



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**

**R38:1988**

**Solvärmekompletterat  
fjärrvärmenät i Torvalla,  
Östersund  
Utvärdering**

**Jonas Gräslund  
Göran Hultmark**

R  
AHJ

|                                     |     |
|-------------------------------------|-----|
| INSTITUTET FÖR<br>BYGGDOKUMENTATION |     |
| Accnr                               |     |
| Plac                                | ser |

**Byggforskningsrådet**

R38:1988

SOLVÄRMEKOMPLETTERAT FJÄRRVÄRMENÄT  
I TORVALLA, ÖSTERSUND

Utvärdering

Jonas Gräslund  
Göran Hultmark

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 811816-5  
från Statens råd för byggnadsforskning till Östersunds  
Fjärrvärme AB, Östersund.

## REFERAT

I Torvalla utanför Östersund uppfördes 1983 en solanläggning för fjärrvärme enligt en ny filosofi:

- Solfångarna var i stormodulsformat med  $12 \text{ m}^2$  absorberaryta ( $6 \text{ m} \times 2 \text{ m}$ ).
- Temp.höjningen över solfångarna var  $20^\circ\text{C}$  vid dimensionerande effekt, vilket var ovanligt mycket jämfört med tidigare projekterade anläggningar.
- Låga flöden i solkretsen vilket medför små dimensioner på rörledningar och huvudpumpar.
- Höga tryckfall i solfångare och rörsystem vilket eliminerar behovet av reglerventil för varje modul.

Anläggningen som består av  $2088 \text{ m}^2$  total solfångaryta ( $1702 \text{ m}^2$  effektiv solfångaryta) förvärmer Torvallaområdets fjärrvärmereturflöde. Driftresultat från tre år visar att temperaturnivån i fjärrvärmenätet har en avgörande betydelse för energiutbytet för denna typ av solfångare som saknar konvektionshinder, d v s isolering mellan absorberator och täckglas.

Solvärmecentralen har under åren försetts med enklare styr- och reglerutrustning samt viss annan utrustning för att erhålla en tillförlitlig drift och bättre energiutbyte. Under mätperioden har solinstrålningen varit lägre än normalt, vilket även visar sig i energiutbytet från solfångarfältet. Med datasimuleringar utifrån driftdata är prestanda vid normalinstrålning samstämmiga med beräknade värden. Uppmätt och beräknad årsverkningsgrad är för Torvalla-anläggning 30%. Om dagens högtemperatursolfångare med konvektionshinder installeras i ett lågtemperaturfjärrvärmenät typ Torvalla ökas årsverkningsgraden till 40%.

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

Denna skrift är tryckt på miljövänligt, oblekt papper.

R38:1988

ISBN 91-540-4892-3  
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Svenskt Tryck Stockholm 1988

## INNEHÅLLSFÖRTECKNING

SID

---

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 1.    | SAMMANFATTNING                          | 1  |
| 2.    | BESKRIVNING AV OMRÅDET                  | 4  |
| 2.1   | Läge                                    | 4  |
| 2.2   | Klimat                                  | 4  |
| 3.    | BESKRIVNING AV SYSTEMET                 | 5  |
| 3.1   | Brukare                                 | 5  |
| 3.2   | Produktionsanläggning                   | 5  |
| 3.3   | Panncentral                             | 6  |
| 3.4   | Solfångare och solfångarfält            | 8  |
| 3.4.1 | Andra generationens solfångaranläggning | 8  |
| 3.4.2 | Solfångaren                             | 9  |
| 3.4.3 | Solfångarfältet                         | 10 |
| 3.4.4 | Värmeväxlarcentralen                    | 12 |
| 3.4.5 | Byggorganisation                        | 13 |
| 3.5   | Framtida systemförändring               |    |
| 4.    | DRIFTSTRATEGI                           | 15 |
| 4.1   | Projekterad driftstrategi               | 15 |
| 4.2   | Ny driftstrategi                        | 16 |
| 4.3   | Ackumulering i fjärrvärmekulverten      | 16 |
| 4.4   | Övervakning                             | 17 |
| 5.    | UPPFÖLJNING - MÄTNING                   | 18 |
| 5.1   | Byggtiden                               | 18 |
| 5.2   | Driftperioden                           | 19 |
| 5.3   | Mätanläggningen                         | 21 |

|       |                                    |    |
|-------|------------------------------------|----|
| 6.    | MÄTRESULTAT                        | 23 |
| 6.1   | Klimat                             | 23 |
| 6.2   | Brukare                            | 24 |
| 6.2.1 | Energiförbrukning                  | 24 |
| 6.2.2 | Temperaturer i fjärrvärmenätet     | 24 |
| 6.3   | Solfångarna                        | 25 |
| 6.3.1 | Effektutbyte                       | 25 |
| 6.3.2 | Energiutbyte                       | 27 |
| 7.    | EKONOMI                            | 29 |
| 7.1   | Drift- och underhållskostnader     | 29 |
| 7.2   | Anläggningskostnad samt energipris | 30 |
| 8.    | SLUTSATSER                         | 32 |

BILAGA 1 Ritningssektion av Torvalla-  
solfångaren

BILAGA 2 Situationsplan, principsschema,  
värmväxlarcentral

BILAGA 3 Solfångarfält, detaljer

REFERENSLISTA

## 1. SAMMANFATTNING

I Torvalla utanför Östersund uppfördes hösten -82 en ny typ av solvärmeanläggning med stormodulssolfångare för värmeproduktion i fjärrvärmenät.

Anläggningen består av 2088 m<sup>2</sup> total solfångaryta med effektiv yta 1702 m<sup>2</sup> fördelade på 160 st solfångare.

Anläggningen förvärmer returen i områdets lågtemperaturfjärrvärmenät.

Områdets energibehov uppgår till ca 16 GWh där andelen solvärme ett normalår är 4%.

Under första och andra driftåret var energiutbytet från solanläggningen lägre än förväntat p g a höga temperaturer i fjärrvärmereturen, obalans i flödena över värmväxlaren samt p g a driftavbrott med en otillförlitlig och komplicerad reglerstrategi.

Dessutom har solinstrålningen för de tre driftåren legat under normalårsinstrålningen.

Problem med styr- och reglerutrustning i solvärme-centralen samt höga returtemperaturer i fjärrvärmenätet har rättats till innan 3:e driftssäsongen. Själva solfångarfältet har hela tiden gått problemfritt undantaget frostsprängningar i några absorbatortuber under byggskedet.

| Period   | Instrålad energi mot horisontalplanet | Instrålad energi mot solf.planet (35°C) <sub>2</sub> (kWh/m <sup>2</sup> ) | Energiutbyte från solanl. | Energiviktad medeltemp.-diff. mellan solf.temp o. omgivn.temp. (grad. C) | Årsverkningsgrad (%) |
|--|---------------------------------------|--|---------------------------|--|----------------------|
| Prognos. värden under ett normalår:  | 953                                   | 1.272  | 386                       | 28   | 30                   |
| Mätvärden:   |                                       |  |                           |  |                      |
| -83 (from juni   | 490                                   | 576  | 209                       | -  | 21                   |
| -84  | 806                                   | 1.120  | 228                       | 46   | 20                   |
| -85  | 839                                   | 906  | 272                       | 34   | 30                   |
| Simulering med beräkningsprogrammet SUNSYST för Torvallas uppmätta systemverkn.gr.-kurva under ett normalår: | 953                                   | 1.272  | 381                       | 34   | 30                   |
| Simulering med SUNSYST för högtemp.solf. i Torvalla under ett normalår:                                      | 953                                   | 1.272  | 510                       | 34   | 40                   |

Energiutbytet under 3:e driftsäsongen då returtemperaturer, flödesbalans över värmeväxlare, och drifttillförlitlighet varit god är 272 kWh/m<sup>2</sup> aperturyta, vilket är 71% av förväntat utbyte.

Solinstrålningen var under samma period 88% av normalårsinstrålningen och årsverkningsgraden 30%.

Torvallas uppmätta systemverkningsgradskurva simulerad över ett normalår med beräkningsprogrammet SUNSYST ger ungefär förväntat energiutbyte, d v s 381 kWh/m<sup>2</sup> och årsverkningsgraden 30%.

Simulering med konvektionshinderförsedda högtemperatursolfångare ökar utbytet till 510 kWh/m<sup>2</sup> och årsverkningsgraden till 40%.

Investeringskostnaden var 3,2 milj.kr, vilket med 25 års avskrivningstid till 4% realränta med indexuppräknad till dagens prisnivå ger för ett normalår energipriset 0,40 kr/kWh.

Med 6% realränta är energipriset på motsvarande sätt 0,48 kr/kWh.



