



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

R44:1983

Värmeåtervinning ur avloppsvatten via värmepump

Förstudie i Gävle

**Anders Backman
Jonas Hallenberg
Tommy Bustad**

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

*U
And*

Byggforskningsrådet

R44:1983

VÄRMEÅTERVINNING UR AVLOPPS-
VATTEN VIA VÄRMEPUMP

Förstudie i Gävle

Anders Backman
Jonas Hallenberg
Tommy Bustad

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
810889-7 från Statens råd för byggnadsforskning
till Gävle kommun, Samordningsgruppen för kom-
munal energiplanering.

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

R44:1983

ISBN 91-540-3922-3

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

LiberTryck Stockholm 1983

INNEHÅLL

SAMMANFATTNING	5
Reningsverkets egna lokaler	5
Kommunens fjärrvärmenät	5
Herrgårdshagen	6
INLEDNING	7
ALLMÄNT OM VÄRMEPUMPEN	7
AVLOPPSVATTEN	8
Allmänt	8
Gävle reningsverk	9
Energiinnehåll	12
DEL I	
RENINGSVERKETS EGNA LOKALER	
BEFINTLIGT VÄRMESYSTEM	15
Energi- och effektbehov	15
Befintligt värmesystem	17
KOMPLETTERING MED VÄRMEPUMP	18
Teknisk lösning	18
Fördelning av energislag	20
EKONOMI	22
Investeringar	22
Driftkostnader	22
Lönsamhet	23

DEL II
AVLOPPSVATTENERGI TILL FJÄRRVÄRMENÄTET

INLEDNING	25
DIMENSIONERING AV VÄRMEPUMPAGGREGAT	25
Inledning	25
Driftdata	26
Optimal värmepumpeffekt och möjlig tillförd energi	26
TEKNISK LÖSNING	32
ENERGI- OCH OLJEBESPARING	33
KOSTNADER	34
Investeringar	34
Driftkostnader	35
Lönsamhet	35

DEL III
PLANERAT BOSTADSOMRÅDE I HERRGÅRDSHAGEN

ALLMÄNT	37
EFFEKT- OCH ENERGIBEHOV	37
TEKNISK LÖSNING	37
EKONOMI	38
Investeringar	38
Anslutning till fjärrvärme	38
Värmepumpsystem	38
Driftkostnader	38
Lönsamhet	39

SAMMANFATTNING

Mycket stora energimängder kan återvinnas och utnyttjas från det renade avloppsvattnet vid Duvbackens reningsverk i Gävle reningsverk för uppvärmningsändamål. Med den bakgrunden har teknik och ekonomi studerats för följande tre tänkbara värmesänkor

- Gävle reningsverks egna lokaler
- Kommunens fjärrvärmenät
- Planerat bostadsområde i Herrgårdshagen

Reningsverkets egna lokaler

En värmepumpanläggning om ca 125 kW och kostnadsberäknad till ca 520 kkr förmår sänka nuvarande uppvärmningskostnader med ca 90 kkr/år. Payofftiden för anläggningen blir då ca 6 år. Med föreslaget värmepumpsystem minskas oljeförbrukningen från nuvarande 100 m³/år till ca 20 m³/år.

Kommunens fjärrvärmenät

Vid anslutning av en värmepumpanläggning på ca 16 MW till fjärrvärmenätets returledning kan ca 120 GWh avloppsvattnvärme produceras. Denna energimängd utgör ca 20% av den totala fjärrvärmeproduktionen under 1980, 575 GWh. Studerat värmepumpsystem är kostnadsberäknat till ca 36 M kr. Med denna investering uppnås en driftkostnadsbesparing på ca 9 M kr/år vilket ger en payofftid på ca 4 år. Inkluderande kapitalkostnader erhålls ett energipris på ca 12 öre/kWh för värmepumpenergin, vilket kan jämföras med nuvarande oljebaserade energipris på ca 14,3 öre/kWh. Vidare ersätter värmepumpanläggningen ca 13 100 m³ olja/år.

Herrgårdshagen

En mycket översiktlig beräkning ger vid handen att det planerade bostadsområdet om ca 130 lgh och ca 10 gemensamhetsanläggningar kan försörjas med avloppsvattenvärme vid en merinvestering av ca 800 kkr jämfört med anslutning till kommunens fjärrvärmenät. Driftkostnadsbesparingen uppgår då till ca 90 kkr/år vilket ger en payofftid på ca 9 år.

INLEDNING

På uppdrag av Gävle energiverk har VIAK AB studerat de tekniska och ekonomiska aspekterna att med hjälp av värmepump återvinna värme ur avloppsvatten vid Duvbackens reningsverk i Gävle. Härvid har tre alternativa värmesänkor för återvunnen avloppsvärme penetrerats:

- reningsverkets egna lokaler
- kommunens fjärrvärmenät
- planerat bostadsområde i Herrgårdshagen

ALLMÄNT OM VÄRMEPUMPEN

Värmepumpen är en maskin som har förmåga att uppta energi vid en låg temperaturnivå och med hjälp av tillsatt drivenergi, vanligen el, avge den vid en betydligt högre temperaturnivå. Den värmeenergi som med detta förfarande kan utnyttjas för exempelvis bostadsuppvärmning består av den ur avloppsvattnet upptagna energin samt den till värmepumpen tillförda drivenergin. Detta medför att värmepumpen avger mer energi än vad som har "upppoffrats" för att driva systemet.

Kvoten mellan avgiven värmeenergi och tillförd drivenergi brukar kallas värmefaktor. Storleken på värmefaktorn och därmed andelen drivenergi är främst beroende av temperaturskillnaden mellan nyttjad energikälla och från värmepumpen avgivet värmevatten. Värmefaktorn sjunker vid ökande temperaturskillnad mellan värmevatten och energikälla. Normala värden för värmefaktorn ligger i intervallet 2,0 - 3,5 beroende på vilka värmekällor som utnyttjas och vilken temperaturnivå anslutet värmesystem kräver.

Den värmepumpskonstruktion som har beaktats i denna utredning är den s k kompressordrivna värmepumpen. Detta beroende på dess goda verkningsgrad samt de gedigna drifterfarenheter man har med denna konstruktion.

För att en värmepumpinstallation skall vara motiverad från ekonomisk synpunkt måste vissa villkor vara helt eller delvis uppfyllda. De viktigaste är:

- lång årlig utnyttningstid
- värmesänka med ej för högt temperaturkrav
- bra, näraliggande värmekälla
- tillgång på ej för dyr drivenergi

AVLOPPSVATTEN

Allmänt

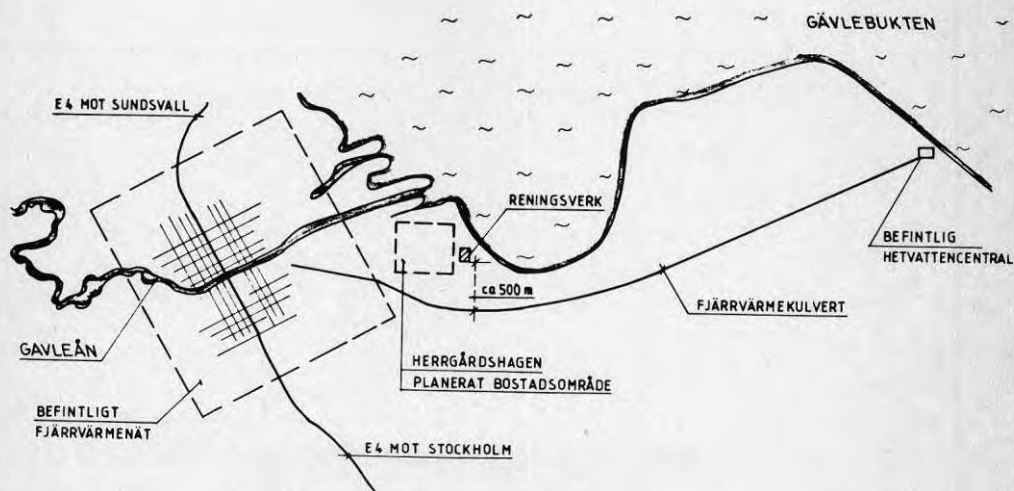
Kommunalt avloppsvatten är sammansatt av ett flertal olika typer av vatten, såsom spillvatten från enskilda fastigheter och gemensamhetsinrättningar, industriellt avloppsvatten, läck- och dräneringsvatten och beroende på ledningssystem även dagvatten. För de två förstnämnda typerna av vatten är flödet tämligen konstant över året men med avsevärda variationer över dygnet. Vanligtvis förekommer stora flöden under dagen och väsentligt mindre under natten. Speciellt kan flödet vara väldigt lågt under de tidigaste morgontimmarna. Däremot är läck- och dräneringsvatten samt dagvatten starkt årstidsbundet, med stora flödesmängder under vår och höst.

