



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**

**R107:1983**

**Sjövattenvärme för blockcentral  
vid Kvarnberget i Falun**

**Förstudie**

**Ragnar Annerskog  
Thommy Bustad**

*K  
AM*

INSTITUTET FÖR BYGGDOKUMENTATION	
Accnr	Plac <i>Scr</i>

**Byggeforskningsrådet**

R107:1983

SJÖVATTENVÄRME FÖR BLOCKCENTRAL  
VID KVARNBERGET I FALUN

Förstudie

Ragnar Annerskog  
Thommy Bustad

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag  
820406-0 från Statens råd för byggnadsforskning  
till Fastighetsaktiebolaget Kopparstaden, Falun.

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

R107:1983

ISBN 91-540-3967-3  
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm  
LiberTryck Stockholm 1983

## INNEHÅLL

SAMMANFATTNING .....	5
1. ALLMÄNT OM PROJEKTET .....	7
1.1 Bakgrund .....	7
1.2 Problem .....	8
1.3 Projektet .....	9
2. SJÖAR - SJÖVÄRME .....	11
2.1 Inledning .....	11
2.2 Naturliga värmeomsättningen i sjöar .....	11
2.3 Temperaturmätningar .....	14
2.4 Bottentopografi .....	18
2.5 Vattenströmningar .....	20
3. BEFINTLIGT VÄRMESYSTEM .....	21
3.1 Bostadsområdet .....	21
3.2 Befintligt värmesystem .....	22
3.3 Effekt och energibehov .....	23
4. MODIFIERAT SYSTEM .....	25
4.1 Allmänt om värmepumpen .....	25
4.2 Värmepumpskomplettering - dimensionering .....	27
4.3 Värmepumpskomplettering - teknisk lösning .....	28
4.4 Fördelning av energislag .....	31
5. EKONOMI .....	33
5.1 Investeringar .....	33
5.2 Driftskostnader/år .....	34
5.3 Lönsamhet .....	35
6. REFERENSLISTA .....	37





## SAMMANFATTNING

### Bakgrund

Syftet med projektet har varit att studera om det är tekniskt och ekonomiskt möjligt att via en värmepump-anläggning ta tillvara värme ur en ytvattenförekomst och täcka en del av ett bostadsområdes energibehov. Studieobjektet har utgjorts av en vik av sjön Runn och en värmecentral för stadsdelen Kvarnberget i Falun.

Stadsdelen utgörs till största delen av flerbostadshus, med totalt 493 st lägenheter. Till stadsdelen hör även Domänverkets huvudkontor. Totalt uppgår bostads- och lokalytan för området till ca 50 000 m<sup>2</sup>. Värmeeffektbehovet för stadsdelen bedöms till ca 4,5 - 5,0 MW och energibehovet ca 11,5 GWh/år.

Uppvärmningssystemet för stadsdelen utgörs av en olje- och elbaserad värmecentral, ett primärkulvertsystem för distribution av hetvatten (120/70 °C) till Domänverkets lokaler och ett sekundärkulvertsystem för distribution av varmvatten (90/70 °C) och tappvarmvatten (55 °C) till bostadsområdet. Installerade panneffekten i värmecentralen är för närvarande för oljedrift ca 7,0 MW och för eldrift ca 5 MW.

### Värmekällan

Strax intill stadsdelsområdet ligger sjön Runn. En vik av sjön avses att användas för energiutvinning. Maxdjupet i viken varifrån energin skall utvinnas är ca 6-7 m. Temperaturmätningar av området vintertid ger vid handen att temperaturnivåerna är gynnsamma, ca 2-3,5°C, som lägst.

### Värmepumpsystemet

Sjövattnet avses att pumpas direkt till värmepumpens förångare. I förångaren sänks sjövattemperaturen ett par grader. Eftersom förångaren kan konstrueras och dimensioneras så att den tål påfrysning tillåts så pass låga ingående sjövattemperaturer som  $+1^{\circ}\text{C}$  a  $+2^{\circ}\text{C}$ .

### Modifierat system

Värmeförsörjningssystemet för bostadsområdet kompletteras med en värmepumpanläggning, om ca 1250 kW värme. Befintliga värmeväxlarenheter inom värmeförsörjningssystemet bibehålles med nuvarande inkoppling. För att få maximal drift av värmepumpen inkopplas även bostadsområdets tappvarmvattenberedning till värmepumpssystemet. När effektbehovet överstiger 1250 kW och värmepumpen ej ensam räcker till kompletteras befintlig värmeanläggning. Värmepumpssystemet beräknas täcka ca 70% av bostadsområdets energibehov.

### Lönsamhet

För drift av värmepumpen har endast elmotordrift studerats. Denna har sedan jämförts ekonomiskt med den befintliga värmeanläggningen.

Investeringskostnaden för värmepumpssystemet beräknas till ca 6,1 Mkr. Med denna investering uppnås en driftskostnadsbesparing på ca 920 000:-/år, vilket ger en pay-off tid på ca 6,6 år. Enligt nuvärdesmetoden kommer värmepumpanläggningen att medföra efter den tekniska/ekonomiska livslängden 15 år ett överskott om ca 4,7 Mkr, då ränta på lånat kapital satts till 13,5%, inflationen till 9% och energiprisökningar utöver inflationen till 2%.



## 1. ALLMÄNT OM PROJEKTET

### 1.1 Bakgrund

Osäkerheten för den framtida energiförsörjningen har medfört ett ökat intresse för att utnyttja mera okonventionella energikällor. Värmepumpen har härvid kommit att inta en central roll när det gäller att tillvarata de mera lågtempererade energikällorna.

Först på senare tid har således värmepumpen utnyttjats i någon större omfattning inom uppvärmningstekniken. Tidigare förknippades värmepumpen med framför allt kylalstring, då konstruktionen nyttjas huvudsakligen såsom kylmaskin sedan slutet av 1800-talet. Följaktligen är dess konstruktion och driftsätt väl beprövat. De idag installerade värmepumpsapplikationerna i värmesystemen rör sig storleksmässigt från några fåtal kilowatt till ett tiotal megawatt värme per enhet.

Bland de värmekällor som kan komma att utgöra en bas för en framtida värmeförsörjning är bl a ytvatten, varmed avses sjöar och vattendrag. Under lämpliga förhållanden kan betydande värmemängder uttas ur en ytvattenförekomst. Dessvärre kan i samband med värmeutvinning både tekniska som praktiska problem uppstå då flera av våra ytvattensystem vintertid håller mycket låga temperaturer. I vissa fall kan t ex sjö- och älvvatten vintertid vara så kallt att de med dagens teknologi ej går att nyttja för värmepumpsdrift. Noggranna undersökningar av den tilltänkta ytvattenförekomstens temperaturgradienter, årstidsvariation, och bottenpografi måste sålunda vidtas innan ideen kan bli verklighet.

## 1.2 Problem

De värmepumpar som för närvarande finns för kommersiellt bruk bör inte leverera ett värmevatten med en högre temperatur än max +70°C. Även om det är möjligt att överstiga denna temperatur är det inte önskvärt då andelen tillförd energi för att driva processen ökar med en stigande värmebärartemperatur.