Med en högtemperatursolanläggning skulle anläggningskostnaden för samma antal m<sup>2</sup> effektiv solfångaryta sjunka till 2,55 milj.kr och energipriset vara 0,22 kr/kWh (resp. 0,25 kr/kWh vid 6% realränta). Med 25%-igt statligt bidrag är energipriset 0,17 kr/kWh (resp. 0,20 kr/kWh vid 6% realränta).

## 2. BESKRIVNING AV OMRÅDET

### 2.1 Läge

Torvalla-området är beläget ca 5 km sydost om Östersunds centrum på latitud 63 grad. 30`. Området är något kuperat med skogsriddåer och ängsmark i anslutning till bebyggelsen. Solfångarfältet uppfördes på gammal ängsmark och är delvis omgärdad av skog, vilket ger skydd mot vind från syd och sydöst. Denna vindriktning är den förhärskande under sommarhalvåret. Området ligger på östslutningen ner mot Storsjön.

### 2.2 Klimat

Området har normal nederbörd i förhållande till övriga landet, 585 mm per år (1931-1960), se (1).

Medeltemperaturen över året är 2,7 grad. C (1931-1960) och medelinstrålningen mot en horisontell yta 953 kWh/m<sup>2</sup> och år (1961-1980), se (2).

Dimensionerande utomhustemperatur för området är -25 grad. C (DUT 5), se (1).

### 3. BESKRIVNING AV SYSTEMET

#### 3.1 Brukare

Torvalla är ett nybyggnadsområde med flerfamiljs-  
hus, några enfamiljshus samt ett centrum med  
skolor och affärer.

Totala byggnadsytan var 60.000 m<sup>2</sup> augusti 1982  
och 1985 hade den ökat till 112.000 m<sup>2</sup>.

Området försörjs med värme från ett lokalt fjärr-  
värmenät.

Byggnaderna är dimensionerade enligt Svensk  
Byggnadsnorm 1975 (SBN-75) samt utförda för  
lågtemperatursystem, d v s radiatorerna i lägen-  
heterna samt värmväxlarytorna i undercentraler-  
na är uttagna för +55 grad. C framlednings-  
temperatur och +45 grad. C returtemperatur på  
sekundärsidan vid dimensionerande utetempera-  
tur.

Motsvarande framlednings- resp. returtemperatur  
på primärsidan är +100 grad C/+50 grad. C.

Erf. varmvattentemperatur är +48 grad. C.

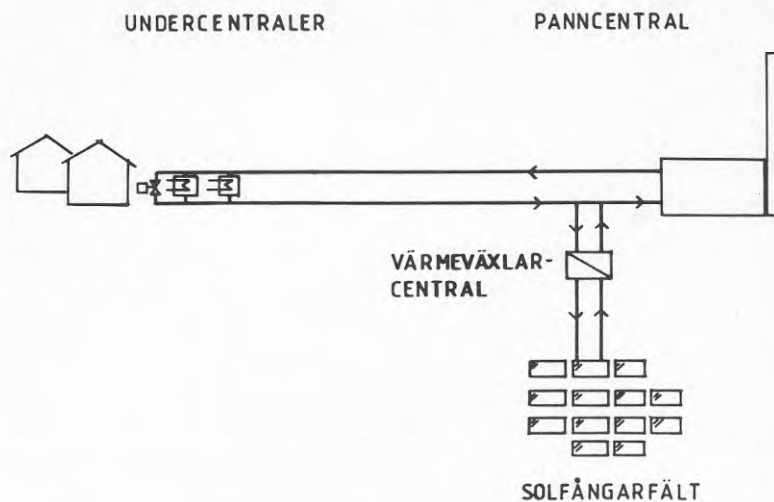
Dimensionerande effekt för området var under mät-  
perioden ca 6 MW och årliga energibehovet ca 16 GWh.  
Efter en kontinuerlig ubyggnad är idag effektbehovet  
8 MW och årliga energibehovet 20 GWh.

#### 3.2 Produktionsanläggning

En panncentral i nordöstra delen av området pro-  
ducerar energin som fördelas via en enkelmatad  
kulvert till brukarna i norr och via ringmatning  
till abonnenterna i sydväst.

Solfångarfältet förvärmer returen från abonnen-  
terna i sydväst innan den eftervärms till erf.  
temperatur i panncentralen.

Värmekulvertens huvuddimension är DN 200.



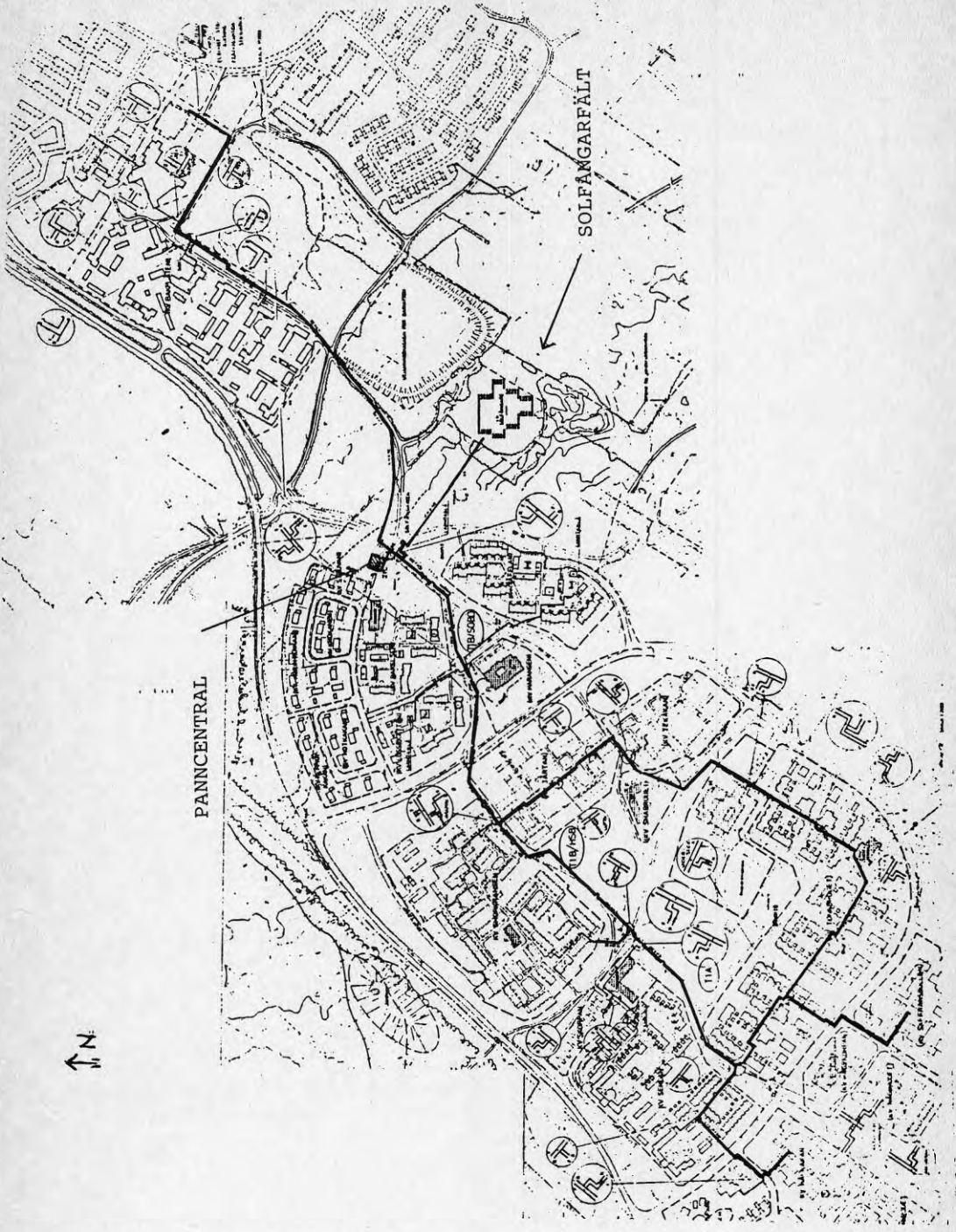
Figur 1 Principschema över produktionsanläggningen

För att tillvarata solenergi även då inget behov föreligger, d v s styrventilerna i undercentralerna är stängda och flödet i huvudkulverten lågt, ökas flödet via en bypass-ventil i längst bort belägna undercentralen i huvudkulverten. Värmeslagarna i framledning och returledning värms upp till temperaturer över erf. framledningstemperatur och används på så sätt som korttidslager.

### 3.3 Panncentral

Panncentralen består av 2 st mobila oljeeldade panncentraler på 5,8 MW vardera samt från och med 1984 2 st avkopplingsbara elpannor på 1,2 MW vardera.

Elpannorna är kopplade i serie med ena oljepannan och förvärmer returen till oljepannan. På sommaren är endast elpannorna i drift, om de ej är avkopplade. Den andra oljepannan används som reserv.



