



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

R18:1988

**Grundvattenvärmepumpsystem
för 193 radhus**

Drifterfarenheter 1984—1986

Johan Landberg

K/A

INSTITUTET FÖR BYGGDOKUMENTATION	
Accnr	
Plac	Ser

Byggforskningsrådet

R18:1988

GRUNDVATTENVÄRMEPUMPSYSTEM FÖR 193 RADHUS

Drifterfarenheter 1984-1986

Johan Landberg

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 850165-0
från Statens råd för byggnadsforskning till VIAK AB,
Malmö.

REFERAT

Projektet har syftat till att sammanställa och utvärdera drifterfarenheter från tiden 1983-1986 från en grundvattenvärmeanläggning vid Värbyängen i Svedala. Anläggningen, som är på 1.1 MW, togs i drift under hösten 1983 och har sedan dess svarat för uppvärmningen av de 193 radhusen inom det aktuella bostadsområdet. Målsättningen var att följande frågor skulle belysas:

- Hur stor har besparingseffekten av anläggningen blivit totalt och ställd i relation till förväntad oljebesparing?
- Vilka driftsproblem har uppträtt under de två första vintrarna?
- Hur stor nedkylning av grundvattenmagasinet har noterats och stämmer denna med gjorda modellberäkningar?
- Stämmer det ekonomiska utfallet med resultaten av förstudierna?

Resultatet av studien visar bl a på

- en besparing under år 1985 på ca 485 kkr jämfört med bibehållen fjärrvärme
- en pay-off-tid på anläggningen på ca 5.0 år vilket är något högre än förväntad
- vissa tekniska driftproblem med den större av de två installerade värmepumparna, där problemen i huvudsak relaterats till maskinens övervaknings- och kontrollsystem
- behov av rensningsåtgärder på brunnsidan i systemet i större omfattning än vad brukaren förväntat
- större nedkylningseffekter i grundvattenmagasinet än vad den teoretiska studien visade vid projekteringen av anläggningen.

I Byggeforskningsrådets 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.

R18:1988

ISBN 91-540-4852-4

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Svenskt Tryck Stockholm 1988

INNEHÅLL

sid

FÖRORD

1.	ORIENTERING	1
2.	PROJEKTFÖRUTSÄTTNINGAR	3
2.1	Hydrogeologiska förutsättningar	3
2.2	Dimensionerande energi- och effektbehov	4
2.3	Dimensionerande grundvattenbehov	5
2.4	Grundvattnets beskaffenhet	6
3.	ANLÄGGNINGENS UTFORMNING	8
3.1	Översikt	8
3.2	Brunnssystem	9
3.3	Värmepumpar	15
4.	DRIFTERFARENHETER - VÄRMEKÄLLAN	17
4.1	Drift och underhållsarbeten	17
4.2	Uttagsbrunnar	17
4.3	Returbrunnar	20
4.4	Grundvattentemperaturer	21
4.5	Nedkylningseffekter	22
4.6	Slutsatser rörande värmekällan	24
5.	DRIFTERFARENHETER - VÄRMEPUMP	26
5.1	Uppvärmningsbehov	26
5.2	Värmefaktor	28
5.3	Driftstörningar	33

6.	DRIFTEKONOMISK ÖVERSIKT	34
6.1	Investeringar	34
6.2	Finansiering	34
6.3	Kapitalkostnader	34
6.4	Energikostnader	35
6.5	Underhållskostnader	35
6.6	Alternativ energiproduktionskostnad	36
6.7	Lönsamhetskalkyl	36
7.	SAMMANFATTNING	38
8.	REFERENSER	41

Bilaga 1

FÖRORD

Värmepumpsanläggningen vid Värbyängen anlades som en av de första större grundvattenvärmeanläggningarna i Skåne. Anläggningen är till sin utformning helt kommersiell och har utförts helt utan FoU-stöd. Eftersom anläggningen ändå var en av de första i sitt slag och storleksordning har den fått genomlida flera stadier av s k "barnsjukdomar".

Föreliggande rapport utgör en sammanställning baserad på resultat från den fortlöpande normala produktionsuppföljningen vid anläggningen och i projektet har ej inrymts något separat uppföljningsprogram. Erfarenheter från liknande anläggningar på andra håll i Skåne visar dock att resultaten och slutsatserna från Värbyängsprojektet till stora delar är generella och direkt kan överföras till andra grundvattenvärmeanläggningar.

Mätresultat har välvilligt ställts till förfogande av styrelsen för Värbyängens samfällighetsförening och vid utvärderingen av värmepumparnas driftdata har ing Robert Sundkvist, ETAB Energiteknik i Torekov medverkat.

Malmö i november 1987

Johan Landberg

GRUNDVATTENVÄRMEPUMPSYSTEM FÖR 193 RADHUS I
VÄRBYÄNGEN I SVEDALA KOMMUN
DRIFTERFAREHETER FRÅN ÅREN 1984-1986

1. ORIENTERING

Värbyängens samfällighetsförening innehåller 193 lägenheter i 1 ½-plans radhusbebyggelse. Området omfattar ytmässigt ca 7,5 ha och är beläget intill Bara Centrum i Svedala kommun, ca 15 km öster om Malmö.

Husen i området byggdes 1975 och värmeförsörjningen planerades redan från början ske via ett lokalt kommunalt fjärrvärmenät. Värmeproduktionen i detta nät baserades på en oljeeldad panncentral, belägen i nära anslutning till Bara centrum. Radhusområdet var fram till 1983 som helhet anslutet till fjärrvärmenätet via en undercentral, i vilken värme växlades till ett lokalt nät för radhusbebyggelsen.

Uppvärmningsbehovet för hela området angavs på projekteringsstadiet till storleksordningen 3200 MWh/år och fjärrvärmeförbrukningen angavs motsvara en årlig oljeförbrukning på ca 550 m³ Eo 1.

Den tekniska lösningen med radhusområdets anslutning till fjärrvärmenätet via värmeväxlare möjliggjorde en enkel övergång till egen värmeproduktion med hjälp av värmepumpar.

Hösten 1983 övertog samfällighetsföreningen ansvaret för värmeproduktionen i och med att en värmepumpsanläggning med maxeffekten ca 1,1 MW installerades i den gamla undercentralen. Vid årsskiftet 1983-84 bröts kontakten med den gamla oljeeldade panncentralen.

Anläggningen innefattar för närvarande två värmepumpar (STAL-REF) med uteffekten 930 kW respektive 193 kW, vilka producerar värmevatten med en utgående temperatur på +60°C.

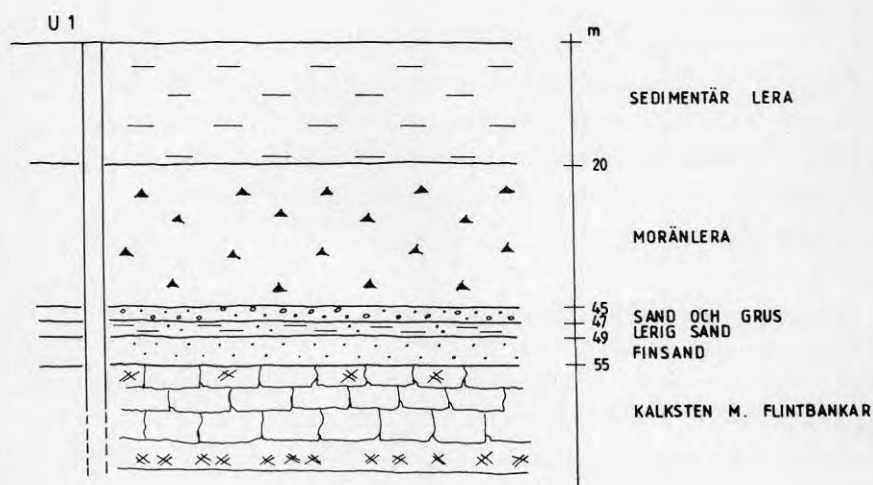
Värmekällan utgörs av ett slutet grundvattensystem där grundvattnet kyls från inledningsvis ca +9°C till som lägst ca +3°C. Grundvattenuttaget sker från kalkberggrunden på ca 100 m djup under bostadsområdet och återföringen av det nedkylda vattnet sker till samma grundvattenmagasin. Magasinet överlagras av 40-50 m moränlera i området.

Anläggningen utfördes av STAL-REF som en totalentreprenad och värmepumparna togs i drift i september 1983.

2. PROJEKTFÖRUTSÄTTNINGAR

2.1 Hydrogeologiska förutsättningar

Det aktuella området är beläget vid den s k Alnarps-sänkans sydvästra kant. Alnarps-sänkan, som utgörs av en ca 5 km bred sedimentfylld sänka i berggrunden, sträcker sig i NV-SO-lig riktning över sydvästra Skåne, från Abbekås i sydost till Lomma i nordväst.



Figur 2.1 Principiell lagerföljd vid Värbyängen

Vid Värbyängen uppgår jordlagermäktigheten till ca 55 m. Jordlagren domineras av lerig morän/moränlera, vilket gör att jordlagren ur grundvattensynpunkt i stort är att betrakta som täta. En principiell lagerföljd för området redovisas i figur 2.1.

Berggrunden i området utgörs av kalksten från danien-perioden. Denna typ av kalksten uppträder i en sammanhängande avlagring i hela sydvästs-skåne och begränsas i stort av Romeleåsen mot nordost.

Karakteristiskt för denna kalksten är att den normalt består av såväl hårda som mjukare skikt med talrika bankar av flinta eller förkislad kalksten. I anslutning till dessa flintbankar är kalkstenen vanligtvis uppsprucken och vattenförande, vilket innebär att brunnar nedförda till sådana partier i lagerföljden normalt får en god kapacitet.

Uttags- och återföringsbrunnarna tillgodogör sig grundvatten från magasinet i kalkberget. Detta grundvattenmagasin är slutet, dvs en fri grundvattenyta saknas. Vid grundvattenuttag respektive återföring av vatten till magasinet erhålls därför endast en sänkning respektive förhöjning av trycknivån i detta magasin i förhållande till angränsande grundvattenvåningar.

2.2 Dimensionerande energi- och effektbehov

Som tidigare nämnts består bebyggelsen i området av 193 radhuslägenheter med vardera ca 160 m² uppvärmd yta. Ytan är fördelad med ca 1/3 vardera på källarvåning (inredd), markplan och övervåning.

För varje lägenhet har den genomsnittliga årsmedelförbrukningen av energi för tappvarmvatten och uppvärmning beräknats till ca 16,5 MWh, vilket ger ett totalt årligt energibehov på ca 3200 MWh.

