



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**

**R17:1983**

**Absorptionsvärmepump  
i Åkarp**

**Förstudie**

**Ernst Morawetz**

K  
A111

INSTITUTET FÖR BYGGDOKUMENTATION

Accnr

Plac

Ser

**Byggforskningsrådet**

R17:1983

ABSORPTIONSVÄRMEPUMP I ÅKARP  
Förstudie

Ernst Morawetz

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 810932-6  
från Statens råd för byggnadsforskning till Malmö-Burlövs  
Energi AB, Malmö.

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

R17:1983

ISBN 91-540-3882-0  
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm  
LiberTryck Stockholm 1983

## INNEHÅLL

1.	Sammanfattning	4
2.	Bakgrund	5
3.	Objektbeskrivning	6
3.1	Befintlig anläggning	6
3.2	Planerade ändringar	6
3.3	Energibehov	7
3.4	Effektbehov för radiatorvatten	8
3.5	Effektbehov för tappvarmvatten	8
4.	Värmekälla	10
5.	Absorptionsvärmepump	11
5.1	Allmänt	11
5.2	Ammoniakabsorptionsvärmepump	11
5.3	Litumbromidabsorptionsvärmepump	12
6.	Systemlösningar	14
6.1	System med NH <sub>3</sub> -Absorptionsvärmepump	14
6.2	System med LiBr-Absorptionsvärmepump (Kaskad-VP)	14
6.3	System med elvärmepump	15
7.	Ekonomi	16
7.1	Investeringskalkyl	18
7.2	Driftkostnads kalkyl	19
7.3	Slutsatser	20
8.	Referenser	21

Bilaga 1	Figurer	22
----------	---------	----

## 1. SAMMANFATTNING

I denna förstudie har teknik och ekonomi undersökts för installation av en absorptionsvärmepump vid en befintlig panncentral i Burlövs kommun för värmeförsörjning av ca 200 lägenheter i flerbostadshus och eventuell anslutning av ett ålderdomshem. Man planerar att 1985 övergå från olje- till naturgaseldning. Som värmekälla står avloppsvatten till förfogande.

Sex olika systemvarianter med grundlastvärmepumpar har undersökts:

- System 1: Bostäder + ålderdomshem (1300 kW) och ammoniak-absorptionsvärmepump (750 kW).
- System 2: som system 1, men med en mindre ammoniak-absorptionsvärmepump (500 kW).
- System 3: som system 1, men med en litiumbromid-absorptionsvärmepump (439 kW) i kaskadkoppling med en mindre elvärmepump (175 kW).
- System 4: som system 2, men endast för bostäderna (830 kW).
- System 5: som system 3, men endast för bostäderna (830 kW).
- System 6: jämförelsesystem, som endast omfattar bostäderna (830 kW) och istället för absorptionsvärmepump utrustas med en elvärmepump (480 kW)

Eftersom litiumbromid-absorptionsvärmepumpen behöver högre värmekälltemperatur än som står till förfogande fick för systemvarianterna 3 och 5 en kaskadkoppling med en liten elvärmepump utformas. Elvärmepumpens uppgift är endast att höja värmekälltemperaturen 15-20°C. Det visade sig att denna kaskadkoppling har lägre elenergiförbrukning än systemvarianten med ammoniak-absorptionsvärmepump.

Den ekonomiska utredningen visade att de kortaste pay-off tiderna, 8,5-8,8 år, erhöles

- a. för litiumbromid-kaskadvärmepumpssystem (system 3 och 5) om energikostnadsbesparingen baseras på en övergång från den befintliga oljeeldade anläggningen till system med gaseldad absorptionsvärmepump (och till gasdrift konverterad panna) och om den befintliga anläggningen används som jämförelseobjekt.
- b. för elvärmepumpssystem (system 6) om energikostnadsbesparingen baseras på en komplettering av den befintliga anläggningen (utan konvertering till gas) med en elvärmepump och om den befintliga anläggningen används som jämförelseobjekt.

För dessa tre system erforderlig investering (tkr) och förväntad energikostnadsbesparing (tkr/år) har beräknats till:

System 3:	3 400,	398
System 5:	2 350,	269
System 6:	2 425,	276

Av dessa system anses system 5 som bäst ägnat för ett FoD-projekt.

## 2. BAKGRUND OCH SYFTE

I anslutning till den kommande distributionen av naturgas i Skåne (1985) planerar Burlövs kommun en eventuell anslutning av sina för närvarande oljeeldade panncentraler till gasnätet. För att minska den framtida primärenergiförbrukningen - oberoende av eventuell omställning till naturgas - beslöt man sig för att undersöka möjligheten att installera en direkteldad absorptionsvärmepump i anslutning till en befintlig panncentral i Harakärnsområdet i Åkarp, Burlövs kommun. Denna undersökning har utförts av AF-Energikonsult AB i Malmö.

I ett grannområde har man nyligen tagit i drift en eldriven kompressorvärmepump (420 kW kondensoreffekt) med grundvatten som värmekälla. Denna värmepump står för grundlasten i ett nybyggt radhusområde. En av de ursprungliga idéerna var att via nya kulvertledningar sammankoppla de båda områdena och därigenom dels få ett större underlag för denna grundlastvärmepump och likaså ett större underlag för en tilltänkt absorptionsvärmepump (med sina förträffliga dellastegenskaper) i mellanlastområdet. Detta i och för sig intressanta uppslag fick man emellertid förkasta eftersom de båda områdenas fram- och returtemperaturnivåer visade sig vara för olika. Effektunderlaget för dimensionering av en absorptionsvärmepump reducerades därför från ca 1,5 MW till ca 0,5-0,7 MW. För en ammoniak-absorptionsvärmepump innebär detta en ökning av den specifika kostnaden med ca 30 %. I och med detta stod det klart att denna värmepumpstyp knappast kan bli en lönsam investering. Enligt uppgifter från tillverkare anses att lönsamhet "normalt" kan nås med storlekar från ca 1,5 MW. Litiumbromid-absorptionsvärmepumpar har i mindre storlekar betydligt lägre specifika kostnader men uppvisar å andra sidan tekniska begränsningar bl a med avseende på utnyttjande av lågtemperaturvärmekällor.

Förstudien har därför begränsats till att belysa teknik och ekonomi för installation av en mindre absorptionsvärmepump vid ovannämnda panncentral, emellertid med eventuell anslutning av ett intilliggande ålderdomshem (med separat oljepanna) vars värmevatten uppvisar lämpligare temperaturnivåer. Förstudiens syfte var också att klarlägga lämpligaste värmekälla bland följande som principiellt står till förfogande: orenat avloppsvatten, grundvatten, bäckvatten, solväxlare på byggnadstak eller en kombination av två värmekällor.

På önskemål av BFR har i projektets slutskede även en jämförelse med eldriven värmepump utförts.



### 3. OBJEKTBESKRIVNING

#### 3.1 Befintlig anläggning

Det aktuella värmeförsörjningsobjektet utgörs av 14 stycken 2-vånings-flerfamiljshus (byggår 1973/74) med sammanlagt 206 lägenheter. Den totala bostadsytan är 14 107 m<sup>2</sup>. Antalet boende var 1981-01-01 441 personer. Samtliga bostäder är utrustade med badrum av samma standard. Bostadsuppvärmning sker med konventionella, icke termostatreglerade radiatorer.

Dessa flerfamiljshus är anslutna till en panncentral med 2 oljeeldade pannor. Placeringen i förhållande till flerfamiljshuset och till ålderdomshemmet framgår av fig 1. Pannorna har märkeffekten 815 kW och eldas med EoIII. Oljeförbrukningen är 270 m<sup>3</sup>/år. Värme- och varmvattendistributionen sker via ett 4-rörssystem. Radiatorsystemet är dimensionerat för 80°C framledningstemperatur och 60°C returtemperatur vid dimensionerande utetemperatur.

Tappvarmvattenberedning sker i två beredare med vardera 1 m<sup>3</sup> volym. Dessa fungerar i praktiken som genomströmningsberedare.

Ålderdomshemmet befinner sig på ca 350 m avstånd från panncentralen (fågelvägen). Det är utrustat med egen oljepanna för EoI. Värmedistributionen sker med radiatorer. Temperaturdimensioneringen är densamma som för flerfamiljshuset. Effektbehovet är enligt uppgift 470 kW, energibehovet ca 1000 MWh/år för uppvärmning och 80 MWh/år för varmvattenberedning. Oljeförbrukningen är ca 130 m<sup>3</sup>/år.

#### 3.2 Planerade ändringar

Kommunen överväger en anslutning av panncentralen till det kommande naturgasnätet. Vid denna omställning till gas som bränsle skall en eventuellt installerad absorptionsvärmepump kunna direkteldas med gas. Ifall denna bränsleomställning inte kommer till stånd skall absorptionsvärmepumpen istället kunna drivas med olja som bränsle.

Om det visar sig vara ekonomiskt intressant skall ovannämnda ålderdomshem anslutas till panncentralen. Den befintliga pannanläggningen tas då ur drift. Tappvarmvatten skall beredas separat på ett inte specificerat sätt.

Under en övergångsperiod - fram till en eventuell gasanslutning är klar - måste en gasdriven absorptionsvärmepump eldas med gasol eller möjligen med olja.

Absorptionsvärmepumpen dimensioneras för baslast. De i panncentralen installerade oljepannorna används som reserv- och spetslastpannor.

Absorptionsvärmepumpen placeras i en enkel tillbyggnad utmed pannhusets västervägg. I denna tillbyggnad skall även ingå installationer för tillvaratagande av den valda värmekällan.

Kommunens syn på en installation av en absorptionsvärmepump är att den främst bör uppfattas som en FoD-anläggning för vilket statligt stöd kan påräknas.