Figur 2 Torvalla-området med kulvertnät och produktionsanläggningar markerade

### 3.4 Solfångare och solfångarfält

#### 3.4.1 Andra generationens solfångaranläggning

Solfångaranläggningar för fjärrvärme byggda före 1982 består av småmodulsolfångare på 1 - 2 m<sup>2</sup> per solfångare, avsedda främst för villamarknaden. Denna teknik medför både dyr installation och relativt lågt energiutbyte.

Torvalla byggdes som första anläggning enligt en ny solfångarfilosofi anpassad till kraven på ett rationellt byggande och en termiskt bra anläggning vid relativt höga temperaturer för ett fjärrvärmesystem, se (3).

Den nya filosofin för andra generationens solfångaranläggningar innebär:

- stora solfångarmoduler på 12 m<sup>2</sup> (6 m x 2 m), vilket ger ett rationellt byggande både på fabrik och vid installation på ett solfångarfält. Stormodulsolfångaren har mindre kantförluster per m<sup>2</sup> solfångaryta samt absorbatorn skuggas mindre vid sned solinstrålning per m<sup>2</sup> solfångaryta jämfört med en småmodulsolfångare.
- enkel markberedning utan stora krav på grundläggning och fundament för solfångare.
- hög temperaturhöjning genom solfångaren och solfångarfältet. Genom att minska flödet genom solfångarna erhålls en högre temperatur ut från anläggningen vid given intemperatur. Det lägre flödet reducerar rördiametern i fördelningsledningar och huvudkulvert, vilket medför lägre anläggningskostnader och mindre värmeförluster från rörinstallationen.
- turbulent strömning i absorbatortuberna. Genom att seriekoppla flera absorbatortuber erhålls höga flödes hastigheter i tuberna, vilket krävs för att erhålla turbulent strömning och god värmeöverföring mellan absorbatör och systemvätska.
- höga tryckfall i solfångare, vilket automatiskt ger jämn flödesfördelning mellan solfångarna. Relativt höga tryckfall kan även accepteras i anslutande rörledningar, vilket ytterligare reducerar rördimensionerna.
- central avluftning. De höga flödes hastigheterna medför att luft ej blir stående i rörböjarna utan transporteras med ner i markkulverten in till värmeväxlarcentralen där den separeras

### 3.4.2 Solfångare

Solfångaren är framtagen i samarbete mellan projektörerna och Sunstrip Gränges Aluminium och grundar sig på en första prototyp-solfångare som uppfördes i Göteborg sommaren -81, se (3).

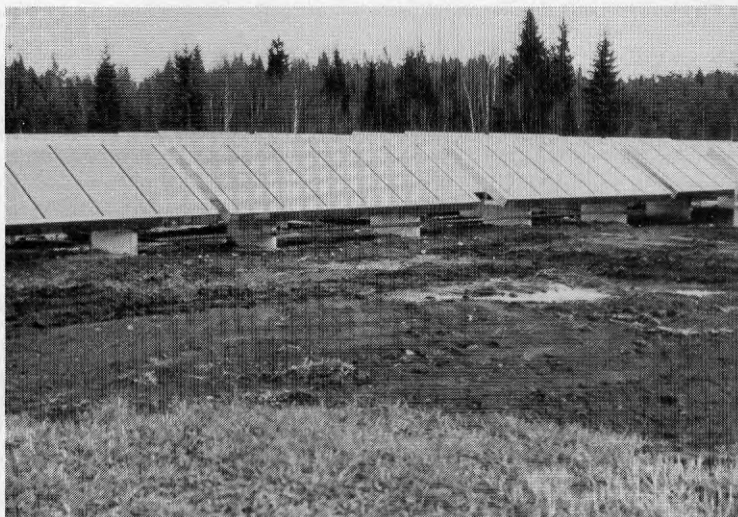


Bild 1 Torvallasol-fångaren

Stormodulsolfångaren är 6,3 m lång, 2,0 m hög 0,25 m tjock och består av:

- 6 st täckskivor av härdat glas med låg järnoxidhalt. Infästade med lister av silikon- och EPDM-gummi samt spröjsprofiler av aluminium till solfångarramen av samma material
- 1 st absorbatör bestående av 12 st, 6 m långa, s k "strips", d v s aluminiumflänsar med invalsade kopparrör som anodiserats för att erhålla ett selektivt skikt, sammanlödda till en seriekopplad absorbatör
- aluminiumfolie under absorbatören som hindrar damm från isoleringen att nå absorbatören.
- mineralullsmatta som isolering mot solfångarens baksida.
- korrugerad aluminiumplåt, vilket utgör solfångarens baksida.

Kring solfångaren löper en kantprofil vilken tillsammans med 2 st kraftiga monteringsbalkar på baksidan utgör ramen för solfångaren. Vid montering lyfts solfångarna i dessa monteringsbalkar.

De 160 st solfångarna tillverkades på fabrik i Finspång.

Specifikation solfångare Gränges Torvalla:

|                                 | Solfångare  | Anläggning          |
|---------------------------------|---|---------------------|
| Totalyta:                       | 13,0 m <sup>2</sup>   | 2088 m <sup>2</sup> |
| Absorbatoryta:                  | 12,0 m <sup>2</sup>   | 1920 m <sup>2</sup> |
| Aperturyta:                     | 10,6 m <sup>2</sup>   | 1702 m <sup>2</sup> |
| Glas, 6 st Heliolite:           | 5 mm härdat glas<br>3,50 l/m absorbtionskoefficient   |                     |
| Absorbator 1 st,<br>"Sunstrip": | 12 st strips seriekopplade<br>0,5 mm flänstjocklek av alum.<br>160 mm flänsbredd<br>100 mm <sup>2</sup> tvärsnittsarea koppartub<br>0,95 absorbtionsfaktor<br>0,15 emissionsfaktor<br>7 l absorbatorvolym |                     |
| Isolering:                      | 10 cm mineralull<br>0,040 W/m gr. C värmeledn.tal   |                     |
| Lister:                         | EPDM-gummi<br>Silikongummi  |                     |
| Baksida:                        | Korrugal TRP 65/0,90 av alum.<br>0,9 mm tjocklek  |                     |
| Kantprofiler:                   | Extruderad aluminium i<br>varierande tjocklek   |                     |

### 3.4.3 Solfångarfält

Solfångarna är via triangelformade aluminiumstöd monterade 0,4 m ovan mark på förtillverkade betongfundament.

Solfångarfältet, med en total yta av 2088 m<sup>2</sup> och aperturyta, d v s effektiv yta, på 1702 m<sup>2</sup>, består av 160 st solfångare som är uppdelade i 4 st grupper om 40 st solfångare.



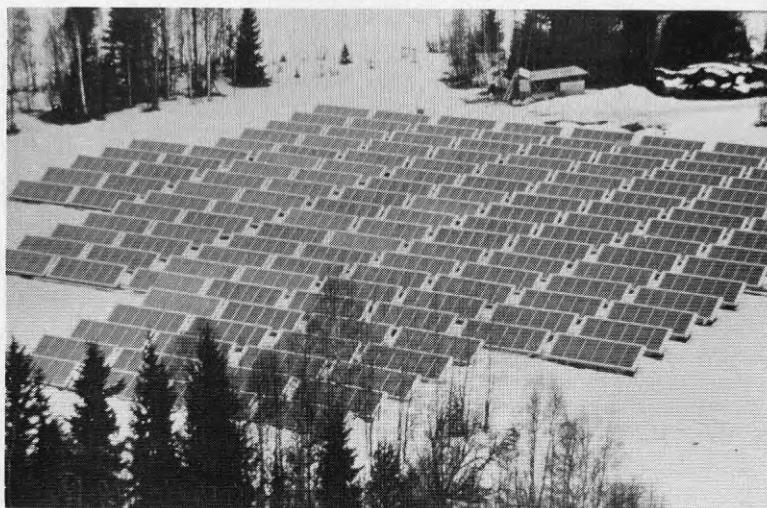


Bild 2 Solfångarfält

Lutningsvinkeln är vald till 35 grader, där varje grupp är försedd med avstängningsventil, reglerventil för injustering av flödet samt säkerhetsventil.

Solfångarna är inom gruppen kopplade enligt Tichermann, d v s tryckfallet i fördelnings- och samlingsrören är konstant för varje solfångare oavsett om den är placerad i början eller slutet av fördelningsledningen.

På grund av denna inkoppling samt solfångarens höga interntryckfall fördelas flödet jämnt mellan solfångarna inom gruppen utan hjälp av reglerventiler.

Kopplingsledningarna mellan solfångare och fördelnings/samlingsrör är utförda i koppar medan fördelnings/samlingsrör samt markkulvert är utförda i handelsstål, d v s standardrör i VVS-sammanhang.