Vid nyprojektering och nyproduktion kan man redan från början anpassa värmesystemen för en värmepumpsanslutning i värmesystemet medan för de flesta befintliga värmesystemen, som ur värmesynpunkt är dimensionerade med höga drifttemperaturer, måste ett flertal faktorer tas i beaktande vid en värmepumpskomplettering.

Den för energiutvinning avsedda värmekällans kvalitet och energiinnehåll, avståndet värmekälla - uppvärmningsobjekt är andra faktorer som måste tas i beaktande vid en värmepumpskomplettering.

Denna rapport behandlar i huvudsak de frågeställningar som uppkommer när en sjövättensbaserad värmepumpsanläggning skall utnyttjas i ett befintligt värmesystem för ett flerbostadsområde.

De faktorer som i första hand studerats är följande:

- kvaliteten på värmekällan
- val av lämpligt värmeupptagningssystem
- anpassning av befintligt värmesystem till en värmepump
- investerings- och lönsamhetskalkyler

### 1.3 Projektet

Fastighetsaktiebolaget Kopparstaden i Falun är ett kommunalt bolag som äger och förvaltar ett stort antal lägenheter inom Falu kommun. I stadsdelen Kvarnberget i Falun äger bolaget en värmecentral som dels försörjer 493 egna lägenheter samt även Domänverkets huvudkontor.

Från denna värmecentral levereras värme till ca 50 000m<sup>2</sup> bostads- och lokalyta. Installerad panneffekt uppgår till för oljedrift ca 7,0 MW och för eldrift ca 5MW. Energiförbrukningen uppgår till ca 1000 m<sup>3</sup> olja/år och ca 3,3 GWh el/år.

Med tanke på det relativt korta avståndet från värmecentralen till sjön Runn, ca 400 m, faller det sig naturligt att undersöka de tekniska och ekonomiska möjligheterna för att ansluta en värmepumpanläggning med sjövatten som energikälla till värmeförsörjningssystemen för stadsdelen.

För ett praktiskt genomförande av projektet spelar här energikällans kvalitet en avgörande roll, varför detta beaktats med prioritet i utredningsarbetet i form av fältnätningar av bottenpografi och vattentemperaturer.

Vidare har speciellt studerats styrning och samkörning mellan värmepumpanläggning och befintligt system, samt värmeupptagningsteknik i sjön där även tidigare utförda projekt har studerats. I övrigt har sedvanliga systemprinciper, inkluderat ledningsförläggning, placering av värmepump etc, utnyttjats.

För att få ett trovärdigt och fylligt beslutsunderlag har stor vikt lagts vid arbetet med beräkning av investeringskostnader och lönsamhetskriterier.



## 2. SJÖAR - SJÖVÄRME

### 2.1 Inledning

Innan man började studera sjöar som tänkbar värmekälla för olika typer av värmepumpssystem, utgick man från det mer eller mindre vedertagna antagandet att vattentemperaturen vid bottenkiktet aldrig understeg  $+4^{\circ}\text{C}$  vintertid. Antagandet baserades till stor del på det faktum att sötvatten vid den temperaturen uppnår sin maximala specifika vikt. I samband med de studier som på senare tid utförts angående värmeutvinning ur sjöar, har det dock visat sig att botten-temperaturen vintertid kan anta betydligt lägre värden.

Med tanke på ett kontinuerligt värmeuttag är vikten av att erhålla höga botten-temperaturer vintertid avgörande. Speciellt då man ämnar utta sjövärmens direkt i värmepumpssystemet.

### 2.2 Naturliga värmeomsättningen i sjöar

Sjötemperaturen varierar under året och följer ett typiskt årstidsbundet förlopp. Under uppvärmning på våren bildas ett temperatursprångskikt på några meters djup. Varmare och lättare vatten överlagrar ett kallare och därmed tyngre vatten.

Densitetsgradienterna i språngskiktet utgör ett hinder för blandning mellan ytvattnet och bottenvattnet och den fortsatta uppvärmningen sker i huvudsak i ytskiktet. Bottenvattnets temperatur stiger endast långsamt till någon eller några grader över  $+4^{\circ}\text{C}$ , beroende på djupet.

Djupet till språngskiktet ökar succesivt i små, vindskyddade och grumliga sjöar under sommaren och hösten pga vindblandningen, medan sjöar som har stora öppna ytor, kraftiga vindar och klart vatten har ännu större språngskiktsdjup ( $>10\text{m}$ ).

I grunda sjöar (<5 a 10 m) utbildas i regel inget språngskikt annat än temporärt på våren. Undantag kan dock finnas i extremt vindskyddade och grumliga sjöar.

Under hösten avkyls vattnet vid ytan och dess densitet ökar. Vi får härigenom en konvektiv omblandning, höstomblandningen, i hela ytskiktet ned till den nivå i språngskiktet där temperaturen är samma som i ytan. Avkylningen sker således homogent i en stor vattenvolym tills temperaturen i hela sjön sjunkit till +4°C. I djupa sjöar går därför avkylningen långsamt.

Efter höstomblandningen blir det ytterligare avkylda vattnet i ytan lättare än underliggande vatten och vi får ånyo en stabil densitetsskiktning.

Densitetsskillnaderna i intervallet 0-+4°C är emellertid så små att vindomblandning under denna period kan medföra att vattnet kyls till betydligt under +4°C till avsevärt djup. Efter isläggningen sker däremot ingen ytterligare kylning av sjöns djupare delar.

Vattentemperaturen i en sjö är i regel som lägst vid isläggningen för att sedan under vintern stiga något pga värmeavgivning från sedimenten. De faktorer som styr "starttemperaturen" är vindhastighet och lufttemperatur under perioden strax före isläggningen samt sjöns storlek, djup och form. Kraftig vind, stora öppna sjöytor samt en lång period med låg lufttemperatur bidrar till låg vattentemperatur medan en snabb avkylning vid svaga vindar ger hög temperatur i huvuddelen av vattnet.



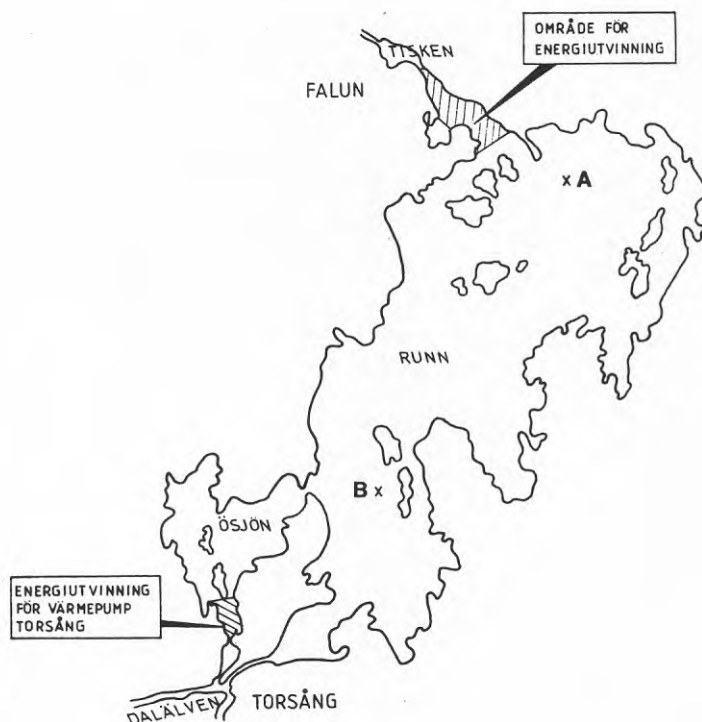
Under vintern isolerar istäcket vattnet från värmeutbyte med atmosfären och omblandning pga vind förhindras. Värmeutbytet med omgivningen minskas radikalt och utgöres i huvudsak av värmeledning från sedimenten och värmetransport med genomströmmande vatten. Vattenskiktet närmast botten uppvärms och kan genom sin högre densitet rinna ned i sjöns djupaste del.