### 3.3 Energibehov

Data för separat energiförbrukning för uppvärmning av radiatorvatten och tappvarmvatten finns inte tillgängliga. Oljeförbrukningen 270 m<sup>3</sup>/år svarar mot 2835 MWh/år energiförbrukning. Vid en antagen pannverkningsgrad 80 % beräknas energibehovet till 2270 MWh/år för radiatorer, varmvatten och förluster.

Energibehovet för varmvattenberedning har uppskattats med utgång från dels specifikt behov 4700 kWh/bostad enligt (1), dels 3750 kWh/bostad enligt riksgenomsnittet 1975. Medelavståndet för kulvertlängd till flerfamiljshusen är ca 30 m. Kulvertverkningsgraden har antagits vara

88 % för varmvatten  
95 % för radiatorvatten

Dessa värden ger följande fördelning av energibehovet för radiator- och varmvatten:

Tabell 1 Varmvattenbehov enligt (1).

	MWh/år	%
Radiatorvatten	1170	52
Varmvatten	1100	48
Summa	2270	100

Tabell 2 Varmvattenbehov enligt riksgenomsnittet 1975

	MWh/år	%
Radiatorvatten	1390	61
Varmvatten	880	39
Summa	2270	100

Med hänsyn tagen till att bostadshusen är byggda 1973/74, alltså enligt föråldrade isoleringsnormer, är den procentuella fördelningen enligt tabell 2 rimligare än den enligt tabell 1. Dessa värden har därför i fortsättningen används.

För ålderdomshemmet uppskattas energibehovet för uppvärmning till ca 885 MWh/år (antagen pannverkningsgrad 0,75). Kulvertverkningsgraden för en ny kulvert kan sättas till ca 0,90.

Vid anslutning till panncentralen blir det sammanlagda värmebehovet ca 3250 MWh/år, fördelat enligt tabell 3.

Tabell 3 Bostadshus + älderdomshem.

	MWh/år	%
Radiatorvatten	2370	73
Varmvatten	880	27
Summa	3250	100

Under perioden september -81 till februari -82 har radiatorvattnets fram- och returtemperaturer samt varmvattnets framtemperatur mätts. Under denna period har utomhustemperaturen varierat mellan  $+20^{\circ}\text{C}$  och  $-18^{\circ}\text{C}$ . Mätvärdena har underkastats regressionsanalys. De härvid erhållna regressionsfunktionerna har plottats i figur 2 och 3. Det framgår att värmesystemet i praktiken fungerar som ett  $68^{\circ}/54^{\circ}$ -system. Detta innebär att det befintliga värmesystem (panna, radiatorer) är kraftigt överdimensionerade vilket är fördelaktigt för en värmepumpinstallation.

#### 3.4 Effektbehov: radiatorvatten

För ett normalår är i malmötrakten antalet graddagar 3006 (för uppvärmning till  $\text{DIT} = 17^{\circ}\text{C}$  och eldningsgräns  $+11^{\circ}\text{C}$ ). För LUT =  $-18^{\circ}\text{C}$  erhålls som dimensionerande effekter:

Bostadshus	680 kW
Bostadshus + älderdomshem	1150 kW

#### 3.5 Effektbehov: tappvarmvatten

Vid bestämning av effektbehovet för varmvattenberedning tillämpas olika metoder. Ofta nöjer man sig med att godta en årsmedeleffekt för dimensioneringen av värmelanläggningen, i synnerhet när det är fråga om en värmepumpinstallation. Pannanläggningar är ofta dimensionerade för hela störttappningseffekten som beräknats enligt gällande byggnorm. Det har visats att månadsmedelvärdet av energiförbrukningen för varmvatten varierar kraftigt från månad till månad. Följande tabell återger den procentuella energiförbrukningen per månad relativt ett årsmedelvärde enligt (2).

Tabell 4

Månad	%
1	132
2	120
3	150
4	126
5	90
6	72
7	60
8	66
9	83
10	92
11	93
12	116

Tillämpas föreskrifterna enligt Byggnorm 80 för beräkning av det dimensionerande varmvattenflöde så erhålls 4,6 l/s eller 16,6 m<sup>3</sup>/h. För en temperaturhöjning av kallvatten med ca 42°C behövs effekten 814 kW vilket överensstämmer med pannornas märkeffekt.

Årsmedeleffekten däremot är endast 100 kW. Den största erforderliga månadsmedeleffekten är enligt tabell 4 ca 150 kW (mars månad).

Det förefaller rimligt att dimensionera värmepumpen för en kontinuerlig tappvarmvatteneffekt 150 kW, men garantera störttappningseffekten genom värmeackumulering och effektomkoppling från radiatorvattenvärmning till varmvattenberedningen under korta perioder.

I figur 4-8 återges varaktighetsdiagrammen för bostadsområdet, resp bostadsområdet plus ålderdomshemmet. Radiatorvattnets och varmvattnets effektvaraktighet visas var för sig.

#### 4. VÄRMEKÄLLA

Den tidigare i grannområdet installerade el-värmepumpen använder grundvatten som värmekälla. Grundvattentillgången är god. Det låg nära till hands att tänka sig samma värmekälla från en ny brunn för absorptionsvärmepumpen. Men från kommunens sida befarades svårigheter med den ökade infiltrationen av det avkylda grundvattnet varför denna värmekälla förkastades.

En annan värmekälla är solenergi som absorberas i oglasade enkla solabsorbatorer (solväxlare) som placeras på bostadshustak och garagetak. Emellertid finns ingen färdigutvecklad solväxlare tillgänglig på den svenska marknaden. Den absorbatorn som närmast kan komma ifråga är grängestypen som har installerats som lågtemperatursolfångare, t ex i Sunclay-projektet (3), i kombination med ett jordvärmelager.

Tyvärr finns för denna absorbator ännu inga data tillgängliga för drift som solväxlare, vilket innebär drift vid så låg temperatur att luftens fuktighet kondenserar med bildning av kondensvatten eller toms (4). Dessutom är inte heller installationstekniken för placering på befintliga hustak utarbetad och utprovad.

I motsats härtill är många tyska solväxlartyper tillgängliga. Bland producentfloran har med hjälp av expertis från RWE (Rheinisch-Westfälisches Elektrizitätswerk) ett fåtal seriösa tillverkare med tekniskt dokumenterade produkter lokaliserats. Emellertid är ännu ingen av de tyska typerna provad i det svenska klimatet. De budgetpriser som diskussionsvis nämndes var i stort sett 50-100 % högre än för grängesabsorbatorn (som skulle kosta ca 250:-/m<sup>2</sup>). Mot bakgrund av detta läge förkastades denna värmekälla.

De kvarstående värmekällorna är dels orenat avloppsvatten och bäckvatten från det sk Alnarps-diket. Temperatur- och flödesmätningar utfördes på avloppsvatten under perioden oktober 1981 - mars 1982. Under samma period mättes bäckvattnets temperatur. Diagrammet i fig 3 återger avloppsvattnets temperaturvariationer. Bäckvattnet uppvisade en ca 4<sup>o</sup>-6<sup>o</sup> lägre temperatur. Som framgår ur temperaturdiagrammet var temperaturen i avloppsvattnet under februari/ mars ganska lågt, ca 6<sup>o</sup> ± 0,5<sup>o</sup>C. Orsaken härför får sökas i en fördröjd efterverkan av den extremt kalla vintern.

Avloppsvattenflödet påverkades kraftigt av nederbörden. Medelflödet för perioden beräknades till 28 l/s (min flöde ca 15 l/s, max flöde ca 58 l/s).

Inga uppgifter finns för flödesvariationer under dygnet. Flödesuppgifter saknas helt för tiden mars-oktober. I analogi med andra orter kan man förvänta ett lägre medelflöde.

Den värmekälla som valdes för denna förstudie är en kombination av orenat avloppsvatten och bäckvatten. Som dimensionerande flöde för värmepumpens förångare valdes 15 l/s. Detta flöde utgörs i första hand av avloppsvatten, när tillflödet är tillräckligt stort. När avloppsflödet blir mindre sker påspädning med bäckvatten. När bäckvattentemperaturen överskrider avloppsvattentemperaturen inom ett tröskelintervall ersätts avloppsvatten med bäckvatten. Avkylningen i förångaren begränsas nedåt till +4<sup>o</sup>C.

## 5. ABSORPTIONSVÄRMEPUMP

### 5.1 Allmänt

Absorptionsvärmepumpens allmänna funktion, dess för- och nackdelar är närmare beskrivna i bil 2.

Direkteldade typer offereras för närvarande av två företag:

- det tyska företaget Linde (vatten-ammoniakabsorptionsvärmepump med integrerad rökgasvärmeväxlare vid gasdrift)
- det japanska företaget Sanyo via svensk representant Ingvar Ingrids AB (vatten-litiumbromid absorptionsvärmepump)

Lindes värmepumpar monteras på plats. Sanyos värmepumpar är serietillverkade och monterade och levereras i en eller två moduler.

### 5.2 Ammoniak-absorptionsvärmepump

Budgetofferter inhämtades från Linde för två storlekar:

- Märkeffekt 750 kW för bostadsområdet plus ålderdomshem. Varaktighetsdiagram figur 4.
- Märkeffekt 500 kW för bostadsområdet. Varaktighetsdiagram för bostadsområdet figur 7.

Tabell 5 Värmepumpsdata.

Märkeffekt, kW	750	500
Kyleffekt, kW	236	157
Vattenavkyllning, °C från/till	10/6,2	10/7,5
Fram/returtemp, °C	54/46	54/46
Generatoreffekt, kW	480	320
Bränsleeffekt	558	372
Rökgasvärmeeffekt:		
gasdrift, kW	34	23
oljedrift, kW	0	0
Lösningpumpeffekter, kW	28	19
Processvärmefaktor	1,49	1,49
Total värmefaktor (exkl el):		
gasdrift	1,34	1,34
oljedrift	1,28	1,28
Nyttovärmeeffekt:		
gasdrift, kW	750	500
oljedrift, kW	716	477

Tabell 6 Övriga leverantöruppgifter.