Kopplingsledningarna är isolerade med mjuk cellplastisolering medan fördelnings- och samlingsrören är isolerade med rörsålar av polyuretanskum samt ytbeklädda med aluminiumplåt.

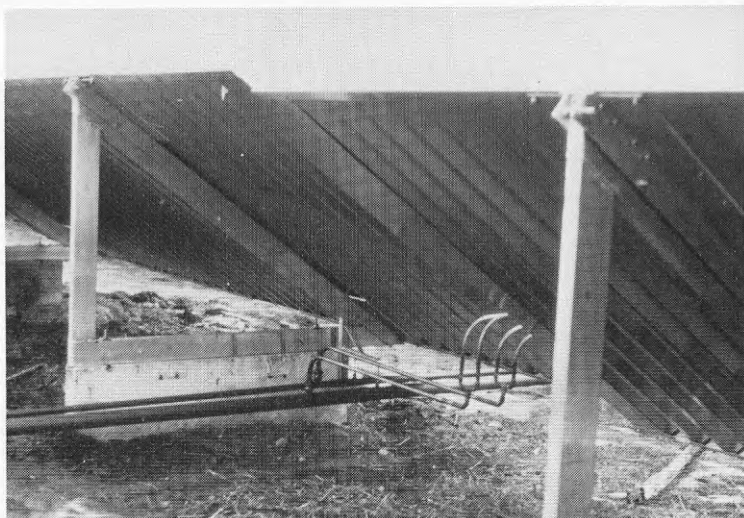


Bild 3 Fördelnings- och samlingsrör med kopplingsledningar

Fördelnings- och samlingsledningarna är pendlade i fundamenten under solfångarna på 0,3 m höjd över marken med anslutningar till solfångarna 2 och 2.

Mellan solfångarfältet och värmeväxlarcentralen löper en 200 m lång markförlagd kulvert med mediarör av handelsstål, mantelrör av PEH och isolering av polyuretanskum.

#### 3.4.4 Värmeväxlarcentral

I värmeväxlarcentralen finns en 1,0 MW:s plattvärmväxlare för överföring av värmen från solfångarfältets propylenglykolvattenblandning till fjärrvärmesidans värmevatten. Medeltemperaturdifferens vid dimensionerande effekt är 5 grad. C.

Solkretsen drivs runt av en lågflödespump på 0,25 kW vid uppstart och en normalflödespump på 11 kW vid drift.

Mellan värmväxlare och pump är ett avluftningsrör placerat som centralt avluftar systemet, främst vid idrifttagning.

Det öppna expansionskärlet står i förbindelse med avluftarröret och avluftningen sker via expansionskärlet.

Under första driftsåret kompletterades expansionskärlet med 2 st uppsamlingskärl på totalt 6 m<sup>3</sup> för att ej förlora solsidans systemvätska vid driftavbrott följt av kokning en solig dag. Kärnen placerades i en tillbyggnad till värmewäxlarcentralen.

På fjärrvärmesidan finns även en lågflödes- samt en normalflödespump på 0,2 resp. 1,1 kW.

Solvärmekretsen är fylld med 60%-ig propylen-glykolvattenblandning, vilket förhindrar fryshet ned till -40 grad. C. Solsystemet rymmer totalt 9 m<sup>3</sup>.

#### 3.4.5 Byggorganisation

Byggherre för anläggningen är Östersunds Fjärrvärme AB och arbetet utfördes som en general-entreprenad av Johnson Construction Co AB med Calor Celsius AB som rörentreprenör. Solfångarna levererades av Gränges Aluminium AB. Projektering utfördes av AB Andersson & Hultmark och Bengt Dahlgren AB.

Mätutrustningen installerades av Mätcentralen, Chalmers Tekniska Högskola, vilka senare även ombesörjde mätningen.

### 3.5 Framtida systemförändring

Under hösten 1986 kopplas Torvallas lågtemperaturnät samman med ÖFAB:s huvudnät via en värmeväxlare. Ihopkopplingen sker i södra delen av Torvallanätet, vilket medför att befintliga pannorna i norra delen av Torvalla-området kopplas av. Framledningsflödet kommer nu att komma från söder och gå mot norr, d v s tvärt om mot tidigare för större delen av bostadsområdet.

Solvärmecentralen som tidigare varmt returflödet från södra Torvalla-området kommer nu att, då returflödet ändrar riktning, värma det betydligt mindre returflödet från abonnenterna i norr.

Om några år kommer troligen norra delen av Torvalla-området att byggas ut, vilket ger samma driftförhållanden för solvärmeanläggningen som innan ihopkopplingen av näten.

Under en övergångsperiod på några år, ev. längre beroende på behovet av bostäder, kommer således solvärmeanläggningen att vara överdimensionerad för den nya uppgiften, vilket resulterar i höga medeltemperatur i solkretsen och sämre energiutbyte från solvärmeanläggningen.

Denna utvärdering är utförd för perioden innan ihopkopplingen av näten. Motivet till ihopkopplingen är enligt ÖFAB följande:

I huvudnätet finns produktionsanläggningar som producerar energi till låga priser. En värmepump om 10 MW tillvaratar värme från renat avloppsvatten. Fyra st fastbränslepannor om totalt 80 MW där bland annat torv från egen torvfläkt utgör bränsle ger en produktionskostnad på 0,08 - 0,12 kr/kWh.

Det lägre priset speglar sommarhalvårets kostnader då värmepumpen tillsammans med en stor ackumulator i stort sett täcker behovet av fjärrvärmeenergi.

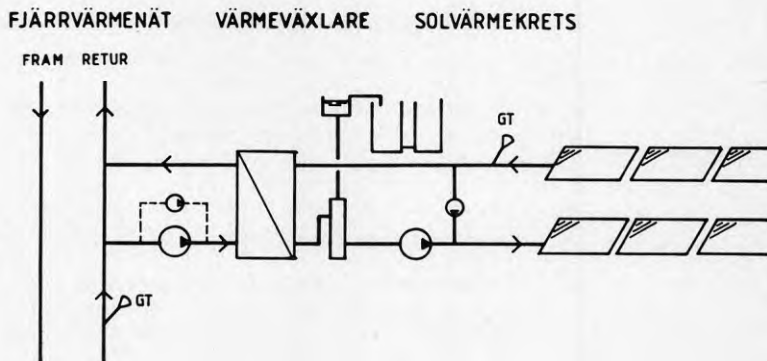
#### 4. DRIFTSTRATEGI

##### 4.1 Projekterad driftstrategi

Vid projekteringen eftersträvades en enkel drift med få driftfall.

Då temperaturen i solfångarna överstiger +20 grad. C startar lilla solpumpen P2-SOL och förvärmer solkretsen.

När solkretstemperaturen överstiger fjärrvärmenätets returtemperatur överförs värmeenergi till fjärrvärmenätet via värmeväxlaren, d v s pumparna på båda sidor om växlaren, P-SOL och P-FV, startar.



Figur 3 Principschema över värmeväxlarcentral

När solinstrålningen sjunker och temperaturen i solkretsen understiger fjärrvärmemetemperaturen stoppar P-FV.

P2-SOL fortsätter att gå tills temperaturer i solfångarna understiger +20 grad. C.

Driften inskränktes till:

- a) Start av systemet (P2-SOL).
- b) Värmeenergi till fjärrvärmenätet, låga flöden (P2-SOL, P2-FJ).

- c) Värmeenergi till fjärrvärmenätet, höga flöden (P1-SOL, P1-FV)
- d) Låga flöden vid lågt värmebehov (P2-SOL, P2-FV).
- e) Stopp av systemet

Samtliga driftfall innebär enbart start och stopp av pumpar, d v s inga flervägsventiler skall växla om flöden m m.

Trots detta visade sig reglerutrustningen svår att ställa in och opålitlig. De olika driftfallsinställningarna invercade på varandra och man erhöill ej alltid riktig funktion (pendling mellan P1/P2 pumpdrift m m), d v s reglersystemet var för komplicerat för att erhålla en tillförlitlig drift.

#### 4.2 Ny driftstrategi

Därför förenklades driften ytterligare under 1985 och endast ett produktionsdriftfall behölls enligt nedan.

- a) Start av systemet (P2-SOL går då temp. i solf. överstiger +20 grad. C)
- b) Värmeenergi till fjärrvärmenät (P1-SOL och P1-FJ går då solf.temp. överstiger fjärrvärmenätets returtemp. P2-SOL stoppar)
- c) Stopp av systemet (P2-SOL går tills solf.-temp. understiger +20 grad. C).

Denna strategi har gett tillförlitlig drift utan pendlingar.

I samband med ändring av driftfallen flyttades pump P2-SOL:s sugledning till en inkoppling innan värmväxlaren, vilket förhindrar frysning i värmväxlaren vid uppstart vintertid.