Temperaturnivån för kommunalt avloppsvatten i jämförelse med exempelvis sjö- och grundvatten är förhållandevis hög vintertid, vilket är till fördel vid värmepumpdrift. Den höga temperaturnivån beror till stor del på inblandning av varmt spillvatten från hushåll och industri. De övriga tillkommande flödena sänker normalt temperaturnivån. Detta gäller framförallt under snösmältningsperioden, då stora mängder av kallt smältvatten kan komma in i avloppssystemet.

Beroende på de föroreningar som finns i såväl obehandlat som behandlat avloppsvatten kan vissa driftproblem uppstå. Dessa problem kan yttra sig i framförallt korrosion, igensättningar och avlagringar på vattensidan i värmepumpens värmeupptagande del (förångaren). För att i möjligaste mån minimera igensättnings- och avlagringsrisker utnyttjas det renade avloppsvattnet i denna applikation. I vissa sammanhang kan man dock tänka sig att använda orenat avloppsvatten då det medför allt för stora avstånd att utnyttja det renade vattnet.

Gävle reningsverk

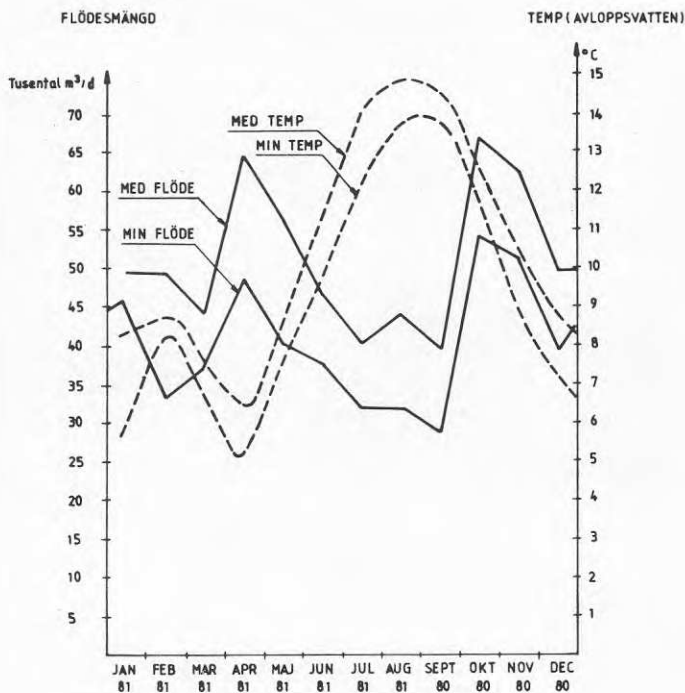
Duvbackens reningsverk är beläget strax intill hamnområdet, ca 2,5 km sydost om Gävle centrum, se figur 1.



Figur 1 Översiktsplan

Avloppsvattnet behandlas i reningsverket i tre steg, mekaniskt, biologiskt och kemiskt. Efter renings-processerna avleds vattnet till Gävlebukten ca 200 m öster om reningsverket.

Det inkommande flödet till reningsverket uppgår till 17 - 20 000 000 m³/år. Beroende på årstid kan dygnstillrinningen variera från ca 28 000 m³/dygn till ca 80 000 m³/dygn, dock uppgår flödesmängden normalt till 40 000 - 50 000 m³/dygn eller 1 700 m³/h - 2 000 m³/h, se figur 2



FIGUR 2. AVLOPPSVATTEN MÄNGD OCH TEMPERATUR VID
DUVBÄCKENS RENINGSVERK UNDER DRIFTTIDEN SEPT 80 - AUG 81

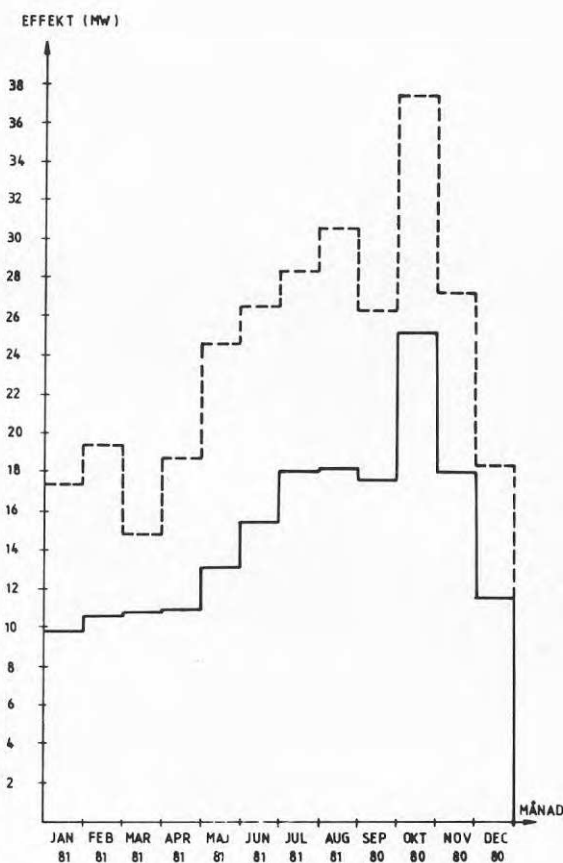
Avloppsvattenflödet uppvisar ett högt och stabilt värde under dagen, medan flödet under natten är lägre och avtagande för att nå ett minimum vid gryningen. Vid den flödesmässigt sämsta månaden (september) kan flödet minska till som lägst ca 600 m³/h nattetid medan det dagtid kan stiga till 1 300 -1 500 m³/h.

I figur 2 redovisas även temperaturen på inkommande orenat avloppsvatten. Förutom under april månad då snösmältningen är som störst uppgår avloppsvattentemperaturen till ca +7°C under vinterhalvåret. Med tanke på att samtliga bassånger är öppna kan temperaturen på det utgående renade vattnet vara något lägre under denna del av året. Men med hänsyn till den snabba genomströmningen av vattnet, bedöms temperatursänkningen vara obetydlig från intag till utlopp. En vattenanalys över det utgående renade avloppsvattnet visas i nedanstående tabell med månadernas medelvärden och min-max-värden under driftperioden 81-01--81-09. Samtliga värden (utom pH) har sorten mg/l.