Märkeffekt, kW	750	500
Platsbehov, L x B x H, m	10 x 8 x 6	8 x 6 x 6
Leveranstid, mån	13	13
Riktpris värmepump, tkr	1936	1470

I leveransen ingår:

- 1 Generator inkl avgasvärmväxlare
- 1 Rektifikator
- 1 Refluxkylare
- 1 Temperaturväxlare
- 1 Absorber inkl lösningsrecipient
- 1 Efterkylare
- 1 Restlösningskylare
- 1 Förångare
- 1 Kondensator inkl köldmediereccipient
- 2 Lösningpumpar (2 x 100 %)
- Interna rörledningar och armaturer
- Köld- och värmeisokering
- Ammoniak- och vatteninfillning
- Regler- och sökningsutrustning

Budgetofferten omfattar inte:

Tull, skatt, fundament, stålstativ, rörledningar och armaturer för avloppsvatten, rökgas, naturgas och värmevatten, skorsten.

Teknisk tillgänglighet: ca 98%.

### 5.3 Litiumbromid-värmepump

Ingvar Ingrids AB har offererat en värmepump med beteckningen AH50-G som består av en modul. Den kan gas- eller oljeeldas.

Tabell 7 Nominella kataloguppgifter.

Märkeffekt, kW	439
Kyleffekt, kW	175
Konst varmvattenflöde, m <sup>3</sup> /h (vid T = 15°C)	9,4
Elförbrukning, kW	3,7
Naturgasförbrukning Nm <sup>3</sup> /h	27
Oljeförbrukning kg/h	27
Platsbehov, L x B x H, mm	3085 x 2275 x 2650

Enligt budgetoffert för gaseldad typ:

Kostnad (fritt olossad bil på uppställningsplatsen, inklusive montage och idrifttagning): 660 000:- kronor.

Leveranstid: 5 mån

### Restriktioner

1. Temperaturdifferensen mellan in- och utgående värmevatten: min  $9^{\circ}$  och max  $40^{\circ}\text{C}$ .
2. Max ingående värmevattentemperatur för konstant drift:  $50^{\circ}\text{C}$  vid 25 utgående spillvattentemperatur.
3. Temperaturdifferensen mellan in- och utgående spillvatten: min  $5^{\circ}$  och max  $15^{\circ}\text{C}$ .
4. Min ingående resp utgående spillvattentemperatur:  $10^{\circ}\text{C}$ , resp  $5^{\circ}\text{C}$ .
5. Dessutom finns begränsningar i förhållande till avvikelser från utläggningsdata m a p flöden och temperaturer.

Processvärmefaktorn som kan framräknas är 1.67. Totala värmefaktorn är ca 1.36 (exkl el).

Teknisk tillgänglighet: ca 98%

När gränsvärden över- resp underskrids så avstannar sorptionsprocessen. Vid avvikelser från utläggningsdata minskar uteffekten och värmepumpen går automatiskt över till dellastkörning.

Varaktighetsdiagrammet för bostadsområdet och ålderdomshemmet visas i fig 6 och för bostadsområdet i fig 8. .



## 6. SYSTEMLÖSNINGAR

### 6.1 System med NH<sub>3</sub>-absorptionsvärmepump

Eftersom ammoniakvärmepumpen arbetar vid högt systemtryck (ca 30 bar) måste värmesystemets kallaste vatten (returvatten) först passera kondensorn och sedan absorbern och refluxkylaren. Kopplingsdiagrammet visas i figurer 9. Fig 10 visar kopplingsdiagram för utnyttjande av värmekällan. Värmesystemet är kopplat som ett s k bivalent-parallellt system. Detta innebär att värmepumpen står för grundlasten under hela eldningsperioden. När effektbehovet för uppvärmning överstiger värmepumpens max effekt inkopplas en av de befintliga pannorna och via en shunt-ventil i framledningen höjs framledningstemperaturen till behövligt värde.

Under höglastperioden då pannan är idrift sker varmvattenberedningen genom förvärmning i två steg och spetsning från befintliga varmvattenberedare. Vid normal tappning (motsvarande medeleffektbehov) förvärms kallvatten i första steget via en värmeväxlare i radiatorkretsens returledning till en temperaturnivå som ligger mellan fram- och returledningstemperaturen. Den tillförda effekten är något högre (120 kW) än årsmedeleffekten (100 kW). Effekten tillförs genom en shuntledning mellan fram- och returledning. I nästa förvärmningssteg tillförs en mindre effekt, men vid högre temperatur, från avgaspannan.

Under låglasttid, när endast värmepumpen är i drift, sker varmvattenberedning vid medeleffektbehov på motsvarande sätt i två steg utom att pannan kopplas in. Vid större effektbehov kan värmepumpens hela effekt kopplas till värmeväxlaren i returledningen genom att helt öppna ventilen i shuntledningen mellan radiatorkretsens fram- och returledning.

Detta kopplingsätt tillämpas även under sommartid då endast ett varmvattenbehov föreligger. Vid medeleffektbehov körs NH<sub>3</sub>-absorptionsvärmepumpen företrädesvis på dellast (lägst ca 15% av fullast), vid störttappning på fullast. Kapacitetsregleringen sker genom reduktion av bränsletillförseln till generatoren.

### 6.2 System med LiBr-absorptionsvärmepump (kaskad - VP)

De restriktioner som gäller för Sanyo-värmepumpen gör det omöjligt att använda den på ett motsvarande sätt som en ammoniak-värmepump i enlighet med kopplingsschemat i fig 9. Denna värmepump är bättre lämpad för högre värmekälltemperaturer och högre framledningstemperaturer i radiatorvattenkretsen än som finns tillgängliga.

Att använda denna typ i värmeanläggningar av här beskrivet slag med avloppsvatten som värmekälla förutsätter:

1. Att spillvärmekällans temperatur höjs först med hjälp av en eldriven värmepump (typ vattenkylare) till ca 20<sup>o</sup>-30<sup>o</sup>C (resulterande värmefaktor ca 5-6).
2. Att en värmeväxlare kopplas mellan värmepump och radiatorkrets
3. Att radiatorvattenflödet varierar.

4. Att vattenflödet i värmepumpens primärkrets hålls konstant samt att fram-och returtemperaturen i denna krets hålls konstant till  $69^{\circ}$ , resp  $50^{\circ}\text{C}$ .
5. Att en buffertvolym på minst  $10\text{ m}^3$  installeras.

För att vid gasdrift utnyttja rökgasvärme kan även här en rökgasvärmväxlare installeras. På grund av restriktionerna blir systemet mera komplicerat (fig 11). Å andra sidan är vid här given storleksordning den specifika investeringskostnaden för litiumbromidvärmepumpen ungefär hälften av kostnaden för ammoniakvärmepumpen. Detta kan eventuellt ge ett visst extra investeringsutrymme för behövlig hjälputrustning.

Såväl dessa restriktioner som det för närvarande ännu något bristfälliga tekniska underlag gör en dylik anläggning totala tillgänglighet svårbedömd.

Anläggningens driftsätt motsvarar i stort det ovan för ammoniakvärmepumpen beskrivna.

### 6.3 System med elvärmepump

För att göra jämförelsen mellan olika värmepumpssystem mera fullständig har i förstudien medtagits ett system utrustat med en kapacitetsreglerad elvärmepump. Utgående från system 5 enligt fig 9 (men utan anslutning av ålderdomshemmet) ersätts  $\text{NH}_3$ -värmepumpen med en skruvkompressorvärmepump. Kopplings-schemat visas i fig 12. Värmepumpen utförs med hetgaskylare, ljudhuv och vibrationsdämpat chassie. Av Stal Refigerations budgetoffert framgår följande uppgifter:

#### Tekniska data

På grund av delad konstruktion är angivna värden endast c:a-värden.

Kompressor	SVR 51
Kyleffekt	320 kW
Kondenseringstemp	$60^{\circ}\text{C}$
Tillförd motoreffekt	160 kW
Kondensoreffekt	480 kW
Köldbärartemp in/ut	$8/3^{\circ}\text{C}$ ( $\Delta t$ konstant)
Köldbärarflöde	$55\text{ m}^3/\text{h}$
Värmebärartemp in/ut	$50/55^{\circ}\text{C}$
Värmebärarflöde	$82,6\text{ m}^3/\text{h}$
Tryckfall kondensor	8 kPa
Tryckfall förångare	8 kPa
Köldmedium	R 12
Värmefaktor över värmepump	3,0

Budgetpris, tkr 680.

Som teknisk tillgänglighet har antagits 0,95.

## 7. EKONOMI

Investerings- och kostnadskalkyler görs för sex olika anläggningsutföranden, som för senare referens betecknas och kännetecknas enligt tabell 5. Vid gasdrift förutsättes installation av rökgaspanna. Förutsättningsvis används följande beteckningar:

NH <sub>3</sub> -AVP	ammoniakvärmepump
LiBr-AVP	litiumbromidvärmepump
EVP	elvärmepump
VP-effekt	värmepumpens nominella effekt
ÅH	ålderdomshem

Tabell 5 Anslutningseffekter.

2	NH <sub>3</sub> 500	Bostäder + ÅH 1300
3	LiBr 439 a)	Bostäder + ÅH 1300
4	NH <sub>3</sub> 500	Bostäder 830
5	LiBr 439 a)	Bostäder 830
6	EVP 480	Bostäder 830

a) tillkommer 175 kW el-värmepump i kaskadkoppling med LiBr-AVP

Ekonomi har studerats utifrån följande förutsättningar:

Kalkylränta		11 %
Oljeenergipris a)	EoI	220,0 kr/MWh
	EoIII	185,0 kr/MWh
	70% EoIII+30% EoI	195,5 kr/MWh
Gasenergipris		140,0 kr/MWh
Elpris		220,0 kr/MWh

Avskrivningstider:

NH <sub>3</sub> -AVP	25 år
LiBr-AVP	15 år
Elvärmepump	15 år
Kulvert, pumpstation	30 år

Underhåll, service (procent av investeringen):

NH <sub>3</sub> -AVP	0,8 b)
LiBr-AVP, EVP	3,0 a)
Kulvertar	1,0

Omställningskostnader för övergång från olje- till gasdrift är ej medtagna.

a) Prisnivå 1982-04-01 (inkl 5:- kr per levererad MWh värme för elförbrukning).

