



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**

**R94:1984**

**Sjövärme för 140 småhus  
i Torsång**

**Mätning och utvärdering**

**Jonas Hallenberg  
Kjell Norbäck**

K  
AMT

INSTITUTET FÖR BYGGDOKUMENTATION

Accnr

Plac 34

**Byggeforskningsrådet**

R94:1984

SJÖVÄRME FÖR 140 SMÅHUS I TORSÅNG  
Mätning och utvärdering

Jonas Hallenberg  
Kjell Norbäck

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 801153-2  
från Statens råd för byggnadsforskning till VIAK AB, Falun.

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

R94:1984

ISBN 91-540-4186-4

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Liber Tryck Stockholm 1984

SAMMANFATTNING.....	5
1 BAKGRUND.....	6
2 ANLÄGGNINGEN.....	7
2.1 Ursprungligt system.....	7
2.2 Värmepumpsystem.....	8
2.2.1 Inledning.....	8
2.2.2 Teknisk lösning.....	9
2.2.3 Reglering.....	10
3 MÄTNING OCH UTVÄRDERING.....	11
3.1 Värmepump.....	11
3.1.1 Mätprogram.....	11
3.1.2 Sammanfattande resultat.....	12
3.1.3 Varaktighetsdiagram.....	13
3.1.4 Värmefaktorer.....	16
3.2 Sjö.....	17
3.2.1 Mätprogram.....	17
3.2.2 Resultat.....	17
3.3 Miljö.....	18
3.3.1 Biologiskt liv i sjön.....	18
3.3.2 Buller.....	18
4 EKONOMI.....	19
4.1 Energikostnader.....	19
4.2 Drift och underhåll.....	19
4.3 Lönsamhet.....	20
5 SLUTORD.....	21
BILAGA 1 Bilder av anläggningen.....	22
BILAGA 2 Mätvärden månadsvis.....	27
REFERENSER.....	28



## SAMMANFATTNING

Sommaren 1981 installerades i Torsång utanför Borlänge ett öppet sjövärmepumpsystem om ca 750 kW för uppvärmning av ca 140 enfamiljsvillor. Husen är anslutna till ett från början oljeuppvärmt, befintligt fjärrvärmesystem av konventionell typ,  $+120^{\circ}\text{C}/+70^{\circ}\text{C}$ . Projektet har utvärderats under två år och resultaten redovisas i föreliggande rapport.

Under 2-årsperioden har värmepump och spetsvärmeanläggning producerat 7600 MWh. Merparten av utvärderingsperioden har spetsvärmeanläggning utgjorts av befintliga oljepannor. I början på 1983 togs även en elpanna i drift. Av de producerade 7600 MWh har 3680 MWh inköpts i form av el och olja. Energibesparingen av köpt värme har således uppgått till 52%. Energitäckningsgraden blev för det första mätåret 85% och för det andra 97%. Årsvärmefaktorn uppgick till för enbart värmepumpaggregatet ca 2.8 och för hela värmepumpsystemet inklusive hjälpmaskiner till ca 2.3.

Inga problem med låga sjöväntemperaturer har uppmärksamats, utan energikällan, sjön Ösjön, har varit tillgänglig till 100%. Tillgängligheten till värmepumpanläggningen har varit över 99%.<sup>x)</sup>

En beräkning av botten sedimentets energiavgivning ger vid handen att mer än  $2.5 \text{ W/m}^2$  bottenyta avges till ovanliggande vatten vintertid.

I den studie av sjöns biologiska liv som genomförts, kan enbart positiva effekter avläsas. Sålunda har artsammansättningen av bottenorganismer ökat vid vattenintaget i sjön, vilket troligen hör samman med att vattnet omsätts snabbare och på så sätt syreberikas.

Det ekonomiska utfallet visar att anläggningen under den 2-åriga utvärderingsperioden, ger en räntabilitet på knappt 12% per år. Avskrivningstiden är då satt till 15 år för hela investeringen på ca 2.5 Mkr (prisnivå dec, 1980). Projektet har finansierats av BFR i form av ett experimentbyggnadslån.

x) Efter utvärderingsperiodens slut, i slutet av november och halva december 1983, uppstod isbildning i förångarna, vilken även förorsakade driftstopp. Eftersom sjöväntemperaturen ej var speciellt låg,  $+2.3^{\circ}\text{C}$  --  $+2.8^{\circ}\text{C}$ , tros orsaken ligga i ett försämrat sjövänteflöde genom förångarna. Bortfallet i energiproduktionen från värmepumpanläggningen uppgick till drygt 2% av en hel årsenergiproduktion.

## 1 BAKGRUND

Sommaren 1981 installerade AB Borlänge Industriverk en sjövärmepump i Torsång utanför Borlänge. Värmepumpen som har en värmeeffekt på ca 750 kW kompletteras befintlig oljeeldad central och försörjer ca 140 småhus med fjärrvärme.

Vid tiden för förstudie- och projekteringsarbete, 1979-1980, var värmepumpanläggningen unik, såtillvida att den nyttjar ett öppet sjövattnensystem med låga vattentemperaturer vintertid. Vidare arbetar värmepumpen i ett konventionellt fjärrvärmesystem av högtemperaturtyp,  $+120^{\circ}\text{C}/+70^{\circ}\text{C}$ . Eftersom man ansåg att projektet var ett experiment och förenat med vissa ekonomiska risker så finansierade BFR hela anläggningen samt även ett tillhörande mättnings- och utvärderingsprogram på 2 år.

Föreliggande rapport utgör slutrapport i utvärderingsprogrammet och försöker besvara de nyckelfrågor man ställde i projektets inledning, nämligen:

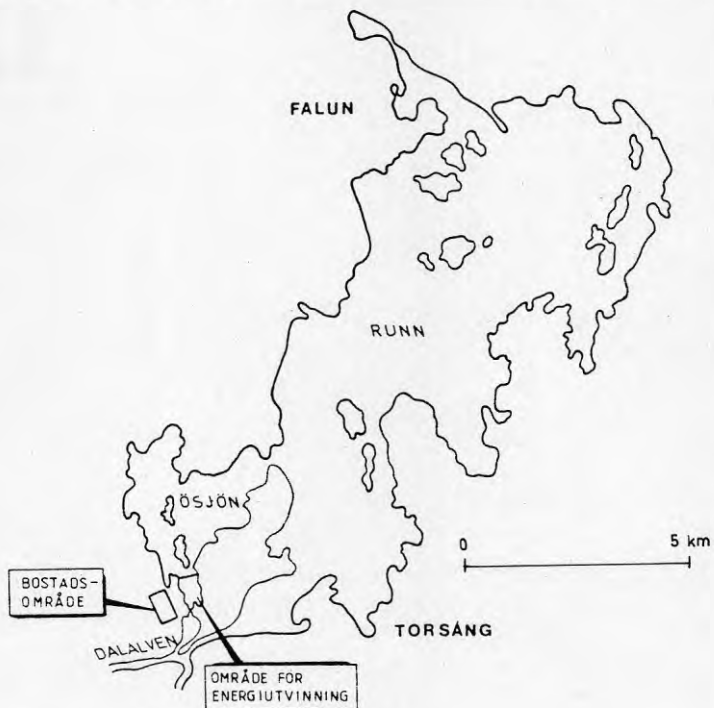
- hur tillgänglig och uthållig är energikällan (sjön)?
- går det att samköra en värmepump med oljepannor i ett konventionellt fjärrvärmesystem?
- hur påverkas miljön?
- är tekniken tillförlitlig och ekonomin attraktiv?