Parameter	BS ₇		COD		Tot-P		Susp		pH	
Januari	2	10	103	80	0,68	1,1 0,41	15	- 100	7,1	- 7,3
Februari	5	2 5	44,4	2,7 46	0,46	0,28 0,66	35	3 -	7,2	7,1 7,4
Mars	4	3 3	29,6	8 24	0,42	0,18 0,59	14	6 10	7,3	7,0 7,6
April	2	1 2	22,7	15 27	0,3	0,12 0,75	8	6 -	7,3	7,2 -
Maj	2	2 4	22	15 60	0,39	0,27 0,4	30	- 22	7,3	- 7,3
Juni	3	1 3	41,5	27 31	0,34	0,26 0,6	15	13 12	7,2	7,1 7,5
Juli	2	2 5	21,3	12 47	0,35	0,13 0,5	10	5 9	7,3	7,0 7,4
Augusti	3	1	38,8	24 38	0,35	0,10	7	2 8	7,3	7,2 7,5
September	4	2	29	16	0,27		6	3	7,4	7,2

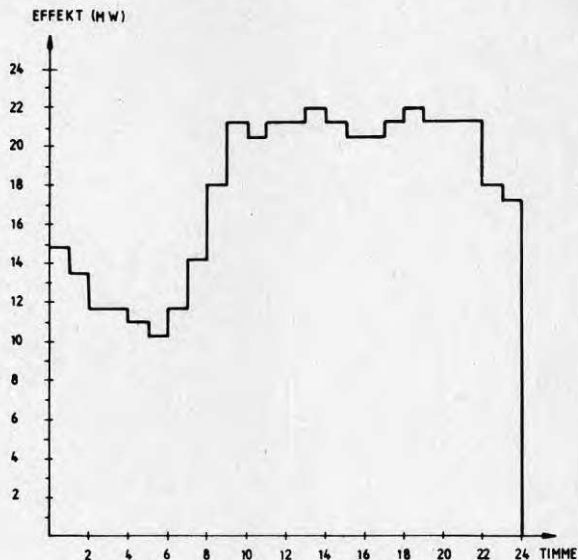
Energiinnehåll

Med ledning av uppmätta flöden under driftperioden september 1980 till augusti 1981 och temperaturkurvorna för 1980 kan det möjliga effektuttaget ur avloppsvattnet beräknas. Resultatet för en sådan beräkning visas i figur 3, där de heldragna staplarna är den effekt man får om månadernas mindata med avseende på flöde och temperatur utnyttjas. De streckade staplarna däremot är den uttagbara effekten om enbart medeldata användes.



FIGUR 3. VÄRMEINNEHÅLL I AVLOPPSVATTNET UNDER ÅRET,
VID KYLNING TILL +0.5°C.

För att ytterligare belysa variationen av den uttagbara effekten, har även ett effektdiagram med avseende på dygnets timmar konstruerats, se figur 4.



FIGUR 4. VÄRMEINNEHÅLL I AVLOPPSVATTNET VID DET FLÖDES-
MÄSSIGT SÄMSTA DYGNET UNDER MÄTPERIODEN 1980-81
VID KYLNING TILL $+0,5^{\circ}\text{C}$

Diagrammet avspeglar effektvariationen vid den flödesmässigt sämsta dagen (1981-10-16) under driftperioden. Avloppsvattentemperaturen har antagits lika med medeltemperaturen för månaden. Vid samtliga beräkningar har avloppsvattentemperaturen sänkts till $+0,5^{\circ}\text{C}$, vilket är den tekniskt sett undre gränsen för stora värmepumpar (flera MW). En ytterligare kylning under $+0,5^{\circ}\text{C}$ kan medföra frysrisker varför man vanligen avstår härifrån om inte en skismaskin nyttjas. Sammanfattningsvis kan sägas att mycket stora värmeeffekter, 10 MW - 40 MW (driveffekt oräknad), kan utvinnas ur befintligt renat avloppsvatten.

DEL I

RENINGSVERKETS EGNA LOKALER

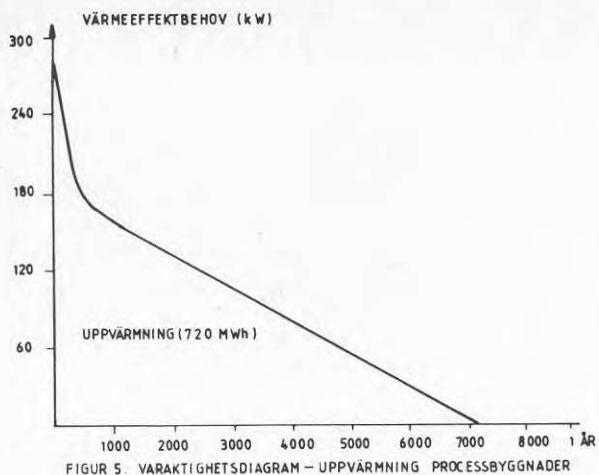
BEFINTLIGT VÄRMESYSTEM

Energi- och effektbehov

De befintliga värmeanläggningarna inom reningsverket är antingen olje- eller elbaserade beroende på vilken byggnad det rör sig om. Processbyggnaderna som rensbyggnaden, slambyggnaden och försedimenteringen uppvärms med hjälp av olja, medan kontorsbyggnaden nyligen konverterades till elförsörjd uppvärmning.

Oljeförbrukningen för processbyggnaderna uppgår i genomsnitt till ca 100 m³/år Eol. Med en årsverkningsgrad av 80% för oljepannanläggningen ger det en total energiförbrukning på ca 790 MWh. Med ledning av uppgifter från driftpersonalen angående tappvarmvattenförbrukningen kan fördelningen av energin uppgå till ca 720 MWh för uppvärmningsändamål och resterande 70 MWh för tappvarmvattenproduktionen.

Några säkra uppgifter om processbyggnadernas effektbehov finns ej. Av detta skäl och även för att senare utreda hur stor del av årsenergibehovet som en värmepump kan täcka, har ett sk varaktighetsdiagram upprättats, se figur 5.

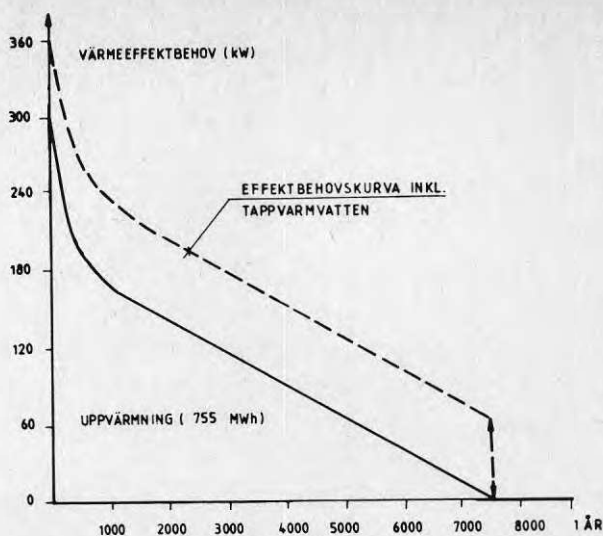


Figur 5. Varaktighetsdiagram för processbyggnader

Genom studium av diagrammet kan det maximala uppvärmningsbehovet beräknas till 285 - 290 kW. För tappvarmvattenproduktionen kan det maximala effektbehovet beräknas till ca 60 - 100 kW, beroende på önskad hastighet på temperaturhöjningen av tappvattnet efter en s k störttappning. Utslaget över hela året är effektbehovet för tappvarmvatten i genomsnitt ca 8 kW.

För kontorshusets del kan man med hjälp av lokalytan uppskatta maximalt effektbehov till ca 15 kW. Genom studium av varaktighetsdiagram kan energibehovet för uppvärmning av detta husberäknas till ca 35 MWh/år. Den installerade effekten för tappvarmvattenproduktionen är för närvarande 3 kW och anses av driftpersonalen väl täcka behovet.

Varaktighetsdiagrammet för samtliga byggnaders uppvärmningsbehov redovisas i figur 6. Som komplement har även effektbehovet för tappvarmvattenproduktionen för processbyggnaderna utritats i samma diagram.



FIGUR 6. VARAKTIGHETSDIAGRAM - SAMTLIGA BYGGNADER

Befintligt värmesystem

Värmeproduktionsanläggningen för processbyggnaderna består av en oljeeldad panna, som är placerad i översta våningen i slambyggnaden. Från pannan cirkuleras vattnet direkt eller via kulvertar till respektive byggnads uppvärmningssystem samt till en förrådsberedare (1 500 l) intill pannan för tappvarmvattenproduktionen. Slambyggnadens uppvärmningssystem består av sju stycken luftvärmare och ett mindre radiatorsystem i byggnadens trapphus. Rensbyggnaden uppvärms via två luftvärmare och försedimenteringen med enbart en. Samtliga luftvärmare är shuntreglerade.