Vid projekteringen av anläggningen dimensionerades värmepumparna att effektmässigt täcka knappt 50 % av fjärrvärmeanslutningen. Energimässigt förväntades detta medföra en täckning av ca 80 % av värmebehovet.

Anläggningen projekterades för en värmepumpsproducerad maxeffekt på ca 1,1 MW och systemmässigt valde man att utnyttja två värmepumpsenheter, en mindre på 193 kW (VP1) och en större på 930 kW (VP2).

Storleken på värmepumparna valdes så att den mindre värmepumpen helt avsågs svara för tappvarmvattenförsörjningen, medan den större värmepumpen avsågs svara för bostadsuppvärmningen.

2.3 Dimensionerande grundvattenbehov

Värmepumparnas värmefaktor angavs av installatören till ca 2,5 vid aktuella temperaturnivåer. Detta innebär att ca 60 % av den avgivna energimängden från värmepumparna tas från grundvattnet, medan ca 40 % utgörs av elenergi, som matas in som drivenergi till värmepumparnas kompressorer.

Ett energitillskott från värmepumpsystemet på ca 3200 MWh innebär således att ca 1900 MWh utvinns från grundvattnet, medan ca 1300 MWh utgörs av inmatad elenergi.

Energiinnehållet i grundvattnet uppgår till ca $1,16 \text{ kWh/m}^3 \times ^\circ\text{C}$. Med en sänkning av grundvattentemperaturen från ca $+8^\circ\text{C}$ till ca $+3^\circ\text{C}$ blir grundvattnets kyleffekt (värmeavgivning) ca 6 kW/m^3 . Detta innebär att den större värmepumpen (VP2), vars förångareffekt är $0,6 \times 930 = 558 \text{ kW}$, vid fulldrift kräver ett grundvattenflöde genom förångaren på 26 l/s ($93 \text{ m}^3/\text{h}$). För den mindre värmepumpen (VP1), med en förångareffekt av $0,6 \times 193 = 116 \text{ kW}$, uppgår motsvarande grad vattenbehov till ca 6 l/s ($22 \text{ m}^3/\text{h}$).

Driften av den aktuella anläggningen bedömdes bli i sådan omfattning att den mindre värmepumpen skulle vara i drift för tappvarmvattenproduktion under i stort sett hela året (ca 8000 h), medan den större värmepumpen normalt endast förväntades vara i drift under uppvärmningssäsongen 15 september-15 maj, totalt ca 4500 h.

Ovanstående driftsförhållanden medför att det totala grundvattenbehovet för värmepumpsystemet beräknades till ca 600 000 m³/år (i medeltal ca 1630 m³/d).

2.4 Grundvattnets beskaffenhet

I samband med att provborrningar för uttags- respektive återföringsbrunnarna utfördes, togs prover för analys av grundvattnets beskaffenhet.

Den fysikalisk-kemiska sammansättningen hos vattnet framgår av nedanstående analysattest.

UNDERSÖKNING	ENHET	U1	A2			
Provtagningsdatum		810511	830217			
Tidpunkt		9.0/-	9.1/-			
Temperatur/vid ankomst till lab	°C	20/<5	15/			
Färg	mg/l Pt	6.0/0.4	4.1/			
Grumlighet	ZP-enheter	svag	svag			
Lukt, styrka		-	-			
Lukt, art		ingen	ingen			
Bottensats		7.4	7.4			
pH (pot)		620	560			
Ledningsförmåga x 10 ⁴ , 25°C	ohm ⁻¹ cm ⁻¹	5	4			
Permanganatförbrukning	mg/l KMnO ₄	0.76	0.42			
Järn	Fe mg/l	0.01	<0.01			
Mangan	Mn "	0.07	0.11			
Fosfat	PO ₄ "	0.84	0.74			
Ammonium	NH ₄ "	0.01	<0.01			
Nitrit	NO ₂ "	<0.1	<0.1			
Nitrat	NO ₃ "	1.5	<1.0			
Sulfat	SO ₄ "	400	340			
Bikarbonat	HCO ₃ "	21	19			
Klorid	Cl "	60	51			
Kalcium	Ca "	31	24			
Magnesium	Mg "	15.5	12.6			
Totalhårdhet	°dH	<1	<1			
Kolsyra, marmoraggressiv ber	CO ₂ mg/l	21	20			
Kiselsyra	SiO ₂ "	1.2	1.3			
Fluorid						
Totala ant bakterier	22 °C 48 t	antal/ml				
Totala ant coliforma bakt	35 °C 48 t	antal/100 ml				
Ant termotabila colif bakt	44 °C 48 t	antal/100 ml				
Natrium	Na mg/l	30	29			
Kalium	K mg/l	3.5	2.9			

Figur 2.2 Grundvattnets fysikalisk-kemiska sammansättning

Beträffande vattnets beskaffenhet kan i huvudsak noteras att

- vattnet har en hög hårdhet, 12-15°dH

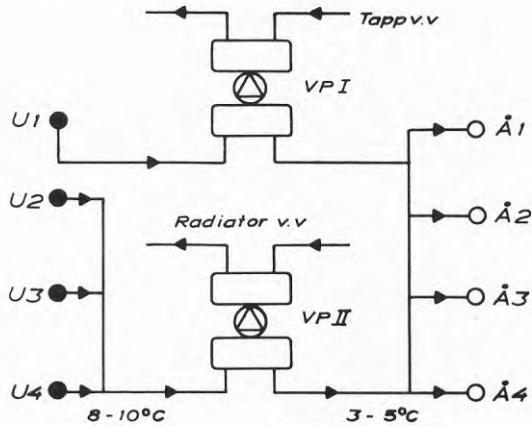
- vattnet är reduktivt (syrefattigt)
- halten aggressiv kolsyra är <1.0 mg/l samt att
- vattnet har en måttligt hög järnhalt, 0.4-0.8 mg/l

Sammantaget kan konstateras att vattenbeskaffenheten ej gav anledning till att vidta några speciella åtgärder med hänsyn till korrosion i systemet. Med hänsyn till risken för järnutfällning måste man dock se till att grundvattnet ej kommer i kontakt med luftens syre i systemet mellan uttags- och returbrunnarna.

3. ANLÄGGNINGENS UTFORMNING

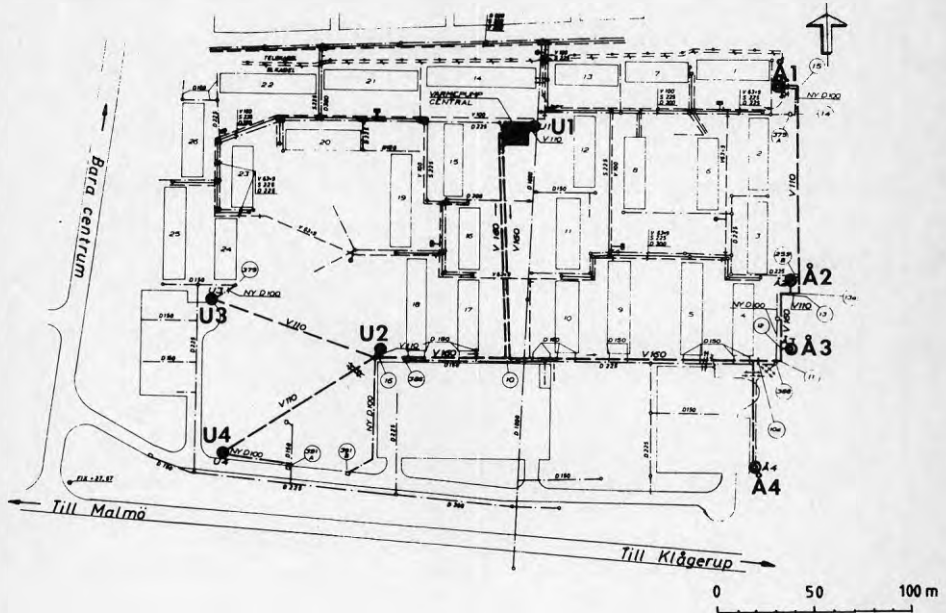
3.1 Översikt

Värmepumpsystemet är dimensionerat för att täcka hela energi- och effektbehovet för såväl radiatorvärmevatten som tappvarmvatten. Systemlösningen framgår i princip av figur 3.1 samt i detalj av bilaga 1.



Figur 3.1 Principiell utformning av värmepumpsystemet

Värmekällan utgörs av grundvatten från kalkberggrunden under området. Grundvattnet tas upp via 4 uttagsbrunnar (U1-U4) och återförs efter nedkylning via 4 återföringsbrunnar (Å1-Å4). Brunnarnas inbördes placering framgår av kartskissen i figur 3.2



Figur 3.2 Värbyängens radhusområde, plan i skala
ca 1:3500

3.2 Brunnssystem

I anläggningen ingår 4 uttagsbrunnar (U1-U4) samt 4 återföringsbrunnar.

Utförande

Uttagsbrunnarna U2-U4 är borrhålor i dimensionen \varnothing 243 mm genom jordlagren och i dimensionen \varnothing 165 mm i kalkberget. Motsvarande dimensioner för brunn U1 är \varnothing 150 mm genom såväl jordlager som berggrund.

Samtliga brunnar är utförda med foderrör igenom jordlagren och ca 5 m ner i kalkberget. Resterande delar av borrhålen i berggrunden har utförts som öppna hål. Återföringsbrunnarna A1-A4 har utförts på motsvarande sätt som uttagsbrunnarna U2-U4, dvs i dimensionen \emptyset 243 mm genom jordlagren och \emptyset 165 mm i kalkberget.