- b) Enligt tyska erfarenhetsuppgifter.  
 c) Antaget värde, för LiBr-AVP saknas f n erfarenhetsuppgifter.

Den valda anläggningens energikostnadsbesparing och därmed beräknade enkla pay-off tider beror helt på valet av jämförelseobjekt och därmed förknippad investerings- och finansieringsstrategi.

Energikostnadsbesparingen beräknas generellt enligt:

EK = energikostnader för given anläggning - energikostnader efter ombyggnad.

Här har följande fall undersökts:

- a. EK (BG) = energikostnadsbesparing vid övergång från befintlig anläggning till gaseldad AVP.  
 b. EK (BO) = energikostnadsbesparing vid komplettering av befintlig anläggning med oljeeldad AVP.  
 c. EK (GG) = energikostnadsbesparing vid övergång till gaseldning och senare komplettering med gaseldad AVP.  
 d. EK (OE) = energikostnadsbesparing vid komplettering av befintlig anläggning med EVP.  
 e. EK (GE) = energikostnadsbesparing vid övergång till gaseldning och senare komplettering med EVP.

Ekvivalenta fulleffekt-driftstider, energibehov och energileverans, resp -förbrukning framgår av tabell 8. Här betyder:

$Q_O$  värmebehov  
 $Q_A$  värme från AVP  
 $Q_P$  elenergi för vätskepumpar  
 $Q_K$  kondensorvärme från elvärmepump

Värmepumparnas tekniska tillgänglighet har för absorptionsvärmepumpar antagits vara 98 %, för elvärmepumpar 95 %. Medelvärmefaktorn för elvärmepumpar i system 6 har uppskattats till 2,8.

Tabell 8 Årliga energimängder (vid gasdrift).

System	Drifttid t/år	$Q_O$	Energi $Q_A$	MWh/år $Q_P$	$Q_E$
1	4230	3250	3170	165	-
2	5060	3250	2530	170	-
3	5330	3250	2560	80	(160)
4	4370	2270	2187	145	-
5	4500	2270	2160	63	(135)
6	4500	2270	-	63	2160

Vid oljedrift av system 3, resp 5 utgår rökgaspanna,  $Q_A$  blir därför ca 5 % lägre.

Det är intressant att observera att elenergiförbrukningen är lägre för värme-system med LiBr-AVP än för system med  $NH_3$ -AVP, trots att i systemet ingår en seriekopplad elvärmepump. Anledningen härtill är att LiBr-AVP har lågt systemtryck (vakuum), varför effektbehovet för lösningspumpen också blir lågt.

### 7.1 Investeringskalkyl

I följande tabell har investeringskostnaderna (i tkr) sammanställts. I delposterna ingår - om inte särskilt specificerats - installationskostnaderna, idrifttagning och eventuell extra investering (t ex avloppsvattenchilla, transformator, ställverk m m).

Tabell 9 Investeringskalkyl.

Objekt	System					
	1	2	3	4	5	6
$NH_3$ -AVP	2375	1860	-	1860	-	-
LiBr-AVP	-	-	860	-	860	-
EVP	-	-	-	-	-	900
Värmekälla	420	420	420	420	420	420
VVS	530	530	440	390	300	300
Byggnad a)	210	185	165	185	165	165
Värmekulvert b)	640	640	640	-	-	-
Övrigt c)	410	360	260	290	180	205
Projektarbeten	460	400	280	310	190	190
Moms	555	485	335	385	235	245
<b>Investering</b>	<b>5600</b>	<b>4880</b>	<b>3400</b>	<b>3840</b>	<b>2350</b>	<b>2425</b>

- a) Alternativ kostnad för gasanslutning ca 100 tkr. Upptagen kostnad är merkostnad för anläggningen med gasdrift och AVP eller EVP.
- b) Omfattar bl a elinstallationer, anslutningsavgifter, värmeisolering av vissa komponenter, oförutsett.
- c) Omfattar projektering, kontroll, administration, besiktningar.

## 7.2 Driftkostnadskalkyl

Årliga avskrivningar har beräknats enligt

$$A = 0,01187 \times K_1 + 0,1150 \times K_2 + 0,1391 \times K_3$$

$K_1$  till ammoniak-värmepump hänförliga investeringskostnader

$K_2$  till kulvertledningarna hänförliga investeringskostnader

$K_3$  övriga investeringskostnader

I tabell 10 har sammanställts avskrivningar och underhållskostnader, i tabell 11 energikostnadsbesparingar (EK relativt olika jämförelseobjekt) och pay-off tider.

Tabell 10 Årliga kostnader (tkr) och pay-off tider (år).

System	1	2	3	4	5	6
Avskrivningar	704	615	439	487	310	333
Underhåll	38	34	65	26	55	57
Summa	742	649	504	513	365	390

Tabell 11 Energifkostnadsbesparing (tkr/år) och payoff-tider (år).

System	1	2	3	4	5	6
EK (BG)	412	283	398	250	269	-
Pay-off tid	14	17	(8,5)	15	8,7	-
EK (BO)	284	227	255	170	181	-
Pay-off tid	20	21	13	23	13	-
EK (GG)	165	123	139	107	118	-
Pay-off tid	34	40	24	36	20	-
EK (OE)						276
Pay-off tid						8,8
EK (GE)						177
Pay-off tid						14



### 7.3 Slutsatser

De lägsta pay-off tiderna, 8,5 - 8,8 år, erhålls för

- a. LiBr-kaskadvärmepumpssystem om energikostnadsbesparingen baseras på en övergång från den befintliga oljeeldade anläggningen till system med gaseldad AVP (och till gasdrift konverterad panna) och om den befintliga anläggningen används som jämförelseobjekt.
- b. elvärmepumpssystem om energikostnadsbesparingen baseras på en komplettering av den befintliga anläggningen (utan konvertering till gas) med en elvärmepump och om den befintliga anläggningen används som jämförelseobjekt.

De berörda systemen (3, 5 och 6) är ur kostnadssynpunkt ganska likvärdiga. Med tanke på att en kaskadkoppling av en EVP och en AVP är en oprövad och ny teknik är det mindre investeringskrävande systemet 5 att föredra framför system 3. Tar man hänsyn till kommunens planerade anslutning till naturgasnätet, som involverar konvertering av befintliga oljepannor till gasdrift, så ter sig valet av system 5 mera realistiskt och önskvärt än valet av system 6 (befintlig oljeeldad anläggning kompletterad med elvärmepump).

Slutligen kan man konstatera att anläggningseffekten för system 5 med en kaskadkoppling av en liten elvärmepump och en gaseldad LiBr-absorptionsvärmepump är av sådan storlek att den väl lämpar sig för ett FoD-projekt.



## 8. REFERENSER

1. Lagerström, S.A., Norrfors, M., 1979, Solvärt tappvatten i befintliga flerbostadshus med nattackumulering av el. Rapport R 23:1979 (Statens råd för byggnadsforskning).
2. Persson, S.E., 1981, Värmepump med ismaskin för 43 lägenheter i Sälen. Förstudie. Rapport R 49:1981 (Statens råd för byggnadsforskning).
3. Hultmark, G, 1980, Sunclay-Projektet. Rapport R38:1980 (Statens råd för byggnadsforskning)
4. Morawetz, E., 1979, Sol som värmekälla i värmepumpssystem, VVS-teknik, 1979, nr 12, s. 57.