## 2 ANLÄGGNINGEN

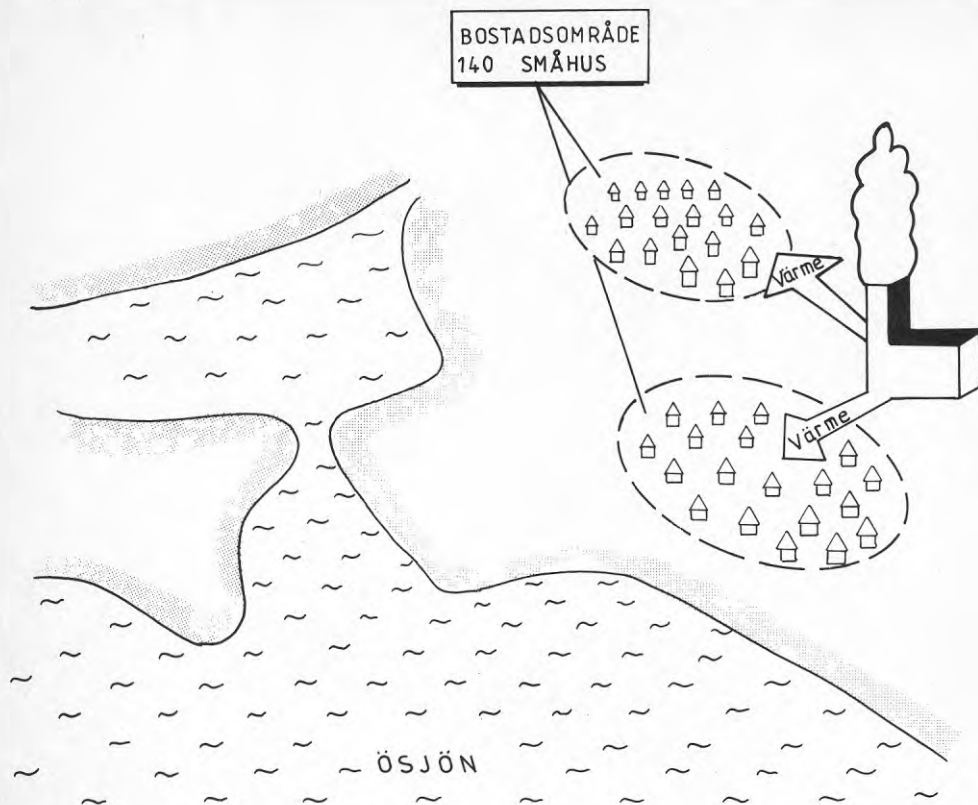
## 2.1 Ursprungligt system

Från mitten av 1970-talet och en bit in på 1980-talet bebyggdes ett bostadsområde i Torsång, se fig 1, utanför Borlänge med inalles ca 140 enfamiljsvillor.



Figur 1 Geografisk placering.

Ett fjärrvärmenät av konventionell högtemperaturtyp anlades. Till en början producerades värmen i en provisorisk oljeeldad central, för att senare produceras från en permanent med två pannor på 1.0 MW respektive 1.6 MW. Primärt värmevatten cirkuleras i ett värmekulvertnät. I varje villa växlas värmen till sekundärt radiatorvärmevatten samt till tappvarmvatten. Se figur 2.



Figur 2 Ursprungligt system

Kulvertnät, värmeväxlare mm, är dimensionerade för de primära värmevattentemperaturerna  $+120^{\circ}\text{C}/+70^{\circ}\text{C}$  och de sekundära  $+80^{\circ}\text{C}/+60^{\circ}\text{C}$ .

När fjärrvärmenätet och panncentralen projekterades beräknades effektbehovet vara ca 1.6 MW och energibehovet ca 3.2 GWh/år eller ca  $350 \text{ m}^3 \text{ Eo4/år}$ .

## 2.2 Värmepumpsystem

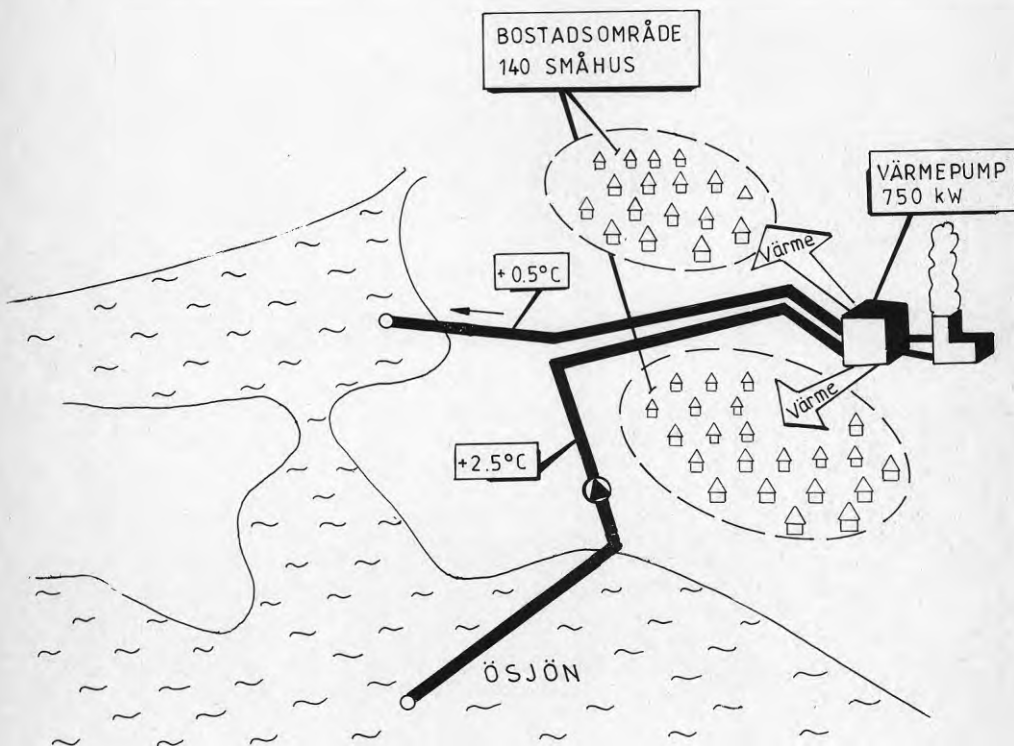
### 2.2.1 Inledning

Under 1979 genomfördes en förstudie vari flera olika lösningar studerades. Förutsättningarna var att sjön Ösjön skulle utnyttjas som värmekälla samt att värmepumpen skulle placeras vid befintlig oljecentral. Mer oklart var det hur värmen ur Ösjön skulle fångas upp, slutet eller öppet system, samt hur fjärrvärmenät och villavärmewäxlare skulle anpassas till värmepumpdrift. Med hjälp av temperaturmätningar i sjön bedömdes ett öppet system vara realiserbart och naturligtvis från forskningssynpunkt vid denna tid synnerligen intressant.