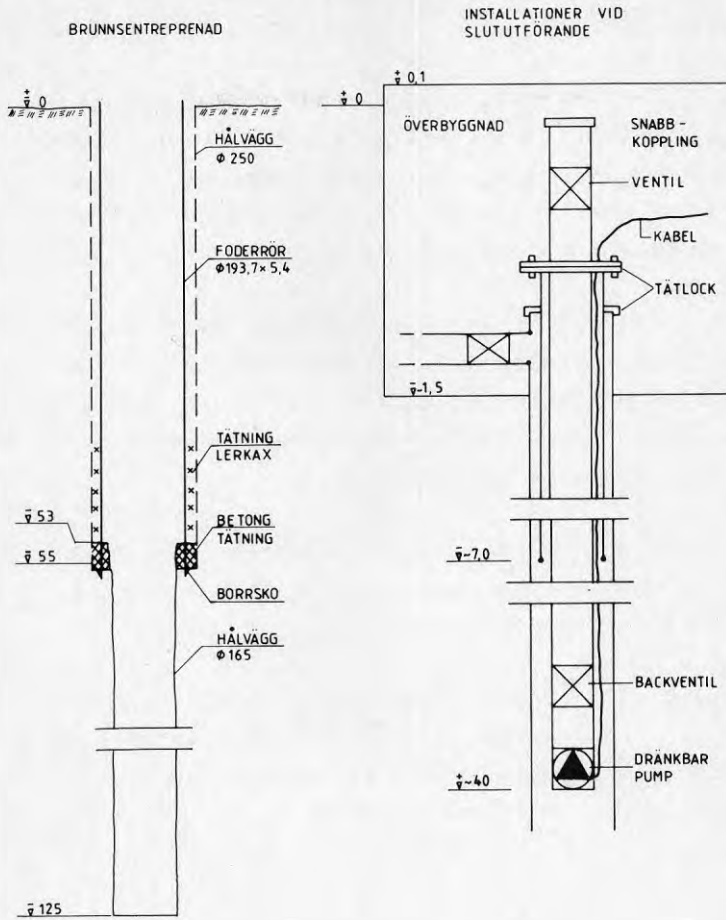
Brunnsdjup och foderrörslängder redovisas i tabell 1 nedan medan brunnarnas utförande i detalj framgår av bilaga 1.

Tabell 1 Brunnstekniska data avseende uttags- respektive återföringsbrunnar

Brunn	Djup (m)	Foderrörs- längd (m)	Avst till gvy i vila (m u my)	+höjd gvy i vila 830810 (möh)
U1	100	61,2	5,6	+22,20
U2	104	58,2	4,6	+22,23
U3	104	56,4	4,6	+22,17
U4	134	56,5	4,0	+22,22
A1	125	63,2	5,6	+22,22
A2	125	59,9	5,0	+22,27
A3	142	60,0	5,3	+22,32
A4	105	59,1	4,5	+22,41

För att möjliggöra en regelbunden rensning av återföringsbrunnarna har undervattenspumpar, s k "backspolningspumpar" monterats i dessa. Arrangemanget framgår av skiss i figur 3.3.

Vid rensning av återföringsbrunnen stängs tillflödet till denna av och brunnen rensas genom att flödet genom densamma vänds genom ett kraftigt uttag av grundvatten.



Figur 3.3 Aterföringsbrunn med "backspolningspump"

Brunnarnas hydrauliska egenskaper

I samband med utförandet av brunnarna kapacitetstestades dessa genom en kortvarig provpumpning av respektive brunn. Brunnarnas hydrauliska egenskaper, vilka bl a kan uttryckas med hjälp av grundvattenmagasinet

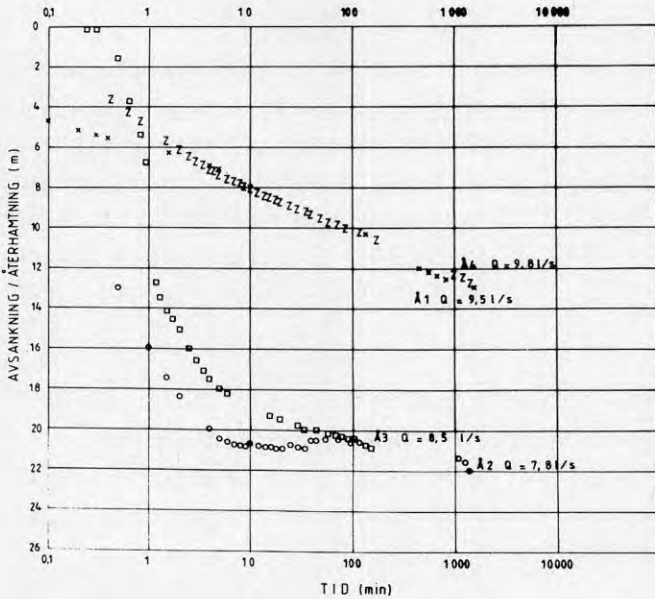
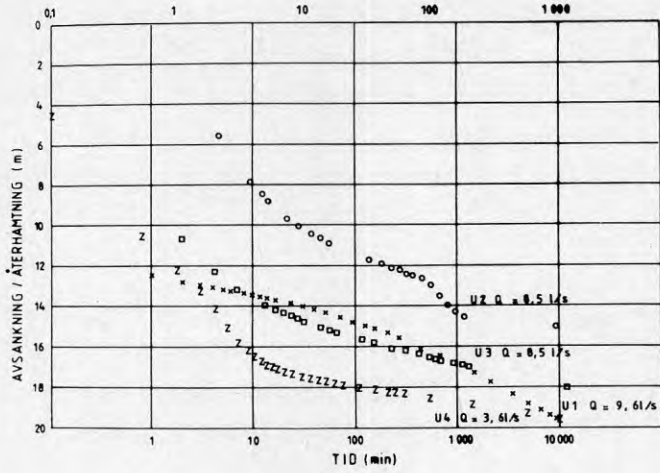
genomsläpplighet (transmissivitet) i närheten av brunnen samt brunnens inströmningsförsluter (den s k skinfaktorn).

Skinfaktorn, ξ , kan sägas ange storleken på tryckförlusten vid vattnets inströmning i själva brunnen. För en brunn helt utan inströmningsförluster är denna faktor = 0, medan positiva värden på ξ anger ett ökande inströmningsmotstånd.

En negativ skinfaktor däremot anger att den faktiska avsänkningen i brunnen är mindre än vad den utifrån grundvattenmagasinets transmissivitet teoretiskt kan beräknas till, något som vanligtvis är fallet vid brunnar i utpräglade sprickakvifärer.

Brunnens hydrauliska egenskaper sammantaget speglas av dess specifika kapacitet (Q_{sp}), vilken anger brunnens kapacitet per meter avsänkning.

I figur 3.4 redovisas de ursprungliga avsänkingsförlöppen i de olika brunnarna vid kapacitetstesterna medan transmissivitetsvärden, skinfaktor och specifika kapaciteter redovisas i tabell 2.



Figur 3.4 Avsänkingsförlopp
 a) uttagsbrunnar, b) återföringsbrunnar

Tabell 2 Brunnshydrauliska data avseende uttags- och återföringsbrunnar

Brunn	Spec kapacitet (l/s x m) vid t=300 min	Transmissivitet (m ² /s)	Skinfaktor
U1	0,6	$1,8 \times 10^{-3}$	7,7
U2	0,5	$9,1 \times 10^{-4}$	0,1
U3	0,5	$1,0 \times 10^{-3}$	3,1
U4	0,2	$6,0 \times 10^{-4}$	11,0
A1	1,1	$1,4 \times 10^{-3}$	-2,5
A2	0,4	$1,8 \times 10^{-3}$	20,4
A3	0,4	$9,7 \times 10^{-4}$	6,1
A4	0,9	$9,1 \times 10^{-4}$	-2,9

Utgående från värdena i tabell 2 kan konstateras att brunn U4 har lägst kapacitet bland uttagsbrunnarna. Orsaken är en kombination av höga inströmningsförluster och lokalt låg genomsläpplighet i grundvattenmagasinet. I brunn U1 kompenseras de höga inströmningsförlusterna i stället av en lokalt hög genomsläpplighet i magasinet, vilket ger denna brunn den högsta specifika kapaciteten.

Beträffande återföringsbrunnarna har A1 och A4 de högsta kapaciteterna. De negativa skinfaktorerna visar att grundvattenmagasinet här utgörs av lokala sprickmagasin vilka ger brunnarna förbättrade kapacitetsegenskaper.

3.3 Värmepumpar

Tappvarmvattensystem

Som tidigare nämnts produceras tappvarmvattnet av en separat värmepumpsenhet. Denna är av typ STAL VMP 112, konstruerad som en två-kompressor-anläggning där varje kolvkompressor kan arbeta i tre steg. För varmvattenbehovet i anläggningen beräknades medelförbrukningen per lägenhet till ca 200 l/dygn. Medelåldern hos de boende i området är ca 40 år och medelfamiljestorleken är 3.8 personer/hushåll.

Värmepumpen producerar via en laddningskrets och en värmväxlare tappvarmvatten som lagras i 2 st kopparfodrade ackumulatortankar om vardera 5 m³. Ackumulatortankarnas temperatur hålls vid +55°C. Värmepumpens max uteffekt är 193 kW.

Laddningskretsens vatten var ursprungligen skilt från radiatorkretsens, men en förändring genomfördes under byggtiden så att systemen nu är sammankopplade. Detta medför att man kan tillföra värme till radiatorkretsen under sommaren samt vid ett eventuellt haveri på den stora värmepumpen.

Radiatorvärmevattensystem

Uppvärmningen sker i en primärvärmekrets där värmepumpen är parallellkopplad mot returledning. Vätskeflödet genom värmepumpens kondensator är konstant och upprätthålles av en intern cirkulationspump. På denna krets är även energimätaren inkopplad (se även bilaga 1). Primärkretsens teoretiska och mätta effektbehov uppgår till ca 1100 kW. Värmepumpen är av typ STAL VSP-57EC, uppbyggd kring en skruvkompressor och utrustad med ekonomizer.

Värmepumpens avgivna värmeeffekt är 930 kW, kyleffekten är 580 kW och elmotorns kraftförbrukning är 370 kW. Köldmediet är av typ R12 och kondenseringstemperatur max 75°C. Kapacitetsdata gäller vid ett köldbärarflöde av 100 m³/h med en ingående temperatur av +8°C och utgående dito +3°C. Värmebärarflödet uppgår till 101 m³/h vid en in-/utgående temperatur av 62/70°C.

Om värmepumpens avgivna effekt ej skulle räcka till var det planerat att ytterligare effekt skulle kunna tillföras via den befintliga fjärrvärmeutrustningen. Denna har emellertid senare bortkopplats i samband med att avtalet med fjärrvärmeleverantören sades upp.

4. DRIFTERFARENHETER - VÄRMEKÄLLAN

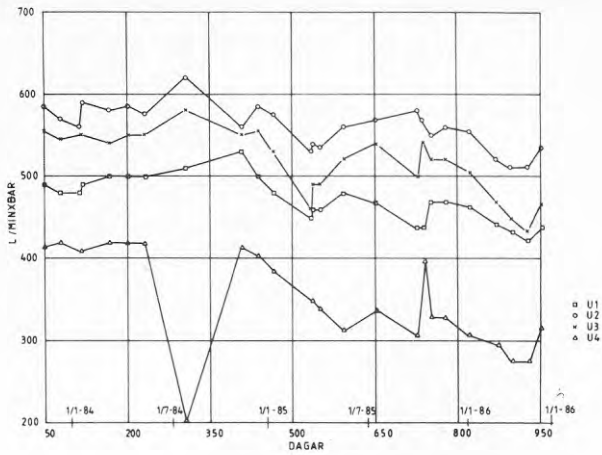
4.1 Drift och underhållsarbeten

Förutom regelbundna mätningar av grundvattenflöden, -temperaturer och återföringstryck i systemet har drift- och underhållsinsatserna på värmekällesidan främst omfattat regelbundna rensumpningar av återföringsbrunnarna. Vidare har två av uttagsbrunnarna (U2 och U3) rensats genom syrabehandling sommaren 1986.