#### 4.3 Ackumulering i fjärrvärmekulverten

Då temperaturen på fjärrvärmesidan efter värmväxlaren överstiger +80 grad. C är rundcirkulationen betydlig och flödet ute fjärrvärmenätet ca hälften av fjärrvärmeflödet genom värmväxlaren. Vid denna temperatur öppnar en förbigångsventil i en undercentral långt från panncentralen och kortsluter fjärrvärmenätet, d v s låter framledningen gå direkt till returledningen, vilket leder till ökat flöde i nätet.

Returen kommer att anta samma temperatur som framledningen och hela nätet värms nu upp av solfångarna ett 10-tal grader över erforderlig framledningstemperatur, man får en ackumulering under några timmer.

#### 4.4 Övervakning

Tre larm finns installerade i värmväxlarcentralen som via ett summalarm överförs till drift-rummet i en av de centrala produktionsanläggningarna.

Larmen indikerar:

- a) Låg nivå expansionskärl. Systemet behöver fyllas med systemvätska
- b) Hög nivå uppsamlingskärl. En kokning i solfångarkretsen har orsakat att systemvätska breddat över expansionskärlet och till viss del fyllt uppsamlingskärlet.
- c) Pumpstopp. En pump som skall gå står still.

## 5. UPPFÖLJNING - MÄTNING

### 5.1 Byggtiden

Projektering av solfångaranläggningen och konstruktion av solfångaren utfördes under våren -82 och upphandling av entreprenörer gjordes juni -82.

Mark- och fundamentarbeten påbörjades under augusti och under september och oktober utfördes fundamentutplacering parallellt med montering av solfångare på fundamenten, grupp för grupp om 40 st solfångare. Solfångarna, 24 st per långtradare, lyftes direkt från flaket med frontlastare och placerades på resp. fundament.



Bild 4 Montering av solfångarna på fundament

Under november och december slutfördes rör och isoleringsarbeten i solfångarfält och värmeväxlarcentral och anläggningen fylldes med systemvätska.

Viss markförstärkning fick utföras men anläggnings- och monteringsarbetena gick bra. Några malörer inträffade.



Vid hanteringen krossades ett av de 160 st solfångarnas täckglas. Frostsprängning uppstod i ca 10 st solfångarens absorbatorrör med läckage till följd. Orsaken var kvarblivet vatten i solfångarna från provtryckningen på fabrik. Numera provtryckes absorbatorenerna alltid med glykolblandat vatten.

## 5.2 Driftperioden

1983, 1:a året:

Anläggningen fylldes på i december men startades upp i mars då solen återvände. Styr- och reglerutrustningen fungerade ej enligt funktionsbeskrivningen men efter flera justeringar gick den acceptabelt. Anläggningen producerade kontinuerligt energi men energiutbytet var mindre än förväntat p g a höga returtemperaturer i fjärrvärmenätet samt för lågt flöde på värmeväxlarens fjärrvärmesida. Detta orsakade höga arbetstemperaturer i solfångarkretsen med mindre effektutbyte till följd. Första driftsommaren kokade solfångarkretsen ur vid 4 tillfällen, troligen på grund av pumpstopp orsakat av reglerutrustningen.

För att råda bot på glykolförlusten vid urkokning installerades under sommaren 2 st 3 m<sup>3</sup> uppsamlingskärl samt påfyllningspump i anslutning till värmeväxlarcentralen.

Undercentralerna kontrollerades för att sänka fjärrvärmenätets returtemperatur och i några undercentralen upptäcktes styrventiler som stod helöppna. Ventilernas reglerutrustning hade inställda börvärden på 60 grad. C medan tillgänglig framledningstemperatur endast var 55 grad. C. Vätskekretsen blev således kortsluten och framledningsdelflödet in i returledningen höjde nivån på returtemperaturen. Trots åtgärder som bestod av höjning av framledningstemp. till 60 grad. C samt injustering av undercentralernas reglercentraler erhöles fortfarande höga returtemperaturer.

På vissa av solfångarna kunde man konstatera kondens som minskade vid god väderlek men ej försvann helt. Kontroll av temperatur- och flödesfördelning över de olika solfångarna och solfångargrupperna visade en jämn fördelning med en temperaturavvikelse från medeluttemperaturen ur solfångaren på max 1,5 grad. C. Temperaturhöjningen över solfångarna är ca 20 grad. C.

Två styck solfångarglas slogs sönder och fick bytas under säsongen.

1984, 2:a året:

Under vintern uppstod vid uppstart av solkretsen lokal frysning av värmväxlarens fjärrvärmevatten, vilket orsakade att värmväxlaren tillfälligt sprang läck.

I juni upptäcktes en rundgång i en kulvertbrunn mellan fram- och returledning. När denna stängts sjönk returtemperaturen under 40 grad. C.

En urkokning skedde under juli troligen p g a ojämn reglering då pendling ibland uppträdde mellan driftfallen lågt flöde/högt flöde och denna gång vid höga temperaturer.

Under senhösten upptäcktes ytterligare en rundgång i en kulvertbrunn. Denna gång var det en avtappningsledning som hade förbindelse med både fram- och returledningen som orsakade kortslutningen.

1985, 3:e året:

Under vintern gick lilla fjärrvärmepumpen kontinuerligt med ett nedstrypt flöde genom värmväxlaren för att förhindra frysning.

För att förenkla driften av anläggningen både med avseende på styr- och reglering samt frysrisk så installerades en ny och enklare reglercentral och en förbigångsledning innan värmväxlaren fram till lilla solpumpen, P2-SOL. Vid uppstart av systemet cirkulerar solkretsen exkl. värmväxlare med P2-SOL. Vid värmeenergi till fjärrvärmenätet startar P1-SOL och P2-FJ och P2-SOL stoppar.

Denna nya styrstrategi har fungerat tillförlitligt och inga driftstopp har inträffat under denna säsong.

För att öka flödet genom värmväxlarens fjärrvärmesida byttes motor med pumphjul och en strypventil demonterades.

Efter dessa åtgärder erhöles bra flöde på fjärrvärmesidan och medeltemperaturen i solfångarkretsen sjönk några grader, vilket motsvarar ett ökat energiutbyte upp mot 10% av solfångarnas årsvärmeutbyte.

Kondens på solfångarna uppträder fortfarande och på 6 st är det konstant mycket kondens på insidan av täckglasen.

En ruta slogs sönder och fick bytas under sommaren.

P g a byte av oljepannor hösten -86 till en panna utan shuntmöjlighet för framledningstemperaturen var framledningstemperaturen denna säsong 70 grad. C mot tidigare 60 grad. C. Denna högre framledningstemperatur medför ett lägre fjärrvärmefflöde, vilket resulterar i större rundcirkulation och därmed högre temperaturer kring värmeväxlaren.

### 5.3 Mätanläggningen

Utrustningen består av en mät dator typ Apple II, en voltmeter typ Solatron 7055, en scanner/pulsräknare, mätstabilisator, frekvensdelare samt en floppy disc för lagring av mätdata.

Givarna består av 2 st flödesmätare typ Litremeter, 8 st temperaturmätare typ termoelement Cu/konstantan (differenstemperaturer mätta med termostaplar av 5 seriekopplade termoelement), en solinstrålningsmätare typ Kipp & Zonen CM5 samt en elmätare typ ERMI.

Mätvärden insamlas var annan minut och lagras i form av timvärden.

Under första året inträffade flera mätavbrott p g a smuts i flödesgivare. Därför kunde tillförlitliga mätdata erhållas först från och med juni -83. Dessutom stannade mät datorn vid ett tillfälle, troligen på grund av problem med elnätet.

Under andra året råkade mätsystemet ut för driftavbrott vid underhållsarbeten i värmväxlarcentralen. Någon kom åt en kabelhärva som var kopplad till mät datorn. Dessutom fallerade en voltmeter för omvandling av temperaturer.

Inför 3:e mätåret gjordes en service av mätutrustningen.