Fjärrvärmenät och villavärmeväxlare "provkördes" med för detta system låga temperaturer. Härvid visade det sig att man utan några som helst ingrepp klarade acceptabel komfort med blott  $+80^{\circ}\text{C}$  som primär framledningstemperatur vid DUT. Det kan här återigen noteras att systemet var dimensionerat för  $+120^{\circ}\text{C}$ . Således kan man dra slutsatsen att fjärrvärmesystemet är mycket överdimensionerat. För att ytterligare förbättra situationen så befann man det lämpligt att öka värmevattenflödet i nätet. Med denna åtgärd, visade det sig senare, att temperaturnivån kunde sänkas med ytterligare ca  $+10^{\circ}\text{C}$ . Nästa tänkbara åtgärd att sänka framledningstemperaturen, hade varit att byta villavärmeväxlare till en typ med lägre temperaturfall. Av ekonomiska skäl var detta ej intressant i detta projekt, men man bör alltid beakta sådana möjligheter, speciellt då vid nybyggnation.

### 2.2.2 Teknisk lösning

Med förstudien som grund projekterades värmepumpsystemet under 1980 och upphandlades i december 1980 för att tagas i drift i juli 1981. Refererande till figur 3 fungerar värmepumpsystemet enligt nedan.



Figur 3 Funktionsprincip-värmepumpsystem

Från ca 1 m över sjöbotten, leds sjövattnet med självfall genom en sil och via bottenförlagd plastledning till en vid strandkanten nedgrävd brunn. I en intilliggande brunn sitter två pumpar, en för sommar drift och en för vinter drift. Aktuell pump trycker sjövattnet via markförlagd plastledning till värmepumpens 2 förångare. I dessa värmväxlas sjövattnet som temperatursänks med ca  $+2^{\circ}\text{C}$  till det i värmepumpen cirkulerande freonet (R12). Efter energiavgivning leds sjövattnet med självfall till en tjärn som ligger nedströms vattenintaget. I värmepumpen komprimeras förångat freon för att sedermera avge värmets till fjärrvärmvattnets returledning. Värmvattnet höjs från ca  $+50^{\circ}\text{C}$  till ca  $+63^{\circ}\text{C}$  (=medelvärden under 2 års drift). Avgiven maximal värmepumpeffekt vintertid uppgår till ca 750 kW ned till sjövattemperaturen  $+2.5^{\circ}\text{C}$ . Under denna temperatur nedregleras värmepumpens kapacitet för att helt utgå vid sjövattemperaturen  $+0.6^{\circ}\text{C}$ . Värmepumpaggregatet, av fabrikat Stal Refrigeration, består i sina huvuddelar av 3 kolvkompressorer, varav en är utlagd för effektbehovet sommartid, 2 stående förångare vari vattnet rinner på insidan i ca 440 öppna rör, strypventil av flottörtyp samt en konventionell kondensator.

### 2.2.3 Reglering

Sjövattenflödet varierar med två pumpar, en för sommar drift och en för vinter drift. Flödet till förångare blir då ca  $150\text{ m}^3/\text{h}$  respektive ca  $220\text{ m}^3/\text{h}$ . Härvid erfordras eleffektbehoven ca 21 kW respektive ca 31 kW. Värmvattnenflödet regleras även det med två pumpar en för sommarfallet och en för vinterfallet. Resultande värmvattnenflöde varierar mellan ca  $5\text{ m}^3/\text{h}$  och ca  $45\text{ m}^3/\text{h}$  beroende på pumpval och strypning i villavärmväxlare. Skifte av såväl sjövattpumpar som värmvattpumpar görs manuellt.

Värmepumpen har som ett genomsnitt under 2-årsperioden höjt värmvattemperaturen från ca  $50^{\circ}\text{C}$  till ca  $63^{\circ}\text{C}$ . När värmebehovet överstigit värmepumpenläggningens kapacitet har befintliga oljepannor spetsat eller en i början av 1983 installerad elpanna. Med elpannan nås nära nog ideala regleregenskaper. Under merparten av utvärderingsperioden har dock enbart oljepannor utgjort spetsvärmeanläggning.

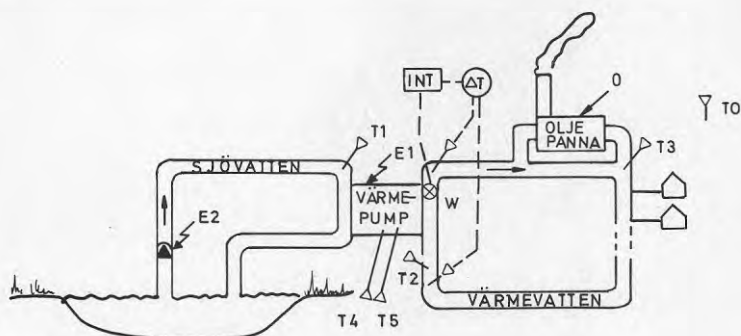
Samkörning mellan värmepump och oljepannor har styrts på så sätt att oljeanläggningen har varit helt stängd (ingen varmhållning) vid utetemperaturer över  $-5^{\circ}\text{C}$ . Vid  $-5^{\circ}\text{C}$  och därunder har varmhållning startat och när framledningstemperaturen underskridit  $+60^{\circ}\text{C}$  har oljepanna(or) höjt framledningstemperaturen från aktuellt värde till ca  $+70^{\circ}\text{C}$ . Därefter har spetsningen upphört varvid framledningstemperaturen ånyo tillåtit sjunka till ca  $+60^{\circ}\text{C}$ , osv. Med den installerade elpannan kan regleringen ske kontinuerligt utan start och stopp som sker med oljepanna. Resultande framledningstemperatur har på detta vis blivit  $65^{\circ}\text{C}$  -  $70^{\circ}\text{C}$  under månaderna dec-mars och ca  $63^{\circ}\text{C}$  övrig tid för mätår 1 samt ca  $63^{\circ}\text{C}$  för hela mätår 2 (under mätår 2 krävdes mycket litet spetsvärme).

## 3 MÄTNING OCH UTVÄRDERING

## 3.1 Värme pump

## 3.1.1 Mätprogram

En omfattande instrumentering för mätvärdesinsamling har installerats. Samtliga mätpunkter har avlästs manuellt en gång per dygn, under 2-årsperioden. Sammantaget har härvid ca 60 mätvärden, inklusive data för spetsvärmeanläggning, noterats vid varje mätillfälle. De för projektet viktigaste mätparametrarna framgår av figur 4. I tabell 1 beskrivs dessa.



Figur 4 Viktigare mätpunkter.