Grunda sjöar uppvärms mera än djupa och kan så småningom uppnå ett tillstånd där värmen från sedimenten leds upp till isen i samma takt som det tillföres.

Uppvärmning av vattnet genom solinstrålning kan börja redan innan isen har smält. Uppvärmningen ger på samma sätt som höstavkylningen en konvektiv omblandning av vattnet tills temperaturen i hela sjön har nått +4°C. Detta kallas våromblandningen. Efter denna kan ånyo en stabil temperatur- och densitetsskiktning utbildas.

### 2.3 Temperaturmätningar

För att få en kännedom om temperaturförhållandet vintertid i den aktuella delen av sjön Runn, har temperaturmätningar för denna förstudie genomförts vid två tillfällen. Den första utfördes den 17 mars 1982 och den andra den 19 januari 1983. Mätområdets läge i förhållande till sjön framgår av figur 1.



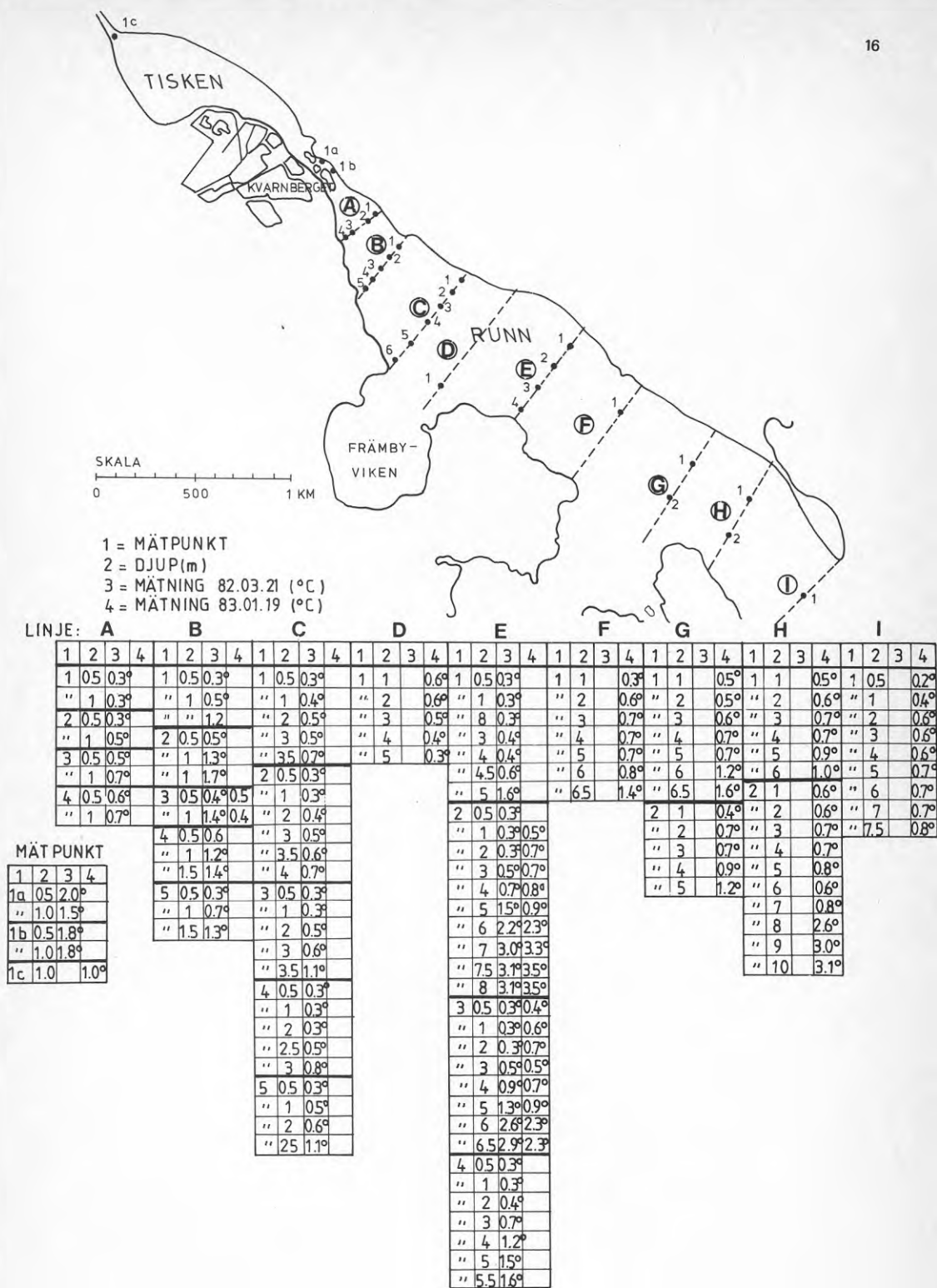
FIGUR 1. KARTSKISS ÖVER SJÖN RUNN MED MARKERING AV OMRÅDET FÖR ENERGIUTVINNING.

Första temperaturmätningen genomfördes med två mätpunkter vid de inre delarna av viken och med ett antal längs 4 parallella linjer, snitt strand till strand.

Med ledning av resultatet från det första mättillfället ändrades förfarandet något vid den andra mätningen. Förutom att antalet parallella linjer utökades med fyra linjer, reducerades antalet mätpunkter per linje till maximalt två. De två mätningarna vid de inre delarna av viken ersattes med en enda vid Faluåns utlopp i sjön Tisken, strax ovanför egentliga mätområdet.

Vid båda tidpunkterna mättes temperaturen i djupled med intervallet 0,5 m och 1,0 m. Intill botten gjordes mätningarna tätare i djupled.

De uppmätta vattentemperaturerna vid de två mättillfällena framgår av figur 2, där de redovisas i tabellform med markering för mätpunkternas geografiska läge i viken.



FIGUR 2. TEMPERATURMÄTNINGARNA INOM MÄTOMRÅDET 1982.03.21, 1983.02.19.

Genomgående visar de djupaste partierna av det aktuella mätområdet en temperatur kring 2-3,5°C, vilket är anmärkningsvärt med tanke på den mycket försenade vintern 1982-83. Jämfört med en normal isläggning i Runn kring början av december inträffade den 1982-83 så sent som i början av januari. Att temperaturen likväl är så hög vid den senaste mätningen kan mycket väl bero på vikens skyddade läge.