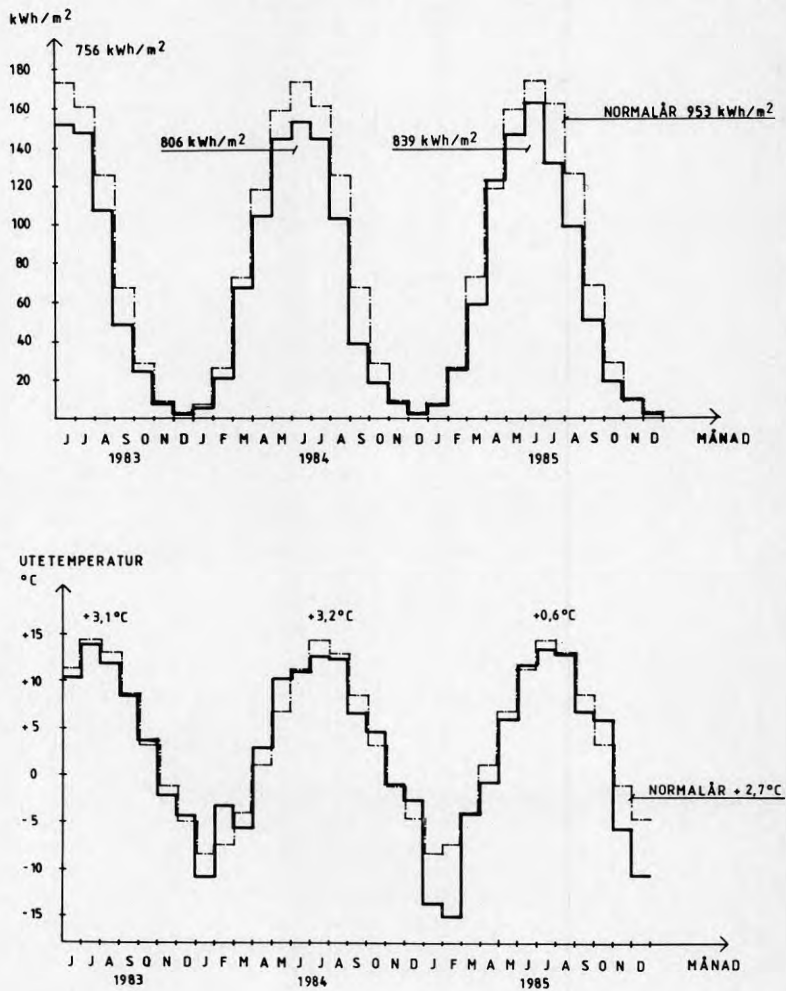
Vid 2 tillfällen har disketter med mätdata skadats under posttransport från Östersund till Mätcentralen i Göteborg.

Under mätperioden saknas således mätdata från 7 dagar -83, 49 dagar från -84 och 22 dagar från -85.

I utvärderingen har antagits att medelvärdet av mätdata från resp. månad är representativa för de saknade dagarnas mätvärden.

6. MÄTRESULTAT6.1 Klimat

Solinstrålningen mot horisontalplanet under ett normalår i Östersund är 953 kWh/m<sup>2</sup>. Normalårsmedeltemperaturen är +2,7 grad. C.



Figur 5 Solinstrålning mot horisontalplanet resp. medeltemp. månadsvis med kurva för normalår (källa (SMHI)

Under 1983 var solinstrålningen 755 kWh/m<sup>2</sup> d v s endast 79% mot normalt. Utetemperaturen var över normal, +3,1 grad. C.

1984 var solinstrålningen mot horisontalplanet 806 kWh/m<sup>2</sup> vilket är 85% av normalinstrålningen. Medelutemperaturen över året var 3,2 grad. C.

1985 ökade solinstrålningen mot horisontalplanet till 839 kWh/m<sup>2</sup> vilket är 88% av normalinstrålningen. Medelutemperaturen var detta år lägre än normalt, 0,6 grad. C.

## 6.2 Brukare

### 6.2.1 Energiförbrukning

Torvalla-området har byggts ut successivt och 1983 var förbrukningen 10.200 MWh, 1984 11.900 MWh för att 1985 vara 14.900 MWh.

Detta motsvarar en förbrukning på 160 kWh/m<sup>2</sup> bostadsyta. En sjättedel av Torvalla-abonnenterna ligger på en kulvertnätsgren som ej passerar solvärmecentralen och således förväms dess returledning ej med solvärme.

### 6.2.2 Temperaturer i fjärrvärmenätet

Framledningstemperaturen har ej mätts under utvärderingstiden men enligt driftspersonalen vid ÖFAB har framledningstemperaturen legat vid 60 grad. C under sommarhalvåret 1984 och 1985 förutom månaderna maj och juni då framledningstemperaturen höjts till 70 grad. C p g a en oljepanna som ej tål lågtemperaturdrift.

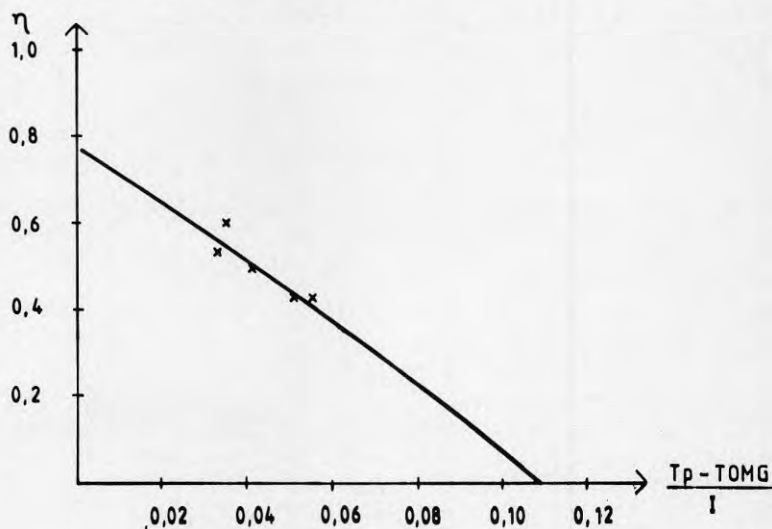
Returtemperaturerna har legat över förväntade 30-40 grad. C under 1983 då returtemperaturen legat upp mot 50 grad. C. Under 1984 sjönk returtemperaturen till ca 42 grad. C för att under 1985 sjunka ytterligare till ca 33 grad. C. Sänkningen beror på åtgärdade förbigångsledningar som tidigare blandat in framledningsvatten i returledningen samt i viss mån på att ovannämnda oljepannedrift givit höga framledningstemperaturer, vilket resulterat i låga flöden och väl avkylning av returledningen ut från undercentralernas värmeväxlare.

### 6.3 Solfångarna

#### 6.3.1 Effektutbyte

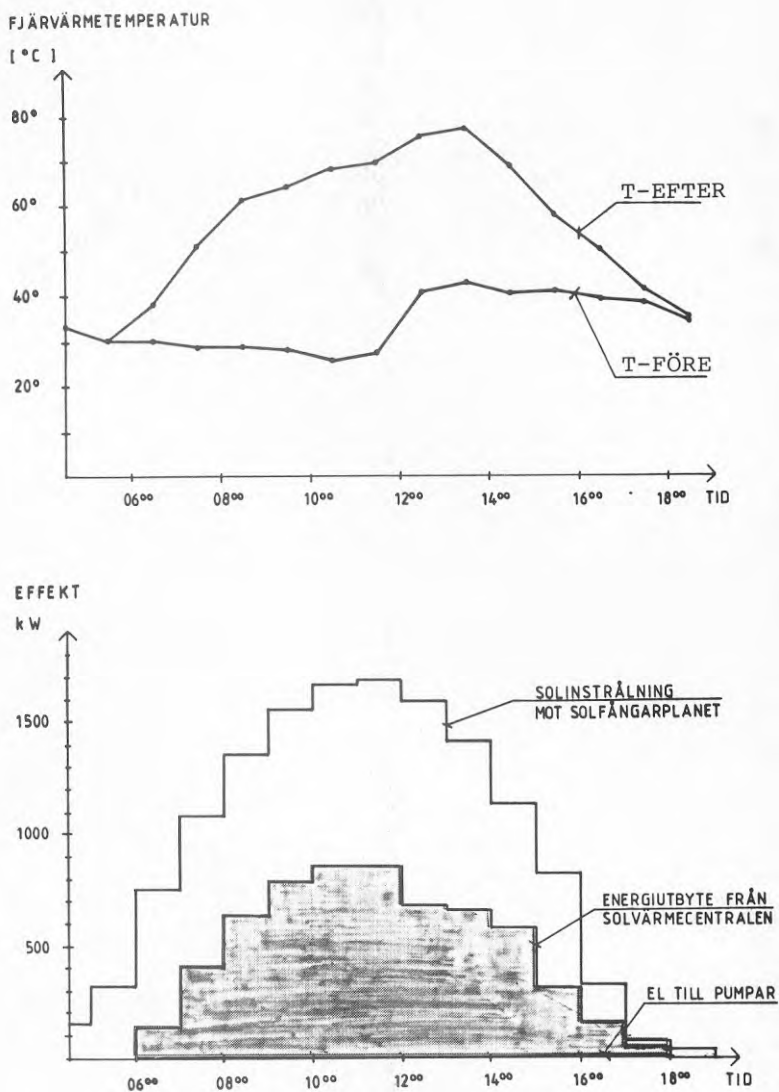
Systemets momentanverkningsgradskurva har mätts upp utifrån flera olika driftpunkter vid stadiga väderleksförhållanden och anpassat till beräknad modulverkningsgradskurva då verkningsgraden vid lågt resp. högt värde på x-axeln ej är uppmätt.

