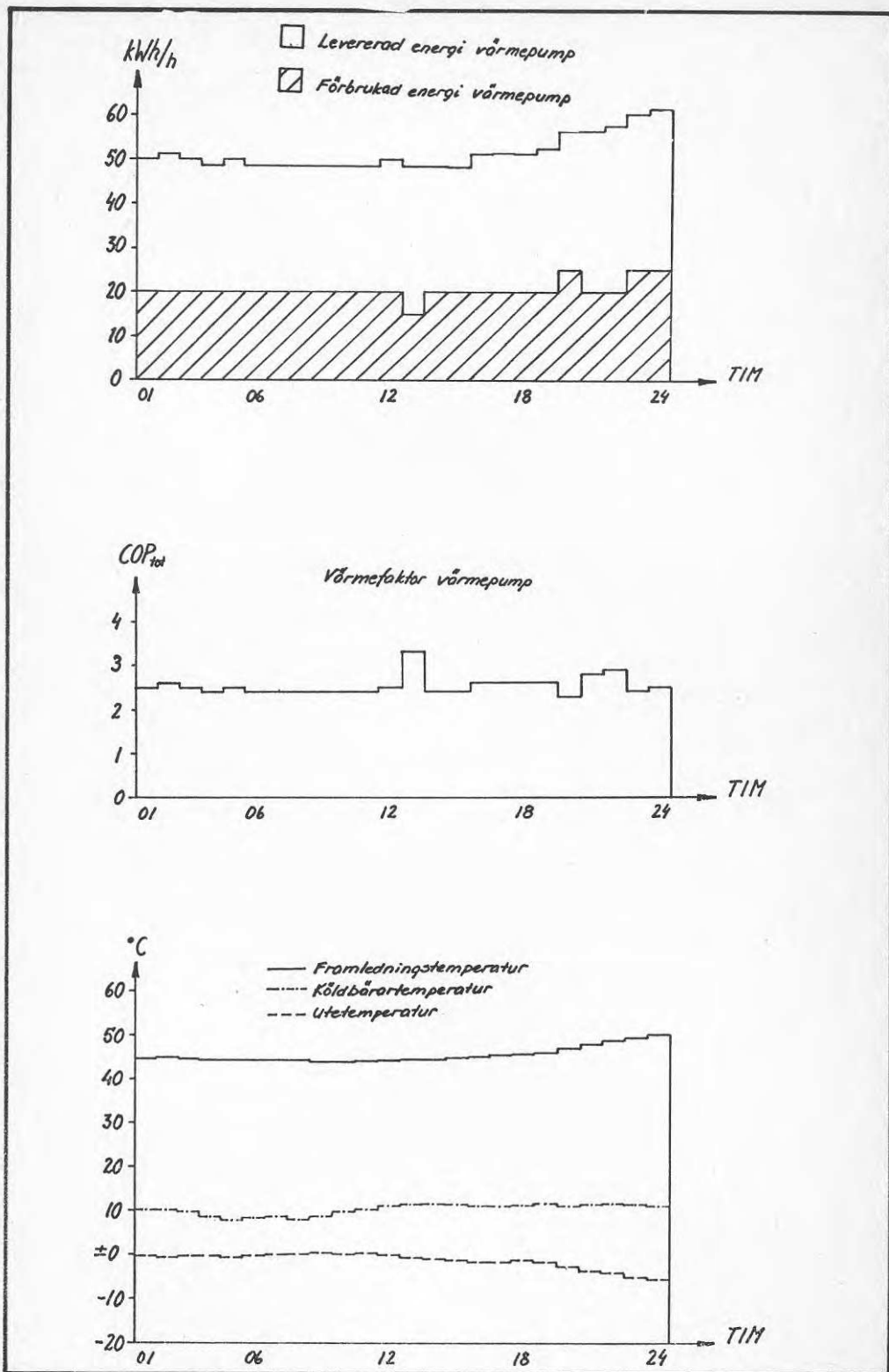
Mätvärden har insamlats av dataloggern och överförts som timmedelvärden till ett kassetband. Dataloggern är av fabrikat Acurex och kassetbandspelaren av fabrikat Facit. Kassetbanden har skickats till Statens provningsanstalt där utvärdering och utskrifter har utförts med hjälp av laboratoriets datorutrustning.