FIGURER 1-12

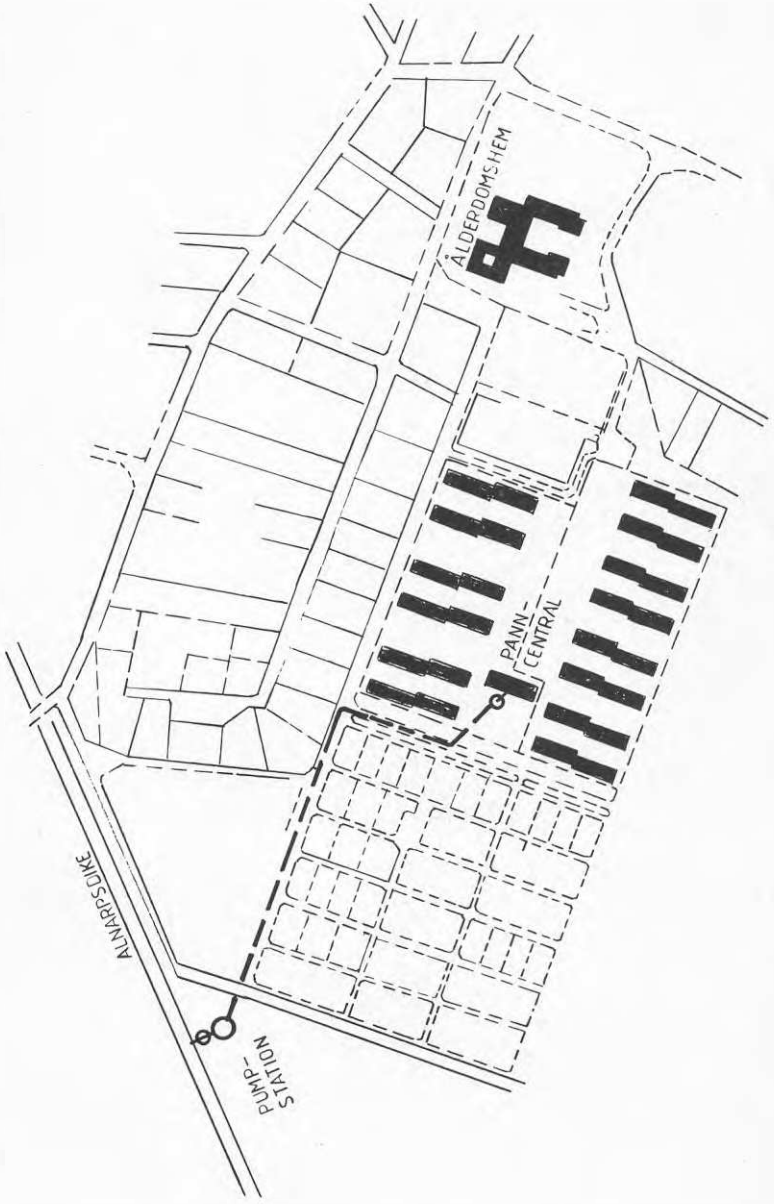


FIG.1

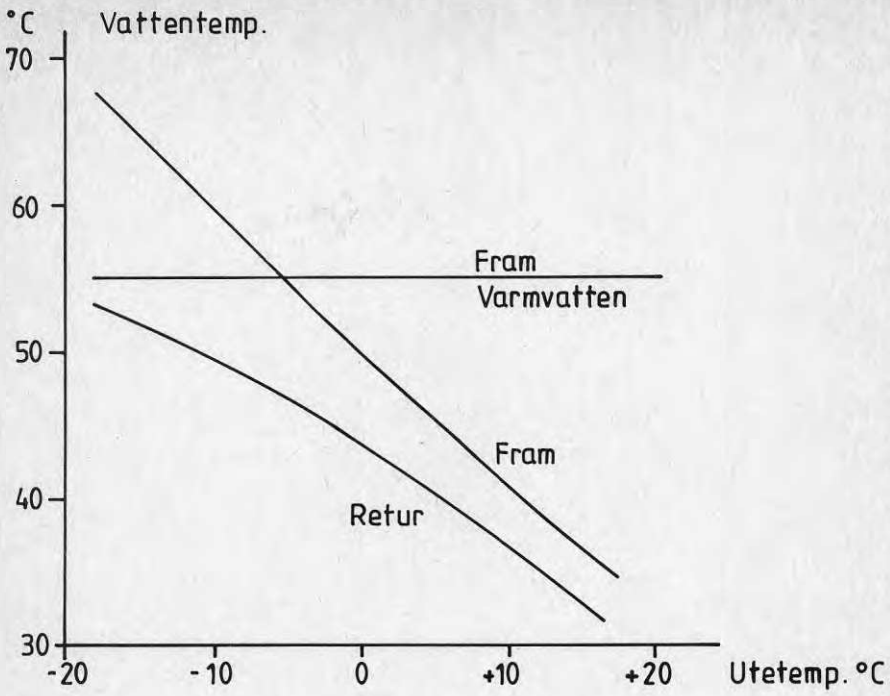


FIG. 2

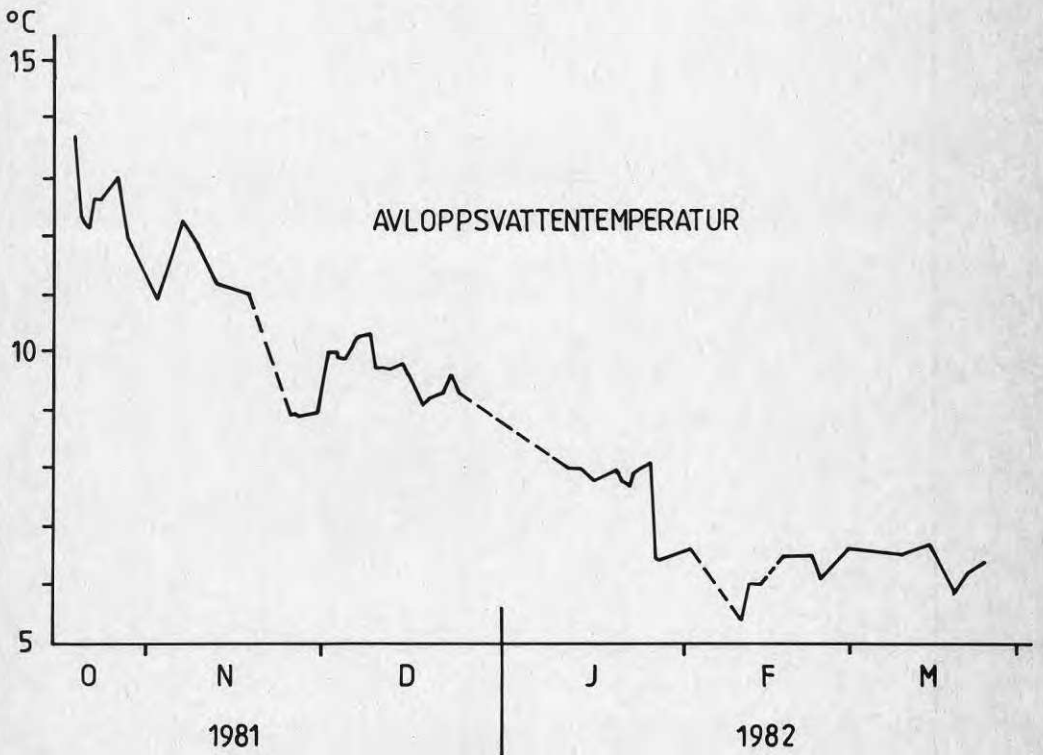