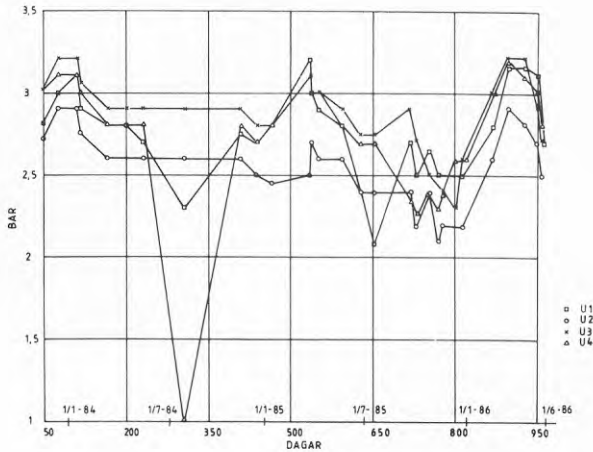
Under perioden september 1983-december 1985 (28 månader) har återföringsbrunnarna rensumpats 15 gånger, vilket i snitt medför en rensning varannan månad. I praktiken utförs reningarna ca 1 gång/månad under uppvärmningssäsongen och 1-2 gånger under sommarperioden. Rensningsarbetet tillgår så att backspolningspumpen i återföringsbrunnen ansluts via en slang till dagvattennätet, varefter brunnen rensumpas under 2-4 timmar tills ett klart vatten erhållits. Den sammanlagda arbetsinsatsen för en rensning av samtliga återföringsbrunnar uppgår till ca 2 dagar.

4.2 Uttagsbrunnar

Under driftsperioderna har man strävat efter att hålla grundvattenuttagen från brunnarna konstanta. På grund av variationer i pumparnas tryckbelastningar, orsakade främst av en ökning av trycket på återföringssidan, kommer pumparnas kapaciteter att variera något, se figurerna 4.1 och 4.2.



Figur 4.1 Grundvattenuttag - uttagsbrunnar



Figur 4.2 Produktionstryck - uttagsbrunnar

Ovanstående sammanställning visar klart att brunnskapaciteten hos anläggningen gått ner under perioden september 1983-juni 1986. Främst har kapaciteten hos

brunn U4 minskat och kapacitetsminskningen uppgick 1986-06-01 här till ca 25 %. Övriga brunnar hade då minskat i kapacitet med 10-15 %.

Uttagsbrunnarnas hydrauliska egenskaper och kondition avspeglas även i den specifika kapaciteten hos respektive brunn. En igensättning av brunnen kommer således att minska den specifika kapaciteten hos denna, medan en allmän sänkning av grundvattennivån i magasinet ej påverkar denna faktor.

Brunnarnas specifika kapacitet har efter anläggandet bestämts i maj 1985, i augusti 1986 samt för U2 och U3 i juni 1987. Erhållna kapacitetsvärden redovisas i tabell 4.1 tillsammans med brunnarnas ursprungliga värden.

Tabell 4.1 Uttagsbrunnar - specifika kapaciteter efter 100 min pumpning

Brunn	Specifik kapacitet (l/min x m)			
	83-09	85-05	86-08	87-06
U1	38.9	40.2	mätning saknas	-
U2	44.4	30.3	32.1	40.0
U3	30.9	28.4	24.0	21.2
U4	11.4	10.2	10.8	-

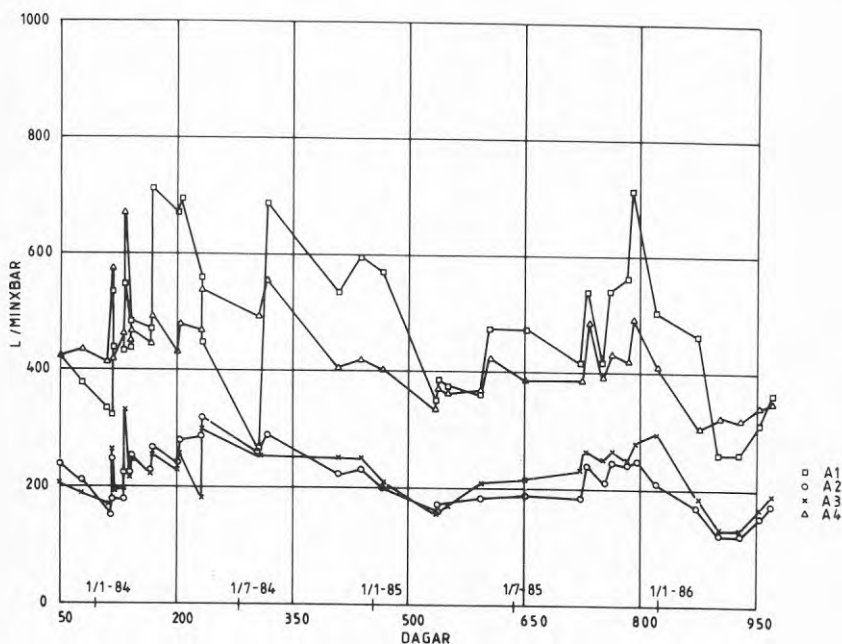
Av värdena i tabell 4.1 kan även utläsas att kapaciteten hos framför allt brunnarna U2 och U3 fram till 86-08 minskat märkbart. Med en aktuell avsänkning på ca 15 m svarar minskningen mot 185 respektive 105 l/min. En minskning av kapaciteten i denna storleksordning motiverar en rensning av brunnen för att återhöja kapaciteten.

Resultatet av rensningen av brunnarna U2 och U3 86-06 visar 87-06 på en god långtidseffekt i brunn U2 men en sämre sådan i U3.

4.3 Returbrunnar

Då grundvattnet behandlas i ett helt slutet system kommer allt upptaget vatten att återföras via de fyra brunnarna A1-A4. Fördelningen av vattenmängderna mellan de olika brunnarna styrs av återföringstrycken i respektive brunn på så sätt att när trycket tenderar att öka pga igensättning i någon brunn, minskas flödet i denna som kompensation och motsvarande ökning av flödena i de övriga brunnarna erhålls.

Efter rensning av returbrunnarna genom backspolning minskar normalt återföringstrycken i brunnarna och brunnarnas specifika kapaciteter (flöde per tryckenhet) ökar återigen, se figur 4.3.

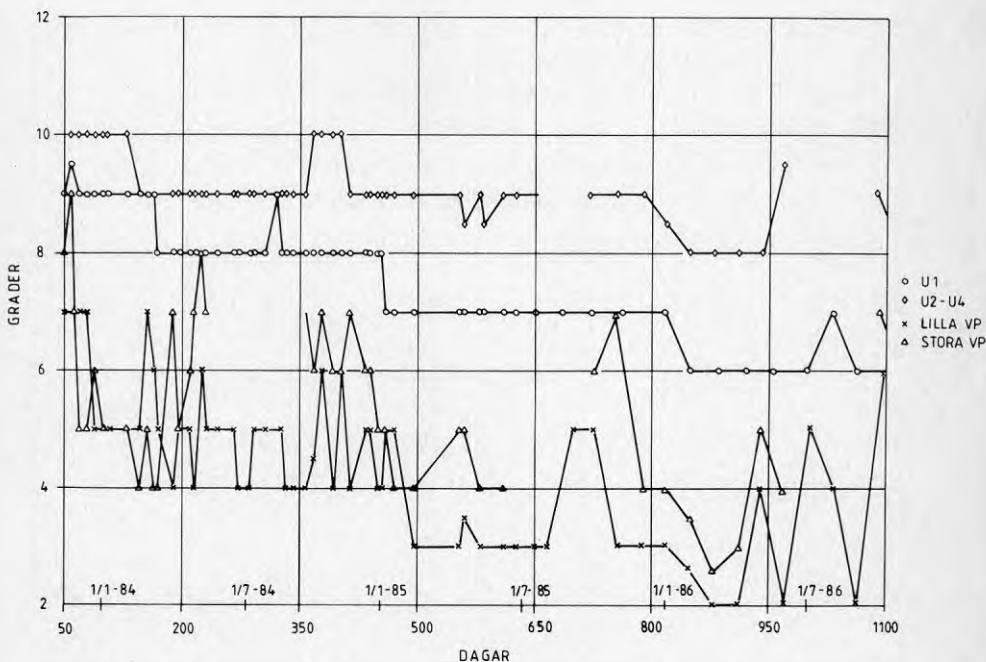


Figur 4.3 Specifika kapaciteter i returbrunnarna

En analys av figur 4.3 visar att returbrunnarnas specifika kapaciteter under vissa perioder minskat med upp emot 30 % jämfört med ursprungliga värden. Rensningsåtgärderna har emellertid visat sig ge goda resultat varför endast en smärre minskning av brunnskapaciteten har noterats under den tid som brunnarna varit i drift.

4.4 Grundvattentemperaturer

Grundvattnets temperatur mäts dels på inkommande ledningar till värmepumparnas förångare, dels på utgående ledningar från dessa. Beroende på systemlösningen erhålls en temperaturmätning på grundvattnet från brunn U1 samt en mätning på ett blandvatten från brunnarna U2+U3+U4, se figur 4.4.



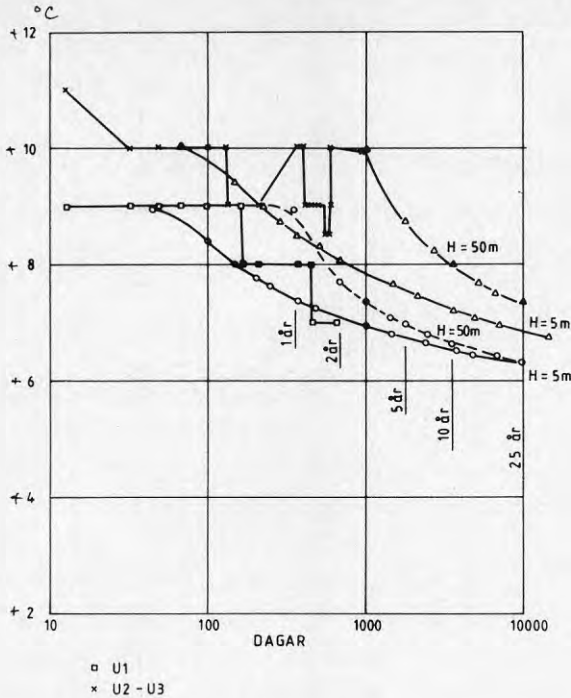
Figur 4.4 Grundvattentemperaturer före respektive efter värmepumparnas förångare

Returvattnets temperatur erhålls som en blandnings-temperatur i vattnet efter de bägge värmepumparnas förångare. Då drifttiden för den stora värmepumpen normalt är från 31 augusti-15 maj kan ca 70 % av flödet beräknas härröra från den stora värmepumpen. Temperaturen i grundvattenmagasinet kring returbrunnarna kommer därför att domineras av returvatten-temperaturen från denna.