I nedanstående tabell redovisas mätvärden från tidigare regelbundet utförda temperaturmätningar i Runn. Enligt Länsstyrelsen i Kopparbergs Län, som sammanställt mätresultaten, har de utförts i två av sjöns djuphål, pkt A och B i figur 1. Endast temperaturen intill botten har medtagits, då de med tanke på värmeuttag vintertid är de mest intressanta.

Datum	A; ca 18-20m djup	B; ca 26-28 m djup
1. 730130	2,1°C	2,0°C
2. 740208	2,5°C	4,1°C
3. 740403	2,8°C	4,3°C
4. 750211	1,6°C	2,7°C
5. 750415	2,6°C	3,1°C
6. 760205	1,9°C	3,0°C
7. 760415	2,8°C	3,5°C
8. 780405	2,4°C	3,1°C

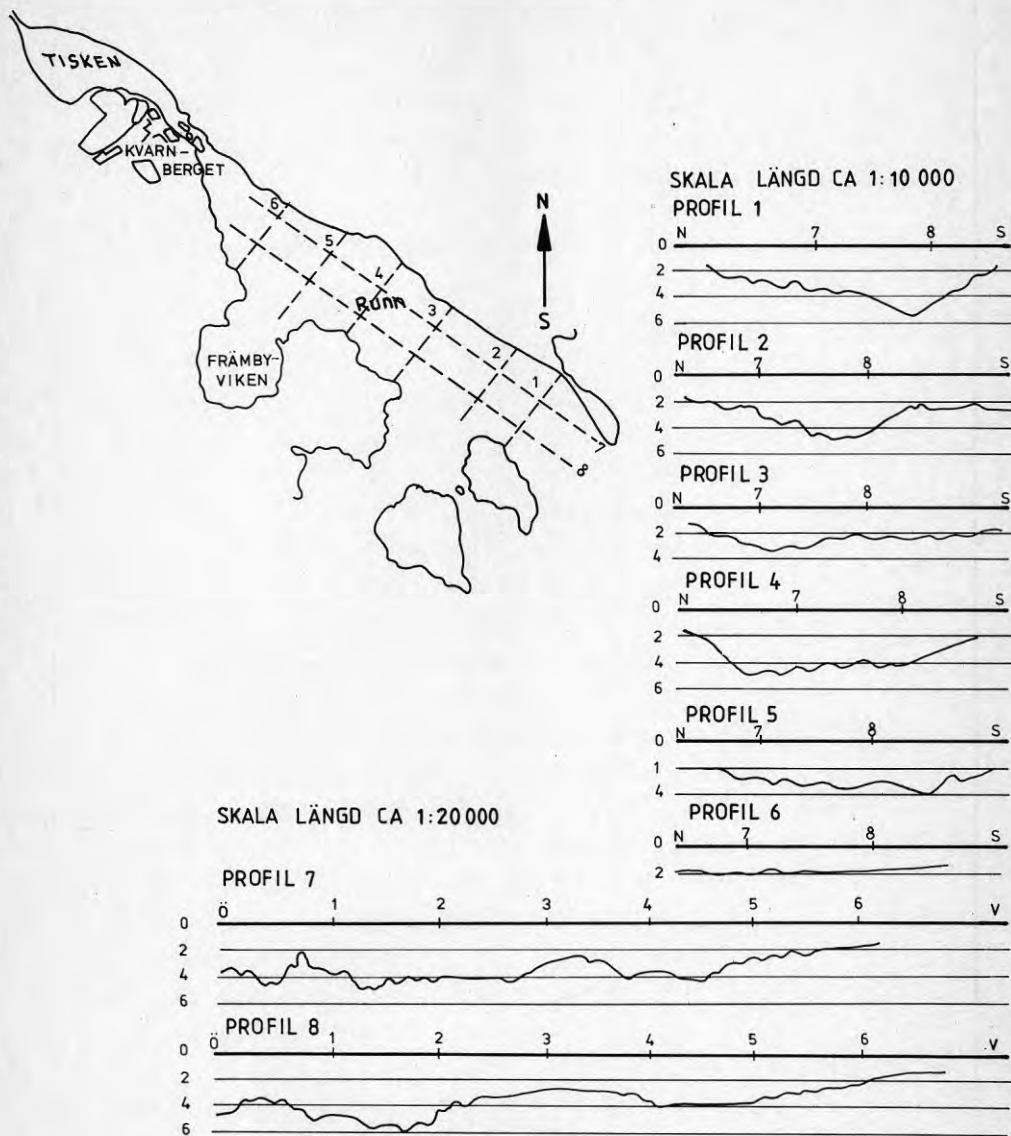
Tabell 1. Mätresultat från tidigare utförda temperaturmätningar i två av sjön Runns djuphål.

Djupets inverkan på temperaturnivån vid bottenskiktet tycks vara obetydlig, om man jämför de för denna förstudie uppmätta vattentemperaturerna och de ovan redovisade. Orsaken till detta kan mycket väl bero på det faktum att värmeutbytet från sedimentet sjunker med djupet, samtidigt som vattenvolymen som sedimentet skall värma är betydligt större i den öppna delen av sjön, se figur 1.

#### 2.4 Bottentopografi

För att få bättre kännedom om mätområdets bottentopografi företogs under sommaren 1982 en omfattande ekolodning av viken. Ekolodningen utfördes längs 2 parallella linjer utmed viken och längs 6 parallella linjer, snitt strand till strand, se fig. 3.





FIGUR 3. PROFILKURVOR FRÅN EKOLODNINGEN AV MÄTOMRÅDET.

Djupet uppgår enligt mätningarna till max 6 a 7 m, se fig 3. Detta kan förefalla grunt, men som tidigare antytts kan det snarare vara till fördel om höga bottentemperaturer skall uppnås. Det kan naturligtvis ligga en fara i att värmebalansen lättare påverkas vid stora energiuttag i en grund del av sjön än en djup del. Men risken bedöms dock som liten i detta speciella fall i och med att värmeutbytet med resterande del av sjön Runn bedöms vara stort.

## 2.5 Vattenströmningar

Den värmeresurs under vinterhalvåret som kan utnyttjas för värmeuttag utgörs i princip av värmeinnehållet i vattnet och i bottensedimentet vid tiden för isläggningen. Härifrån skall värmeförluster dras, och då framförallt förluster med genomströmmande vatten.

Vintertid har oftast vattendragen en temperatur nära  $\pm 0^{\circ}\text{C}$  vid inloppet till en sjö, medan utloppstemperaturen är högre p g a inblandning av varmare sjövattnet. Värmeförlusten är direkt proportionell mot temperaturdifferensen och flödet vilka båda kan mätas.