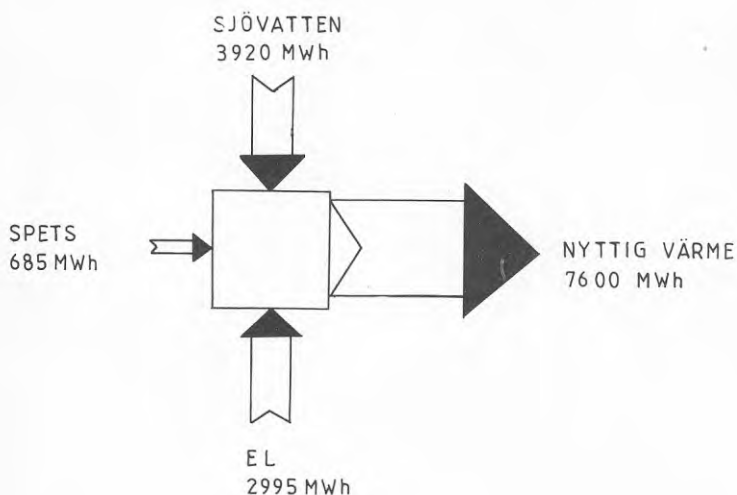
Tabell 1 Beskrivning av viktigare mätpunkter

T0	utetemperatur
T1	sjövattemperatur före förångare
T2	värmevattnets returtemperatur
T3	-"- framledningstemperatur
T4	förångningstemperatur
T5	kondenseringstemperatur
ΔT	temperaturdifferens över kondensor
W	värmevattenflöde
INT	värmemängd från värmepumpanläggning
E1	kompressorernas elförbrukning
E2	sjövattpumpars -"-
0	spetsvärmeförbrukning (olja + el)

All mätvärdesinsamling har utförts av ordinarie driftpersonal vid AB Borlänge Industriverk vilka sedermera har levererat mätvärdesrapporter en gång per månad. Ur dessa har 18 olika parametrar registrerats i ett för detta projekt utvecklat datorprogram. Således har över 13.000 mätvärden (2x365x18) bearbetats och utvärderats. En sammanställning av behandlade mätvärden månadsvis framgår av bilaga 2.

## 3.1.2 Sammanfattande resultat

Redovisade resultat avser tiden 1981-10-01--1983-09-30, dvs 2 hela år. Sammantaget producerade värmepump och spetsvärmeanläggning ca 7600 MWh.\* Den köpta energin, el och olja, uppgick till ca 3680 MWh, vilket ger en energibesparing av köpt energi på 52%. Under samma period täckte värmepumpen 91% av hela energibehovet. Se figur 5.



Figur 5 Energiflöden under 2 år.

Intressant att notera är, att den elenergi som tillförts sjövattpumpar och extra värmevattenspump har uppgått till ca 20% av den elenergi som tillförts själva värmepumpaggregatet.

Fördelat på respektive mätår framgår sammanfattande uppgifter av tabell 2.

Tabell 2 Sammanfattande mätresultat för respektive mätår.

	<u>Producerad energi(MWh)</u>	<u>Köpt energi(MWh)</u>	<u>Besparing av köpt energi</u>	<u>Värmepumpens energitäckning</u>
År 1	3940	2020	49%	85%
År 2	3660	1660	55%	97%

\*) Om energiproduktionen korrigeras till normalår skulle den ha uppgått till ca 7800 MWh.



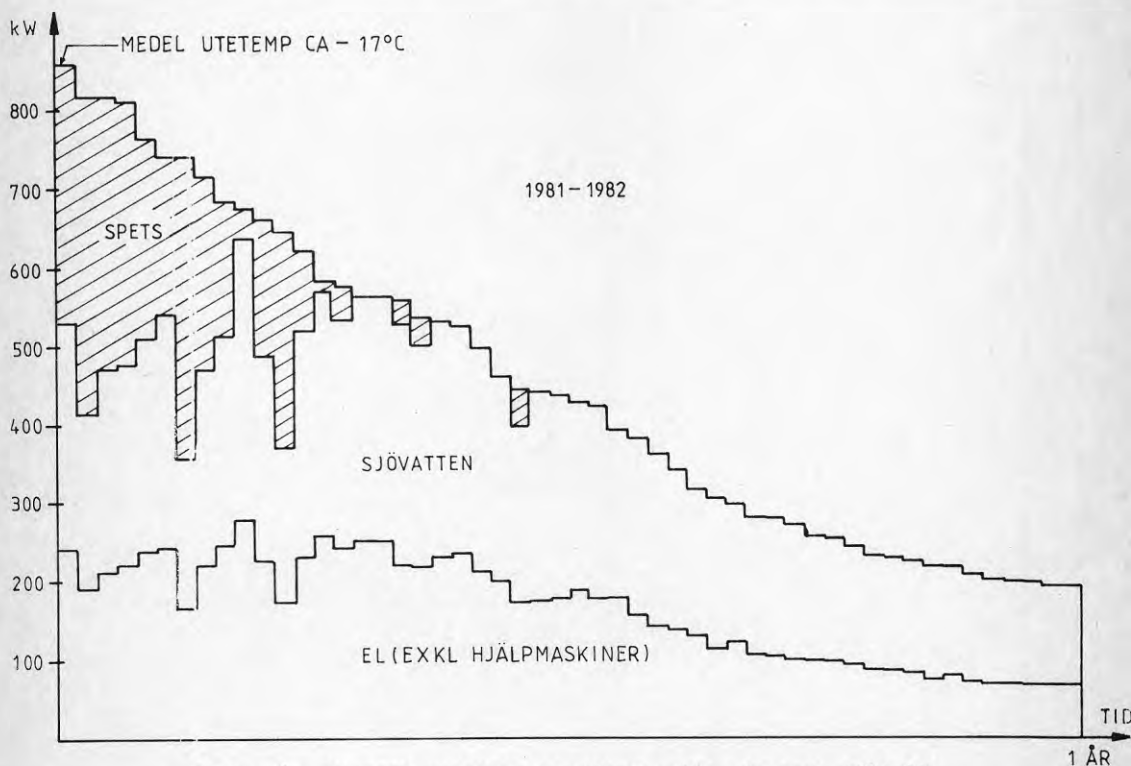
Enligt tabell 2 är värmepumpanläggningens årsenergitäckning högre mätår 2 än mätår 1. Anledningen till detta är främst att anläggningen var bättre justerad och intrimmad under mätår 2, men en bidragande orsak är även att säsongen 1982-83 var mildare än 1981-82.

Årsvärmefaktorn, inklusive hjälpmaskiner, främst sjövattpump och extra värmevattenpump, har beräknats till drygt 2.3. Värmepump-aggregatets årsvärmefaktor, hjälpmaskiner exkluderade, har beräknats till ca 2.8. Ingen skillnad kan konstateras mellan beräknade värmefaktorer för år 1 och år 2.