FIG. 3

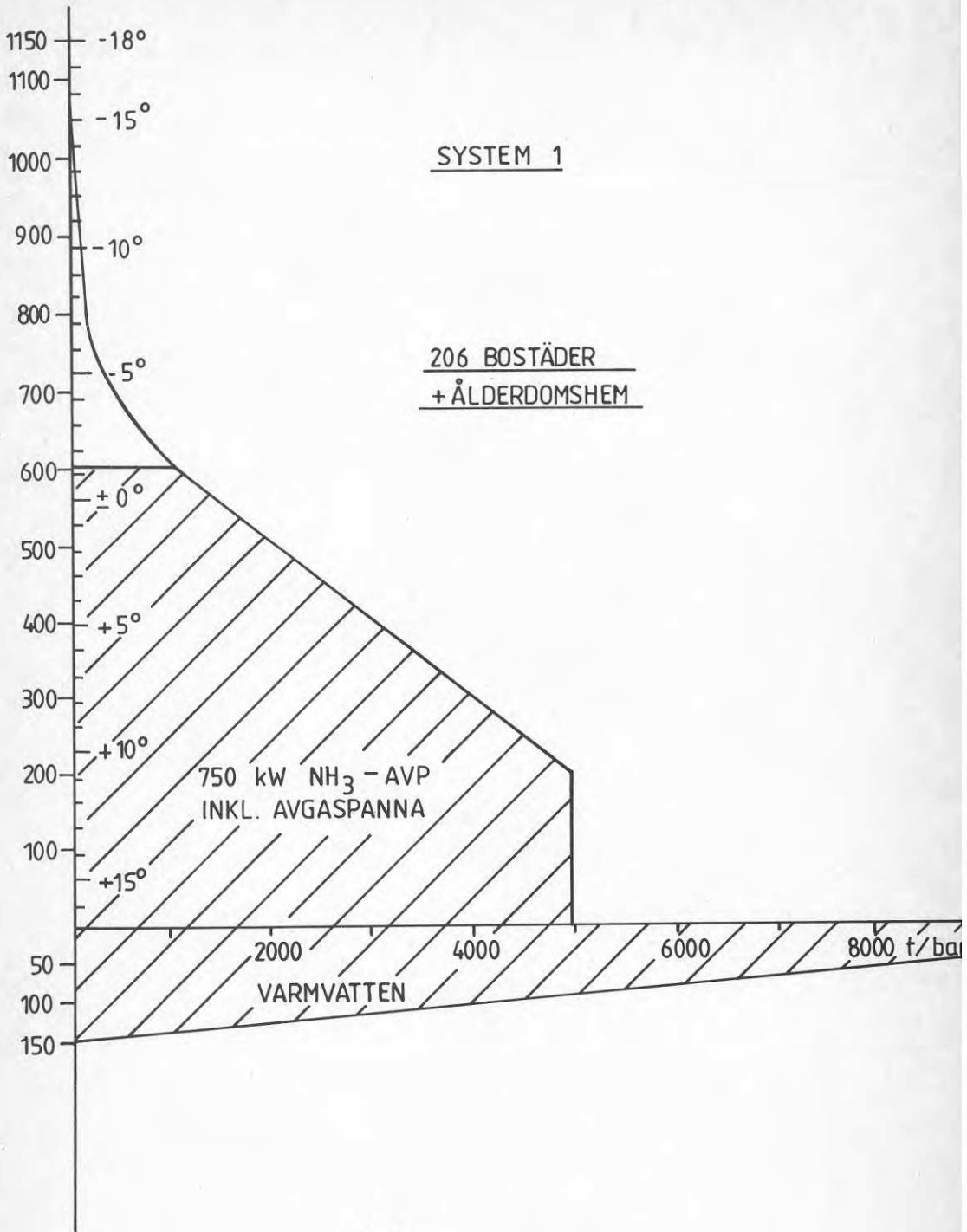


FIG. 4

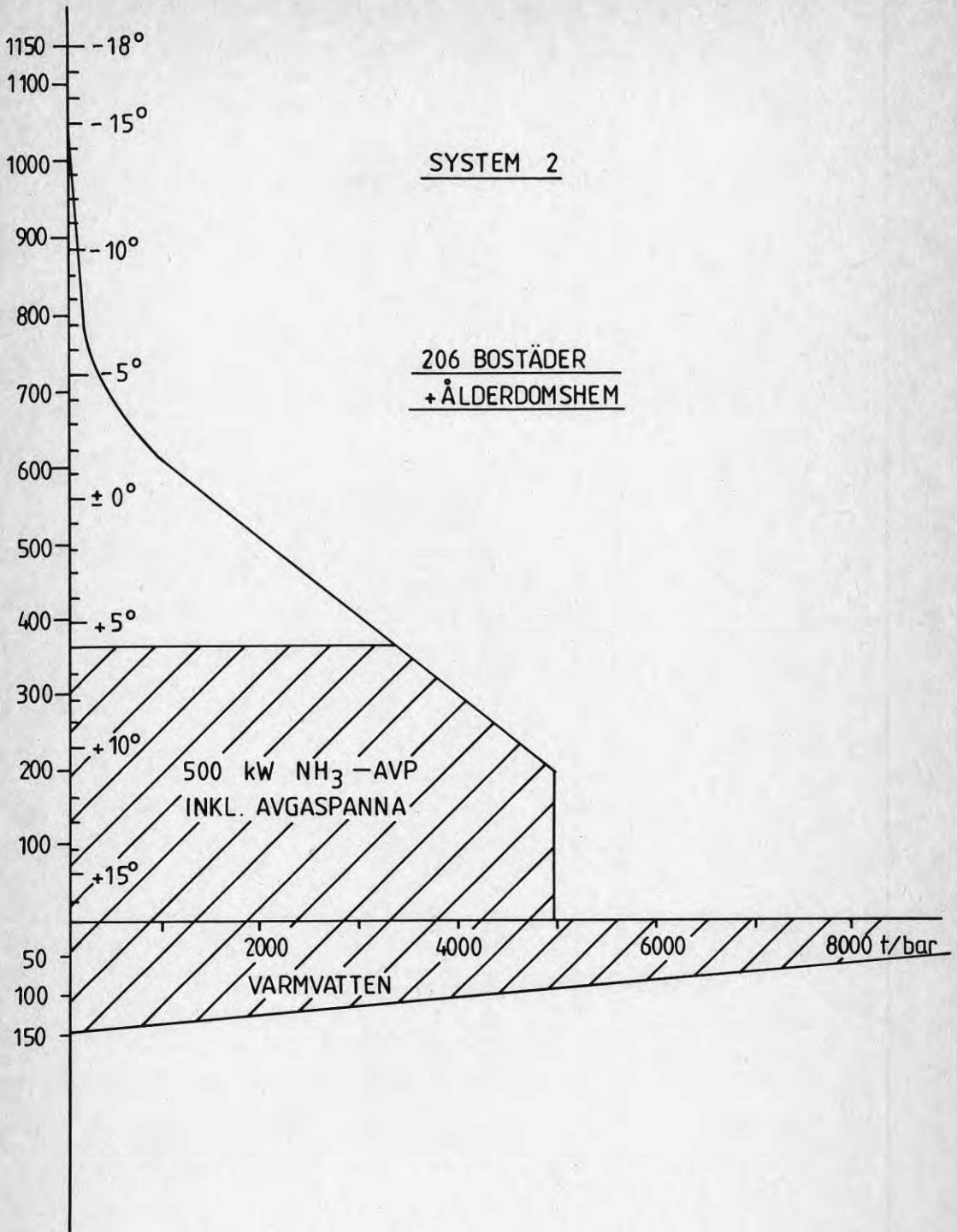


FIG. 5

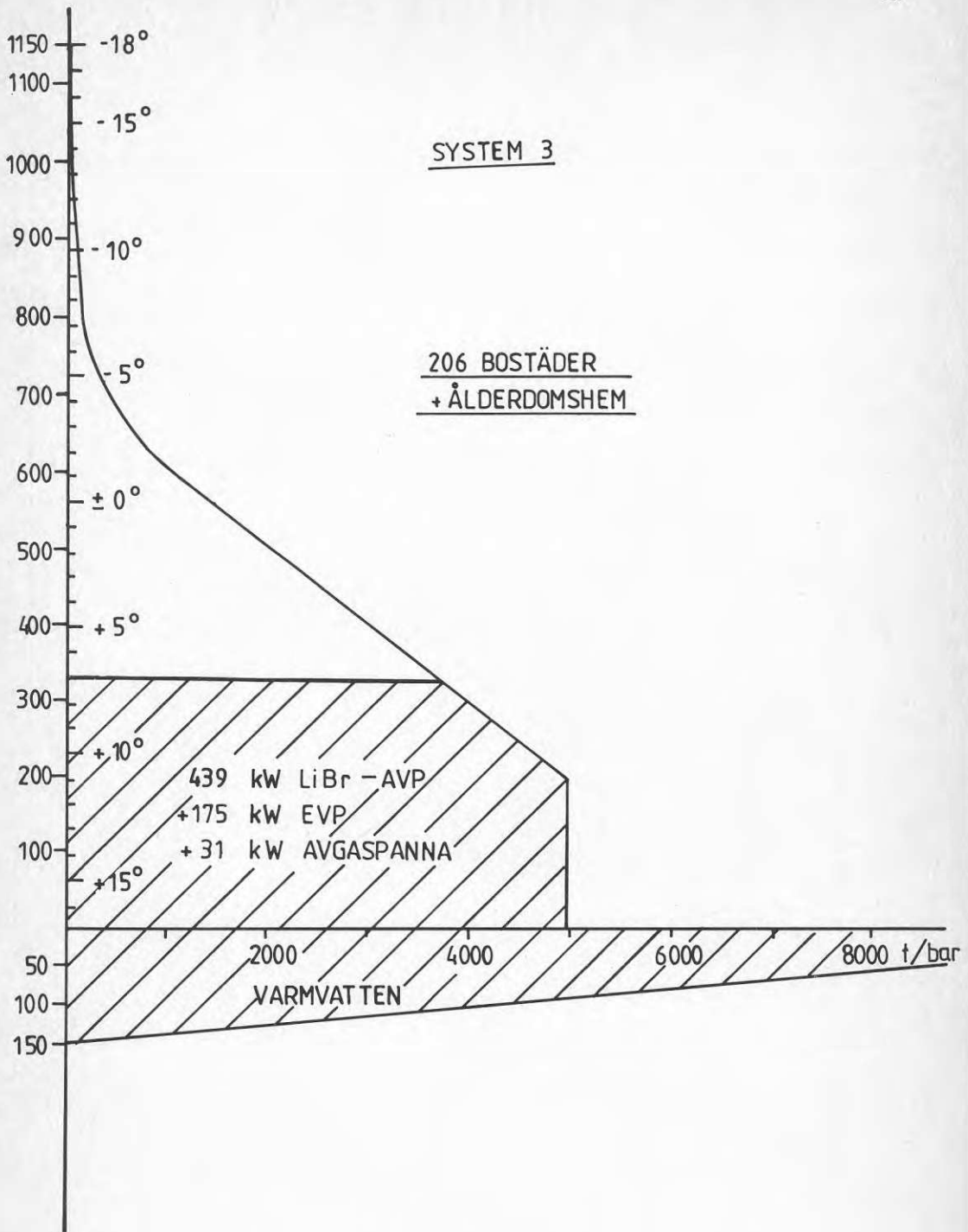