Den ursprungliga grundvattentemperaturen i området uppmättes vid förundersökningarna till $+9^{\circ}\text{C}$ i brunnarna U1 och A1. Driftsdata från anläggningen visar dock att grundvattnet från brunnarna U2-U4 ursprungligen haft en något högre temperatur. Mätutrustningen i anläggningen är emellertid av sådan typ att ett visst mätfel på denna punkt ej kan uteslutas.

4.5 Nedkylningseffekter

Den nedkylning av grundvattenmagasinet som orsakas av värmepumpsdriften kan observeras som en sänkning av temperaturen på inkommande vatten från uttagsbrunnarna, se figur 4.4. En logaritmisk avbildning av de uppmätta temperaturerna i brunnarna U1 och U2-U4 redovisas i figur 4.5.



Figur 4.5 Grundvattentemperaturer i uttagsbrunnar

I figuren har vidare lagts in kurvor utvisande dels den ursprungliga temperatursänkingsprognosen, med en aktiv magasinmäktighet $H = 50$ m, dels en modifierad prognos med $H = 5$ m, baserad på redovisade mätdata i figur 4.4. Prognoserna bygger på en analytisk beräkning av de termohydrauliska förhållandena i magasinet enligt en metod rekommenderad av Claesson m fl (1985).

Den principiella skillnaden i förutsättningar för de bägge beräkningsfallen är att man ursprungligen, med hänsyn till brunnarnas djup, förutsatte en ca 50 m mäktig, termohydrauliskt aktiv zon i berggrunden. Mäktigheten hos denna zon har i det modifierade fallet minskats till 5 m.

Beräkningsresultaten tillsammans med de uppmätta temperaturerna ger anledning till följande noteringar:

- Den geologiska uppbyggnaden av grundvattenmagasinet, med grundvattenförande sprickzoner, kommer i hög grad att styra de termiska förhållandena i magasinet under de första åren anläggningen är i drift
- Den termiska genombrottstiden förkortas högst avsevärt i de fall då huvuddelen av grundvattenflödet rör sig genom en begränsad del av den genomborrade delen av akvifären.
- Betydelsen av den ur hydraulisk synpunkt aktiva zonens mäktighet kommer, jämfört med den genomborrade delen av akviferen, på lång sikt (efter 10-20 år) att minska successivt.

I övrigt kan noteras att prognoserna på lång sikt visar på en nedkylning av uttagsbrunnarna med i storleksordningen 3°C eller ca 75 % av det uttagna temperaturintervallet (ΔT) i värmepumparna.

4.6 Slutsatser rörande värmekällan

De tre undersökta säsonger värmepumpsystemet varit i drift har givit underlag för följande slutsatser rörande värmekällan:

- En fortlöpande kontroll av brunnarnas specifika kapaciteter och återföringstrycken är nödvändig för att avgöra behovet av drift- och underhållsåtgärder.

- Regelbundet återkommande rensningar av returbrunnarna, genom backspolning, är nödvändig för att kapaciteten hos dessa ej skall sjunka drastiskt. Å andra sidan kan den ursprungliga kapaciteten tämligen väl bibehållas om regelbundna rensumpningar utförs.
- Den geologiska uppbyggnaden av grundvattenmagasinet - främst förekomsten av öppna sprickzoner - påverkar magasinets termohydrauliska uppträdande väsentligt under de första åren anläggningen är i drift. Den termiska genombrottstiden minskar avsevärt om merparten av grundvattenflödet erhålls över en begränsad del av den av brunnarna perforerade delen av akvifären.
- På lång sikt (10-20 år) minskar betydelsen av den hydrauliskt aktiva zonens mäktighet och för beräkning av långtidseffekter kan denna sättas lika med mäktigheten hos den perforerade delen av akviferen.
- Mättekniska svårigheter föreligger normalt rent praktiskt både vad gäller vattenmängd och temperatur. Dessa felaktigheter kan ge upphov till allvarliga fel vid beräkning av värmepumpens värmefaktor och inställning av driftfall.

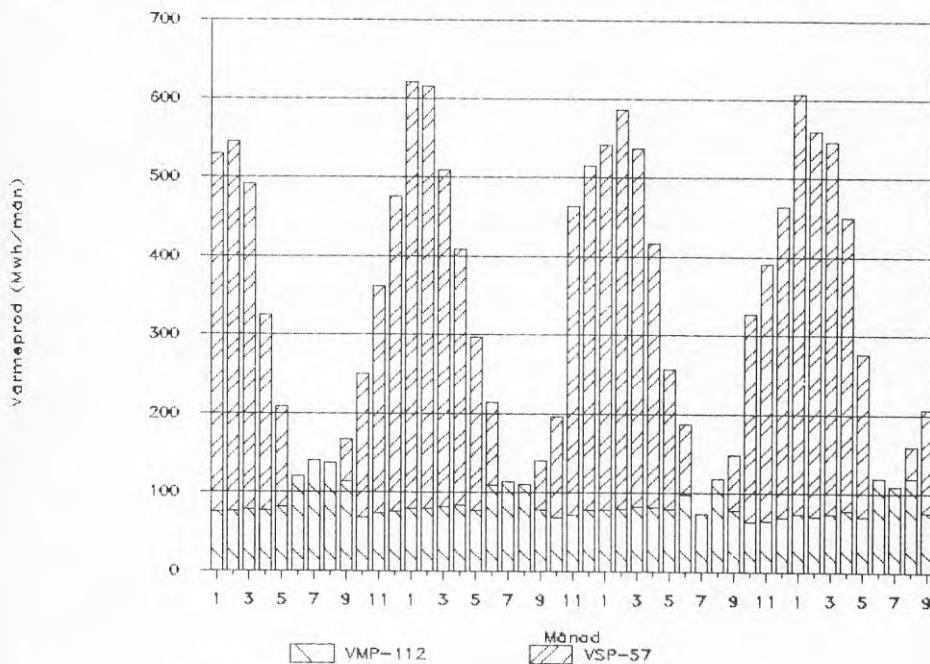
5. DRIFTERFARENHETER - VÄRMEPUMP

5.1 Uppvärmningsbehov

Anläggningens teoretiska uppvärmningsbehov har beräknats utifrån temperaturerna -17°C ute och $+18^{\circ}\text{C}$ inne samt ett för anläggningen framtaget förbrukningstal. Det sammanlagda behovet här har beräknats till 3400 MWh. I den tänkta fördelningen svarade den mindre värmepumpen (VMP-112) för 1000 MWh/år och den större (VSP-57) för 2400 MWh/år.

Värmeproduktionen i anläggningen har bestämts med hjälp av energimätare placerad på tappvarmvattenkretsen (den mindre värmepumpen, VMP-112) och en mätare på radiatorvärmvattenkretsen (den större värmepumpen, VSP-57).

För perioden 1984-01-01 - 1987-09-30 redovisas den månatliga värmeproduktionen i anläggningen i figur 5.1.



Figur 5.1 Månatlig värmeproduktion under perioden 1984-01-01 - 1987-09-30

Totalt fördelar sig uppvärmningsbehovet enligt tabell 5.1.

Tabell 5.1 Värbyängens samfällighetsförening
Värmebehov 1982-1986

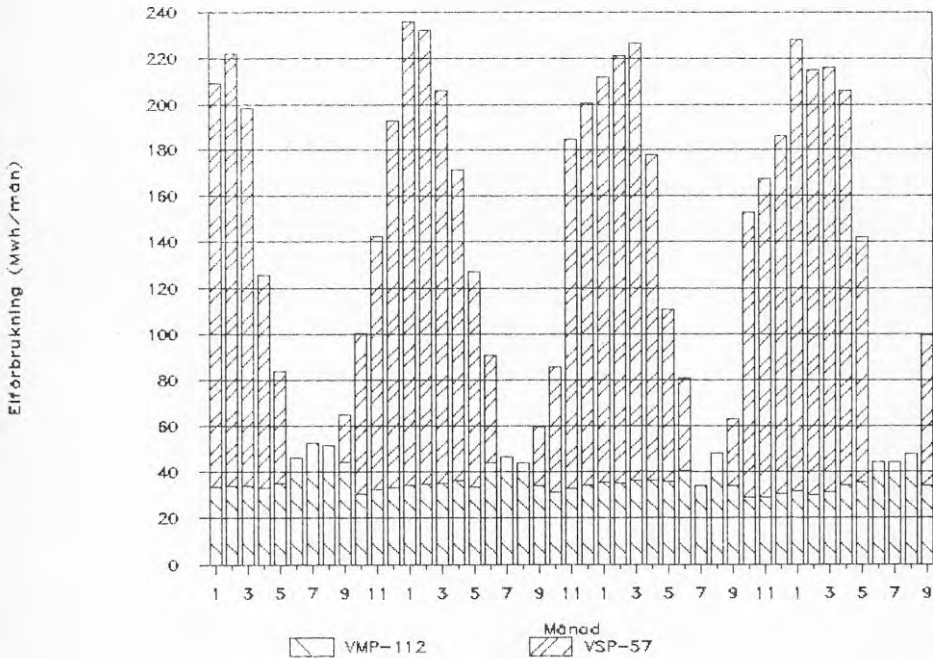
	1982	1983	1984	1985	1986	Teor	
<u>Tillförd energi</u>							
Fjärrvärmeuttag	4048.80	2315.00	0.00	0.00	0.00	0.00	MWh
Värmepump WMP-112	0.00	258.00	1133.40	1042.80	987.60	1000.00	MWh
Värmepump WSP-57	0.00	1050.00	2692.80	3150.20	3009.00	2400.00	MWh
Summa	4048.80	3623.00	3826.20	4193.00	3996.60	3400.00	MWh
Normalår korr. tal	1.04	1.08	1.06	0.91	0.95	1.00	
Jämförelse förbrukn	4217	3913	4055	3815	3797	3400.00	MWh

Som framgår av de ovan redovisade mätresultaten ligger den normalårskorrigerade jämförelseförbrukningen vanligtvis 10-15 % över den teoretiskt beräknade. Vidare har värmebehovet i lägenheterna under de kallaste vinterperioderna tidvis överstigit värmeproduktionen, vilket medfört att man haft svårigheter att hålla temperaturen i vissa huskroppar på en önskvärd nivå. Detta har lokalt lösts genom utnyttjande av eldrivna värmefläktar. Ovanstående innebär sammantaget att det faktiska värmebehovet i området i verkligheten överstiger såväl den producerade värmemängden som det teoretiskt beräknade behovet. En anledning till detta kan vara relativt stora kulvertförluster i anläggningen. Någon närmare studie av dessa förhållanden har emellertid ej rymts inom den aktuella undersökningen.