Kontorshuset uppvärms för närvarande med två stycken elvärmepannor om 21 kW och 3 kW, varav den större värmepannan utnyttjas för uppvärmningsändamål och den mindre enbart för tappvarmvattenproduktion. Värmesystemet för övrigt består av radiatorsystem och en luftvärmare i verkstadsrummet. Systemet regleras med s k rumstermostat.

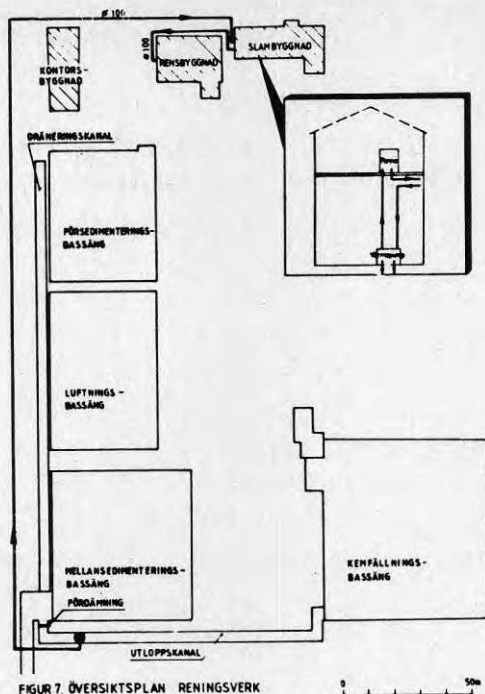
Både det olje- och elvärmda systemet är dimensionerat för temperaturerna 80°C - 60°C , d v s 80°C som framlednings-temperatur och 60°C som returtemperatur vid dimensionerande utetemperatur.

Nämnas bör att tidigare uppvärmdes också kontorshuset med den i slambyggnaden placerade oljepannan, men p g a problem med panndriften vid eldning med tjockolja anslöts en separat elpanna till detta hus. I det följande avses kontorshuset att ånyo försörjas med värme från oljepanna och tänkt värmepump.

KOMPLETTERING MED VÄRMEPUMP

Teknisk lösning

Nedanstående tekniska lösning bygger på att det renade avloppsvattnet utnyttas som energikälla för värmepump-anläggningen. För att inte störa reningsprocessen vid kemsteget och samtidigt få möjlighet att magasinera en del av det utnyttningsbara vattnet anläggs en fördämning vid utloppet av utloppskanalen. Lämpligen kan vattenytan höjas till ca $+3,5$ m (d v s $0,5$ m under vattengången för utloppet från kembassängen). Detta ger ett magasin på ca $180 - 200$ m³ vatten. Från magasinet pumpas avloppsvatten till värmepumpens förångare för värmeavgivning, se figur 7, och därefter till inloppet för avloppsvatten i rensbyggnaden. Tillkommande belastning på reningsverket blir mycket marginell (ca 20 m³/h).



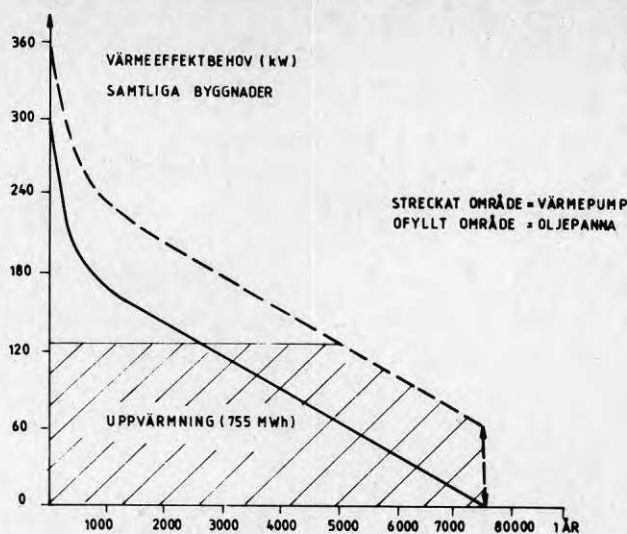
Värmepumpen placeras lämpligen i nedre botten av slambyggnaden. Värmesystemets returledning ansluts till värmepumpens varma sida (kondensorn). Härvid upptar värmevattnet den till värmepumpen tillförda drivenergin och avloppsvattenenergin.

Den befintliga pannanläggningen genererar som tidigare nämndes ett värmevatten med temperaturen ca 80°C. Beroende på årstid erhålls en returtemperatur på ca 55 - 60 °C. Mycket talar dock för att man en stor del av uppvärmnings-säsongen kan sänka framledningstemperaturen till ca 70°C vilket är den maximala arbetstemperaturen för den tänkta värmepumpen. På den kalla sidan, förångarsidan, antas

värmepumpen arbeta med en lägsta ingående avloppsvattentemperatur på ca 5,5°C. På basis av i fig 6 redovisat varaktighetsdiagram och med hänsyn taget till fram- och returtemperaturer dimensioneras värmepumpen för ca 125 kW värmeeffekt vid en värmevattentemperatur på 70°C och en utgående avloppsvattentemperatur på ca 2°C. Erfoderligt avloppsvattenflöde uppgår då till ca 6 l/s. För ovanstående data blir värmefaktorn ca 2.3 inklusive elmotorförluster och ca 2.5 exklusive elmotorförluster. När effektbehovet överstiger 125 kW och värmepumpen ej ensam räcker till kompletterar den befintliga oljepannan.

Fördelning av energislag

Nuvarande årsenergiförbrukning för Gävle reningsverk med avseende på uppvärmning och tappvarmvattenproduktion (exkl kontorshuset), är beräknad till ca 825 MWh/år. Genom att installera ett värmepumpaggregat om 125 kW ersätts ca 80% eller ca 660 MWh/år av denna energiförbrukning med energi från värmepump. Se figur 8.



FIGUR 8. ANDEL AV ÅRSENERGIFÖRBRUKNING SOM TÄCKS AV VÄRMEPUMP, 125 kW

20% eller ca 165 mWh/år får som förut produceras med den oljeeldade pannan. På detta sätt sjunker oljeförbrukningen från ca 100 m³/år till ca 20 m³/år. I nedanstående tabell redovisas i detalj fördelningen av energislag före och efter värmepumpinstallation. Vid värmepumpkomplettering tillkommer, förutom elenergibehov för värmepumpen även elenergibehov för avloppsvattenpump.

	Bef system MWh	Nytt system MWh
Olja	790	165
El till elvärmepannor	40 (35+5)	ca 5 (tappvarmvatten)
El till värmepump	-	265
Avloppsvatten	-	395
El till avloppsvattenpump	-	10
	<u>830 MWh</u>	<u>840 MWh</u>

EKONOMI

Investeringar

För att komplettera befintligt värmesystem i Duvbackens reningsverk med ett värmepumpsystem, 125 kW, erfordras nedan översiktligt beräknade investeringar. Alla investeringar är redovisade exkl moms och i prisnivå dec-81.

Värmepump, 125 kW	175 kkr
Yttre ledningsarbeten	120 "-
Avloppsvattenpump (2 st) + dämningsarbete	50 "-
VVS-arbete	30 "-
Komplettering av elutrustn	30 "-
Projektering	50 "-
Oförutsett	<u>65 "-</u>
Totalt	520 kkr

Driftskostnader

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

Oljepris: 1 866:-/m³, 80% verkningsgrad ger 24 öre/kWh

Elpris: Gällande eltariffer för högspänd elkraft vid Gävle Energiverk har tillämpats

Utökning av fast avgift (29 kW)	7 500:-/år
Energiavgift	12,4 öre/kWh
Elskatt	4 öre/kWh

Energikostnader	Bef system	Nytt system
Olja	190 kkr	40 kkr
El	8 kkr	54 kkr
Utökning av servicebehov	<u>-</u>	<u>15 kkr</u>
Totalt/år	198 kkr	109 kkr

Vid en komplettering av nuvarande värmesystem med en värmepump på ca 125 kW värmeeffekt erhålles således en driftskostnadsbesparing på ca 90 kkr/år.

Lönsamhet

Investeringskostnaderna för att komplettera värmesystemet vid Gävle reningsverk med ett värmepumpsystem om 125 kW är beräknade till ca 520 kkr. Genom denna komplettering beräknas driftskostnaderna sjunka med ca 90 kkr/år. Payoff-tiden blir således ca 6 år.

DEL II

AVLOPPSVATTENENERGI TILL FJÄRRVÄRMENÄTET

INLEDNING

I likhet med flertalet av de större kommunerna i Sverige uppvärms även centrala Gävle med fjärrvärme. Fjärrvärmeproduktionen sker till större delen vid mottryckskraftverket i Karskär, ca 6 km öster om staden, se fig nr 1. Kraftverket ägs av Krångede AB varifrån Gävle Energiverk köper värme. För närvarande är kapaciteten vid kraftvärmeverket ca 330 MW värme. Fullt utbyggd under slutet av 80-talet kommer installerad värmeeffekt att uppgå till ca 450 MW. Till och från kraftvärmeverket distribueras fjärrvärmevatten i en stor fjärrvärmekulvert ($\varnothing 800$).

För driftåret 1980 uppgick energiförbrukningen för fjärrvärmeproduktion vid kraftvärmeverket till ca 575 GWh. Under 1981 beräknas förbrukningen öka till ca 675 GWh. För att reducera mängden inköpt energi och oljeförbrukningen finns möjligheter att tillföra fjärrvärmenätet stora mängder energi från det renade avloppsvattnet vid kommunens reningsverk via värmepump. Nedan redovisas de tekniska och ekonomiska förutsättningarna för en sådan lösning.

DIMENSIONERING AV VÄRMEPUMPAGGREGAT

Inledning

Energien från avloppsvattnet avges till fjärrvärmenätets huvudkulvert. Eftersom värmepumpsystemet med nu kommersiell teknik ej kan avge högre värmevattentemperatur än $+70^{\circ}\text{C}$ ansluts detta till huvudkulvertens returledning. Två huvudfaktorer styr dimensioneringen av värmepumpsystemet, nämligen tillgången på värmeeffekt från avloppsvattnet samt möjlig värmeeffekt som kan upptas av fjärrvärmenätets returledning. Den sistnämnda faktorn bestäms i hög grad av aktuell returledningstemperatur eftersom värmepumpsystemet ej kan avge högre

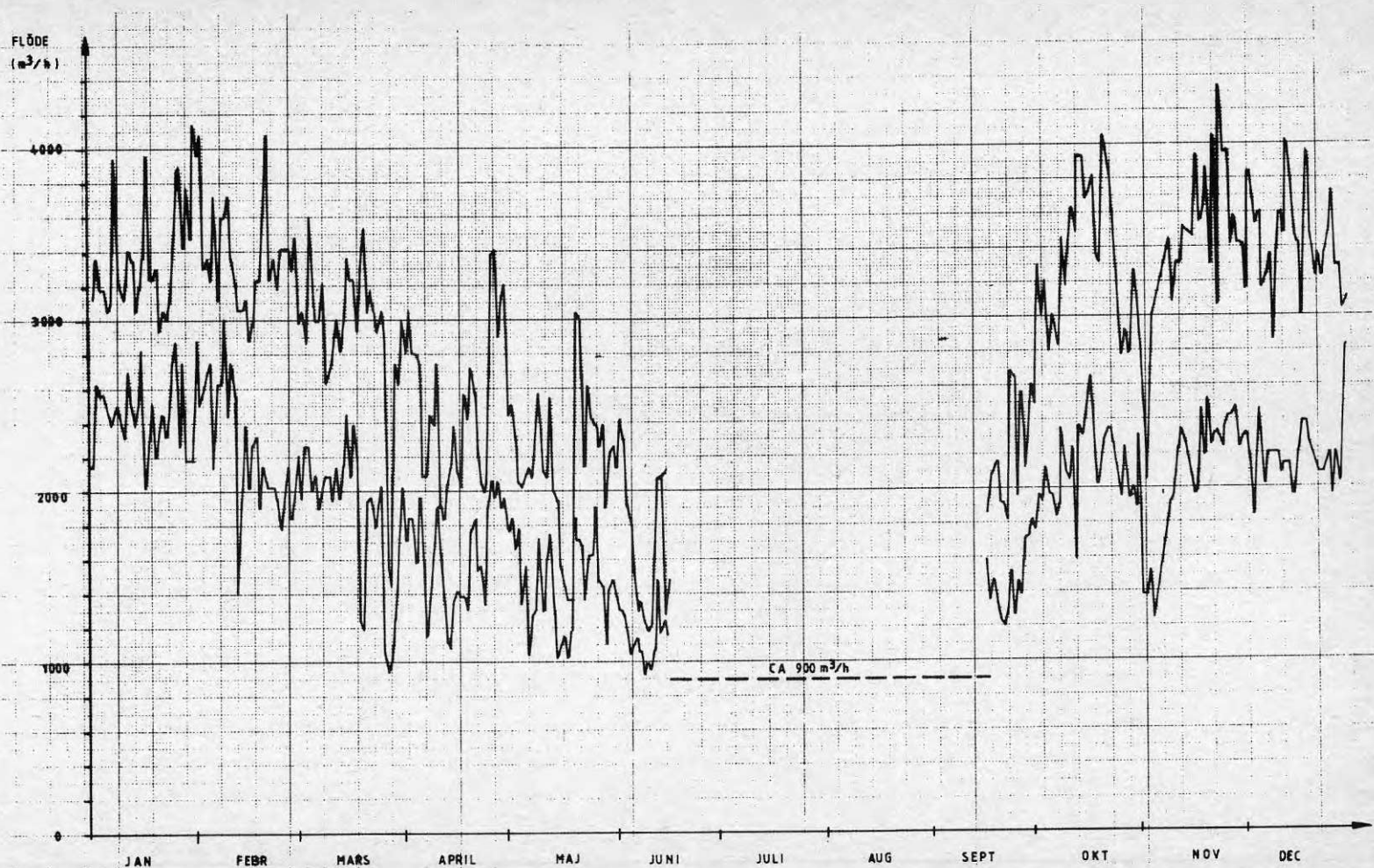
temperatur än $+70^{\circ}\text{C}$. Detta betyder att fjärrvärmenätet endast kan tillgodogöra sig energi från värmepumpsystemet när returledningstemperaturen understiger $+70^{\circ}\text{C}$. För att rätt dimensionera värmepumpsystemet har i detalj studerats fjärrvärmenätets driftdata i relation till data för tillgängligt avloppsvatten.

Driftdata

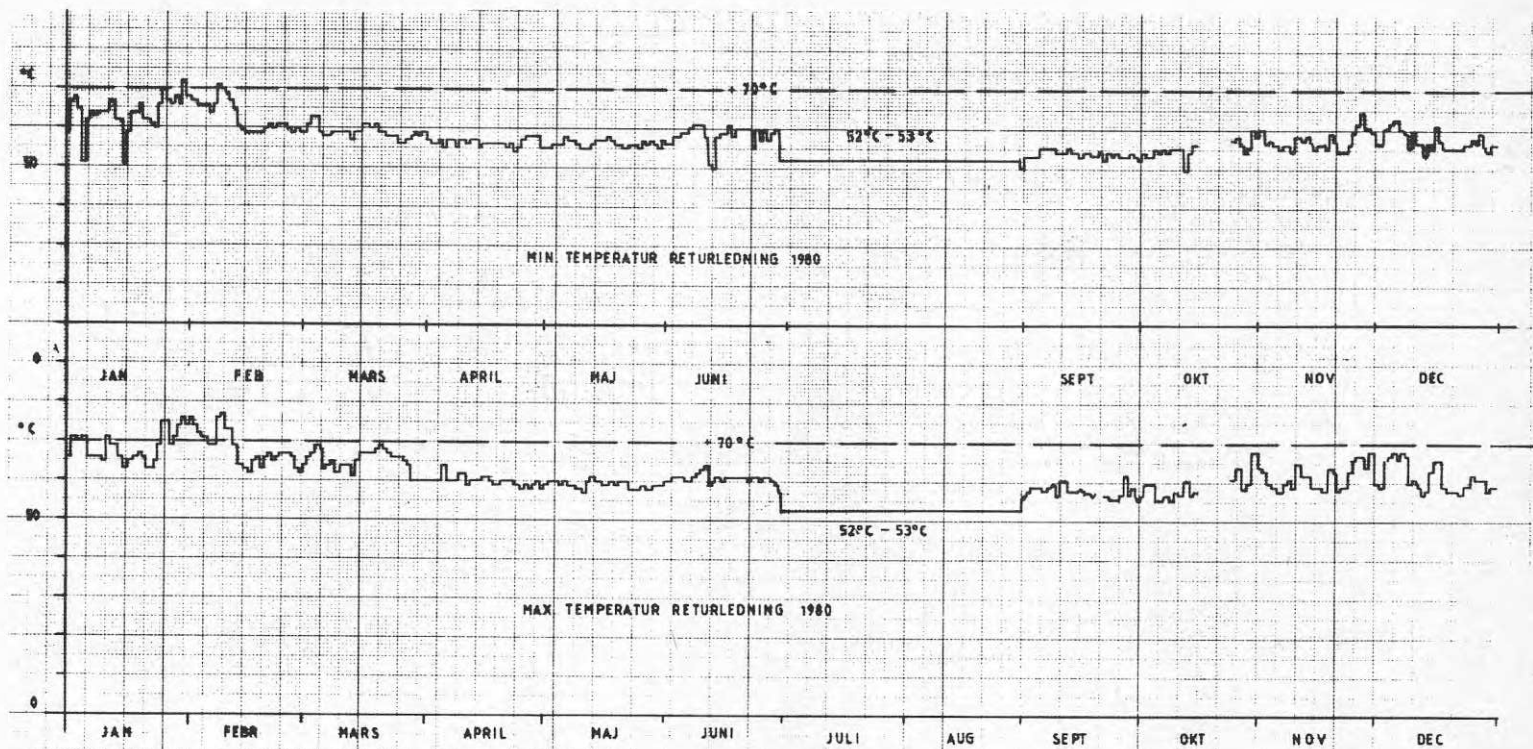
För att dimensionera värmepumpsystemet studeras i första hand tre parametrar, flödet i fjärrvärmenätets huvudkylvert samt dess framlednings- och returledningstemperaturer. Alla tre uppvisar årstidsvariationer, som beror på det varierande uppvärmningsbehovet under året. Generellt gäller för parametrarna att de ökar med sjunkande utomhustemperatur. Men som figurerna 9 och 10 visar kan de även oavsett årstid variera såväl under ett dygn som emellan flera dygn. Av figur 9 framgår att det maximala flödet uppgår till ca $4\,350\text{ m}^3/\text{h}$ och det minimala till ca $900\text{ m}^3/\text{h}$. Fjärrvärmevattnets returtemperatur överstiger, som framgår av figur 10, sällan $+70^{\circ}\text{C}$ och däröver (1980 - 13 dagar). Normalt kretsar max returtemperaturen kring $+65^{\circ}\text{C}$ - 68°C . Under sommarperioden är flödet och returtemperaturen mer stabila och håller sig kring ca $900\text{ m}^3/\text{h}$ respektive $+52^{\circ}\text{C}$ - 53°C .

Optimal värmepumpeffekt och möjlig tillförd energi

Med hjälp av de tidigare redovisade driftvärdena för avloppsvattnet samt driftdata angående fjärrvärmevattnet kan den lämpligaste värmeeffekten för en eventuell värmepumpsapplikation sättas till 15,75 MW, uppdelat på tre aggregat med separat förångare och kondensor. Varje aggregat dimensioneras för värmeeffekten 5,25 MW vid avloppsvattenflödet $600\text{ m}^3/\text{h}$ och en utgående avloppsvattentemperatur efter energiavgivning på som lägst $+0,5^{\circ}\text{C}$.



FIGUR 9. FJÄRRVÄRMEFLÖDETS VARIATION UNDER 1980. DEN ÖVRE KURVAN UTGÅR FRÅN DYGNETS MAXIMALA FLÖDES VÄRDEN, MEDAN DEN NEDRE UTGÅR FRÅN DYGNETS MINIMALA FLÖDES VÄRDEN



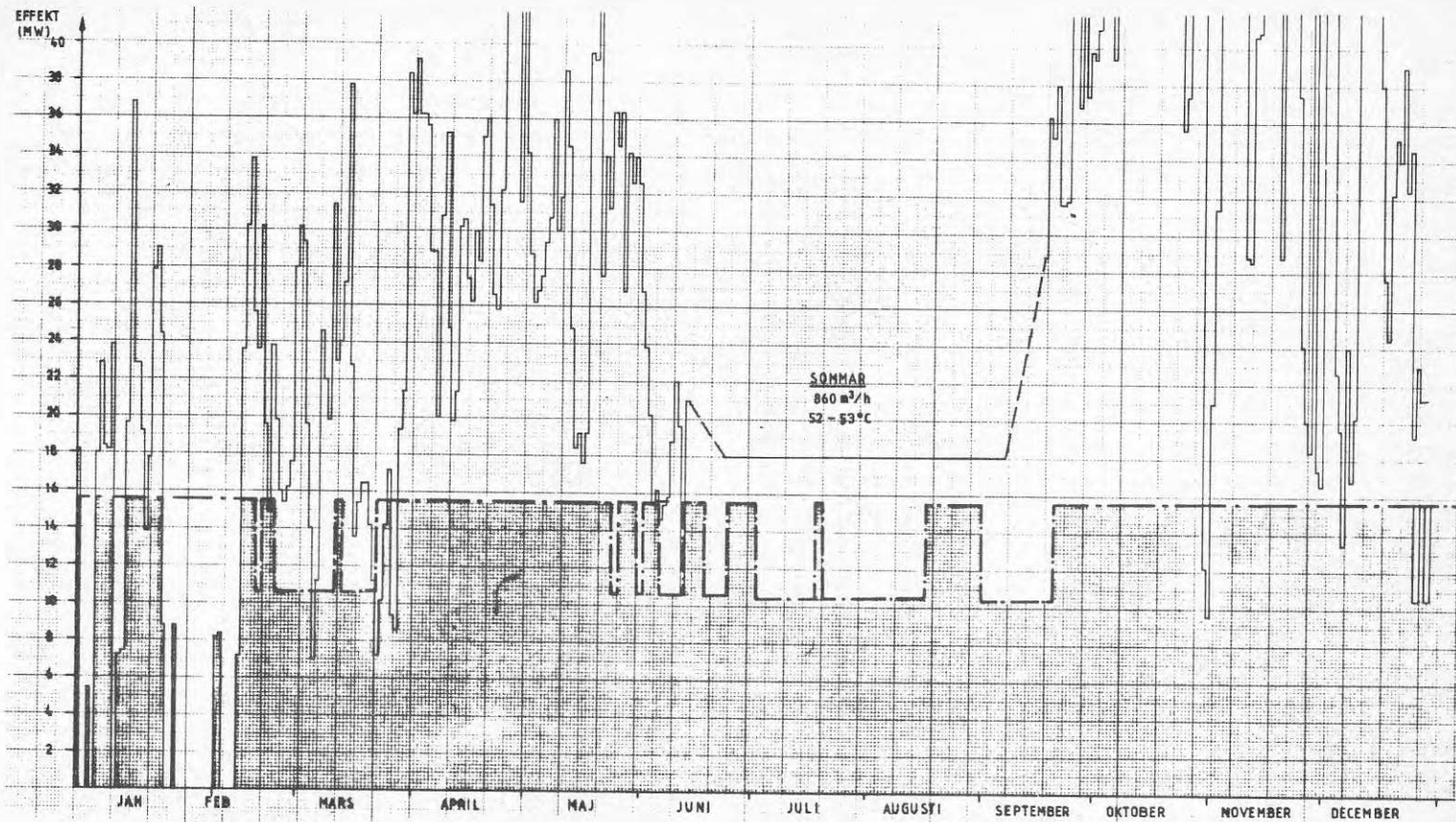
FIGUR 1D. VÄRMENÄTETS TEMPERATURVARIATION UNDER 1980, MED AVSEENDE PÅ RETURLEDNINGSTEMPERATUREN
 DEN ÖVRE KURVAN UTGÅR FRÅN DYGNETS MINIMALA RETURTEMPERATURER, MEDAN DEN UNDRE KURVAN
 UTGÅR FRÅN DYGNETS MAXIMALA RETURTEMPERATURER.

Vid drift av alla tre aggregaten nyttjas avloppsvattenflödet 1 800 m³/h (3 x 600 m³/h).

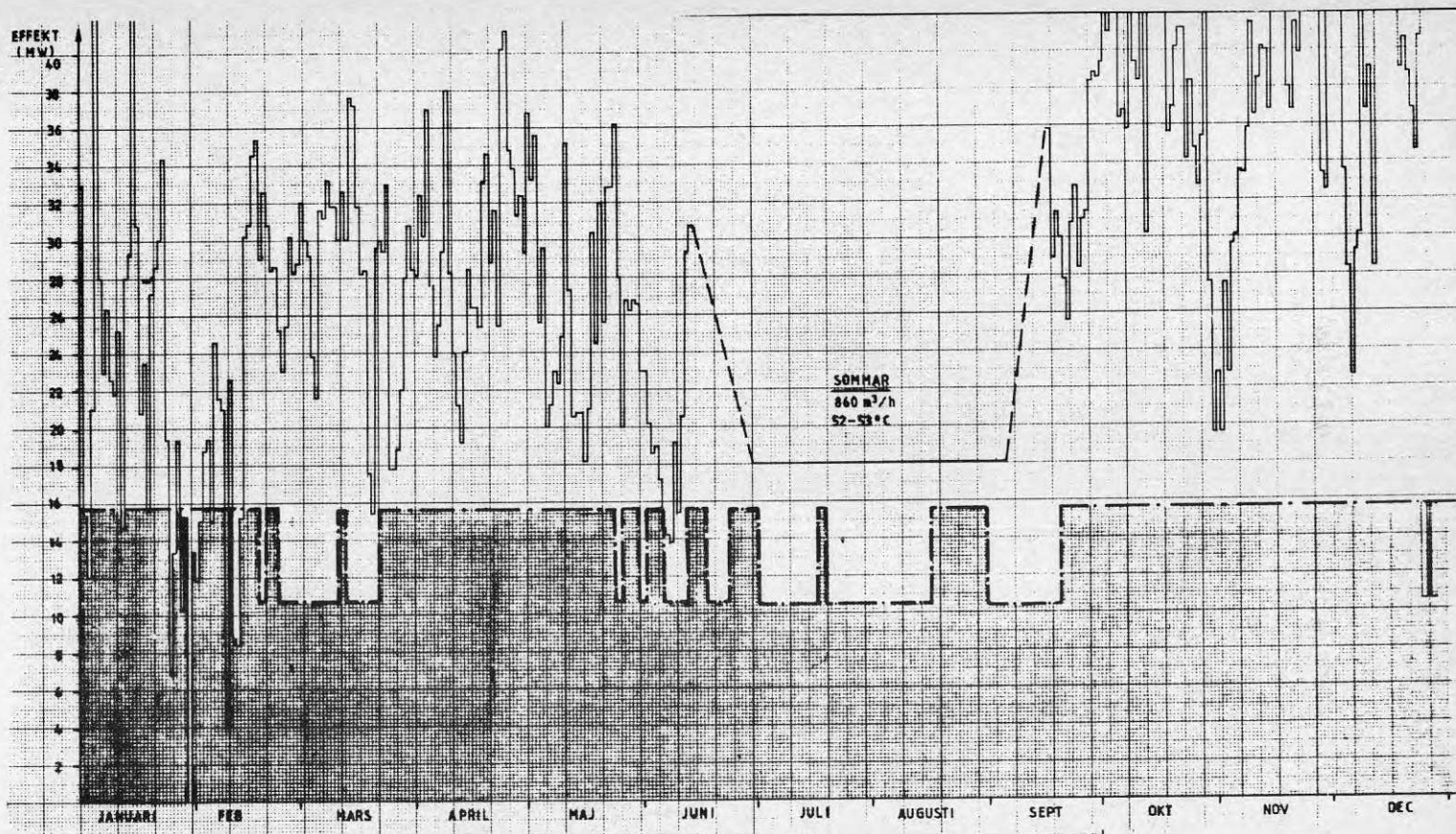
I figurerna 11 och 12 redovisas det under år 1980 varierande effektbehovet för att värma fjärrvärmenätets returvatten till +70°C och den tillgängliga värmeeffekten från avloppsvattnet via de tre värmepumpsaggregaten (skuggat område).

Effektbehovet i figur 11 är baserat på det för varje dygn maximala fjärrvärmefflödet och returtemperaturen medan effektbehovet i figur 12 är baserat på motsvarande minimala värden. Genom en analys av diagrammen framkommer att värmepumpsystemet förmår täcka 116 GWh/år - 126 GWh/år. Ett troligt genomsnitt kan här sättas till 120 GWh/år.

Således skulle ett värmepumpsystem om 15,75 MW, som endast utgör 5% av nuvarande värmeeffektbehov kunna ersätta en energimängd motsvarande ca 20% av den totalt förbrukade energin under år 1980.



Figur 11 Effektbehov för att värma fjärrvärmereturvatten till +70°C baserat på maxflöde och maxreturtemperatur samt möjligt effektuttag ur avloppsvatten med tre värmepumpaggregat (ca 16 MW).

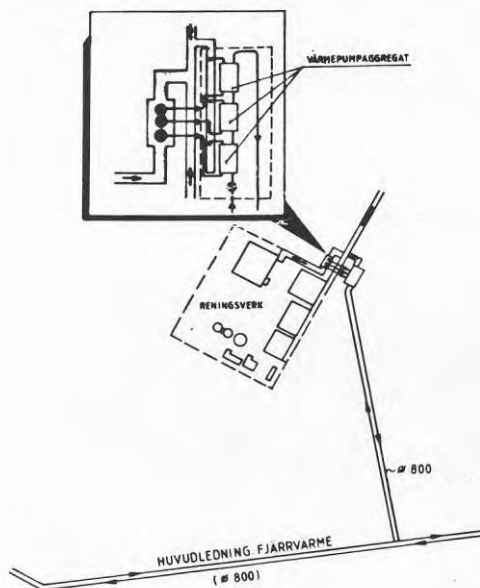


Figur 12 Effektbehov för att värma fjärrvärmereturvatten till $+70^{\circ}\text{C}$ baserat på minflöde och minreturtemperatur samt möjligt effektuttag ur avloppsvatten med tre värmepumpaggregat (ca 16 MW).

TEKNISK LÖSNING

Följande tekniska lösning bygger på att värmepumpanläggningen inkopplas på returledning i fjärrvärmenätets huvudledning. Energikälla för värmepumpanläggningen utgörs av renat avloppsvatten.

För att komma i åtnjutande av de stora avloppsvattenmängderna så måste en pumpgrop anläggas vid utloppskanalen efter kemsteget, se figur 13.



FIGUR 13 ÖVERSIKTSPLAN

Från pumpgropen pumpas avloppsvatten till de tre värmepumparna för värmeavgivning och därefter tillbaka till utloppskanalen efter pumpgropen. Värmepumparna placeras i en byggnad intill pumpgropen och utloppskanalen.

Från fjärrvärmenätets befintliga returledning anläggs en kulvert (ca 500 m) till värmepumpanläggningen. Värmepumparnas kondensorer inkopplas i serie vilket medför att varje kondensor dimensioneras för i stort sett hela returflödesmängden. Av regler tekniska skäl måste dock ett flödestak

sättas kring ca 4 000 m³/h. Flödesmängder som överstiger 4 000 m³/h leds ej ner till värmepumpanläggningen, utan denna begränsning och fördelning utförs där den nya kulverten ansluts till befintlig returledning.

ENERGI- OCH OLJEBESPARING

Av ovanstående framgår att en värmepumpanläggning om 16 MW kan leverera ca 120 GWh/år. Detta kan jämföras med energiförbrukningen under 1980, 575 GWh. För produktion av värme från värmepump krävs tillförsel av elkraft till kompressorer och övriga hjälpmaskiner. Nedan redovisas fördelningen av energislag, olja, el och "avloppsvattemvärme" före och efter en värmepumpinstallation.

	Bef system	Kompletterat med värmepump
Olja	575 GWh	455 GWh
El	-	40 "-
Energi från avloppsv	-	80 "-
Totalt	575 GWh	575 GWh

Genom installation av en värmepumpanläggning uppnås enligt ovan en energibesparing på ca 80 GWh/år, vilket vid oljepannverkningsgraden 85% motsvarar ca 8 700 m³ olja/år. Mängden olja som ersätts av värmepumpssystemet blir ca 13 100 m³ olja/år (120 GWh/år).

KOSTNADER

Investeringar

Nedanstående kostnader för den skisserade systemlösningen har översiktligt beräknats i dagens prisnivå (december 1981). Kostnaderna är angivna exklusive mervärdesskatt.

Fjärrvärmekulvert dimension \emptyset , längd 500 m med kringutrustning	5,5 Mkr
Värmepumpverk	
ingår: Byggnad + platta ställverk, el, VVS, fjärrvärmepumpar	23,5 "-
Avloppsvattenpumpar (3 st) pumpgrop m m	0,8 "-
Komplettering av elmatningen	0,5 "-
Projektering och tekn rådgivning	1,5 "-
Oförutsett	<u>4,2 "-</u>
Totalt	36,0 M kr

Driftskostnader

Vid beräkning av driftskostnader har nedanstående energipriser tillämpats.

Oljepris: 1 312:-/m³ eller 14,3 öre/kWh (verkningsgrad 85%)

Elpris: Gällande eltariffer för högspänd elkraft i Gävle

Fast avgift	240 kr/kW och år
Energiavgift	12,4 öre/kWh
Elskatt	4 öre/kWh

Nedanstående redovisning avser enbart driftskostnader för att producera den av värmepumpsystemet levererade energimängden, 120 GWh.

	Bef system	Kompl med värmepump
Olja	17,2 Mkr	-
El	-	7,7 Mkr
Utökat underhålls- och servicebehov	-	0,5 "-
Totalt	17,2 Mkr	8,2 Mkr

Genom att komplettera befintligt fjärrvärmesystem med en värmepumpsinstallation uppnås således en driftskostnadsbesparing på ca 9 Mkr/år (17,2 Mkr - 8,2 Mkr).

Lönsamhet

Värmepumpanläggningen är kostnadsberäknad till ca 36 Mkr. Härvid fås en driftkostnadsbesparing på ca 9 Mkr/år, vilket ger en payofftid på ca 4 år. En grov kalkyl inkluderande kapitalkostnad (annuitetsfaktor 17%) för 36 Mkr ger ett totalt energipris på ca 12 öre/kWh för värmepumpanläggningen, vilket skall jämföras med nuvarande energipris på 14,3 öre/kWh. Sammanfattningsvis kan sägas att föreslagen värmepumpinstallation är mycket gynnsam från ekonomisk synpunkt.

DEL III

PLANERAT BOSTADSOMRÅDE I HERRGÅRDSHAGEN

ALLMÄNT

Med anledning av att ett nytt bostadsområde planeras ca 500 m från avloppsreningsverket, se figur 1, belyses här översiktligt möjligheterna att delvis försörja dessa bostäder med energi från avlopsvatten via värmepump. Området kommer att omfatta ca 130 lägenheter samt ca 10 gemensamhetsanläggningar. Nedan jämföres en konventionell anslutning till kommunens fjärrvärmenät med en egen värmecentral baserad på värmepump och elpanna. Värmesystemet inom bostadsområdet antas bli vattenburet med kulvertsystem dimensionerat för $+80^{\circ}\text{C}/+60^{\circ}\text{C}$. Vid anslutning till fjärrvärme produceras värmevattnet genom värmväxling i en centraliserad fjärrvärmeundercentral medan man vid nyttjande av värmepump och elpanna producerar värmevattnet inom bostadsområdet.

EFFEKT- OCH ENERGIBEHOV

Eftersom effekt- och energibehoven ännu ej är fastställda, så kan endast en uppskattning av dessa göras. Om man antar att effektbehovet för uppvärmning och ventilation är ca 50 W/m^2 och att effektbehovet för tappvarmvattengenerering uppgår till ca 1 kW/lägenhet, så kan det totala effektbehovet bestämmas till ca 750 kW. Energitillbehovet beräknas då bli ca 1,9 GWh/år.

TEKNISK LÖSNING

Värmepump och elpanna placeras centralt inom bostadsområdet. Renat avlopsvatten pumpas från reningsverket till värmepumpen för energiavgivning och återförs till bräddningskulvert vid reningsverket. Värmepumpen dimensioneras för 300 kW och elpannan för 600 kW. Härvid utgör elpannan spets- och reservanläggning.

EKONOMI

Investeringar

Här behandlas ej kostnader för värmesystemet inom bostadsområdet, eftersom detta antas vara likvärdigt oavsett om området ansluts till fjärrvärme eller egen på värmepump baserad värmecentral.

Anslutning till fjärrvärme

Anslutningsavgift	600 kkr
-------------------	---------

Värmepumpsystem

Värmepump, 300 kW	400 kkr
Ledningsarbeten, pumpar (avloppsvatten)	400 "-
Merkostnad för byggnad	100 "-
Elpanna, 600 kW	100 "-
Elförsörjning	100 "-
Projektering	100 "-
Oförutsett	<u>200 "-</u>

Totalt	1 400 kkr
--------	-----------

Av ovanstående framgår att merinvesteringen för ett värmepumpssystem uppgår till ca 800 kkr (1 400 kkr - 600 kkr).

Driftskostnader

För att jämföra driftskostnader mellan de båda alternativen har följande energipriser tillämpats.

Fjärrvärme:	Fast avgift	50 000:-/år
	Energiavgift	17,5 öre/kWh
Elpris:	Fast pris	240:-/kW och år
	Energiavgift	12,4 öre/kWh
	Elskatt	4 öre/kWh

	Ansl till fjärrvärme	Värmepump- system
Energikostnad	390 kkr	280 kkr
Utökat underhålls- och servicebehov	<u>-</u>	<u>20 kkr</u>
Totalt	390 kkr	300 kkr

Med ett värmepumpsystem uppnås således en driftskostnadsbesparing på ca 90 kkr.

Lönsamhet

Merkostnaden med värmepumpsystemen jämfört med anslutning till fjärrvärme är beräknad till ca 800 kkr. Härvid uppnås en driftkostnadsbesparing på ca 90 kkr, vilket ger en payofftid på ca 9 år.

Falun 1981-12-29

VIAK AB

Falukontoret

Anders Backman

Jonas Hallenberg
Jonas Hallenberg

Tommy Bustad
Tommy Bustad

JH/mr

**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
810889-7 från Statens råd för byggnadsforskning
till Gävle kommun, Samordningsgruppen för
kommunal energiplanering.**

R44: 1983

ISBN 91-540-3922-3

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6700744

**Abonnemangsgrupp:
W. Installationer**

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

Cirkapris: 25 kr exkl moms