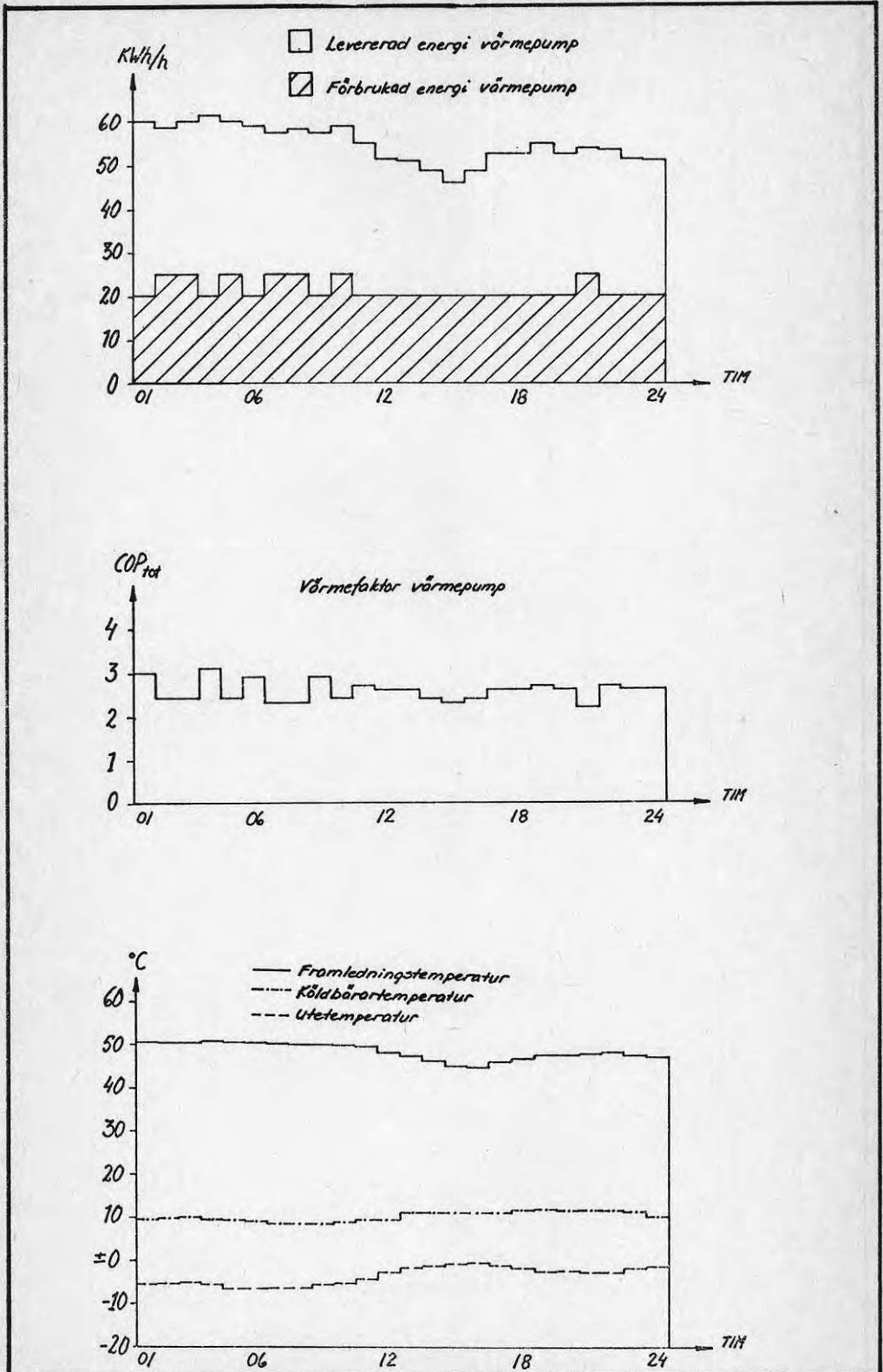
Samtliga mätresultat redovisas ej, utan ett antal intressanta dygn med något olika belastningsförhållanden har valts ut.