5.2 Värmefaktor

I anläggningen förbrukas el förutom av värmepumparna även av de fyra grundvattenpumparna med en sammanlagd effekt på 28 kW. För cirkulationspumpar och fläktar finns installerat en effekt på 4,8 kW medan pumparna för rensning av återföringsbrunnarna kräver 22 kW.

Elmätningen i anläggningen är sådan att förbrukningen för de ovanstående pumparna även inkluderas i respektive värmepumps elförbrukning. Elförbrukningen under de enskilda månaderna i perioden för respektive värmepump framgår av figur 5.2.



Figur 5.2 Månatlig elförbrukning under perioden 1984-01-01 - 1987-09-30

Förhållandet mellan den av anläggningen levererade energimängden och den totala tillförda mängden el-energi definierar anläggningens värmefaktor.

Den levererade energimängden har avlästs via värmemängdsmätare på utgående ledningar från såväl den mindre värmepumpen (för tappvarmvatten) som den större värmepumpen.

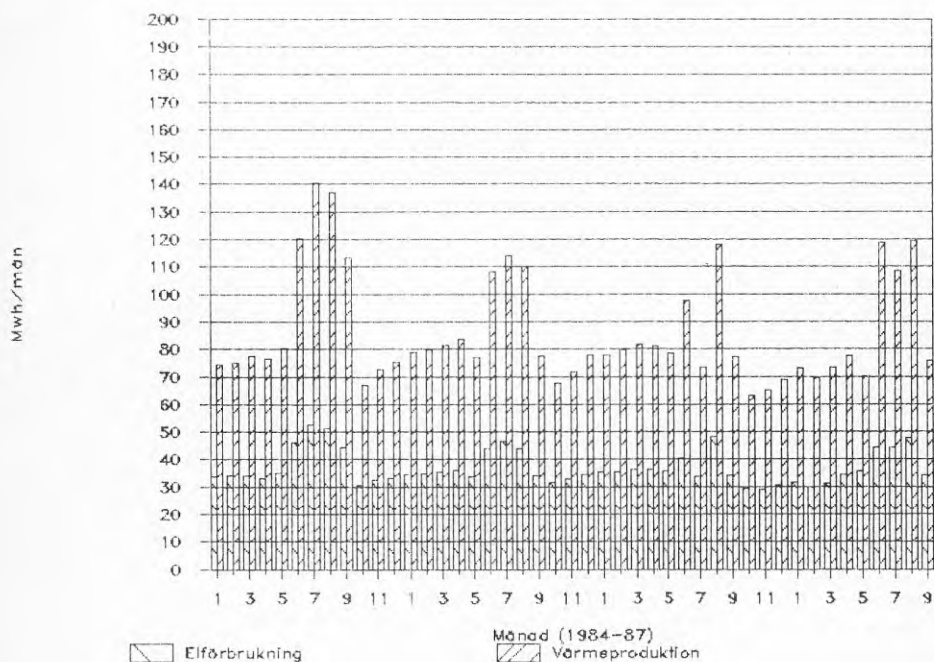
Den månatligt levererade värmemängden från samt elförbrukningen till respektive värmepump under åren 1984-1987 redovisas i figur 5.3a och 5.3b, medan motsvarande värden på värmefaktorn redovisas i figur 5.4a och 5.4b.

Som tidigare nämnts drivs anläggningen på sådant sätt att den mindre värmepumpen producerar värme för tappvarmvatten hela året, medan den större värmepumpen stängs av under sommarperioden juni-september. Under denna period kan dock den mindre värmepumpen vid behov producera värme även för radiatorvattenkretsen.

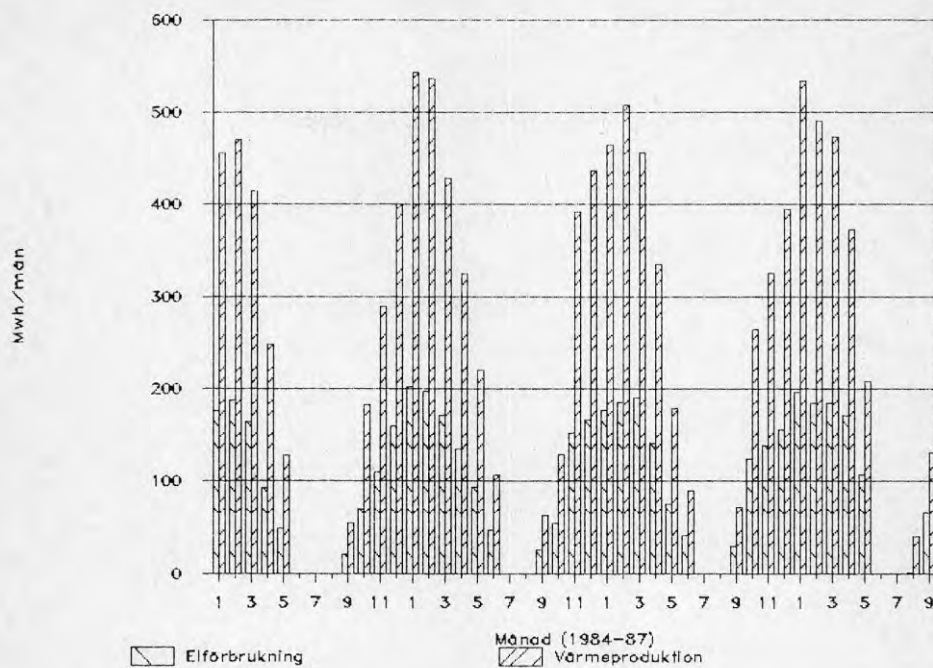
Mätdata från den mindre värmepumpen visar att denna producerar de största månatliga energimängderna sommartid. Detta avspeglar sig även i att den högsta värmefaktorn (ca 2,5-2,7) här normalt uppnås under denna period. Under övriga delar av året är den månatliga energiproduktionen 60-70 % av sommarproduktionen, vilket avspeglar sig i en lägre värmefaktor (ca 2,2-2,3).

För den större värmepumpen gäller att den maximala energiproduktionen normalt erhålls under januari-februari. Den maximala värmefaktorn, ca 2,7, erhålls därför under dessa månader. Under våren sjunker

energiproduktionen successivt ner mot noll under sommaruppehållet. Detta avspeglas tydligt i en sjunkande värmefaktor. Notabelt är vidare att värmefaktorn under vårperioderna 1984-1987 visar en tydligt sjunkande trend. Anledningen till detta är ej helt klarlagd, men sambandet mellan sjunkande grundvattentemperatur och brunnskapacitet är tydligt. Under höstarna ökar värmefaktorn ånyo med ökande belastning på värmepumpen. Värmefaktorn under hösten synes dock vara något högre än under våren, vilket möjligen kan tyda på en gynnsammare belastning under denna tid.

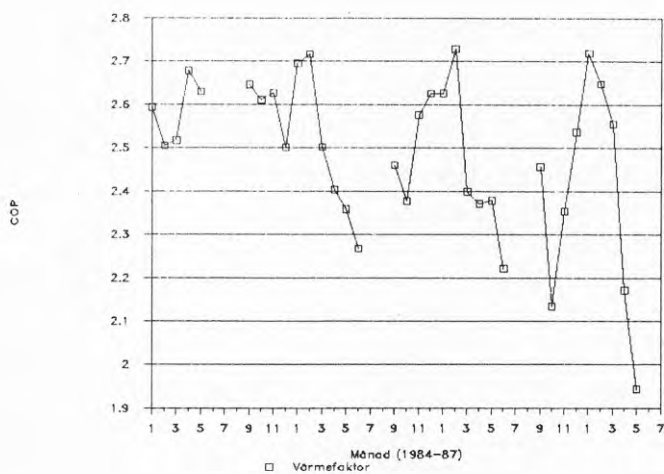
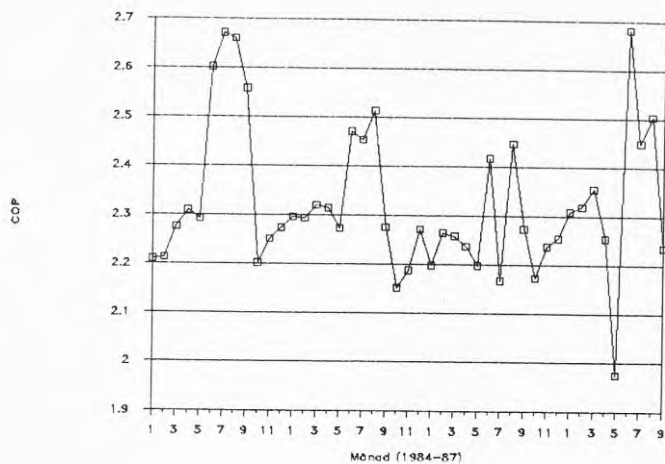


Figur 5.3a Månatligt levererade värmemängder från VMP-112 (193 kW) under perioden 1984-01-01 - 1987-09-30



Figur 5.3b

Månatligt levererade värmemängder
från VSP-57 (930 kW) under perioden
1984-01-01 - 1987-09-30



Figur 5.4a, b Månatlig värmefaktor för VMP-112 och VSP-57 under perioden 1984-01-01 - 1987-09-30

5.3 Driftstörningar

Tappvarmvattensystem

En uppföljning av drifttiden från den mindre värmepumpen visar att de bägge kompressorerna tillsammans arbetar ca 30 tim/d. Under sommarmånaderna ökar drifttiden till 22-24 tim per kompressor och dygn. Sammantaget har denna maskin årligen varit i drift 6000-8000 timmar, eller totalt ca 25 500 timmar fram till 1987-09-30. Den sammanlagda feltiden för respektive kompressor under perioden 1984-1987 har uppgått till 33 respektive 65 timmar, vilket ger en tillgänglighet på mer än 99,7 %.