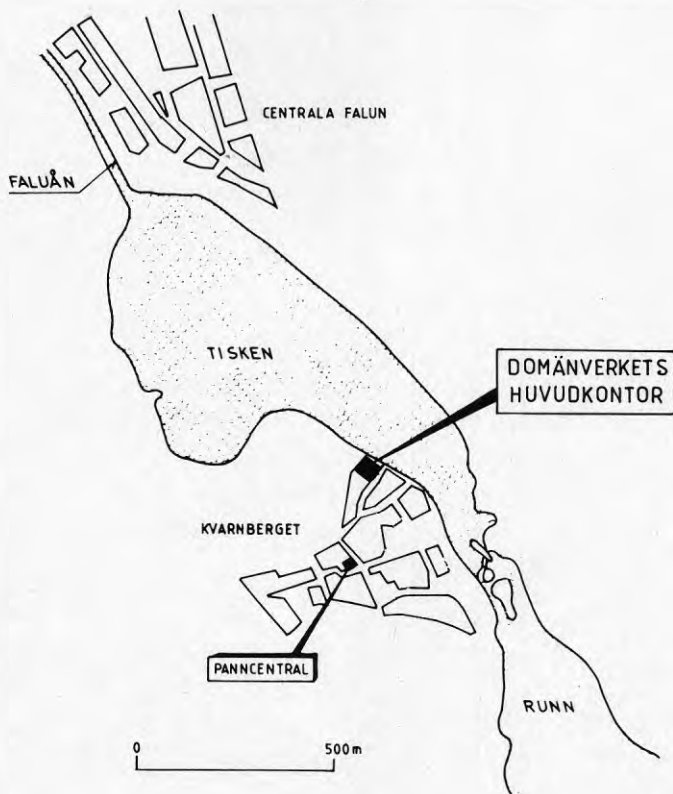
Vattnet som strömmar in i sjön blandas med det varmare sjövattnet ned till ett djup som bestäms av bl a inloppets geometri. Vid ett brett och grunt utlopp blir detta djup litet och följaktligen även temperatur och värmeförluster små. Ett smalt och djupt inlopp bör däremot ge större förluster. Vad det beträffar den aktuella viken av sjön Runn som utgör utlopp för Faluån från sjön Tiskan, se figur 2, kan en viss förlust påräknas. Men med det nuvarande flödet vintertid, ca  $10.000 - 20.000 \text{ m}^3/\text{h}$ , och vikens geometri, brett och grunt, är risken för s k medrivning av varmt sjövattnet inom viken minimalt, varför värmeförlusten antas vara liten.

### 3. BEFINTLIGT VÄRMESYSTEM

#### 3.1 Bostadsområdet

Stadsdelen Kvarnberget är belägen strax intill sjön Runn, ca 1,5 km söder om Falu centrum, se figur 4. Området utgörs till största delen av flerbostadshus uppförda åren 1950-55 och 1968-70. Totalt omfattar bostadsområdet 493 st lägenheter med en sammanlagd bostadsyta på ca 34 600 m<sup>2</sup>.

Till stadsdelen hör även Domänverkets huvudkontor, se figur 4. Totalt uppgår dess lokalyta till ca 15.500 m<sup>2</sup>.



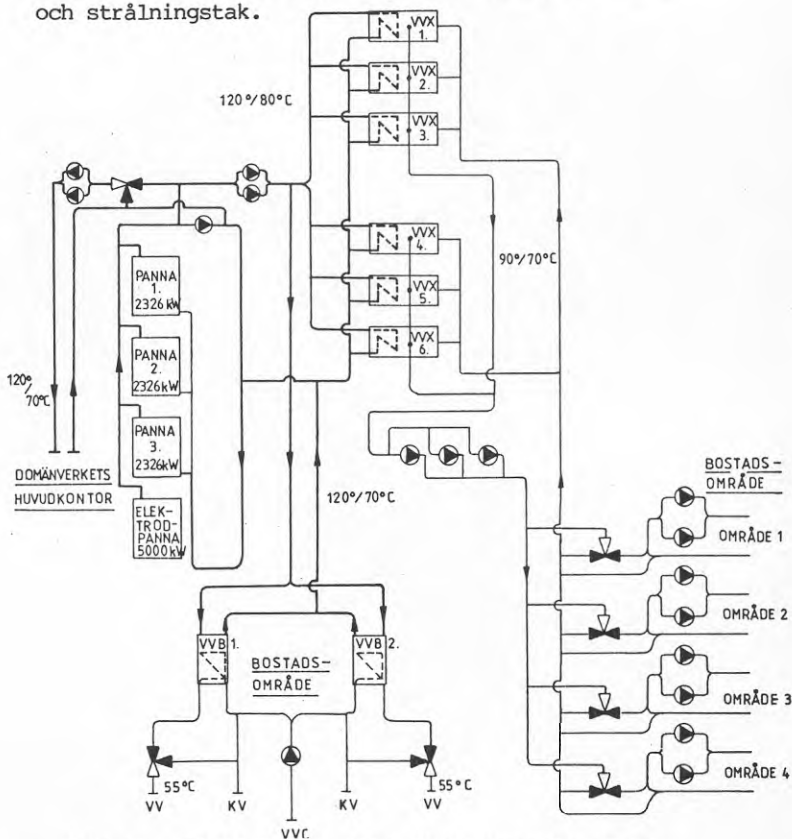
FIGUR 4: PRINCIPSKISS ÖVER STADSDELEN KVARNBERGET

### 3.2 Befintligt värmesystem

Stadsdelens värmeförsörjning ombesörjes av en centralt belägen värmecentral, se figur 4. Installerade pann-effekter uppgår till för oljedrift ca 7,0 MW och för eldrift ca 5 MW.

Från värmecentralen levereras värme till Domänver-kets lokaler via ett separat primärkulvertssystem, se figur 5. Kulvertsystemet är dimensionerat för en framledningstemperatur av 120°C och en returtemperatur av 70°C. Sommartid begränsas framledningstemperaturen till 75°C.

I Domänverkets undercentral växlas hetvatten 120/70°C till värmevatten 80/60°C samt till tappvarmvatten 60°C. Värmesystemet utgörs av radiatorer, luftvärme och strålningsstak.



FIGUR 5. PRINCIPSCHEMA ÖVER VÄRMEANLÄGGNINGEN FÖR STADSDELEN KVARNBERGET

Från en i värmecentralen belägen undercentral levereras via fyra olika kulvertledningar, värmevatten och tappvarmvatten till samtliga lägenheter inom området, se figur 5. I undercentralen växlas pannanläggningens hetvatten 120/80°C (v vx) 120/70°C (v vb) till värmevatten 90/70°C och till tappvarmvatten 55°C.

Reglering av tillloppstemperaturen på sekundärsidan kan ske vid värmeväxlarenheterna och vid varje kulvertgång. För närvarande är samtliga reglerenheter inställda så att en maximal tillloppstemperatur av ca 75°C erhålls vid dimensionerande utomhustemperatur.

Bostädernas värmesystem utgörs av enbart radiatorer. För ventilation utnyttjas för samtliga fastigheter självdrag.

Utöver de ovan beskrivna värmeförsörjningssystemen tillkommer en intern cirkulationskrets på primärsidan, vars uppgift är att säkerställa flödet genom pannanläggningen även sommartid, se figur 5. Kretsen är reglerad för en min returtemperatur av 90°C.

### 3.3 Effekt och energibehov

I samband med en modernisering och komplettering av värmeutrustningen i värmecentralen under slutet av 70-talet, utnyttjades uppgifter om nödvändiga värmeeffekter enligt nedanstående tabell.