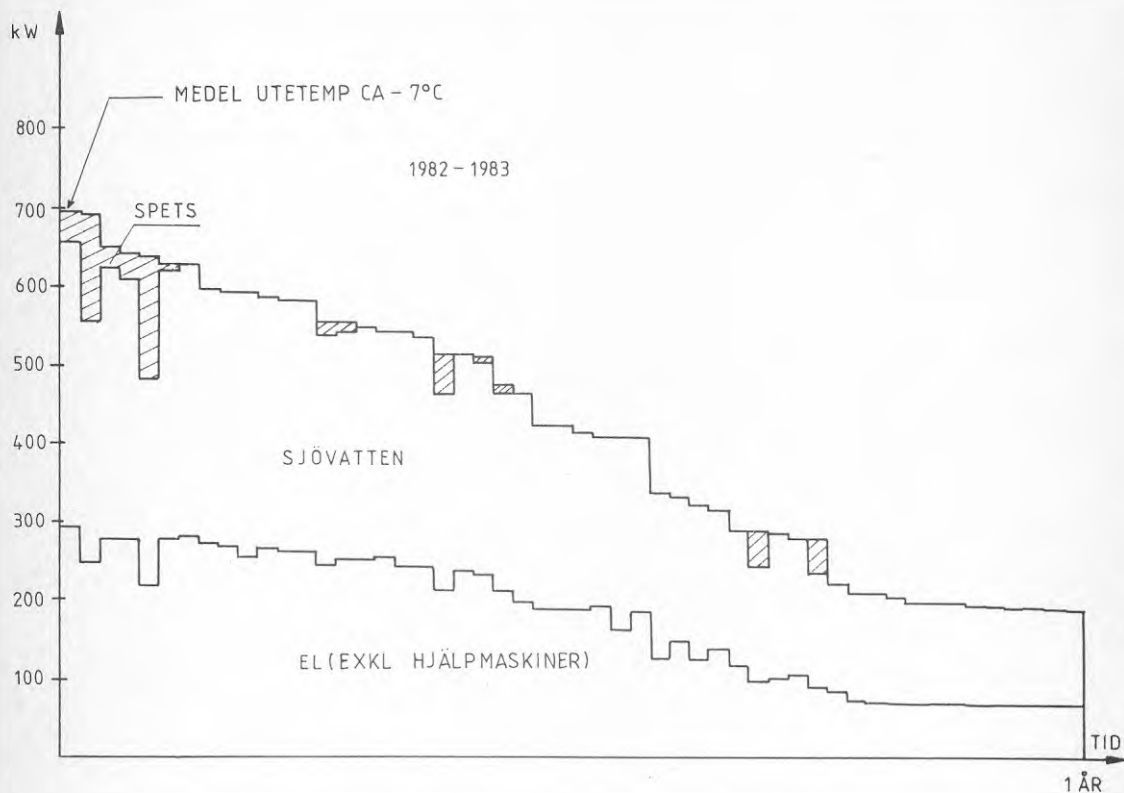
Tillgängligheten till någon av kompressorerna i värmepumpanläggningen har varit mer än 99%. Sammanlagda driftstider för de tre kompressorerna har varit 16850 h, 10825 h och 6200 h.

### 3.1.3 Varaktighetsdiagram

Utgående från effektbehovens veckomedelvärden har varaktighetsdiagram konstruerats. I figur 6 redovisas detta för säsongen 1981-82 och i figur 7 för säsongen 1982-83.



Figur 6 Uppmätt varaktighetsdiagram för säsongen 1981-82. Veckomedelvärden.



Figur 7 Uppmätt varaktighetsdiagram för säsongen 1982-83.  
Veckomedelvärden.

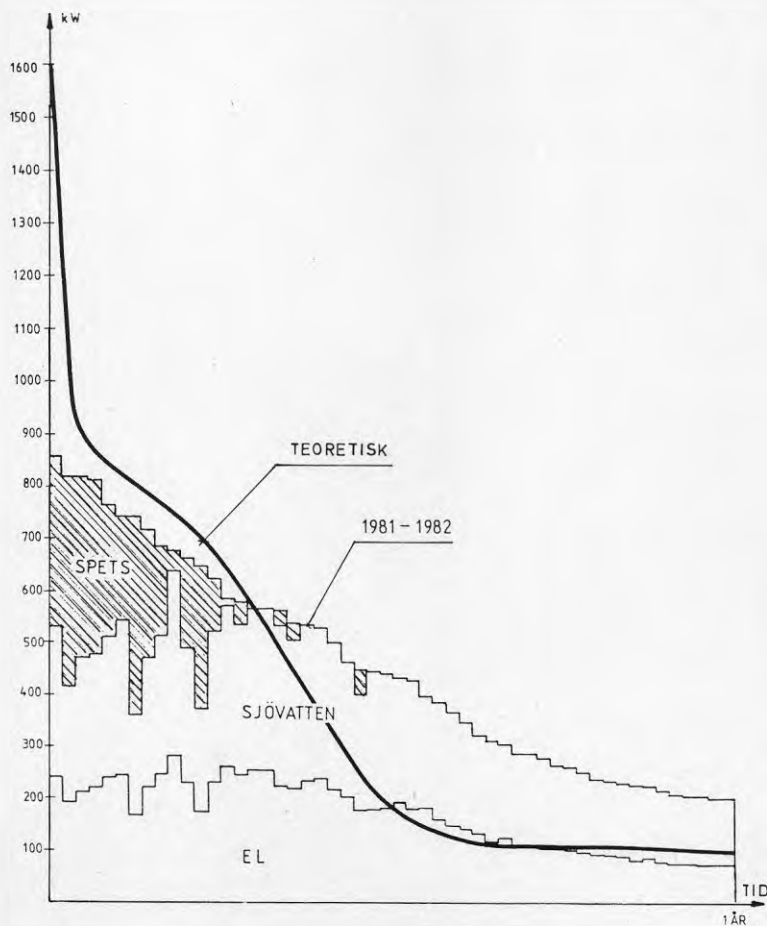
Värmepumpens högre energitäckning 1982-83, vilken framgår av figurerna, beror till största delen på, som förut nämnts, att anläggningen under driftår 2 "körts" optimalt med hänsyn till givna förutsättningar.

En lärdom man kan dra inför liknande projekt är att effektbehovet sommartid är oväntat stort. En bidragande orsak till detta är att värmeförlusterna blir procentuellt stora när värmesystemet distribueras i fjärrvärmenät där abonnenterna är utspridda och har små behov.



Vidare kan man notera, även om det inte direkt framgår av figurerna, att det dimensionerande effektbehovet understiger det värde (1.6 MW) man beräknade vid projekteringstillfället. Ett mer sannolikt dimensionerande effektbehov i detta fall är nog ca 1.2 MW. Om detta varit känt när värmepumpen dimensionerades så skulle den säkert gjorts något mindre, eventuellt 600 kW, istället för 750 kW.

För att jämföra praktiskt utfall med teori redovisas två varaktighetsdiagram i samma skala i figur 8. Den trappstegsformade kurvan är den under säsongen 1981-82 uppmätta och den kontinuerliga kurvan är den i förstudien till detta projekt beräknade och redovisade teoretiska varaktighetskurvan.

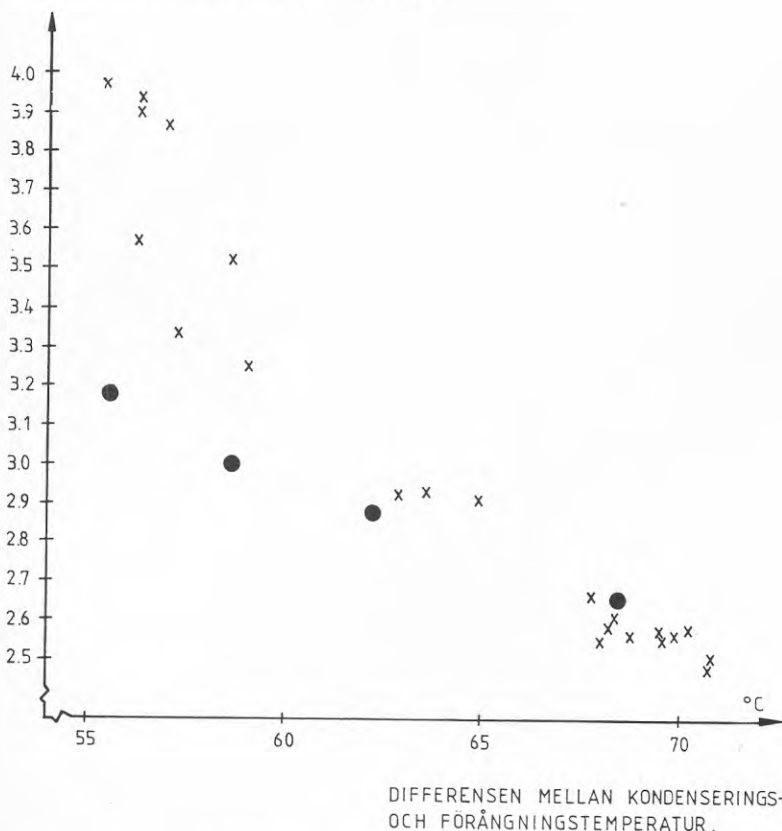


Figur 8 Uppmätt varaktighetskurva jämförd med teoretisk.