Radiatorvärmepumpsystem

Beträffande den större värmepumpen har den årliga drifttiden varierat mellan 4659 timmar år 1985 och 5489 timmar 1986 och totalt har maskinen fram till 1987-09-30 varit i drift ca 21 200 timmar. Då normalt denna värmepump är avstängd för översyn från början av juni till början av september innebär detta att drifttiden per dygn i genomsnitt uppgår till 70-85 %, motsvarande 17-20 timmar. Den sammantaget registrerade feltiden uppgick här till ca 460 timmar i september 1987, vilket ger ett årligt driftbortfall på 80-100 timmar. Den årliga tillgängligheten för denna maskin kan härav beräknas till ca 98 %.

Sammanfattande synpunkter

Sammantaget kan konstateras att den mindre värmepumpen, VMP-112, uppvisat goda driftegenskaper och en mycket hög tillgänglighet. För den större värmepumpen, VSP-57, har däremot flera driftstörningar inträffat, vilket allvarligt påverkat driftsäkerheten i systemet. Orsaken till dessa driftstörningar synes vara en något för hög känslighet i maskinens säkerhets- och övervakningssystem, vilket medfört onödiga driftavbrott i flera fall.

6. DRIFTEKONOMISK ÖVERSIKT

6.1 Investeringar

Den totala investeringen i anläggningen uppgår kalkylmässigt till ca 4.3 Mkr och fördelar sig i huvudsak enligt följande:

Totalentreprenad VP (inkl byggnad och brunnar)	3 777 kkr
Anslutningsavgift el	145 kkr
Vattendomsansökan	70 kkr
Konsultarvoden (byggledning och kontroll)	59 kkr
Besiktningar	12 kkr
Diverse	10 kkr
Räntor under byggnadstiden	<u>250 kkr</u>
Summa totalt	4 323 kkr

6.2 Finansiering

Finansieringen av anläggningen har gjorts i huvudsak enligt nedanstående uppställning:

Långgivare	Lånesumma	Ränta
Länsbostadsnämnden	1 034 kkr	11.25 %
Övr bankinstitut	2 055 kkr	11.7 %
Räntebidrag	507 kkr	
Eget kapital	<u>367 kkr</u>	12.0 %
	4 323 kkr	

6.3 Kapitalkostnader

De upptagna lånen har en amorteringstid på 20 år. Med hänsyn till ränteläget under våren 1986 samt med en antagen framtida inflation på 4 % kan annuiteten för respektive lån beräknas enligt följande:

Länsbostadsnämnden	99 kkr
Övr bankinstitut	245 kkr
(Eget kapital)	<u>37 kkr</u>
Summa kapitalkostnader	381 kkr

6.4 Energikostnader

Energikostnaden för 1985 har beräknats utifrån verklig förbrukning och aktuella bruknings- och abonnemangavgifter. I sammanhanget kan konstateras att vintermånaderna under 1985 var kalla och att dimensionerande utetemperatur (-14°C) uppträdde under flera dagar i februari.

El totalt lilla VP (inkl gv-pumpar)	447.2 MWh
el totalt stora VP (inkl gv-pumpar)	<u>1 226.3 MWh</u>
Summa el	1 673.5 MWh

Fördelning Må-Fre 06-22 à 280:-/MWh	1 121.25 MWh
Övrig tid à 162:-/MWh	552.25 MWh

Fast avgift	4 000:-
Adm avgift	30 000:-
Effekt avgift	50 125:-
Energi 06-22	313 950:-
Energi övr	89 465:-
Skatt	120 492:-
K-t avgift	<u>2 343:-</u>
Summa	610 375:-

Totalkostnaden för el till anläggningen uppgick således under 1985 till 364:70/MWh.

6.5 Underhållskostnader

Under åren 1983-1985 har underhållskostnaderna i huvudsak utgjorts av kostnaderna för ett underhållsavtal på värmepumpen, motsvarande 85 kkr/år. Utgående

från en totalinvestering på 4.3 Mkr utgör detta ca 2 % av anläggningskostnaden. I detta underhållsavtal ingår emellertid ej någon service på grundvattensystemet. Senare erfarenheter visar dock att ett regelbundet underhåll av detta är nödvändigt. En mera rimlig underhållskostnad torde därför vara 2.5 % av anläggningskostnaden, motsvarande 106.5 kkr/år.

6.6 Alternativ energiproduktionskostnad

Den alternativa energiproduktionsform som förelåg för Värbyängens samfällighet utgjordes av en fortsatt anslutning till det lokala fjärrvärmebolaget. Som jämförelse redovisas därför nedan en beräknad fjärrvärmekostnad baserad på 1985 års förbrukning:

Energiförbrukning 1985

Radiatorer	3 150.2 MWh
Tappvarmvatten	<u>1 042.8 MWh</u>
Summa	4 193.0 MWh

Fast FV-avgift	227 kkr
Rörlig kostnad 323:-/MWh	<u>1 354 kkr</u>
Summa	1 581.3 kkr

6.7 Lönsamhetskalkyl

Kalkylen har baserats på de ovan redovisade förhållandena under år 1985 med en producerad energimängd på 4 193 MWh.

Fjärrvärmeproducerad energi		1 581.3 kkr
Värmepumpsanläggning		
Energiproduktionskostnad	610.4 kkr	
Underhållskostnad (2.5 %)	106.5 kkr	
Kapitalkostnad	<u>381.0 kkr</u>	<u>1 097.9 kkr</u>
Besparing		483.4 kkr

Exklusive kapitalkostnader blir motsvarande överskott
864.4 kkr, vilket ger en rak pay-off tid på 5.0 år.

7. SAMMANFATTNING

I Värbyängens samfällighetsförening ingår 193 lägenheter om vardera ca 160 m². Byggnadstypen är 1½-plans radhus med inredd källare och den sammanlagda uppvärmda ytan uppgår till ca 31 000 m².

Hösten 1983 togs ett grundvattenvärmesystem i bruk och ersatte härvid fjärrvärmeanslutningen för området.

Värmepumpsystemet har en maxeffekt på 1.1 MW fördelad på två värmepumpar tillverkade av STAL-Refrigeration. Den större värmepumpen har maxeffekten 930 kW och utnyttjas enbart för bostadsuppvärmning under perioden 15 september-1 juni. För områdets produktion av tappvarmvatten finns en mindre värmepump med maxeffekten 193 kW. Denna är i princip i drift under hela året och producerar härvid även ett visst tillskott till uppvärmningen av lägenheterna.

Värmekällan utgörs av grundvatten från kalkberggrunden i området. Vattnet utvinns från fyra, ca 100 m djupa brunnar, samt återförs till grundvattenmagasinet via fyra, ca 125 m djupa brunnar. Sammanlagt omsätts årligen ca 600 000 m³ grundvatten, där temperaturen sänks från ca +8°C till ca +3°C.

Under uppvärmningssäsongerna 1984, 1985 och 1986 har det normalårskorrigerade värmebehovet i området uppgått till ca 4000 MWh, vilket är ca 25 % högre än det för området ursprungligen beräknade behovet, ca 3200 MWh. Några entydiga orsaker till den högre förbrukningen har dock ej framkommit i föreliggande studie.

Drifterfarenheterna från perioden hösten 1983 till sommaren 1987 visar, beträffande värmekällan, att

- kapaciteten hos såväl uttags- som återföringsbrunnar successivt minskar med tiden,
- regelbundet återkommande rensningar av såväl uttags- som återföringsbrunnar är en nödvändig del av driftunderhållet,
- återföringen av "kallt" grundvatten medför en nedkylning av grundvattenmagasinet i sådan omfattning att stor hänsyn till detta bör tas vid projekteringen av en anläggning,
- rent praktiskt föreligger svårigheter att erhålla korrekta mätvärden såväl vad gäller flödesmängder som temperaturer i värmepumpsystemet. Felaktigheter i dessa mätvärden kan ge upphov till allvarliga fel vid beräkning av värmepumpens värmefaktor samt vid intrimning av systemet.

Beträffande värmepumparna kan noteras att

- värmefaktorn för de olika enheterna varierar kraftigt över året beroende på belastningsfall,
- den högsta värmefaktorn på månadsbas för bägge värmepumparna ligger runt 2,7 under perioder med maximal värmeproduktion. Under övervägande delen av tiden ligger dock värmefaktorn för den mindre värmepumpen, VMP-112, runt 2,3 medan medeltalet för den större värmepumpen, VSP-57, sjunkit från 2,56 år 1984 till 2,47 år 1986.

- driftsäkerheten hos kolvkompressormaskinen, VMP-112, har under hela perioden varit hög, med en tillgänglighet överstigande 99,7 %,
- driftsäkerheten hos skruvkompressormaskinen, VSP-57, har varit något sämre med en tillgänglighet runt 98 % av den totala drifttiden under året. Problemen har här främst varit relaterade till en "överkänslighet" hos styr- och övervakningssystemet,
- under de kallaste vinterperioderna har problem uppträtt med obehagligt låga inomhustemperaturer i vissa delar av lägenhetsbeståndet. Som kompensation har härvid elfläktar utnyttjats som lokal spetsvärme.