Domänverkets huvudkontor  
 undercentral: tot 1160 kW (Installerat)

Bostadsområde, värmeväxlare 6500/6100 kW (installerat)

"	varmvattenberedare:	2090 kW (installerat)
"	kulvertledning 1:	2000 kW (behov)
"	kulvertledning 2:	200 kW (behov)
"	kulvertledning 3:	400 kW (behov)
"	kulvertledning 4	2700 kW (behov)

Tabell 2. Dimensionerande och installerade  
 värmeeffekter i värmecentralen.

För närvarande baseras värmeproduktionen på både el och olja. Normalt utnyttjas el enbart under perioden maj t o m september, då Stora Kopparberg Bergslags AB, som äger elektropannan, levererar högspänd elkraft till en reducerad kostnad.

Totalt förbrukades under året 1981 ca 3300 MWh el och ca 1050 m<sup>3</sup> Eol. Levererad värmemängd uppgick till totalt ca 11800 MWh, där ca 2300 MWh levererades till Domänverket och ca 9500 MWh levererades till bostadsområdet.



#### 4. MODIFIERAT SYSTEM

##### 4.1 Allmänt om värmepumpen

Med en värmepump är det möjligt att uppta energi av en låg temperaturnivå och avge den vid betydligt högre nivå. För att detta skall vara möjligt måste en viss kvantitet "högvärdig" energi tillföras för att driva processen. Den avgivna värmeenergin består således av såväl upptagen som tillförd energi, vilket medför att värmepumpen avger mer energi än vad som egentligen har "uppförats" för att driva systemet.

Kvoten mellan avgiven värmeenergi och tillförd drivenergi kallas värmepumpens värmefaktor och betecknas  $\phi$ . Storleken på värmefaktorn beror till största delen på vilka temperaturnivåer värmepumpen arbetar mellan. Generellt gäller att ju närmare temperaturnivåerna ligger varandra, desto effektivare utnyttjas drivenergin och därmed högre värde på värmefaktorn. I praktiken betyder detta att värmebäraren skall ha så låg temperatur som möjligt med tanke på att man oftast är hänvisad till värmekällor med relativt låga temperaturnivåer vintertid. Vid nybyggnation kan man redan från början anpassa värmesystemens utformning för en låg temperaturnivå, medan för de befintliga värmesystemen en nödvändig omdimensionering av temperaturnivån kan medföra många problem.

Schematiskt sett består en värmepump av en förångare där värmekällans värmeinhåll tillvaratas, en kompressor, en kondensator där värmevattnet uppvärms och ett stryporgan.

Val av lämplig förångarkonstruktion är speciellt viktig vid värmeuttag ur ytvatten. I synnerhet om ytvattnet skall värmeväxlas direkt i förångaren, sk öppet system (frysrisk).

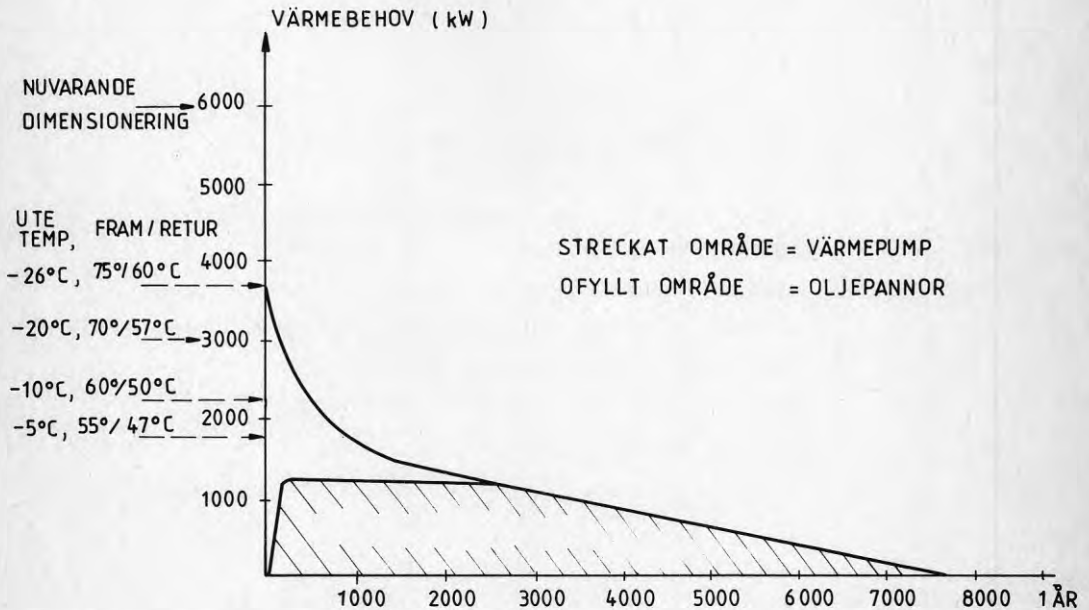
För att kunna tillgodogöra sig värme vid vintertemperaturer lägre än  $+4^{\circ}\text{C}$  krävs i regel för ett öppet system att s k strilförångare utnyttjas. Normalt utförs dessa i form av öppna vertikala rör eller plattor där ytvattnet rinner som en film på utsidan av rören/plattorna och köldmediet avkokar i rören/plattorna.

Om sjövattemperaturen är så låg att värmeuttag medför isbildning, är man tvingad till att med nuvarande teknik uppta värmen via en separat, sluten krets, vanligen i form av PEL-slang, som läggs direkt på botten av sjön. Genom slingan cirkulerar en vätska med lägre fryspunkt än vatten, som upptar värmen ur vattnet och avger värmen i värmepumpens förångare.

#### 4.2 Värmepumpskomplettering - dimensionering

En värmepumpsapplicering i någon av de tre primära hetvattenkretsarna vore mycket vanskligt att genomföra med tanke på de höga drifttemperaturer primärsystemen är dimensionerade för. Däremot utgör den sekundära värmevattenkretsens för bostadsområdet ett mera intressant objekt, då kretsens temperaturnivå är relativt låg samtidigt som värmebehovet för bostadsområdet är stort.

Värmeförbrukningen för bostadsområdet uppgick under 1981 till ca 9.500 MWh värme. Förbrukningen för transmission och ventilation kan beräknas till ca 7.600 MWh värme. Genom att upprätta ett sk varaktighetsdiagram över årsenergiförbrukningen kan effektbehovet för transmission och ventilation uppskattas till ca 3,5-4,0 MW värme, se figur 6.