## 3.1.4 Värmefaktorer

Värmepumpaggregatets värmefaktor som funktion av förångnings- och kondenseringstemperatur redovisas i figur 9. Inprickade krysspunkter utgör månadsmedelvärden. Punkter inritade med fyllda cirklar är de av leverantören uppgivna teoretiska värdena. Som framgår av figuren avviker uppmätta värmefaktorer från de teoretiska vid små differenser mellan kondenserings- och förångningstemperatur, på så sätt att de uppmätta är avsevärt högre. En trolig orsak till detta är att den uppmätta värmemängden i dessa punkter (sommartid) är för hög, vilket i sin tur kan förklaras av att värmevattenflödet är lågt ( $5 \text{ m}^3/\text{h}$  mot maximala  $45 \text{ m}^3/\text{h}$ ) och ligger utanför rekommenderat mätintervall. I sammanhanget kan nämnas att flödesmätaren är av induktiv typ. Den troliga överskattningen av värmepumpens energiproduktion sommartid och således även värmefaktorn, har ej föranlett någon justering av redovisade totalresultat enär dessa påverkas i mycket blygsam omfattning (ett par % av årsenergiproduktionen).

VÄRMEPUMPAGGREGATETS VÄRMEFAKTOR



Figur 9 Värmepumpaggregatets värmefaktor som funktion av förångnings- och kondenseringstemperatur. Kryssmarkerade punkter utgör månadsmedelvärden. Fyllda cirklar är de av leverantören uppgivna teoretiska värdena.

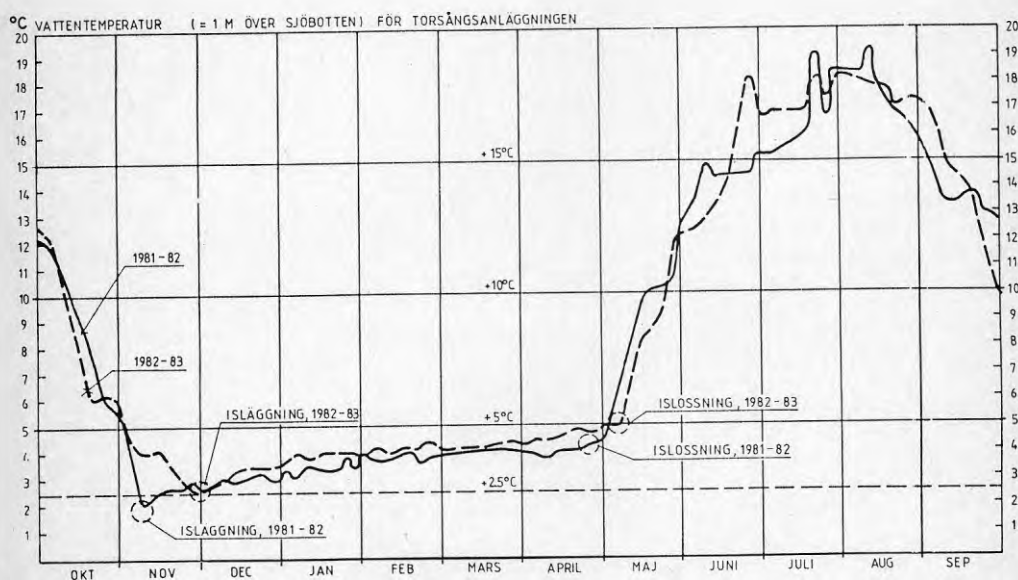
## 3.2 Sjö

## 3.2.1 Mätprogram

Vattentemperaturerna på det till förångaren upptagna sjövattnet har registrerats varje dag. Dessa mätningar speglar sjövattemperaturens variation vid intaget ca 1 m över sjöbotten. Beroende på vattenstånd varierar djupet i sjön mellan 5.5 m och 7.5 m. Förutom de dagliga mätningarna så har vattentemperaturen uppmätts i flera punkter och i varje punkt på olika nivåer. De senare mätningarna har utförts vid fyra olika tillfällen.

## 3.2.2 Resultat

De dagliga registreringarna av sjövattemperaturen redovisas i figur 10. Heldragen kurva avser 1981-82 och streckad kurva 1982-83.



Figur 10 Sjövattemperaturen vid intaget, ca 1 m över sjöbotten (=temperaturen på det vatten som värmeväxlas i värmepumpen).

Från figur 10 kan märkas den tydliga uppvärmning som sker av bottenvattnet efter det att isen lagt sig. Detta åskådliggör den mycket viktiga funktion som den under sommaren i botten sedimentet inlagrade värmen utgör. Vidare framgår att isläggningen ägde rum i början på november säsongen 1981-82 och i början på december säsongen 1982-83. Härtill kan läggas att isen lade sig i mitten på november säsongen 1983-84.

Mätningarna i olika punkter ute i sjön ger vid handen att inga skillnader mellan temperaturprofiler nära intaget eller långt från detta föreligger. Detta betyder troligen att större delen av bottenytan är aktiv när det gäller värmetransporter. En försiktig beräkning visar att uppvärmningen av bottenvattnet från botten sedimentet överstiger  $2.5 \text{ W/m}^2$  under den islagda perioden.

Värmepumpen är utlagd för att klara full effekt vid sjövattemperaturer ned till  $+2.5^\circ\text{C}$ . Den första säsongen underskreds temperaturnivån  $+2.5^\circ\text{C}$  under några dagar i samband med isläggningen. Värmepumpdriften stördes dock inte eftersom bostadsområdets effektbehov var mindre än den vid tillfället i värmepumpen maximalt tillgängliga. Säsongen 1982-83 understegs inte gränsen  $+2.5^\circ\text{C}$ . Sammanfattningsvis kan sägas att tillgängligheten till sjön har varit 100% under mätperioden.

### 3.3 Miljö

#### 3.3.1 Biologiskt liv i sjön

Värmepumpanläggningens eventuella påverkan på det biologiska livet vid intag och utlopp har studerats i en separat undersökning. Provtagningar har utförts i samband med islossning eller strax efter denna i maj 1981 och april 1982 och 1983.

Under mätperioden har inga signifikanta förändringar vid utloppet uppmärksamrats. Vid intaget kan skillnader i artsammansättning märkas. Här har antalet ökat samt förändrats så att mer syrekrävande arter återfinns i proven. En trolig orsak till detta kan vara att vattnet nu på grund av värmepumpens vattenbehov omsätts snabbare, vilket innebär att syreförhållanden ej blir någon begränsande faktor. Genom vattenuttaget har botten således från syresynpunkt blivit gynnsammare för flertalet bottenorganismer.