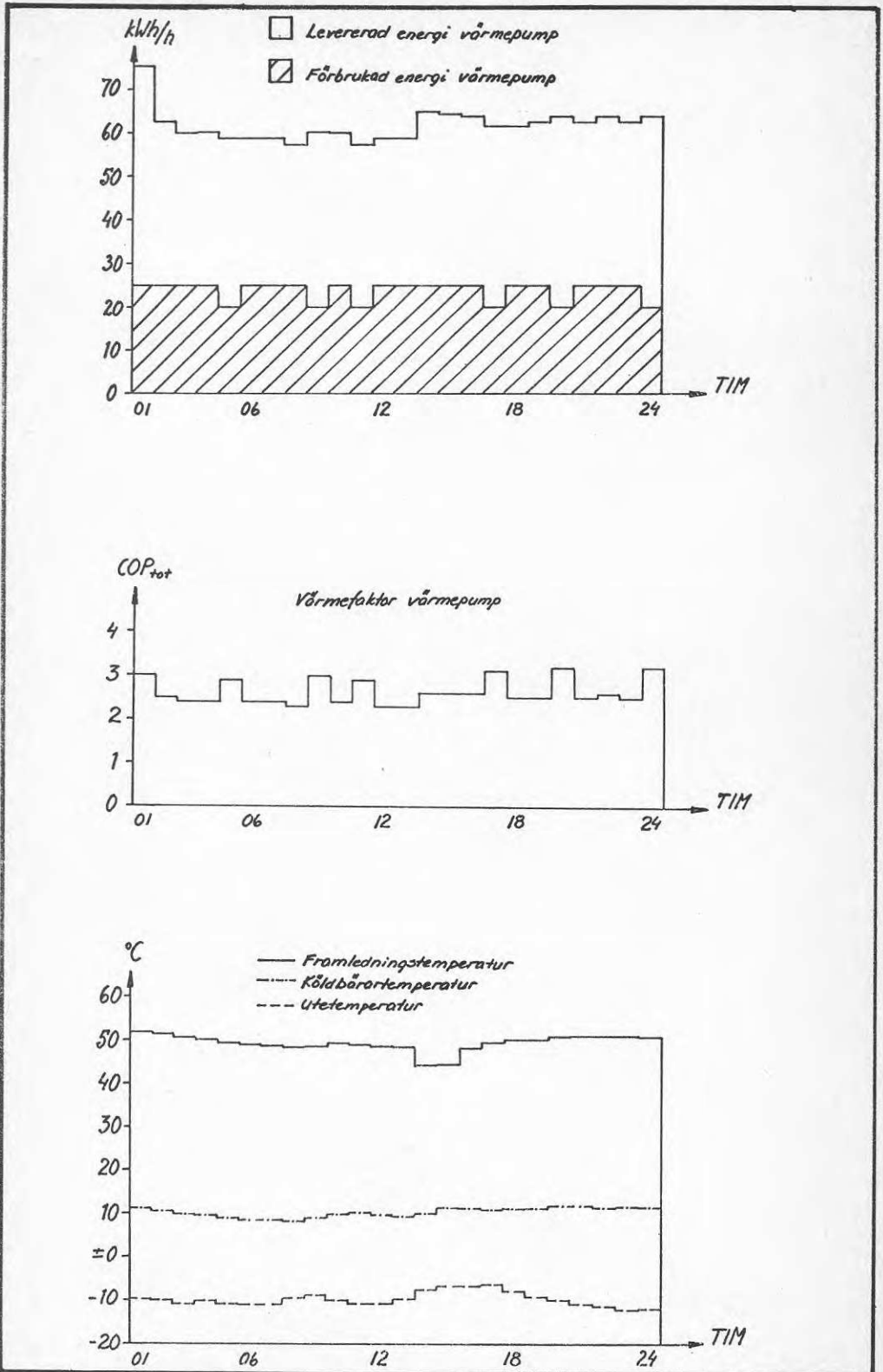
Observeras bör att kWh-mätarens dåliga upplösning (5 kWh) gör att värmepumpens elförbrukning och framför allt dess värmefaktor fått så stora variationer inom dygnets timmar.













## 5 SLUTSATSER. KOMMENTARER

### 5.1 Årsvärmefaktor

Årsvärmefaktorn för värmepumpanläggningen har varit 2,3. Beräknas årsvärmefaktorn med hänsyn enbart till kompressormotorns effektförbrukning fås 3,0. I förstudierapporten har man räknat med en årsvärmefaktor på 3,2. Flera orsaker kan finnas till att värmefaktorn blivit lägre än beräknat.