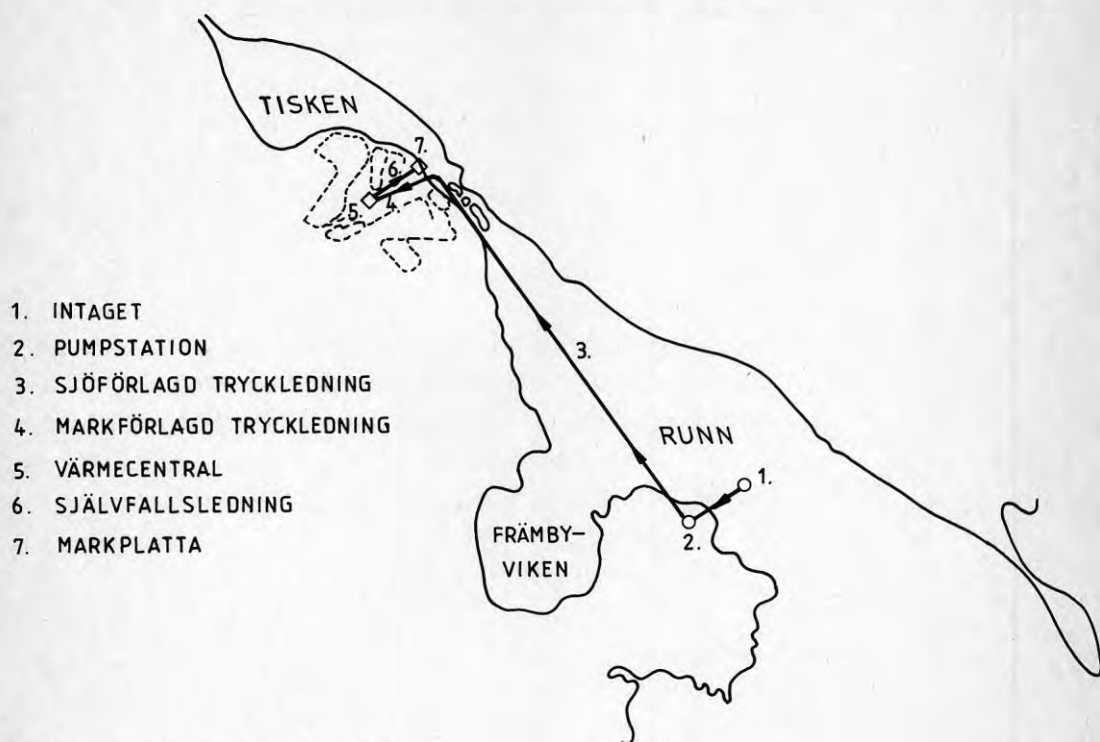
FIGUR 6. VARAKTIGHETSDIAGRAM, TRANSMISSION VENTILATION (7600 MWh), FÖR BOSTADSOMRÅDET OCH MARKERING FÖR FRAMLEDNINGS- OCH RETURTEMPERATUREN VID EN DIMENSIONERING AV VÄRMEFÖRSÖRJNINGSSYSTEMET TILL CA 4 MW, SAMT ÅRSENERGIFÖRBRUKNINGEN EN VÄRMEPUMP OM CA 1250 kW TÄCKER.

Med ledning av varaktighetsdiagrammet kan en lämplig värmepumpsstorlek utläggas för ca 1250 kW värme. Värmepumpens årsvärmefaktor beräknas uppgå till ca 2,75 om värmevattentemperaturen efter kondensorn är ca 60°C och utgående sjövatentemperaturen är som lägst ca 0,5°C. Med ett öppet system kommer erforderliga sjövattenflödet att då uppgå till ca 95 l/s om ca 20°C uttas ur sjövattnet under värmeavgivningen.

Med nuvarande dimensionering av det sekundära värmeförsörjningssystemet, ca 6 MW, kommer returtemperaturen vid låga värmebehov att överstiga värmepumpens arbetsområde. För att uppnå så goda driftsbetingelser som möjligt, dvs låga returtemperaturer, måste således värmeförsörjningssystemet dimensioneras om från nuvarande ca 6,0 MW värme till exempelvis ca 4,0 MW värme. Lämpligen regleras värmevattenflödet från nuvarande ca 250 m<sup>3</sup>/h till ca 170 m<sup>3</sup>/h.

#### 4.3 Värmepumpskomplettering - teknisk lösning

Med erfarenhet av de utförda temperaturmätningarna måste sjövattenuttag ske vid ett djup av 6-8 m om man skall vara säker på att erhålla temperaturnivåer som överensstämmer med kraven för ett öppet värmeupptagande system. Närmaste område som kan uppfylla kraven ligger strax bortom Främby viken, ca 2 km från bostadsområdet, se figur 7.



FIGUR 7. PRINCIPSKISS ÖVER LEDNINGSDRAGNINGEN FÖR ENERGIUTTAGET.

Vid intagsordningen ca 1 meter ovanför sjöbotten uttas ytvattnet till en intilliggande pumpstation varifrån ytvattnet transporteras via en sjöförlagd tryckledning till värmepumpens förångare. För att reducera värmeförlusten till ett minimum under transporten måste sjöledningen förläggas relativt djupt i sedimentet samtidigt som markledningen förläggs frostfritt. Efter värmeavgivning återförs vattnet till sjön där den via speciella anordningar sprids på ytan.

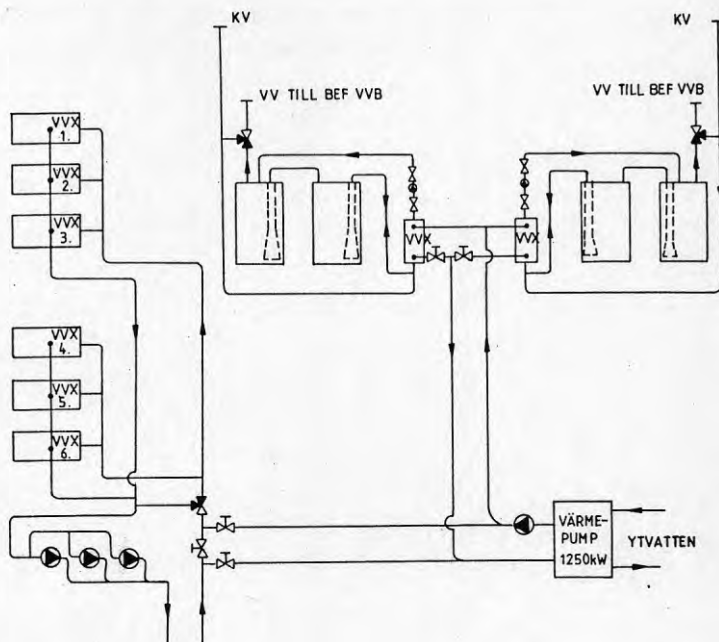
Eftersom värmebehovet varierar under året, se figur 6, finns det skäl för att även koppla in undercentralens tappvarmvattenberedning till värmepumpsystemet. Med utgångspunkt från att värmepumpen kan utnyttjas för tappvarmvattenberedning endast när värmeeffekt finns tillgänglig, måste nuvarande genereringsförfarande med direkt uppvärmning kompletteras så att värmepumpen endast förvärmer inkommande kallvatten. För att få möjlighet att utnyttja den tillgängliga värmeeffekten maximalt har här valts två stycken parallellkopplade ackumulatorsystem, se figur 8. Varje system består av två stycken seriekopplade förrådsberedare med en volym av ca 5000 l vardera. Värmeväxlarstorleken har valts utifrån tillgänglig effekt till ca 250 kW/st

#### 4.4 Fördelning av energislag

Nuvarande årsenergiförbrukning för bostadsområdet i Kvarnberget med avseende på uppvärmning och tappvarmvattenberedning beräknas till ca 9500 MWh/år. Genom att ansluta en värmepumpsanläggning om ca 1250 kW värme till värmeförsörjningssystemet för bostadsområdet, ersätts ca 70% eller 6800 MWh/år av årsenergiförbrukningen med energi från värmepumpsanläggningen. Resterande ca 30% eller 2700 MWh/år får som förut produceras med den befintliga värmeproduktionsanläggningen i värmecentralen. I nedanstående tabell redovisas i detalj fördelningen av energislag före och efter värmepumpsanslutningen. Värmepumpens årsvärmefaktor beräknas vara ca 2,75.