#### 3.3.2 Buller

Värmepumpanläggningen är placerad centralt i bostadsområdet. Detta ingav vissa farhågor om ljudproblem, speciellt nattetid. Av denna anledning vidtogs byggtekniska åtgärder för att dämpa eventuellt buller. De som bäst avgör huruvida anläggningen varit störande eller ej är de i området boende. Under mätperioden har inga klagomål inkommit varför man i detta projekt kan konstatera att värmepumpen ej orsakat bullerproblem.

## 4 EKONOMI

## 4.1 Energikostnader

Under utvärderingsperioden, 1981-83, producerade värmepump- och spetsvärmeanläggning ca 7600 MWh. För att producera denna energimängd inköptes 2990 MWh elenergi och 685 MWh Eo4 (efter verkningsgradsförluster). Baserat på faktiska fakturor fås nedanstående energikostnader för värmepumpanläggning jämfört med ursprunglig värmeproduktionsanläggning med enbart oljedrift. Oljekostnaden är beräknad med en pannverkningsgrad på 85% samt de inköpspriser på olja som AB Borlänge Industriverk haft under mätperioden. Vissa kostnader som är de samma i båda fallen, exempelvis el till vissa hjälpmaskiner, belysning mm ingår ej.

	<u>Vp-anl.</u>	<u>Ursprunglig anl.</u>
Elkostnader	625.000 kr	-
<u>Oljekostnader</u>	<u>145.000 kr</u>	<u>1600.000 kr</u>
<u>Summa</u>	<u>770.000 kr</u>	<u>1600.000 kr</u>

Energikostnadsbesparingen blir sålunda ca 830.000 kr under mätperioden, 2 hela år.

## 4.2 Drift och underhåll

Värmepumpanläggningen i Torsång ingår i det av AB Borlänge Industriverk ägda fjärrvärmenätet i Borlänge kommun. Drift- och underhållsarbeten för värmepumpen ingår på så sätt i den sedan många år tillbaka inarbetade driftorganisationen. Precis som övriga värmeproducerande enheter besöks denna anläggning varje dag. Den sammanlagda besökstiden i Torsång bedöms inte ha ökat sedan värmepumpen installerades, vilket betyder att inga extra driftkostnader med avseende på tillsyn och dagligt underhåll ska belasta det ekonomiska resultatet.

Mer omfattande underhållsarbete, av typen förebyggande och periodiskt underhåll, på kompressorer har under utvärderingsperioden utförts av leverantören, Stal Refrigeration. 5 genomgripande servicearbeten har genomförts, nämligen 3st 5000-timmars revisioner på den minsta kompressorn och 3st 5000-timmars revisioner på de övriga två kompressorerna. Kostnaden för detta har belöpt sig till ca 110.000 kr, där ca 75.000 kr är materialkostnader och ca 35.000 kr är arbetskostnader. Denna kostnad kan reduceras betydligt, enligt AB Borlänge Industriverk, genom att i större utsträckning renovera och återanvända gamla delar samt utnyttja egen personal. I en försiktig uppskattning tros kostnaden kunna sänkas med åtminstone 50%.

#### 4.3 Lönsamhet

Hela investeringskostnaden för värmepumpsystemet uppgick till ca 2.5 Mkr, prisnivå december 1980. Enligt ovan har driftkostnadsbesparingen, jämfört med befintlig oljeanläggning uppgått till ca 720.000 kr (1600.000 kr -770.000 kr -110.000 kr). Med en avskrivningstid på 15 år ger detta en räntabilitet för investerat kapital på knappt 12%/år under mätperioden.

Nu mera anser man med all rätt att värmepumpstekniken har kommit för att stanna. Häri inkluderas då en mångfald av system, öppna och slutna system med sjö- och havsvatten, jordvärme, bergvärme, uteluftvärme, spillvattenvärme mm. Det är dock intressant att konstatera att det i denna rapport beskrivna systemet, öppet system med sjövatten, vid tiden för projektets upprinnelse, 1978-79, möttes av många kritiska röster. Främst menade motståndarna att den låga temperaturen på sjövattnet skulle göra det omöjligt att hålla anläggningen i drift vintertid. Vidare framhölls svårigheterna med anpassning av värmepump till fjärrvärmesystem samt ett oacceptabelt behov av elenergi till sjövattnepumpar. De resultat som redovisas här har visat motsatsen. Förväntningarna har inte bara infriats utan överträffats. I den skrivelse som ingavs till BFR för ansökan om experimentbyggnadslån bedömdes värmepumpanläggningen kunna täcka 70% eller i bästa fall 80% av årsenergibehovet. Enligt vad som här redovisats har energitäckningsgraden i verkligheten blivit för det första mätåret 85% och för det andra mätåret 97%. Vidare har uppmätta verkningsgrader mer än väl uppfyllt ställda förhoppningar. I detta sammanhang bör påpekas, att energitäckningsgraden, vid given värmepumpeffekt, är den parameter som ytterst styr det ekonomiska utfallet. Några tiondelars differens i årsvärmefaktor har här mycket liten betydelse.

De faktorer som påverkar driftresultatet är naturligtvis en riktig dimensionering och projektering men framförallt är det kvaliteten på anläggningens skötsel i form av daglig tillsyn och dagligt underhåll. I detta projekt har detta utförts exemplariskt av driftpersonalen vid AB Borlänge Industriverk. Man har inte bara gjort ett bra arbete utan även varit mycket intresserad både under och utanför ordinarie arbetstid.

Man kan glädjas åt att tekniken med öppna sjö/havsvattensystem har fått en stor utbredning i Sverige. Där finns nu ett flertal anläggningar i 10 MW-klassen i drift och flera är på väg.



## BILAGA 1 Bilder av anläggningen



Figur 11 Del av bostadsområdet.



Figur 12 Sjön Ösjön. I förgrunden pumpstation.

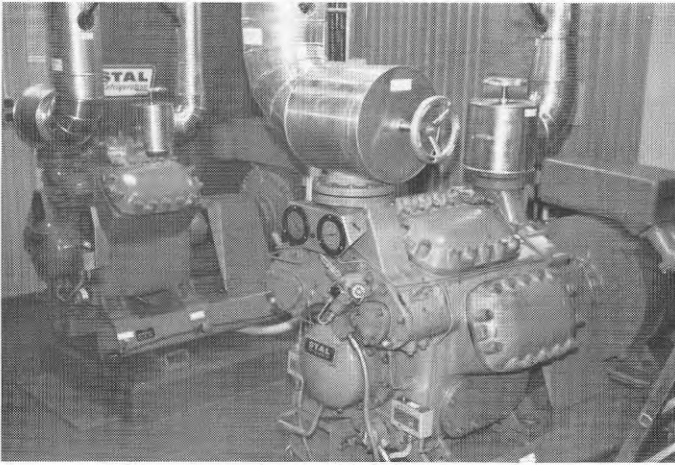




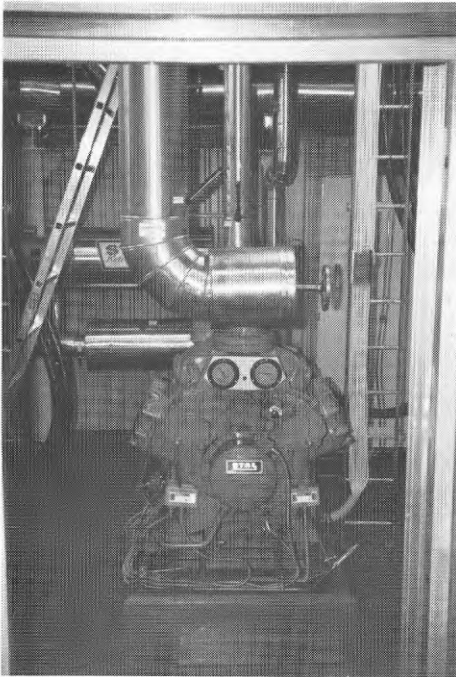
Figur 13 Värmepumpbyggnad och befintlig oljecentral (hus med skorsten).