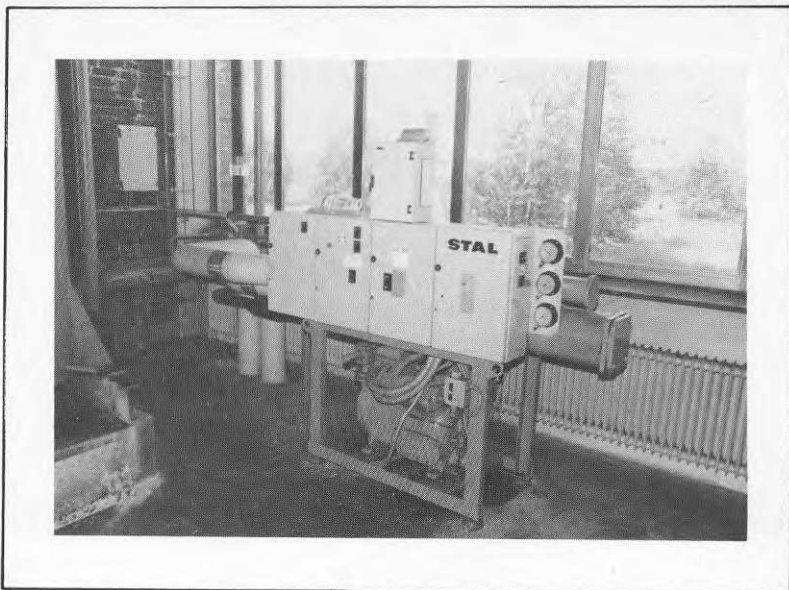
- Varmvattenberedaren kopplades ur systemet efter det att anläggningen projekterats. Beredaren värmdes i stället med elpatroner, detta för att kunna hålla en så låg framledningstemperatur som möjligt, vilket påverkar värmefaktorn positivt.

- Värmepumpen är dimensionerad med hänsyn till pumpstationens projekterade värmebehov och den uppmätta oljeförbrukningen. Med utgångspunkt från en energibesiktning utförd av K-Konsult i Göteborg har vissa energibesparande åtgärder utförts. Bland annat har recirkulationen av ventilationsluften ökats och lokaltemperaturen sänkts. Driftpersonalen har dessutom på eget initiativ stängt av ett ventilationsaggregat.

Dessa faktorer medför att pumpstationens värmebehov blivit lägre än vad som gällde vid projekteringen, varför värmepumpen har blivit något överdimensionerad. Detta konstaterande bekräftas av att oljepannan under hela uppvärmningssäsongen ej behövt kopplas in. Oljepannan skulle enligt beräkningarna ha behövt kopplas in när utetemperaturen blev lägre än  $-5^{\circ}\text{C}$ .

Kapacitetsprovet som utförts visar också att värmepumpen vid full kapacitet ger den maximala effekt som angivits vid upphandlingen.

Värmepumpen arbetar alltså med ett relativt lågt effektutnyttjande. Eftersom värmepumpens kompressor arbetar med en slidreglering sänks verkningsgraden vid ett lägre värmeeffektuttag. Detta medför att värmefaktorn blir lägre.

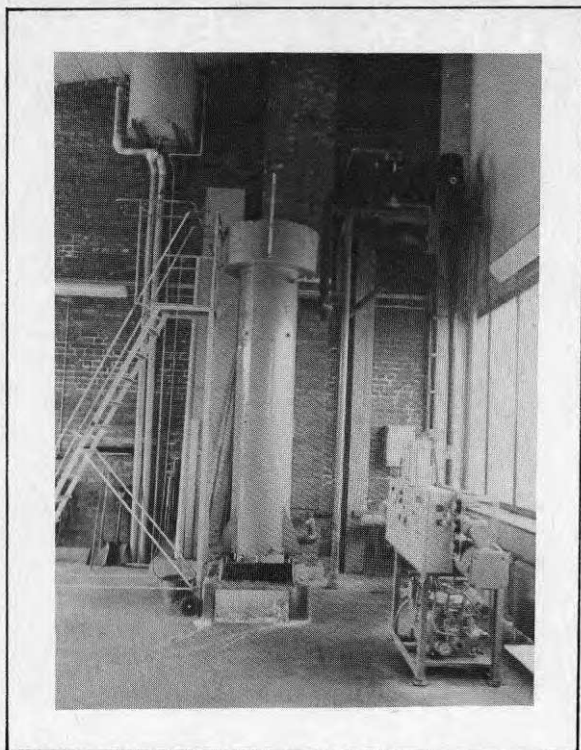


Figur 14. Värmepumpen med kompressor, kondensor och styrutrustning.

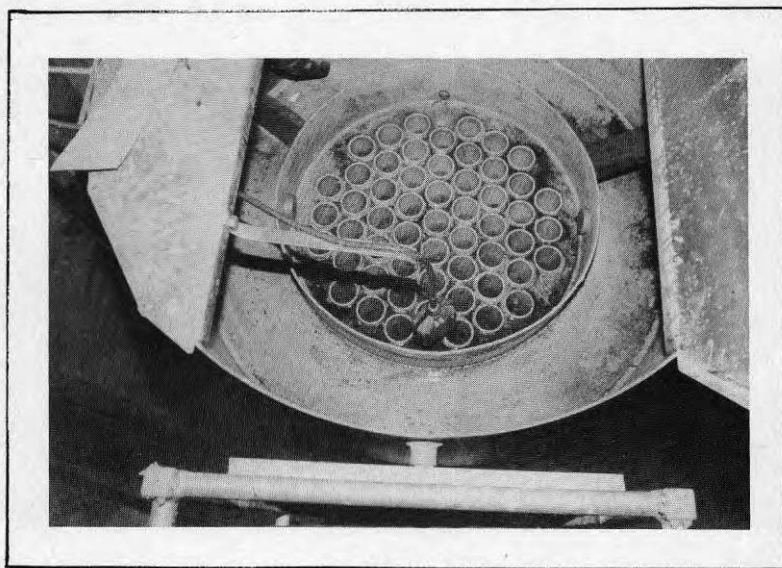
## 5.2 Tubpanneförångaren

Värmepumpens förångare, som är av stående tubpannetyp, har rensats en gång per dygn under drift. Beläggningen (fett m m) i tuberna har avlägsnats med hjälp av en viska. Driftpersonalen vid anläggningen har dock ej sett rengöringen som något större problem. Rensningen tar ca 30 minuter att utföra.

En tubpanneförångare av denna konstruktion kan alltså inte utan modifiering användas med grovrensat avloppsvatten utan en kontinuerlig, daglig övervakning.



Figur 15. Tubpanneförångaren sedd från sidan.



Figur 16. Tubpanneförångaren sedd från toppen.

### 5.3 Ekonomi

Värmepumpanläggningen har under uppvärmningssäsongen producerat 202 MWh värme, som tillförts pumpstationens värmesystem. För att producera denna värmemängd har värmepumpen med tillhörande kringutrustning förbrukat 87 kWh el.

Om motsvarande värmemängd skulle ha producerats av en oljepanna med totalverkningsgraden 75 %, skulle 27 m<sup>3</sup> olja ha förbrukats.

Enligt uppgift från VA-verket i Göteborg betalar man 1 900 kr/m<sup>3</sup> för eldningsoljan till den befintliga oljepannan, medan elenergi priset ligger på 26,2 öre/kWh inklusive skatt. Den fasta avgiften ingår inte här i elenergi priset, eftersom värmepumpinstallationen i detta fall inte påverkat storleken av den installerade effekten.

Värmeleveransen med värmepump har alltså, enligt ovanstående, kostat 22 800 kr medan det för oljepannan skulle ha kostat 51 300 kr. Energikostnaden för värmepumpen har alltså varit 28 500 kr lägre.

I värmepumpanläggningen har investerats ca 326 000 kr, exklusive projektering, vilket enligt den erhållna energikostnadsminskningen skulle ge en pay-offtid på ca 10 år.

I projektet har stor vikt lagts vid att utvärdera möjligheten att använda känd teknik och kommersiellt tillgängliga komponenter i nya användningsområden. Noteras kan att installation av en reningsanläggning, t ex av typ spaltfilter, skulle öka pay-offtiden avsevärt.