#### SYSTEMVERKNINGSGRAD



Figur 6. Momentan systemverkningsgrad som funktion av solfångartemperatur minus omgivningstemperatur dividerat med solinstrålningen

Nedan redovisas effekt timme för timme en sommar- dag samt temperatur i fjärrvärmenätets returledning. Efter kl 12.00 stiger temperaturen i både returledning från abonnenter och returledningen efter solvärmecentralen då fjärrvärmeflödet varit så lågt att by-passventilen i längst bort belägna undercentralen måst öppna för att säkerställa kylning av solfångarkretsen samt för att ackumulera energi till kvällen.



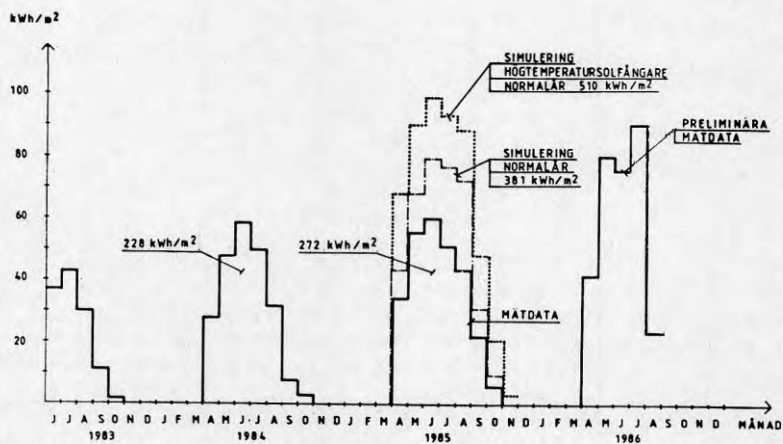
Figur 8. Fjärrvärmenätets returtemperaturer före och efter solvärmecentralen som funktion av tid. Solinstrålning samt energiutbyte och el till pumpar under samma dag som funktion av tid.



### 6.3.2 Energiutbyte

Under första driftsäsongen 1983 startade mätningen upp i juni och energiutbytet var 209 MWh under perioden juni-december. Verkningsgraden d v s energi från solkrets genom totalinstrålning mot solfångarplanet, under denna period var 21%.

Första hela mätåret 1984 var energiutbytet 388 MWh (228 kWh/m<sup>2</sup>) vid en energiviktad medeltemperatur i solvärmekretsen på 63,2 grad. C. Motsvarande energiviktade medeltemperatur i fjärrvärmekretsen kring värmeväxlaren var 56,5 grad. C. Man förlorade alltså 5,8 grad. C i medeltemperatur vid växlingen mellan glykolkretsen och fjärrvärmekretsen, vilket är för mycket.



Figur 6. Uppmätt energiutbyte från solfångarfältet månad för månad samt simulerat energiutbyte för normalårsinstrålning samt för normalårsinstrålning med högttemperatursolfångare.

Den energiviktade medelövertemperaturen, d v s solfångarkretstemperaturen relaterad till utetemperaturen var 45,9 grad. C. Årsverkningsgraden var 20%.

Andra hela mätåret, 1985 var energiutbytet 463 MWh (272 kWh/m<sup>2</sup>) vid en energiviktad medeltemperatur i solvärmekretsen på 49,4 grad. C. Motsvarande energiviktade medeltemperatur i fjärrvärmekretsen kring värmväxlaren var 46,9 grad. C. Förlusten i medeltemperatur över värmväxlaren var således 2,5 grad. C, detta år. Den energiviktade medelövertemperaturen var 33,9 grad. C och årsverkningsgraden 30%.

Under 1985 var således medelövertemperaturen i solvärmekretsen hela 12 grad. C lägre än året innan, trots att Östersund 1985 hade 3 grader C lägre årsmedelutetemperatur. Orsakerna är de lägre fjärrvärmereturtemperaturerna (8 grad. C), den lägre temperaturför lusten över värmväxlaren (3 grad. C) samt den nya regleringen med endast fullflödesdrift i solvärmekretsen (2 grad. C).

Energi till pumpar i värmväxlarcentralen var under samma period 17 MWh, d v s 4% av producerad energi.

Genom att utgå från Torvallaanläggningens systemverkningsgradskurva och simulera energiutbytet vid ett normalår fås energiutbytet 650 MWh (381 kWh/m<sup>2</sup>) vid en energiviktad medeltemp. i solfångarkretsen på 49 grad. C, normalårsinstrålning på 953 kWh/m<sup>2</sup> mot horisontalplanet samt årsmedeltemperatur utomhus på +2,7 grad. C. Årsverkningsgraden i detta fall blir 30%.

Detta resultat stämmer väl med prognoserade 386 kWh/m<sup>2</sup> vid normalår och 43 grad. C medeltemperatur i solfångarna över året, se (4).

Om Torvalla hade byggts idag med dagens (1986) högtemperatursolfångare, där konvektionshinder och mindre omslutningsyta kontra aperturyta förbättrar energiutbytet, skulle årsproduktionen vara 870 MWh (510 kWh/m<sup>2</sup>) vid en medelviktad medeltemperatur i solfångarkretsen på 49 grad. C. Årsverkningsgraden blir här hela 40%.

Detta energiutbyte gäller med antagandet att systemförlusten är 5% av årsenergiutbytet från solfångarmodulerna.

## 7. EKONOMI

### 7.1 Drift- och underhållskostnader

Drift- och underhållskostnaderna fördelar sig på el till pumpar, tillsyn, service och reparationer av glas, värme i apparatrum m m.

El till pumpar:

Under en driftsäsong åtgår ca 17 MWh, vilket med elenergipriset 35 öre/kWh ger årskostnaden 6.000:--.

Tillsyn:

Tillsynen innebär i huvudsak kontroll av drift hos 3 st pumpar, kontroll av vätskenivå i expansionskärl samt avläsning av en energimängdsmätare.

Under driftsäsongen (april t o m okt) är det lämpligt med ett besök per vecka i solvärmecentralen a` 1 timme. Under driftsäsongen bör dessutom solfältet kontrolleras en gång i månaden vilket tar ytterligare en timme per månad. Under vintermånaderna bör solvärmecentralen besökas en gång per månad (1 tim/gång). Total tidåtgång: 40 timmar per år, vilket med en timkostnad på 200 kr/tim ger årskostnaden 8.000 kr. Dessutom finns ett telenätsanslutet larm installerat för driftsstörningar där abonnemang- et utgör en kostnad på 1000 kr/år, totalt 9.000 kr.

Service och reparationer:

Kostnaden för reparationer av glas (2.000 kr/glasbyte), glykolarsättning 400 l/år (4.000 kr), reserv för pumpreparationer m m är per år 9.000:--.

Värme i apparatrum och kulvert under avställningstid 700 kr.

Summa: 24.700 kr/år

Drift- och underhållskostnaden per motsvarar således ca 0,8 % av investeringen.

I Torvalla-anläggningen kan underhållskostnaderna öka med åren, då rörledningarna ovan mark under del av året ligger i blöt snö, varför rostangrepp med påföljande utbyte av rörledningar kan befaras behöva utföras.

I senare byggda solvärmesystem har denna typ av rörförläggning frångåtts.

7.2 Anläggningskostnad samt energipris

Anläggningen uppfördes som en generalentreprenad där totalkostnaden för anläggningen var 3,2 milj. kronor (1.530 kr/m<sup>2</sup> solfångaryta).

Kostnaderna fördelade sig på:

|   |                     |
|---|---------------------|
| Generalentreprenad<br>Bygg, VVS, El                               | 1.100.000:--        |
| Solfångarleverans med totalt<br>1920 m <sup>2</sup> absorbatoryta | 1.200.000:--        |
| Kulvert mellan solfält och<br>värmväxlarcentral                   | 560.000:--          |
| Projektering och kontroll   | 230.000:--          |
| Markköp   | 60.000:--           |
| Anslutningsavgift   | 20.000:--           |
| Övrigt  | + 30.000:--         |
|   | <u>3.200.000:--</u> |

Vid normalår är energiutbytet från anläggningen 650 MWh.

Med 25 års avskrivningstid och 4% realränta (realränta = nominell ränta - inflation) är annuiteten 0,064 vilket ger en årlig kapitalkostnad på 204.800:--.

Med uppskrivning av investeringskostnaden med konsumentprisindex till dagens penningvärde med en faktor 1,16 (juli-82 till aug-86) blir kapitalkostnaden 238.000:--.

Drift- och underhållskostnaden är ca 25.000:-- per år.