FIG. 6

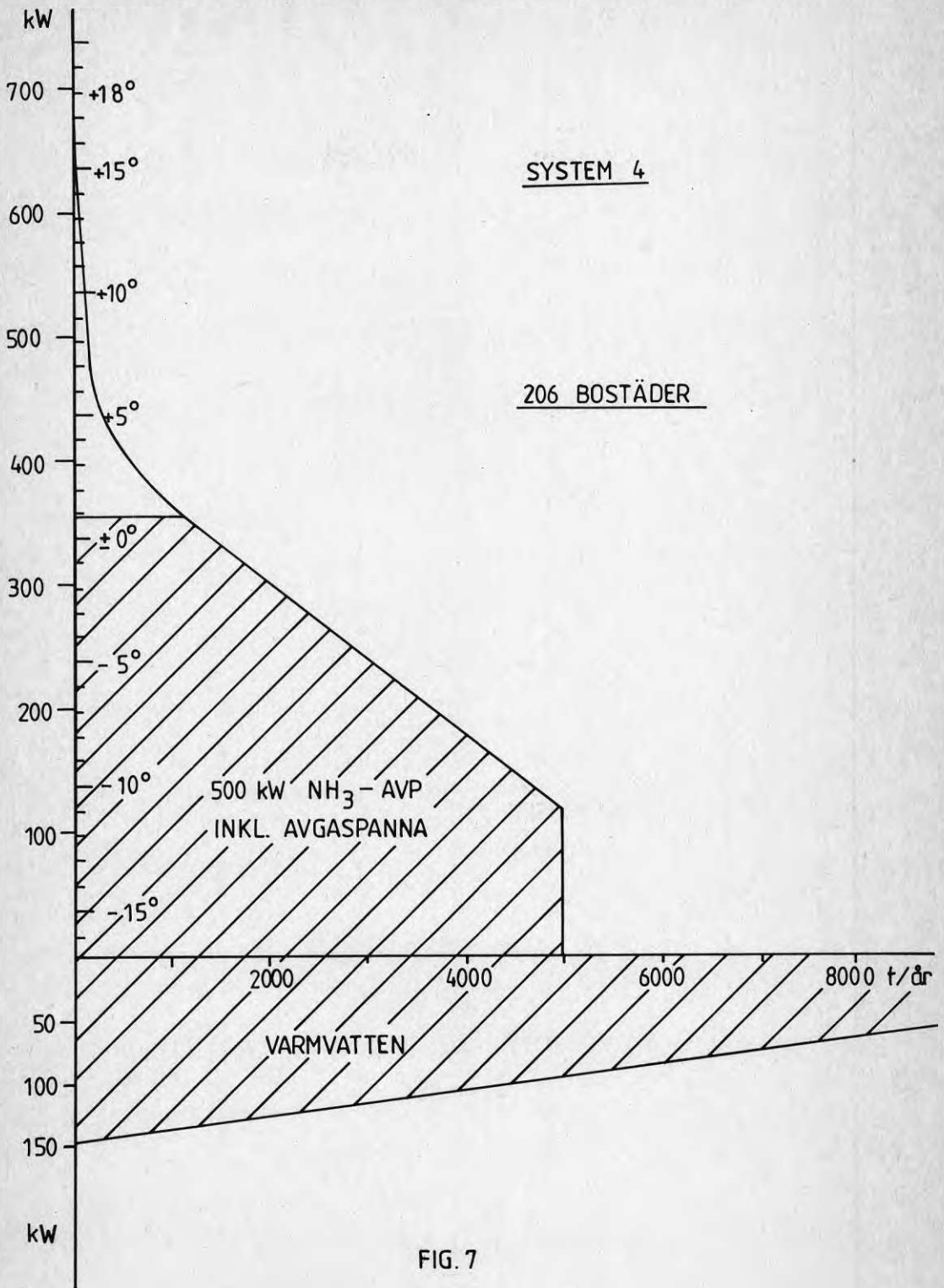
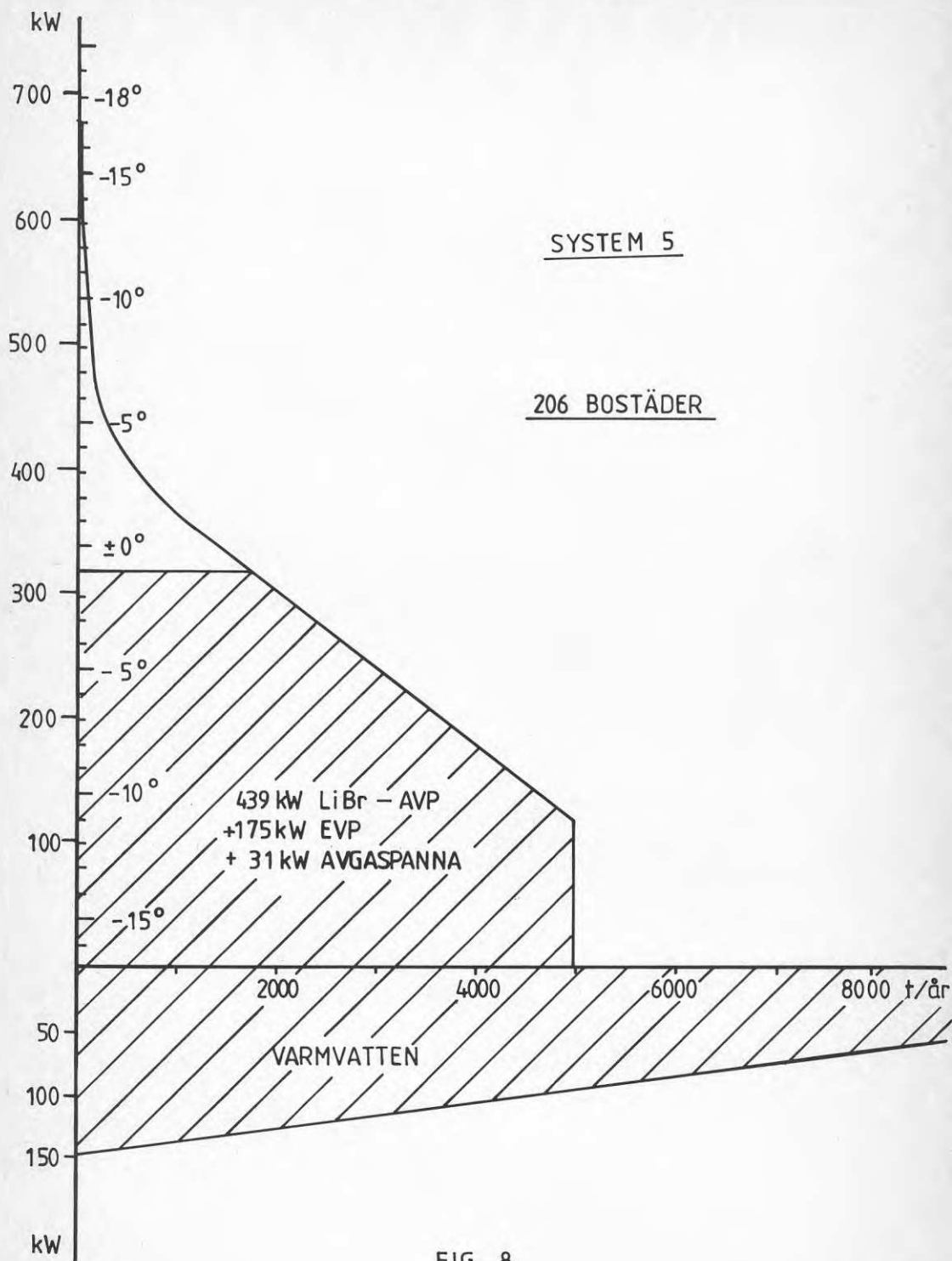
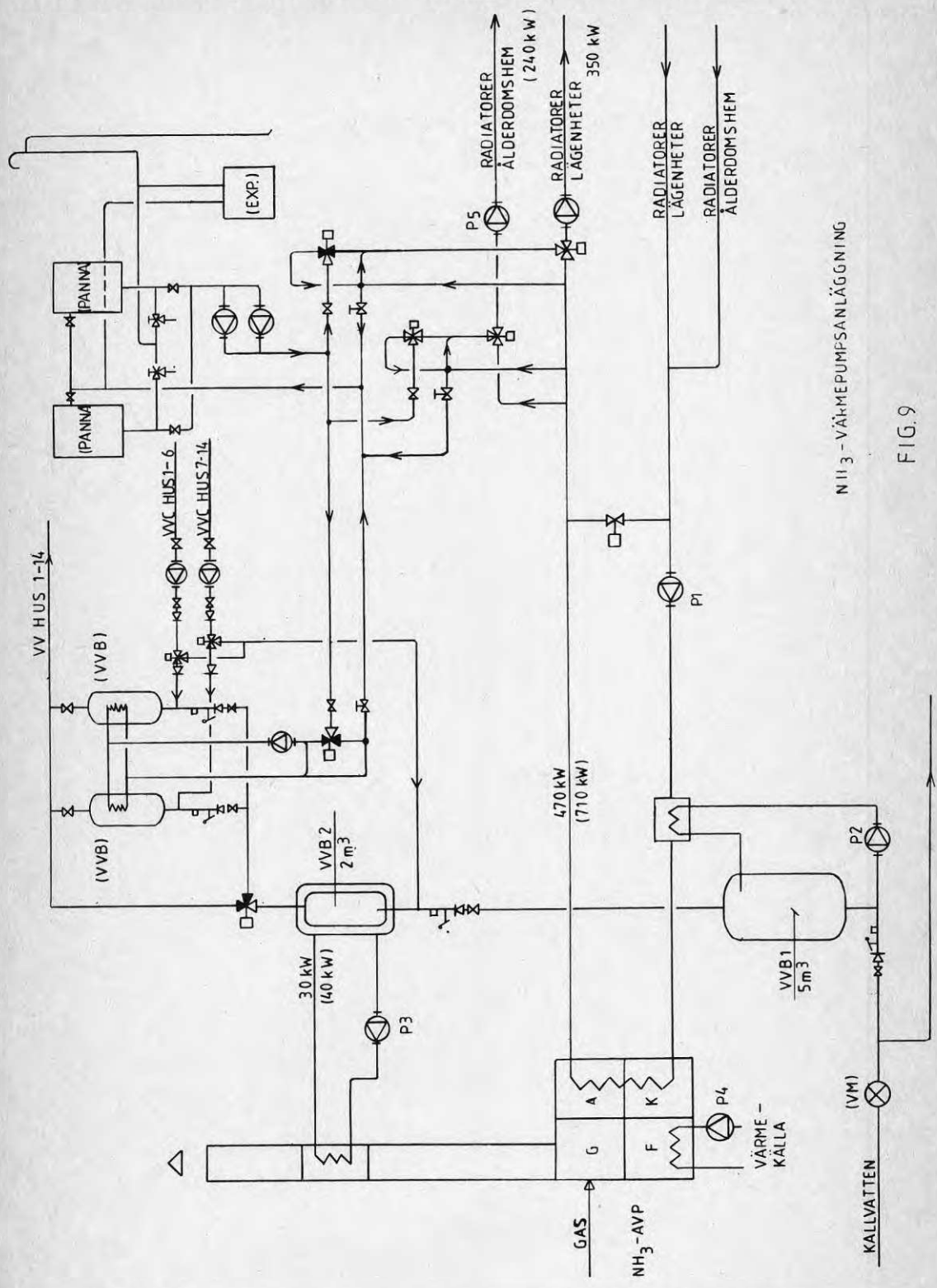