Övriga kostnader som bör beaktas är de kostnader som hänförs till drift och underhåll. I denna anläggning kostar den rena värmepumpservicen ca 1 200:-/år. Dessutom tillkommer underhåll av VA-verkets egen personal i form av allmän tillsyn 20 tim/år, tubrengöring 3 tim/år och översyn av avloppspump 10 tim/år. Som tidigare nämnts tillkommer ytterligare rensning av tubförångarna med ca 30 min/dag.

Förkortad beskrivning av integrerande datainsamlingssystem  
SP-AE 508.

Integrerande datainsamlingssystem (version 8111)

Instrumentet är ett datainsamlingssystem för en valfri kombination av spänning (mV), temperatur (Pt 100), temperaturskillnad och värmemängd (kWh). Resultaten presenteras i integrerad form på räkneverk.

Storhet	Räkneverkets upplösning	onoggrannhet	mätområde
Tid	0,1 h	<1 s/dygn	
Spänning	0,1 mV.h	<0,1 mV	0-300 mV
Temperatur	0,1 °C.h	±0,05 °C absolut ±0,03 °C relativt	-30 - +120 °C
Energi		±0,05 kWh/m <sup>3</sup>	
	25 l/puls 1 kWh		0-4 MWh/h
	2,5 l/puls 0,1 kWh		0-400 kWh/h
Volym			
	25 l/puls 0,1 m <sup>3</sup>		0-180 m <sup>3</sup> /h
	2,5 l/puls 0,01 m <sup>3</sup>		0-18 m <sup>3</sup> /h


**STATENS  
PROVNINGSANSTALT**

 Laboratoriet för fysikalisk  
mätteknik, H Andersson, bs

**PROTOKOLL**

Datum

Beteckning

1982-04-27

8232,71

1(1)

Uppdragsgivare: SP, lab A3, Borås  
 Provföremål: Värmemätare nr AE 508-02.  
 Uppdrag: Kalibrering.

Metod: Värmemätaren har körts med temperaturgivarna nedförda till föreskrivet djup i temperaturstabiliserade bad. Badens ungefärliga temperaturer ges i 1:a kolumnen i Tabell 1. Temperaturdifferensen mellan baden ges i 2:a kolumnen.

Vid varje temperaturkombination har mätaren körts 2 gånger. Vid andra körningen har temperaturgivarna fått byta plats. På så sätt har temperaturgivarnas bidrag till felvisningen i ena fallet adderats till integreringsverkets felvisning ( $\epsilon_{\text{tot}} = \epsilon_{\text{int}} + \epsilon_{\text{term}}$ ) och i andra fallet subtraherats ( $\epsilon_{\text{tot}} = \epsilon_{\text{int}} - \epsilon_{\text{term}}$ ).

Därmed har integreringsverkets felvisning kunnat separeras.

I kolumn 3 och 4 ges värmemätarens totala uppmätta felvisning med respektive placering av temperaturgivarna. Kolumnerna 5-7 ger integreringsverkets felvisning samt termometrarnas felvisning dels uttryckt i % och dels som absolut fel i °C.

Resultat:

Tabell 1

Temp.omr. °C	Temp.diff. °C	Felvisning				
		$\epsilon_{\text{tot}}$ %	$\epsilon_{\text{int}}$ %	$\epsilon_{\text{term}}$ %	°C	
		Term 2 i framledn.	Term 2 i returledn.			
80-60	20,013	-0,45	+0,05	-0,20	± 0,25	± 0,050
55-45	10,055	-0,06	+0,38	+0,16	± 0,22	± 0,022
55-50	5,044	-0,28	+0,60	+0,16	± 0,44	± 0,022
55-54	1,031	-2,06	+2,88	+0,41	± 2,47	± 0,025

 STATENS PROVNINGSANSTALT  
 Laboratoriet för fysikalisk mätteknik

Hans Andersson

Stig Persson



Denna rapport hänför sig till forskningsanslag  
801227-3 från Statens råd för byggnadsforskning  
till Statens Provningsanstalt, Borås.

R122: 1982

ISBN 91-540-3810-3

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6700622

Abonnemangsgrupp:  
W. Installationer

Distribution:  
Svensk Byggtjänst, Box 7853  
103 99 Stockholm

Cirkapris: 25 kr exkl moms