Återföringspunkten placeras företrädesvis strax nedanför värmecentralen. Utloppet i sjön avslutas med en platta, som skall fördela vattnet jämnt över ytan. Någon nedkylning av sjövattnet vid intagsordningen kommer ej att ske, då det utnyttjade vattnet förblir vid ytan tack vare dess lägre densitet.

För att få plats för den kompletterande värmeenheten måste en byggnad uppföras intill värmecentralen. Till värmepumpens kondensator kopplas värmeförsörjningssystemets samlade returledning, se figur 8. Vid undercentralen ansluts samtidigt retur- och framledningen med en separat ledning. Detta för att kunna föra värmevattnet förbi undercentralen när värmepumpen ensam räcker till för att täcka värmebehovet.



FIGUR 8. PRINCIPSKISS ÖVER VÄRMEPUMPSINKOPPLING TILL VÄRMEFÖRSÖRJNINGSSYSTEMET FÖR BOSTADSOMRÅDET.



	Bef system	Nytt system
Bostadsområdet:		
a) <u>Uppvärmning</u>		
Olja	ca 5800 MWh*	1500 MWh
El till elektropanna	ca 1800 MWh*	0 MWh
Ytvatten		3900 MWh
El till värmepump		2200 MWh
b) <u>Tappvarmvattenberedning</u>		
Olja	ca 1100 MWh*	1000MWh
El till elektropanna	ca 800 MWh*	200 MWh
Ytvatten		450 MWh
El till värmepump		250 MWh
El till ytvattenpumpar, totalt		350 MWh
<hr/>		
TOTALT/ÅR	9500 MWh	9850 MWh

\* Den totala energiförbrukningen för bostadsområdet har proportionerats mellan olja- och eluppvärmning.

## 5. EKONOMI

5.1 Investeringar

Nedanstående kostnader för den skissade systemlösningen har översiktligt beräknats i dagens prisnivå (febr -83). Alla kostnader är angivna exklusive mervärdeskatt.

Värmepumpsanläggning, 1250 kW,	2000 kkr
Intagsledning, sjöförlagd inkl sil	200 kkr
Pumpstation	300 kkr
Sjöförlagd tryckledning	1500 kkr
Ledning i mark	
tryckledning, självfall	500 kkr
Byggnad inkl grund	350 kkr
Akkumulatorsystem (tappvarmvatten generering)	300 kkr
Elmatning; montage, ink.avg	300 kkr
ledning etc	
Projektering	250 kkr
Diverse + oförutsett	500 kkr
<hr/>	
TOTALT	6200 kkr

5.2 Driftskostnader/år

För att kunna jämföra befintligt värmeförsörjnings-system med det värmepumpskompletterade har följande energipriser antagits:

Oljepris: 2100:-/m<sup>3</sup> Eo1, , 85% verkningsgrad ger  
25,0 öre/kWh

Elpris: a) Elektropanna; 21,5 öre/kWh

b) Värmepumpssystem (ytvattenpump);  
Gällande lågspänningstariff enligt  
nr 4 (effekttariff) vid Falu Elverk AB  
Energiavgift (genomsnitt) 20,5 öre/kWh

c) Värmepumpssystem (kompressor;  
Gällande högspänningstariff enligt  
tariff N 3 vid Falu Elverk AB  
Energiavgift: (genomsnitt) 19,5 öre/kWh  
Elskatt 3 öre/kWh (försäljning av värme)

Energikostnader	Bef system	Nytt system
Olja	1725 kkr	625 kkr
El (elpanna)	560 kkr	45 kkr
El (värmepumpssystem)		635 kkr
Utökning av service- behov		60 kkr
TOTALT/ÅR	2285 kkr	1365 kkr

Vid en komplettering av nuvarande värmeförsörjnings-system med en värmepump om ca 1250 kW värme erhålls således en driftskostnadsbesparing på ca 920 kkr/år.

### 5.3 Lönsamhet

Nedanstående lönsamhetsberäkningar har utförts enligt två metoder. Första metoden avser den ofta redovisade pay-off tiden, beräknad enligt:

Pay-off tid = Investeringar/drifstkostnadsbesparing år 1.

Denna metod är relativt primitiv eftersom man inte tar hänsyn till räntor, inflation etc.

En mer rättvisande bild fås om man beräknar lönsamheten enligt sk nuvärdesmetoden. Genom att hänföra alla in- och utbetalningar till en och samma tidpunkt tas hänsyn till prisutvecklingen. Metoden beaktar dessutom den räntekostnad som den kapitalbindande investeringen förorsakar. Om nuvärdet är positivt är åtgärden lönsam och skall i princip genomföras, förutsatt att det finns tillgängligt investeringskapital.

Metod 1: Pay off tid

Investering:	6200 kkr
Energibesparing år 1	980 kkr
Drifstkostnadsbesparing år 1 = 980kkr - 60kkkr (underhåll):	= 920 kkr

Pay off tid=  $6200/920 = 6,7$  år

Metod 2: Nuvärdesmetod

Beräkningen har skett med variabel livslängd men utan hänsyn till restvärde. Anläggningens beräknade tekniska ekonomiska medellivslängd är 15 år.

Ränta på lånat kapital:	13,5%
Inflation:	9%
Energiprisökning utöver inflation:	2%
Kostnader för underhåll av underhållskrävande utrustning (3 Mkr)	2%

Teknisk- ekonomisk livslängd	Investerings nuvärde
år	kkkr
1	-5360
2	-4538
3	-3735
4	-2951
5	-2184
6	-1434
8	14
10	1397
12	2718
15	4584

Enligt ovanstående tabell är anläggningen i princip återbetald efter ca 7 år och överskottet är ca 4,6 milj kr efter 15 år, dvs efter tekniska-ekonomiska livslängden.

## 6 .REFERENSLISTA

1. Anders Backman, Jonas Hallenberg, Kjell Norbäck, Herje Wahlberg

Energiutvinning ur ytvatten via värmepump. Rapport R109:1980

2. Jonas Hallenberg, Henri Ulander

Sjövärme för 140 småhus i Torsång. Rapport R127:1981

3. Lennart Billfalk

Sjövärmesystem. BFR-seminarium maj 1982 Rapport R143:1982

Falun 1983-04-15

VIAK AB

Falukontoret



Tommy Bustad









**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag  
820406-0 från Statens råd för byggnadsforskning  
till Fastighetsaktiebolaget Kopparstaden, Falun.**

**Art.nr: 6700807**

**Abonnemangsgrupp:  
W. Installationer**

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

**R107: 1983**

**ISBN 91-540-3967-3**

**Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm**

**Cirka pris: 25 kr exkl moms**