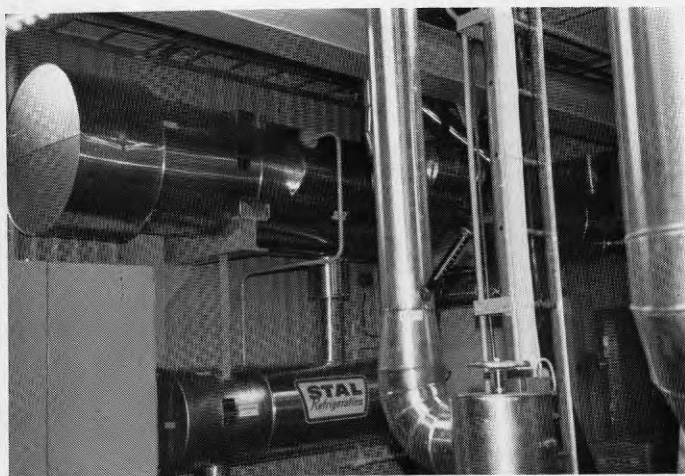
Figur 14 Värmepumpbyggnad (höjden beror på förångarnas storlek).



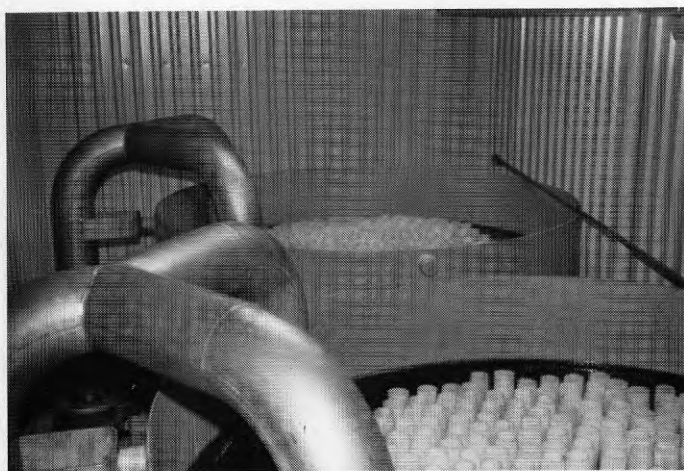
Figur 15 Kompressorer



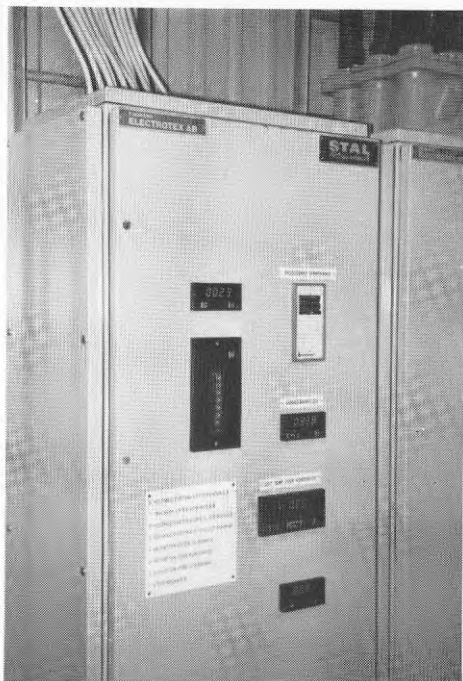
Figur 16 Kompressor.



Figur 17 Kondensor (den stora liggande cylindern).



Figur 18 Ovandelen av förångaren.



Figur 19 Mätpanel för avläsningar och utvärdering.

## BILAGA 2 Mätvärden månadsvis

Period	Energiprod(MWh)		Elförbrukn(MWh)		Värmefaktor		Temperaturer (°C)		
	Vp	Spets	Vp	Hjälpm.	Vp	Vp-syst.	Sjö	Förrå.	Kond.
Okt,81	284	0	98	17	2.9	2.5	8.8	4.1	66.4
Nov,81	366	48	137	26	2.7	2.2	3.0	-1.7	66.1
Dec,81	337	235	129	27	2.6	2.2	3.1	-1.9	66.6
Jan,82	361	214	137	27	2.6	2.2	3.4	-1.9	66.6
Feb,82	372	59	148	21	2.5	2.2	3.7	-2.4	68.5
Mar,82	386	14	151	19	2.6	2.3	4.0	-1.9	68.1
Apr,82	313	13	122	19	2.6	2.2	4.1	-1.6	67.3
Maj,82	257	2	88	18	2.9	2.4	8.7	3.8	66.8
Jun,82	177	0	53	15	3.3	2.6	13.9	9.8	67.1
Jul,82	152	0	39	16	3.9	2.8	16.3	12.7	69.0
Aug,82	155	0	39	16	4.0	2.8	17.5	14.3	69.8
Sep,82	197	0	56	17	3.5	2.7	13.7	9.0	67.7
Okt,82	305	0	104	24	2.9	2.4	8.6	3.1	66.7
Nov,82	347	11	135	26	2.6	2.2	3.9	-2.1	67.5
Dec,82	443	8	178	27	2.5	2.2	3.3	-3.1	67.8
Jan,83	435	7	171	27	2.5	2.2	3.9	-2.6	67.1
Feb,83	390	52	151	24	2.6	2.2	4.0	-3.0	67.4
Mar,83	418	6	164	27	2.5	2.2	4.2	-1.9	66.2
Apr,83	334	1	129	26	2.6	2.2	4.5	-0.9	67.5
Maj,83	239	4	82	22	2.9	2.3	8.2	2.4	67.4
Jun,83	157	11	44	15	3.6	2.7	14.6	10.6	66.9
Jul,83	143	0	37	15	3.9	2.8	17.2	13.4	70.4
Aug,83	146	0	37	15	3.9	2.8	17.7	13.9	70.2
Sep,83	205	0	63	15	3.3	2.6	14.1	9.3	68.4
Summa	6919	685	2492	501					
Medelvärde (viktade)					2.8	2.3	6.3	1.3	67.5

## 7 REFERENSER

Backman A, Hallenberg J, Norbäck K & Wahlberg H.  
Energiutvinning ur ytvatten via värmepump. Förprojektering  
i Borlänge. BFR Rapport R109:1980

Hallenberg J & Ulander H. Sjövärme för 140 småhus i Torsång.  
Projektering och byggande. BFR Rapport R127:1981











**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag  
801153-2 från Statens råd för byggnadsforskning  
till VIAK AB, Falun.**

**R94: 1984**

**ISBN 91-540-4186-4**

**Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm**

**Art.nr: 6704094**

**Abonnemangsgrupp:  
W. Installationer**

**Distribution:  
Svensk Byggtjänst, Box 7853  
103 89 Stockholm**

**Cirka pris: 25 kr exkl moms**