Årskostnad: 263.000:--

Energipriset i Torvalla blir således

$$\frac{263.000}{650.000} = 0,40 \text{ kr/kWh}$$

Med dagens teknik och priser skulle en solvärmeanläggning med 1700 m<sup>2</sup> högtemperatursolfångare i jämförelse med effektiva absorberfältet 1702 m<sup>2</sup> i Torvalla producera 870 MWh/år och kosta 2,55 milj. kr (1.500 kr/m<sup>2</sup>).

(För ett stort fjärrvärmenät sjunker investeringskostnaden för solfångarfältet ned till 1.200 kr/m<sup>2</sup>).

Med 25 års avskrivningstid och 4% realränta fås en kapitalkostnad på 163.000:-- per år.

Med samma drift- och underhållskostnad, 25.000:-- blir årskostnaden 187.000:-- och energipriset 0,22 kr/kWh.

Idag fås dessutom för solvärmeinstallationer i fjärrvärmenät ett 25%-igt statligt bidrag, vilket sänker årskostnaden till 147.000:-- och energipriset till 0,17 kr/kWh

Med 6% realränta blir energipriset 0,25 kr/kWh resp. 0,20 kr/kWh vid 25%-igt bidrag.

## 8. SLUTSATSER

Byggandet av anläggningen gick smidigt trots att det var en experimentanläggning. Installationer i värmecentralen har måst kompletteras i efterhand för att förbättra och förenkla driften, vilket gett en driftsäker anläggning.

Anmärkningsvärt är att solfångarfältet ej vållat något bekymmer. Inga omkonstruktioner eller driftavbrott har orsakats av solfångarfältet.

Systemfilosofin med klena tubdimensioner och höga tryckfall, endast en reglerventil per 40 solfångare med bibehållen god flödesfördelning mellan solfångarna samt endast central avluftning, har fungerat över förväntan.

Solfångarna borde ha placerats ca 0,5 m högre ovan mark för att få självras av snö ner från solfångarglasen på våren, samt för att få upp ledningarna på betryggande höjd ovan snön. Idag medför den låga solfångarplaceringen att solfångarnas samlings- och fördelningsledningar täcks av snö och is samt att idrifttagningen på våren försenas om ej snödrivorna framför solfångarna skottas undan.

Lösningen med fördelnings- och samlingsrör ovan mark inom solfångarfältet omöjliggör snöröjning samt gräsklippning med fordon mellan solfångarraderna.

Solfångarens spröjsprofiler som bär upp täckskivorna samt gummilister i anslutning till dessa är olämpligt utformade. Dess tilltagna bredd skymmer del av absorбатыtan från solljus vilket reducerar utnyttjningsbar absorбатыta från 1.920 m<sup>2</sup> totalabsorбатыta till 1.703 m<sup>2</sup> solbelyst absorбатыta. Senare typer av solfångare har smäckrare spröjsprofiler.

Energiproduktionen i solvärmeanläggningar och framförallt denna anläggning med solfångare utan konvektionshinder är starkt beroende av temperaturnivån i solfångarkretsen, vilken beror av temperaturen i det uppvärmda mediet. I detta fall fjärrvärmenätets retur. För att få gott utbyte krävs därför en organisation som kontrollerar och omgående åtgärdar fel så att returtemperaturerna hålls på en acceptabelt låg nivå.

För att erhålla en tillförlitlig drift bör en enkel reglering med endast ett produktionsdriftfall väljas. Driftfallet innebär start (stopp) av enhastighetspumpar utan reglering av uttemperatur ur solvärmväxlaren, vilket innebär att temperaturhöjningen genom värmväxlaren varierar och beror av solinstrålningen.

För att ej förlora systemvätska vid driftavbrott bör uppsamlingskärl finnas i anslutning till säkerhetsventilerna.

Vid nybyggnad av solfjärrvärmearläggningar bör man välja högtemperatursolfångare då energiutbytet från dessa är högre och okänsligare för variationer i fjärrvärmenät- och utomhustemperatur vilket ger bättre total ekonomi.

Denna form av stora solvärmearläggningar för fjärrvärmenät utan lagring är den mest lönsamma formen av solvärme alla kategorier





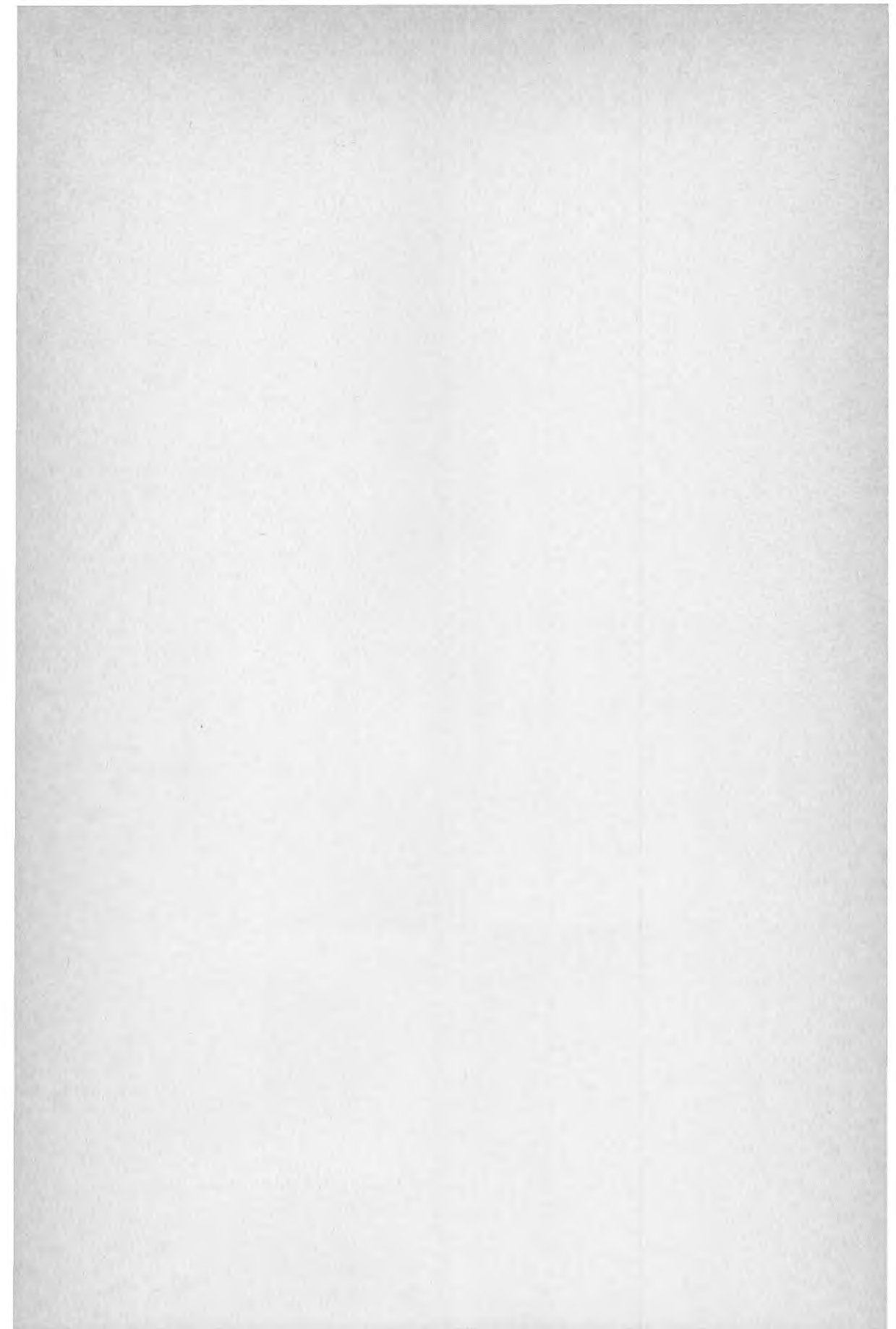




## REFERENSLISTA

- (1) VVS-handboken, 1984 (Förlags AB VVS), Stockholm
- (2) SMAI Solinstrålningsdata dat. 810601
- (3) G. Hultmark, J. Gräslund, Solfångare på mark i stora moduler. BFR-rapport R110:1984, Stockholm  
Flödesfördelning, konstruktion, verkningsgrad
- (4) A. Bernestål, G. Hultmark, Solvärmekompletterat fjärrvärmesystem för Torvallaområdet i Östersund, Förstudie, BFR-rapport R13:1982, Stockholm







**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 811816-5  
från Statens råd för byggnadsforskning till Östersunds  
Fjärrvärme AB, Östersund.**

**R38: 1988**

**ISBN 91-540-4892-3**

**Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm**

**Art.nr: 6708038**

**Abonnemangsgrupp:  
Ingår ej i abonnemang**

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

**Cirkapris: 33 kr exkl moms**