Den driftekonomiska sidan av anläggningen visar att

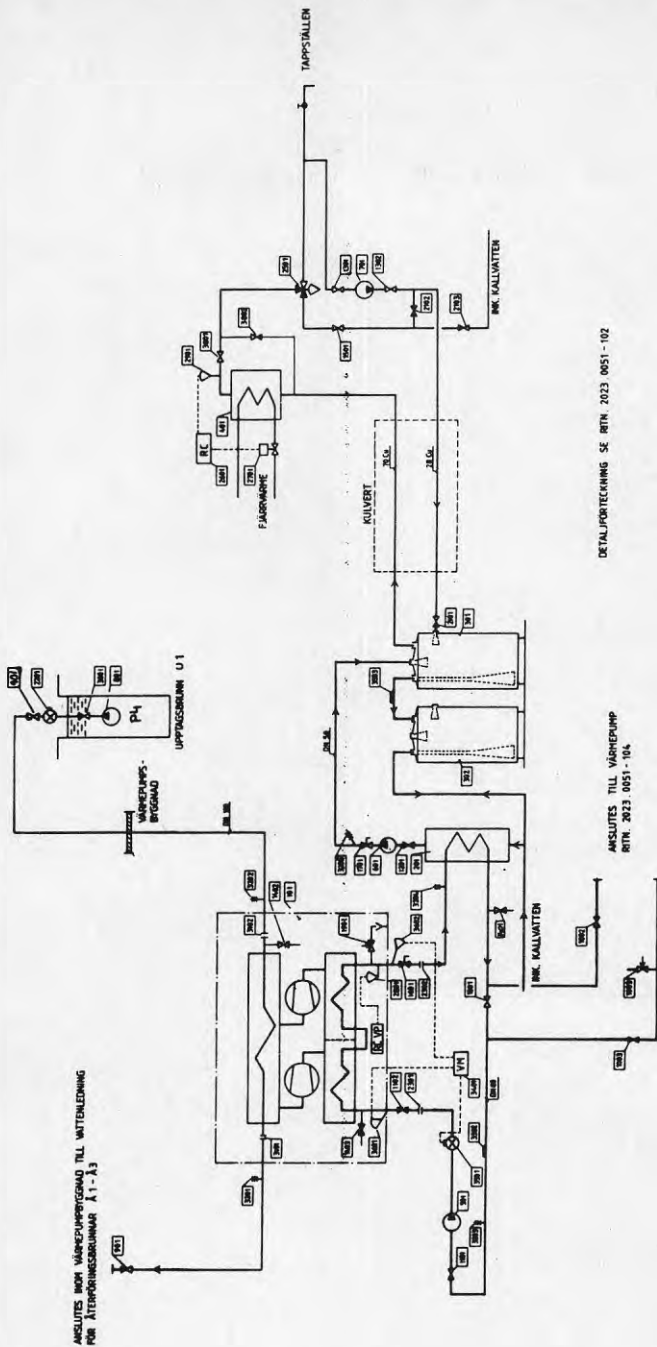
- energikostnaden för värmepumpsproducerad värme under 1985 uppgick till 260 kr/MWh
- totalkostnaden för elkraften till anläggningen under motsvarande tid uppgick till ca 365 kr/MWh
- den jämförbara kostnaden för fjärrvärme till anläggningen under samma tid uppgick till 380 kr/MWh
- pay-off-tiden för anläggningen kan med ovanstående förutsättningar beräknas till 5,0 år.

Sammantaget kan konstateras att denna typ av anläggning sannolikt är något känsligare samt kräver något mera drift- och underhållsätgärder än vad som normalt förespeglas en köpare, men ur totalekonomisk synpunkt ändå synes vara en god investering.

8. REFERENSER

Johan Claesson m fl, 1985

Markvärme, en handbok om termiska analyser,
rapport del I-III, BFR rapport T16-18:1985

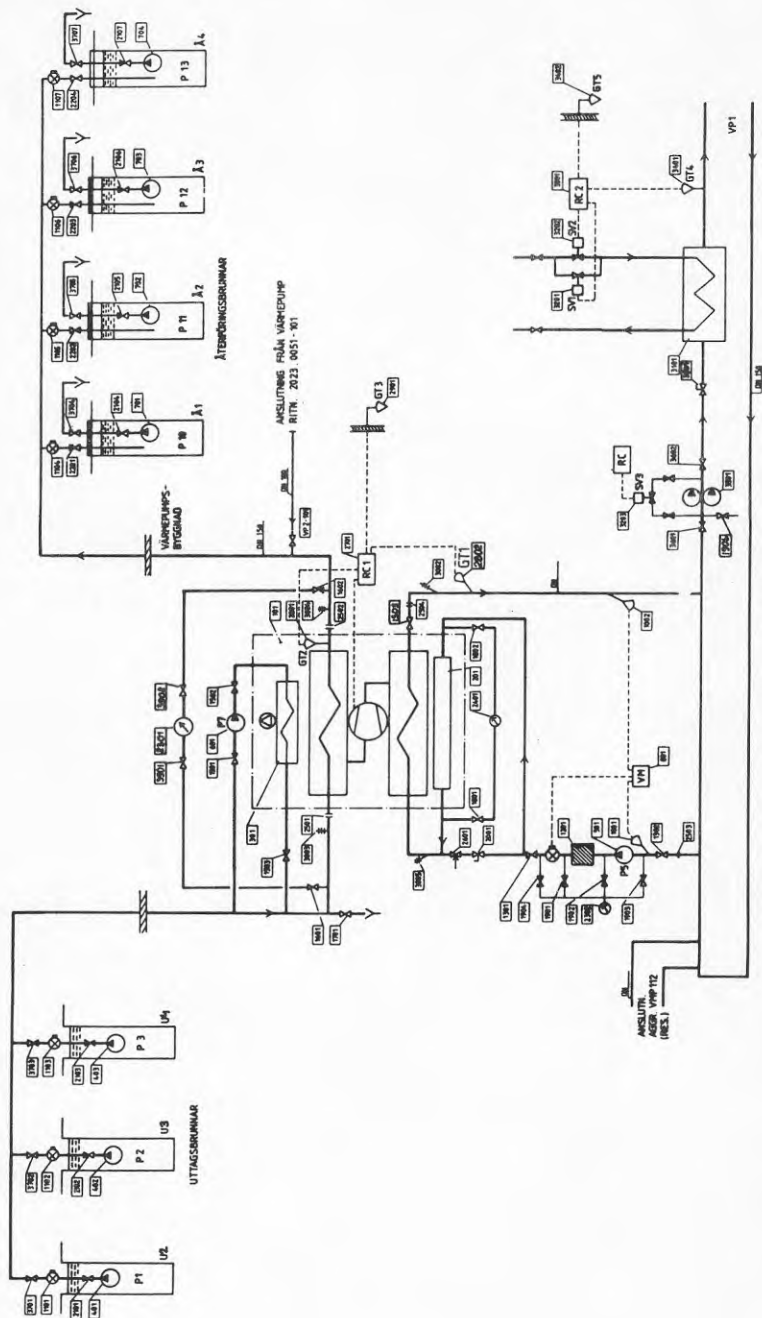


DETAILFÖRTECKNING SE RITN. 2023 0051 - 102

ANSLUTES TILL VÄRMEPUMP
RITN. 2023 0051 - 104

ANSLUTES BOM VÄRMEPUMPSGRUND TILL VÄRMEPUMP
FÖR ÅTERVÄRMEGRUNDAR A1 - A3

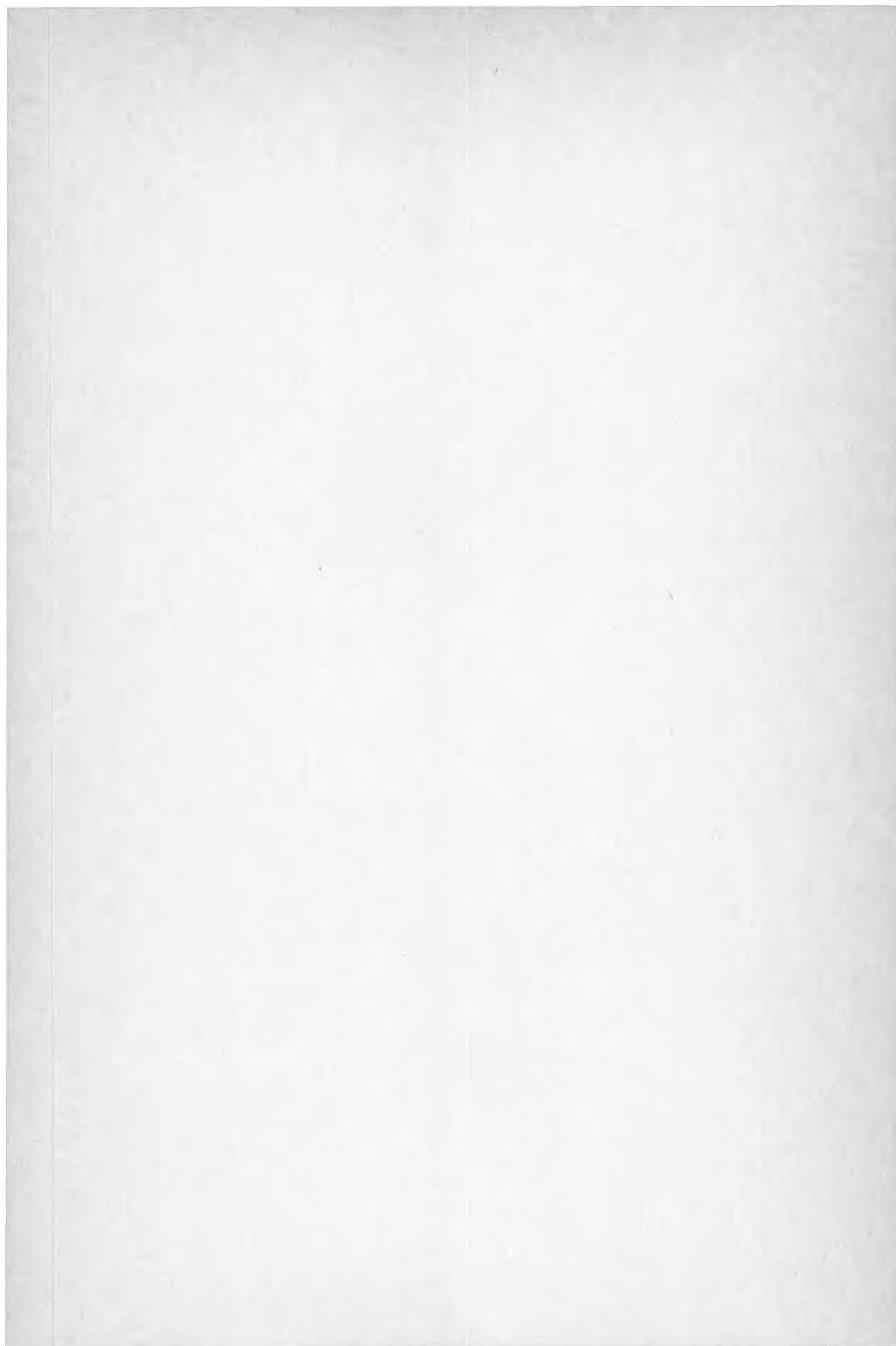
Proj. nr.	01353
Proj. namn	MÄTT 44500_BAGA
Proj. led.	VÄRMEPUMPCENTRAL
Proj. sk.	
Proj. st.	
Proj. utg.	
Proj. rev.	



DETAILFÖRTECKNING SE RITN. 2023 0051-105

Proj. No.	01348
Proj. Namn	
Proj. Beskrivning	
Proj. Datum	
Proj. Skapad	
Proj. Uppdaterad	
Proj. Godkänd	
Proj. Godkänd av	
Proj. Godkänd datum	







**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 860165-0
från Statens råd för byggnadsforskning till VIAK AB,
Malmö.**

R18: 1988 Grundvattenvärmepumpsystem för 193 radhus J Landberg

R18: 1988

ISBN 91-540-4852-4

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6708018

**Abonnemangsgrupp:
Ingår ej i abonnemang**

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

Cirka pris: 36 kr exkl moms