FIG. 7

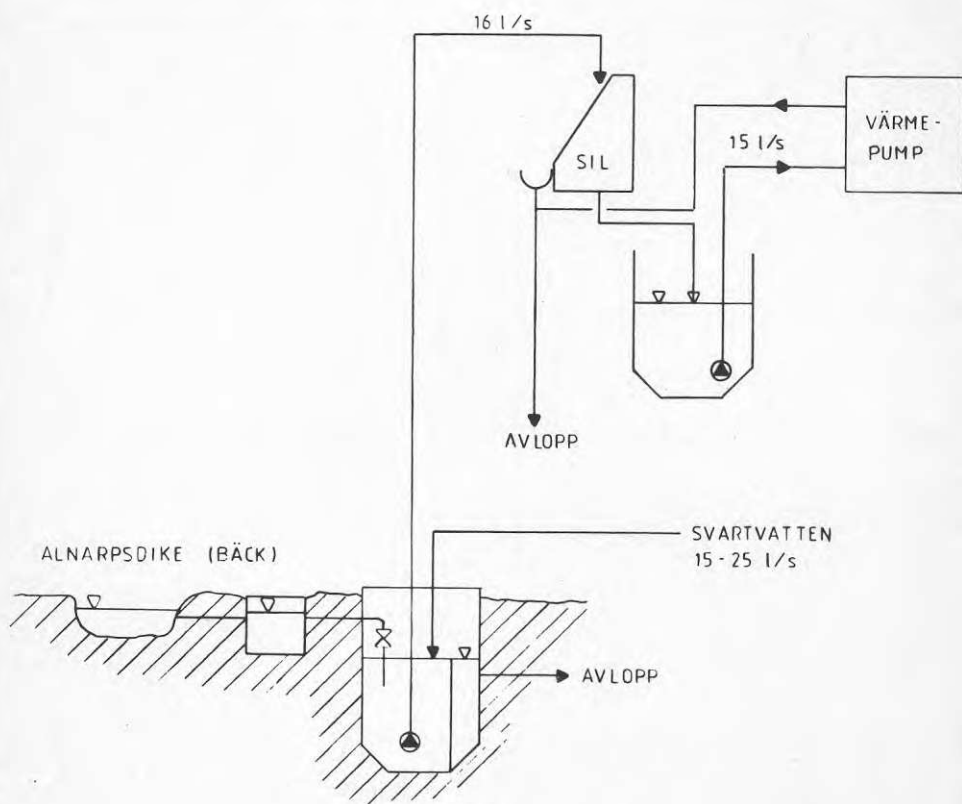






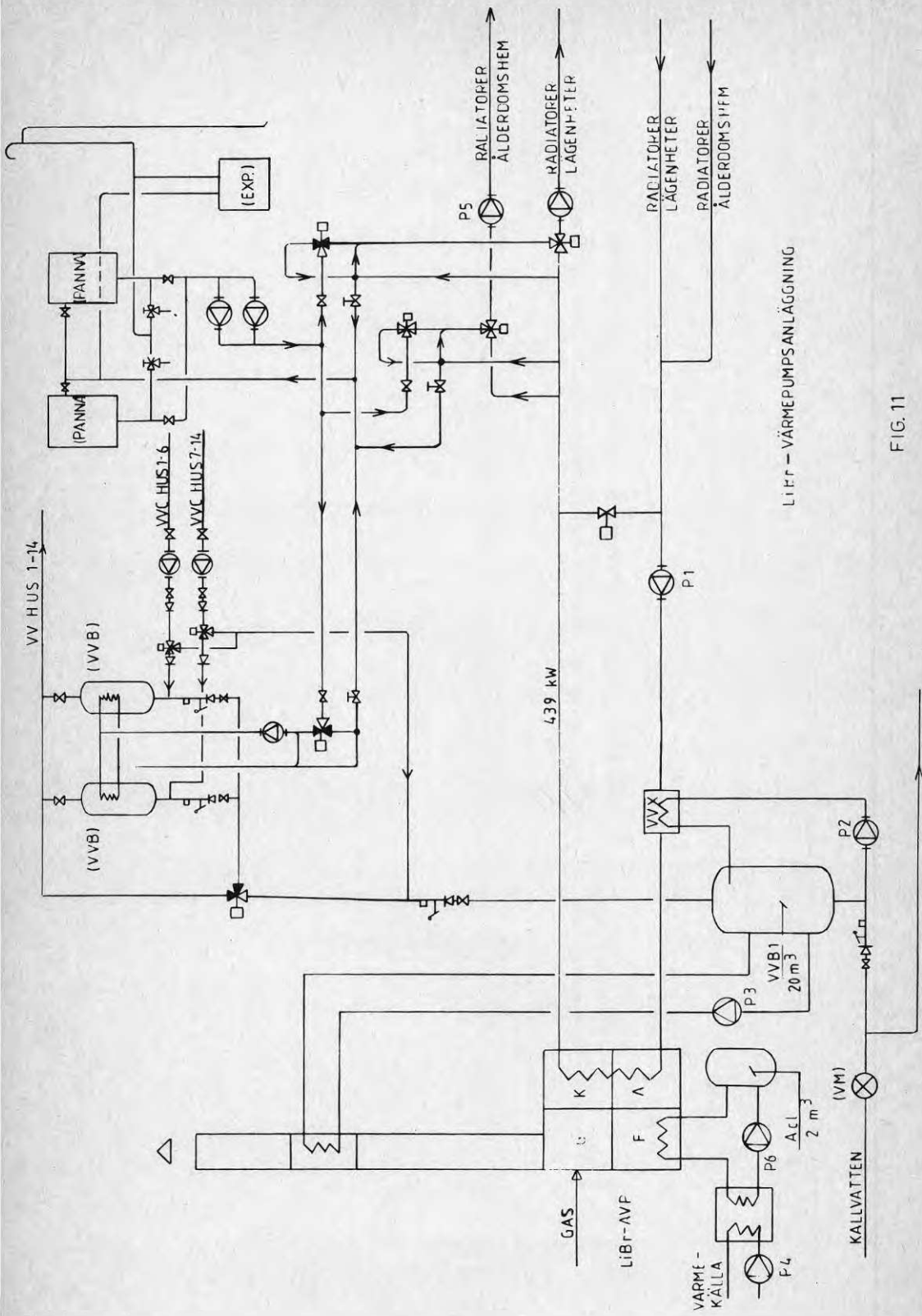
N II 3 - VÄRMEPUMPSANLÄGGNING

FIG. 9



ANLÄGGNING FÖR UTNYTTJANDE AV VÄRMEKÄLLA

FIG. 10



LIFR - VÄRMEPUMPSANLÄGGNING

FIG. 11

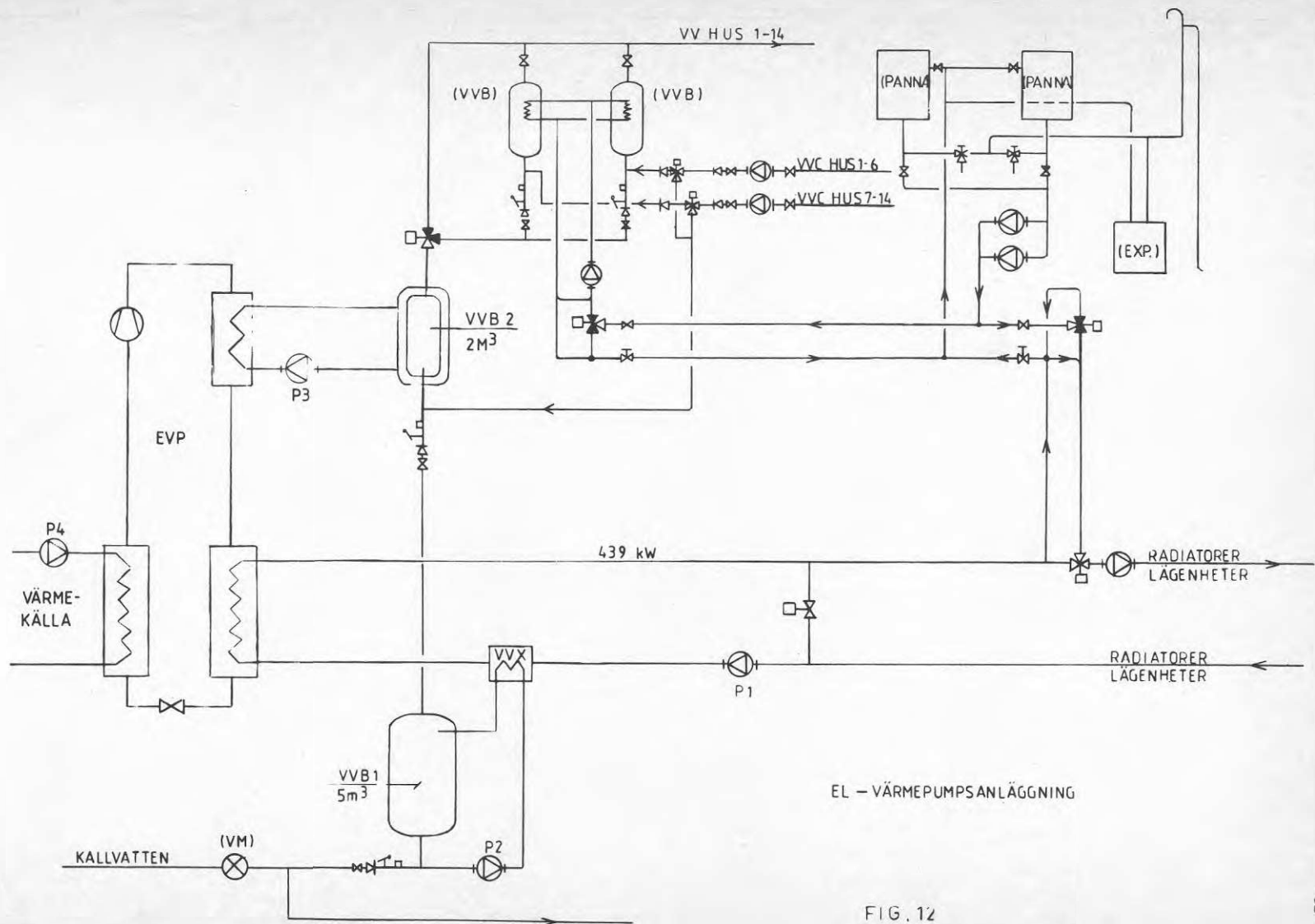


FIG. 12

**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag  
810932-6 från Statens råd för byggnadsforskning  
till Malmö-Burlövs Energi AB, Malmö.**

R17:1983 Adsorptionsvarmepump i Akarp. FORTSLUDIC ETTISI MOTRWEIZ

**Art.nr: 6700717**

**Abonnemangsgrupp:  
W. Installationer**

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

**Cirka pris: 20 kr exkl moms**

**R17:1983**

**ISBN 91-540-3882-0**

**Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm**