



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.



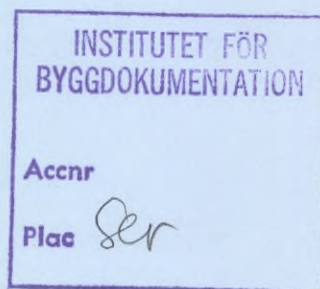
Rapport

R109:1987

**Resorptions- eller absorptions-
värmepump för värmeverk
i Lomma**

**Hans Lundborg
Ernst Morawetz
Ronny Nilsson**

R
Jull



Byggeforskningsrådet

R109:1987

RESORPTIONS- ELLER ABSORPTIONSVÄRMEPUMP

FÖR VÄRMEVERK I LOMMA

Hans Lundborg
Ernst Morawetz
Ronny Nilsson

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 850766-9
från Statens råd för byggnadsforskning till VBB AB,
Malmö.

REFERAT

Förstudien omfattar en jämförelse mellan tre olika typer av värmepumpar: resorptionsvärmepump (RVP), absorptionsvärmepump (AVP) och kompressordriven värmepump (KVP). Jämförelsen avser en komplett systemlösning där respektive typ av värmepump utgör ett komplement till en befintlig fjärrvärmecentral.

För respektive värmepumptyp har olika systemlösningar undersökts och lämpligaste lösning har bestämts. Detta har skett med beaktande av lokala förutsättningar och marknadsmässiga villkor.

En ekonomisk jämförelse har sedan utförts för de tre typlösningarna. Jämförelsen visar att med rådande energipriser (hösten 1986) blir värmeproduktionskostnaden för samtliga tre värmepumpsalternativ ca 10 % högre än motsvarande kostnad för oljeeldning. En begränsad ökning av oljepriset kan dock ändra på detta förhållande.

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

R109:1987

ISBN 91-540-4818-4

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Svenskt Tryck Stockholm 1987

INNEHÅLL

1.	SAMMANFATTNING.....	5
2.	BAKGRUND OCH SYFTE.....	7
3.	FÖRUTSÄTTNINGAR.....	9
3.1	Objektbeskrivning.....	9
3.2	Värmebehov.....	9
3.3	Värmekällor.....	10
3.3.1	Grundvatten.....	11
3.3.2	Åvatten från Höje å.....	11
3.3.3	Havsvatten.....	12
3.3.4	Orenat avloppsvatten från pumpstation Karstorp.....	12
3.3.5	Spillvärme från Repak och Scanditene.....	13
3.3.6	Jämförelse av värmekällorna.....	13
3.4	Kraftmatning.....	13
4.	BEFINTLIGT VÄRMEPUMPSYSTEM.....	15
5.	OLIKA SYSTEMLÖSNINGAR.....	17
5.1	Mekanisk resorptionsvärmepump kopplad till kompressordriven värmepump.....	17
5.1.1	Prestanda.....	19
5.1.2	Processdiagram.....	21
5.1.3	Apparat- och funktionsbeskrivning	25
5.1.4	Processbeskrivning.....	27
5.1.5	Systemval.....	28
5.2	Absorptionsvärmepump, AVR, kopplad till kompressordriven värmepump, KVP.....	29
5.3	System med enbart kompressordrivna värmepumpar, KVP.....	35
6.	EKONOMISK UTVÄRDERING.....	37
6.1	Investeringskostnader.....	37
6.1.1	Systemlösning med RVP enligt 5.1.5	37
6.1.2	Systemlösning med AVP enligt 5.2.B	37
6.1.3	Systemlösning med KVP enligt 5.3	38
6.2	Drift- och underhållskostnader...	39
6.3	Lönsamhetsbedömning.....	39
6.4	Känslighet för prisändringar.....	40
7.	SLUTSATSER.....	43
8.	LITTERATUR.....	45

1. SAMMANFATTNING

Förstudien omfattar en jämförelse mellan tre olika typer av värmepumpar: resorptionsvärmepump (RVP), absorptionsvärmepump (AVP) och kompressordriven värmepump (KVP). Jämförelsen avser en komplett systemlösning där respektive typ av värmepump utgör ett komplement till en befintlig fjärrvärmecentral.

Värmecentralen, som är belägen i Lomma norr om Malmö, försörjer ett fjärrvärmenät med ett effektbehov, som efter planerad utbyggnad kommer att uppgå till 14 MW. Värmeproduktionen sker med hjälp av två kompressordrivna värmepumpaggregat (totalt 2.5 MW) samt olje- och elpannor. Som värmekälla för värmepumparna används grundvatten (temperatur +9°C). Möjlighet finns även för användning av en begränsad mängd lågvärdig industriell spillvärme (temperatur upp till 25-30°C).

För respektive värmepumptyp har olika systemlösningar undersökts. Undersökningen visar att en RVP med fördel seriekopplas med befintliga KVP och utnyttjas som basproduktionsenhet. En AVP kan däremot med fördel kaskadkopplas med den mindre befintliga KVP. Den större KVP bör då användas som basproduktionsenhet. Kompletteras befintlig anläggning istället med ytterligare en KVP kan samtliga kondensorer lämpligen parallellkopplas vid låglastdrift och seriekopplas vid höglastdrift vintertid.

De olika systemlösningarna medför att storleken på de tre typer av värmepump blir olika. Vid val av typ och storlek har endast kommersiellt tillgängliga aggregat beaktats.

För de tre fördelaktigaste systemlösningarna har en ekonomisk jämförelse utförts. Vid jämförelsen har kapitalkostnader för nyanläggningar samt energi- och underhållskostnader m m beaktats. Däremot har kapitalkostnader för befintliga anläggningar samt personalkostnader, vilka anses vara identiska för de olika lösningarna, ej medtagits.

Jämförelsen visar att den specifika produktionskostnaden för alla tre värmepumplösningar är ca 134 kr/MWh eller ca 10 % högre än motsvarande kostnad för utbyggnad med en ny oljepanna (123 kr/MWh). Kostnaden för oljeproducerad värmeenergi (Eo4) och elkraft har då förutsetts vara 150 kr/MWh respektive 290 kr/MWh (prisnivå: hösten 1986). En känslighetsanalys för ändring av energipriserna visar att med oförändrat elpris skall oljepriset öka med ca 28 % (till motsvarande ca 1 800 kr/m³ Eo4) för att lösningen med en ny kompressionsvärmepump skall bli lönsam. Motsvarande skall elpriset sänkas med ca 34 % (oändrat oljepris) för att en värmepumplösning skall bli lönsam.

Utbyggnad av värmecentralen med ytterligare värmepumpkapaciteten är sålunda ej motiverat med rådande energipriser. En begränsad ökning av oljepriset kan dock ändra på detta förhållande.

2. BAKGRUND OCH SYFTE

I centrala delen av Lomma tätort är ett fjärrvärmenät under utbyggnad. I en första utbyggnadsetapp med ca 4.2 MW anslutningseffekt har befintliga större flerbostadshus anslutits.

Under perioden 1986-89 kommer ett nytt bostadsområde, Lomma Centrum, att anslutas. Den nya bebyggelsen beräknas ge omkring 5.1 MW anslutningseffekt.

I framtiden planeras en sammankoppling av detta fjärrvärmenät med två större befintliga distributionsnät. Det samlade effektbehovet för det sammankopplade nätet uppgår till ca 14 MW.

Fjärrvärmeproduktionen baseras på värmepumpar med grundvatten som värmekälla som baslast och el- och oljepannor som spetslast. Möjlighet finns att komplettera värmepumpsystemet med ytterligare värmekällor såsom exempelvis åvatten och spillvärme från närliggande industrier.

För elleveransen till elpannan och värmepumparna tillämpas en taxa med säsongvariationer i elpriset. Dessutom finns under höglastperioder vissa begränsningar i effektuttaget från det lokala elnätet. Dessa begränsningar är till viss del bestämmande för tillgängligheten av de eldrivna produktionsanläggningarna. I framtiden förväntas säsongvariationerna i elpriset öka, liksom effektbegränsningarna kan bli mer omfattande.

Med en absorptionsvärmepump kan användbar värme för fjärrvärmenätet produceras med hjälp av drivvärme med högre temperatur samt spillvärme med en något lägre temperatur.

Med kommersiellt tillgängliga absorptionsvärmepumpar fordras att drivvärmehåller en temperatur på 140-160°C. I det aktuella fallet måste denna drivvärme produceras med olja eller el i befintliga pannor.

Spillvärmehåller en temperatur på minst 25-30°C. Detta bör kunna uppnås genom direkt användning av den tillgängliga spillvärmehåller. Eventuellt kan erforderlig temperaturhöjning ske med hjälp av en mindre kompressordriven värmepump.

Syftet med denna förstudie är att klarlägga om det är fördelaktigt att vid sammankopplingen av fjärrvärmenätet i Lomma utföra ett eventuellt ytterligare värmepumpaggregat som absorptionsvärmepump alternativt resorptionsvärmepump.

Som alternativ till dessa systemlösningar undersöks en lösning med en ytterligare kompressorvärmepump.

De ekonomiska förhållandena för respektive systemlösning studeras genom att först klarlägga prisförutsättningarna för de enskilda produktionskomponenterna och systemkombinationer av dessa. Sedan placeras de olika komponenterna in i varaktighetsdiagrammet för fjärrvärmeanläggningen och årskostnaderna beräknas.

3. FÖRUTSÄTTNINGAR

3.1 Objektbeskrivning

Lomma kommun bygger för närvarande upp ett fjärrvärmenät för Lommas centrala delar. I en första etapp anslöts ett befintligt bostadsområde, Slättängsområdet i norra Lomma.

Nästa utbyggnadsetapp, etapp 2, omfattar perioden 1986-89 och då ansluts ny bebyggelse med lägenheter, ca 500 st, samt anläggningar för kommunal och kommersiell service.

Värmeverkets produktionsanläggning utgörs av oljepannor, värmepumpar och elpanna. Värmepumpanläggningen utnyttjar grundvatten som värmekälla.

I ett senare skede planeras sammanslagning av ovanstående fjärrvärmenät med närliggande nät i Norr Vinstorp och Pilängen.

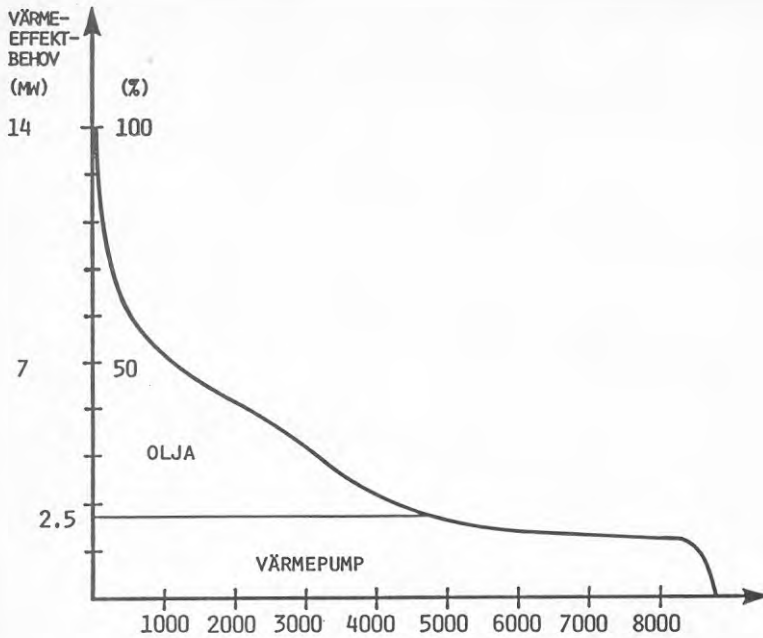
3.2 Värmebehov

Dimensionerande anslutningseffekt för Lomma är totalt ca 9 MW (etapp 1 ca 4 MW och etapp 2 ca 5 MW). Energibehovet har beräknats till 17.7 GWh/år.

Dimensionerande effektbehov i värmeverket är beräknat till ca 8 MW. Effektbehovet avser produktions-effekt efter hänsyn tagits till sammanlagring och kulvertförluster.

I samband med planerad sammanslagning av Lommas fjärrvärmenät, Pilängsnätet och Norr Vinstorps värmenät beräknas effektbehovet uppgå till ca 14 MW. Därmed ökar möjligheterna att komplettera värmeproduktionsanläggningarna med ytterligare värmepump eller värmepumpar.

Varaktighetsdiagram efter planerad sammanslagning fås genom addering av respektive delområdes diagram. Resultatet framgår av figur 3.1.



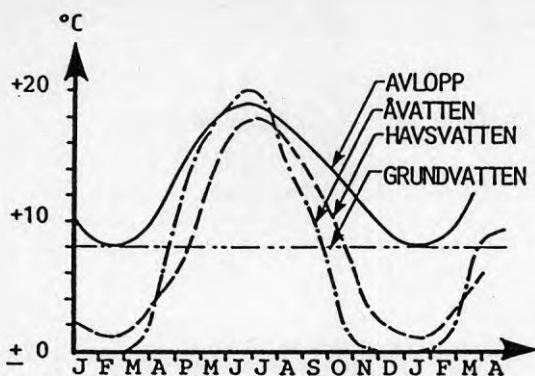
Figur 3.1 Varaktighetsdiagram efter sammanslagning av värmenät Lomma, Pilängen och Norr Vinstorp.

Nätet är dimensionerat som lågtemperatursystem och temperaturnivån är därmed låg jämfört med äldre fjärrvärmenät.

3.3 Värmekällor

Som värmekällor till värmepumpar i kommunens värmeverk finns följande sex alternativ. Värmekällorna kan komma ifråga var för sig eller i kombination med varandra.

1. Grundvatten
2. Ävatten från Höje å
3. Havsvatten
4. Orenat avloppsvatten (pumpstation i Karstorp)
5. Spillvärme från plastföretagen Repak och Scanditene.
6. Uteluft (behandlas ej närmare)



Figur 3.2 Temperaturvariation vid olika värmekällor

3.3.1 Grundvatten

Grundvatten från Alnarpsströmmen håller en konstant temperatur på ca 9°C motsvarande årsmedeltemperaturen vid markytan.

Till den befintliga värmepumpanläggningen finns 6 brunnar för uttag och infiltration av grundvatten. Aktuellt flöde är ca 67 l/s men möjlighet finns till ytterligare uttag. Med diverse komplettering kan ytterligare 30 l/s tas ut ur dessa befintliga brunnar och utnyttjas som värmekälla för en ny värmepump.

3.3.2 Ävatten från Höje å

Vald lokalisering av värmeverket ger möjlighet att utnyttja vattnet i Höje å. Detta ytvatten följer med viss fördröjning lufttemperaturens årsvariation, enligt figur 3.2 ovan.

Av temperaturvariationskurvan framgår att temperaturen under de tre kallaste vintermånaderna understiger 3°C. Under denna tid kan inte en värmepump med konventionell tubförångare användas p g a risken för påfrysning. En förångare av typ strilförångare kan utnyttjas även lägre temperaturer, men innebär samtidigt en betydande installationskostnad.

Utnyttjande av värmepump vid låga temperaturer innebär också att värmefaktorn försämras. Detta gör att värmepumpen inte bör drivas vid låga ävattentemperaturer.

Man planerar att i framtiden utnyttja åvatten i kombination med grundvatten, och då använda åvattnet sommartid dels som värmekälla för värmepumparna och dels för att etablera ett värmelager i grundvattenmagasinet.

3.3.3 Havsvatten

Öresund utgör en övergångszon mellan Östersjön och Kattegatt/Skagerrak. Detta faktum påverkar temperaturförhållandena i vattenmassan. Vattnet i det överskiktet, ca 10 m tjocka skiktet är ofta av östersjökaraktär och håller samma temperatur från ytan till 10 meters djup.

Värmepumpprojekt har genomförts med vatten från Östersjön, med saltvatten 8-10 ‰, som värmekälla. I Öresund har det övre skiktet även denna salthalt medan djupare skikt håller en högre salthalt. Det s k språngskiktet mellan östersjövattnet och det saltvattnet från Kattegatt återfinns oftast vid 10-15 meters djup, men betydande avvikelser förekommer. Även blandningar av olika typer förekommer. Vid högre salthalt ökar risken för korrosionsproblem.

Lommabukten utgör ett utpräglat grundområde och temperaturförhållandena under vår och höst påverkas i hög grad av årstiden. Således sker genom förändringar i instrålning/utstrålning en uppvärmning respektive en avkylning av Lommabukten, d v s havsvattnets temperatur följer uteluftens temperatur. I förhållande till vattendrag sker en viss fördröjning liksom max- och min-värden inte är lika utpräglade.

Intag av havsvatten till en värmepumpanläggning får ske via en särskild intagsledning för att säkerställa tillräckligt flöde till värmepumpen vid lågvatten. Med hänsyn till djupgående för båtar och konstruktionshöjd på intaget bör detta placeras på minst 5 meters djup.

Grundförhållandena i Lommabukten gör att intaget då måste placeras minst 800 m från stranden. Ledningen bör förläggas nedgrävd i botten med hänsyn till isskrivningar och sjöfartens framkomlighet.

3.3.4 Orenat avloppsvatten från pumpstation Karstorp

Avloppsvattnets temperatur har mätts under 1983. Mätningarna visar att temperaturen varierar mellan +7°C och +15°C. Avloppsvattnet innehåller en viss mängd dagvatten vilket påverkar temperaturen. I framtiden skall dagvattnet separeras från avloppsvattnet, vilket gör att temperaturen bedöms komma att ligga på en något högre och mera konstant nivå, ca +9°C till +15°C.

Avloppsvattenflödet beräknas variera över dygnet från 17 l/s på natten upp till 33 l/s på dagen.

För att leda avloppsvattnet till och från värmeverket fordras en dubbelledning med en total längd av ca 2 700 m.

3.3.5 Spillvärme från Repak och Scanditene

I industrihamnen i anslutning till det planerade värmeverket finns två företag med spillvärmeöverskott, Repak och Scanditene. Produktionen vid dessa företag innebär smältning och bearbetning av plastråvaror. Processen kyls i ett slutet kylvattensystem.

Följande data gäller för kylvattnet:

- flöden: 10 l/s
- temperatur: fram ca 22°C, retur ca 12°C
- tillgänglighet: 5 000 timmar/år
(120 timmar/vecka vintertid)

Möjligheter finns att höja temperaturen på spillvattnet till 25-30°C genom mindre justeringar av industriernas kylsystem. Det är dessutom önskvärt att returtemperaturen sänks ytterligare till ca 10°C.

3.3.6 Jämförelse av värmekällorna

Vid undersökning av de olika värmekällorna har det visat sig att endast grundvatten och uteluft kan ge tillräcklig värmemängd för att täcka baslastbehovet för värmeverket i etapp 1 och 2. Havsvatten har fallit bort som alternativ eftersom anläggningskostnaden för havsvattenkulvert m m skulle bli alltför stor.

Ingen av de övriga värmekällorna (2, 4 och 5) kan ensam fylla det önskade värmebehovet. Därför blir det nödvändigt att kombinera dessa värmekällor om värmepumpanläggningen skall få önskvärd storlek.

För det befintliga och nyligen installerade värmepumpsystemet har grundvatten valts som värmekälla. Se vidare avsnitt 4 nedan.

3.4 Kraftmatning

För elleveransen till elpanna och värmepumpar i nuvarande värmeproduktionsanläggning (se avsnitt 4) tillämpas en taxa med säsongvariationer i elpriset. Dessutom finns under höglastperioder vissa begränsningar i effektuttaget från det lokala elnätet. Dessa begränsningar är till viss del bestämmande för tillgängligheten av de eldrivna produktionsanläggningarna.

I framtiden förväntas säsongvariationerna i elpriset öka, liksom effektbegränsningarna kan bli mer omfattande.

Tillgänglig effekt bedöms vara:

- högspänning 1-2MW
- lågspänning ca 0.5 MW

Denna effekt finns tillgänglig för en utökning av värmepumpsystemet enligt avsnitt 5 nedan.

4. BEFINTLIGT VÄRMEPUMPSYSTEM

Under sommaren -86 installerades 2 st värmepumpaggregat i värmeverket. Värmepumparna utnyttjar grundvatten som värmekälla och höjer temperaturen till fjärrvärmetemperatur d v s 60-70°C.

Mellan värmekällan och värmepumparnas förångare finns en mellankrets.

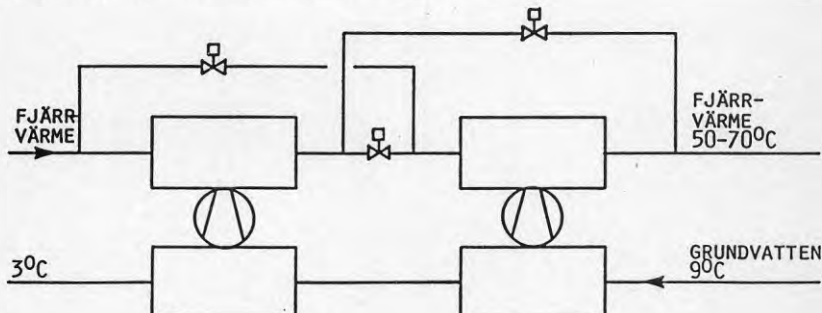
Följande data gäller för värmepumpanläggningen vid seriekoppling av de två värmepumparna på värmebärrarsidan. Dessa data gäller då värmebärrarens utgående temperatur är +70°C.

Köldmedium	R12
Kondensoreffekt	2 590 kW
Kondensorflöde	150 m ³ /h (14 l/s)
Eleffekt till kompressor	1 023 kW
Kyleffekt	1 618 kW
Köldbärare	30 % ethylenglykol
Värmefaktor (exkl kringutrustning)	2.53
Temperatur i mellankrets	
- till förångare	+6°C
- från förångare	+0.34°C

Vid utgående värmebärartemperatur +60°C minskar kondensoreffekten till 2 521 kW och värmefaktorn ökar till 3.0.

Med det befintliga värmepumpsystemet kan också värmepumparna köras parallellt på varma sidan. Omkoppling till parallell drift görs i de fall när värmebärarflödet är stort och temperaturen hos fjärrvärmens returledning är hög d v s vintertid vid hög last på fjärrvärmesätet. Vid normal drift är emellertid värmepumparnas kondensorer seriekopplade.

Systemkopplingen med nuvarande värmepumpinstallation framgår av nedanstående figur 4.1.



Figur 4.1 Principschema nuvarande värmepumpinstallation. Normalt är kondensorererna seriekopplade.

5. OLIKA SYSTEMLÖSNINGAR

Nedan beskrivs några olika systemkopplingar med värmepumpar som utnyttjar någon eller några av de i avsnitt 3.3 beskrivna värmekällorna.

Generellt kan man konstatera att energibesparingen, vanligen kallad energitäckning med hjälp av värmepumpar, beror på följande:

- fjärrvärmenätets temperatur- och effektbehov
- tillgången på värmekällor
- tillgången på drivenergi

Oberoende av varandra kan var och en av dessa faktorer verka begränsande för energitäckningen. Säsongsvariationer m m medför att systemfunktionen för respektive värmepumpsystem blir mycket komplex men i nedanstående avsnitt görs en bedömning av hur resultatet blir med nu kända förhållanden.

5.1 Mekanisk resorptionsvärmepump kopplad till kompressordriven värmepump

Mekaniska resorptionsvärmepumpar för drift med el- eller förbränningsmotor har under senare år utvecklats i Västtyskland och marknadsförs av ingenjörsföretaget TCH ThermoConsulting Heidelberg GmbH. Den första industriella anläggningen för produktion av processånga är idrifttagen i en kemisk industri nära Köln, figur 5.1. Anläggningen är utlagd för 1 t/h lågtrycksånga. De första mätresultaten tyder på att prestandan är ca 10 % bättre än beräknad (d v s l.1 t/h ånga produceras vid ca 10 % lägre elbehov).

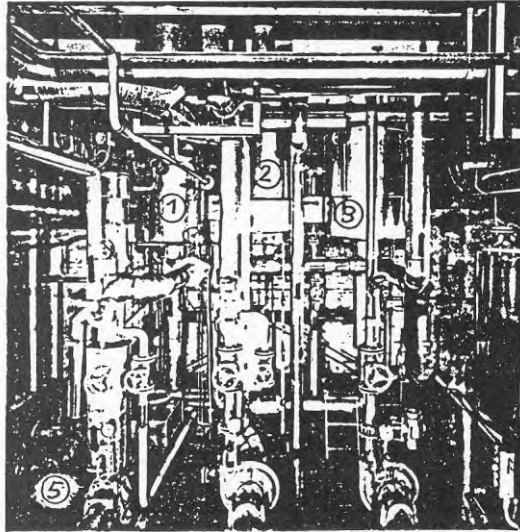
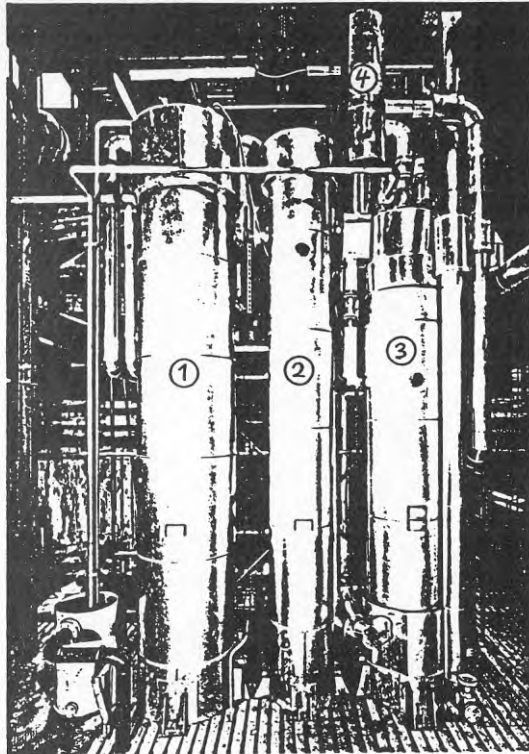
Tre olika varianter av mekaniska resorptionsvärmepumpar (RVP) har undersökts för inkoppling i fjärrvärmenätet och i serie med den befintliga mekaniska värmepumpen. Till grund för de tre RVP-varianterna har legat olika temperaturlyft och uteffekter samt två olika värmekällor vilka karakteriseras på följande sätt:

Värmekälla 1: 35 t/h varmt spillvatten + 93 t/h grundvatten (120 h/vecka), respektive 163 t/h grundvatten (48 h/vecka),

Värmekälla 2: endast grundvatten, 163 t/h samtliga dagar/vecka (litet temperaturlyft, låg uteffekt),

Värmekälla 3: endast grundvatten, 1 507 t/h samtliga veckodagar (stort temperaturlyft, hög uteffekt).

Variant 1 är ett specialutförande och har två driftsätt: ett för vardagar då båda värmekällor utnyttjas (driftsätt A), ett annat för veckoslut och helgdagar då endast grundvatten används (driftsätt B). Önskad uteffekt 1.5 MW.



FIGUR 5.1 Mekanisk resorptionsvärmepump: kommersiell anläggning
 för produktion av 1.1 t/h lågtrycksånga.
 1 - Resorbator, 2 - Temperaturväxlare
 3 - Desorbator, 4 - Vätskeavskiljare
 5 - Lösningssump (kompressor ej synlig)

Tillverkare: TCH Thermo-Consulting-Heidelberg GmbH.

Variante 2 är en anläggning (modifierat standardtyp) för drift motsvarande endast sätt B samt för samma grundvattenflöde och samma önskad uteffekt på ca 1.5 MW.

Variante 3 är en stor anläggning för täckande av Lommas hela framtida effektbehov på ca 15 MW och dimensionerad för högt temperaturlyft. I detta fall är det lönt med ett specialutförande. Motsvarande specialisering kan även utföras på mindre storlekar, t ex för 1.5 MW uteffekt, men till högre kostnad än för variante 2.

5.1.1 Prestanda

Variante 1:

Driftsätt		A	B
Värmekälla: Spillvatten			
Temp. in,	°C	22	-
Temp. ut,	°C	9	-
Flöde	t/h	35	-
Kyleffekt,	kW	529	-
Värmekälla: Grundvatten			
Temp. in,	°C	9	9
Temp. ut,	°C	3	3
Flöde	t/h	93	163
Kyleffekt,	kW	651	1 138
Nyttovärme: Temp. in,	°C	51	51
Temp. ut,	°C	56	56
Flöde	t/h	258	258
Effekt,	kW	1 500	1 500
Elbehov			
Skruvkompressor 1	kW	245	251
Skruvkompressor 2 (2-stegs)	kW	75	111
Total kompressoreffekt,	kW	320	362
Värmefaktor (inkl. lösningspump och förluster)		4.29	3.79
Temperaturlyft, totalt, ca	°C	53	53
Max processtryck,	bar	7	7
Max processtemperatur,	°C	63	63
Arbetsmediepar: ammoniak/vatten			
Platsbehov: 10 * 10 * 9 (L*B*H, variante 1 och 2).			

Variant 2:

Värmekälla:	Grundvatten		
	Temp. in,	°C	9
	Temp. ut,	°C	3
	Flöde	t/h	163
	Kyleffekt,	kW	1 138

Nyttovärme	Temp. in,	°C	51
	Temp. ut,	°C	56
	Flöde	t/h	258
	Effekt	kW	1 500

Elbehov

Skruvkompressor 1,	kW	251
Skruvkompressor 2,	kW	111
Total kompressoreffekt,	kW	362

Värmeffaktor (inkl. lösningspump och förluster)		3.79
--	--	------

Temperaturlyft, totalt, ca	°C	53
Max processtryck,	bar	7
Max processtemperatur,	°C	63
Arbetsmediepar: ammoniak/vatten		

Variant 3:

Värmekälla:	Grundvatten		
	Temp. in,	°C	9
	Temp. ut,	°C	3
	Flöde	t/h	1 507
	Kyleffekt,	kW	10 115

Nyttovärme:	Temp. in,	°C	65
	Temp. ut,	°C	90
	Flöde	t/h	516
	Effekt,	kW	15 000

Elbehov

Turbokompressor 1,	kW	3 220
Turbokompressor 2,	kW	1 322
Total kompressoreffekt,	kW	4 542

Värmefaktor		
(inkl. lösningspump och förluster)	3.07	
Temperaturlyft, totalt, ca °C	87	
Max processtryck, bar	15	
Max processtemperatur, °C	97	
Arbetsmediepar: ammoniak/vatten.		

5.1.2 Processdiagram

Figur 5.2-5.4 visar h, x-diagram för de olika processerna i vätskefasen. Processförloppet är medurs.

Diagrammet i figur 5.2 visar processförloppet för variant 1 (specialutförande) vid utnyttjande av båda värmekällorna. 2-stegs skruvkompressorn används som högtemperaturbooster vid två resorptionssteg. Totalt genomförs resorptionen alltså i tre steg inom temperaturnivån ca 54-63°C och på tre trycknivåer.

Figur 5.3 avser den enklaste varianten, variant 2. Denna är ett modifierat utförande av standardtypen. Modifieringen består i att för nödvändigt trycklyft två skruvkompressorer seriekopplas. Anledning till detta är att vid låglastkörning förekommer drift i vakuumområdet på grund av värmekällans låga temperatur. Härvid ökar tryckförhållandet avsevärt.

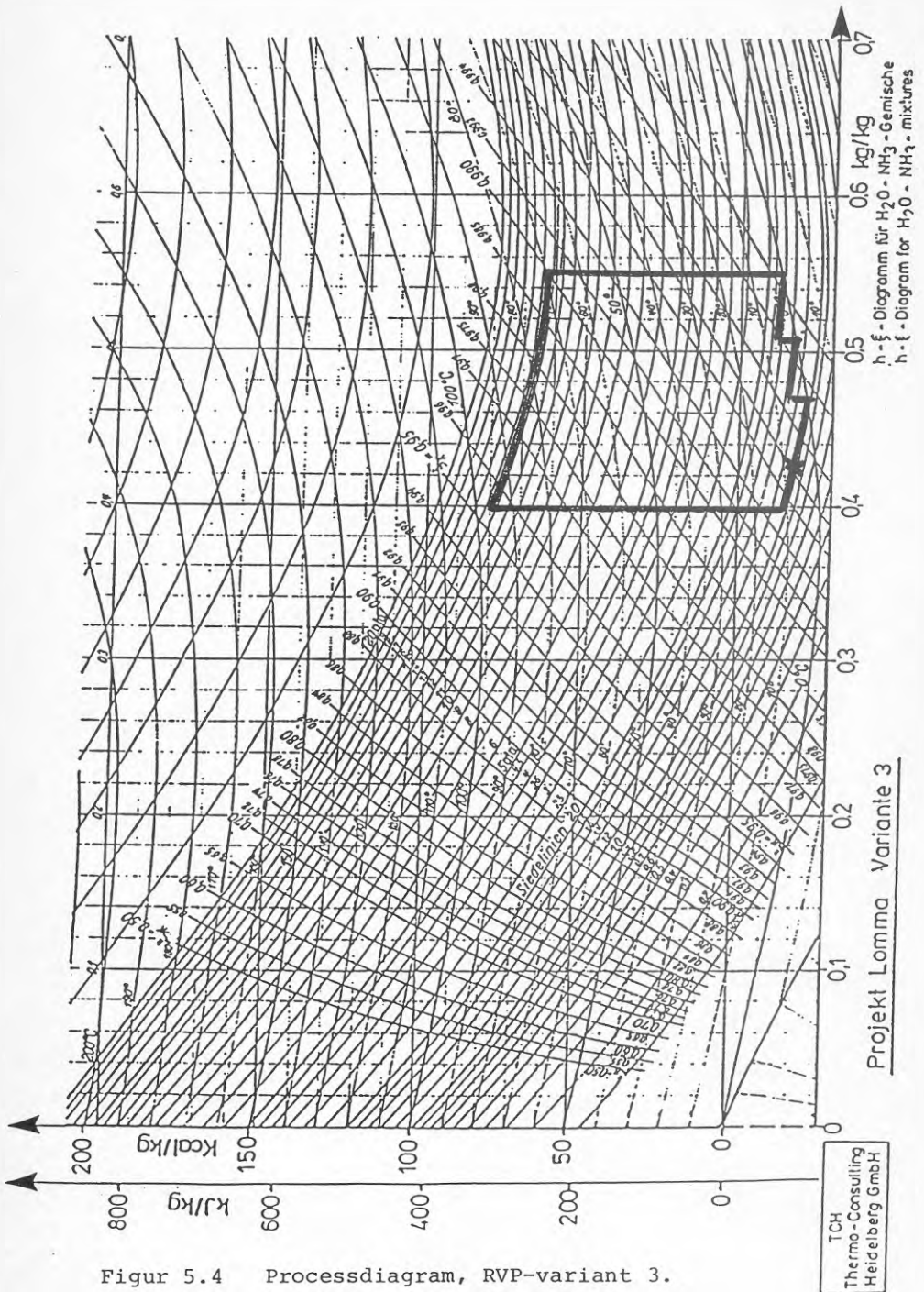
Vid dellastdrift förflyttar sig processen till vänster i diagrammet varvid lösningskoncentrationen och desorptionstrycket minskar. Desorbatorn arbetar då i vakuumområdet. Eftersom ammoniakångans specifika volym härvid ökar kan kompressorn arbeta vid konstant verkningsgrad. Vid oförändrade temperaturförhållanden förblir värmefaktorn praktiskt taget konstant. I diagrammet har processcykeln för 50 % last inriktats.

Motsvarande sker vid dellastdrift av varianterna 2 och 3. (Ej visat i figur 5.3 och 5.4).

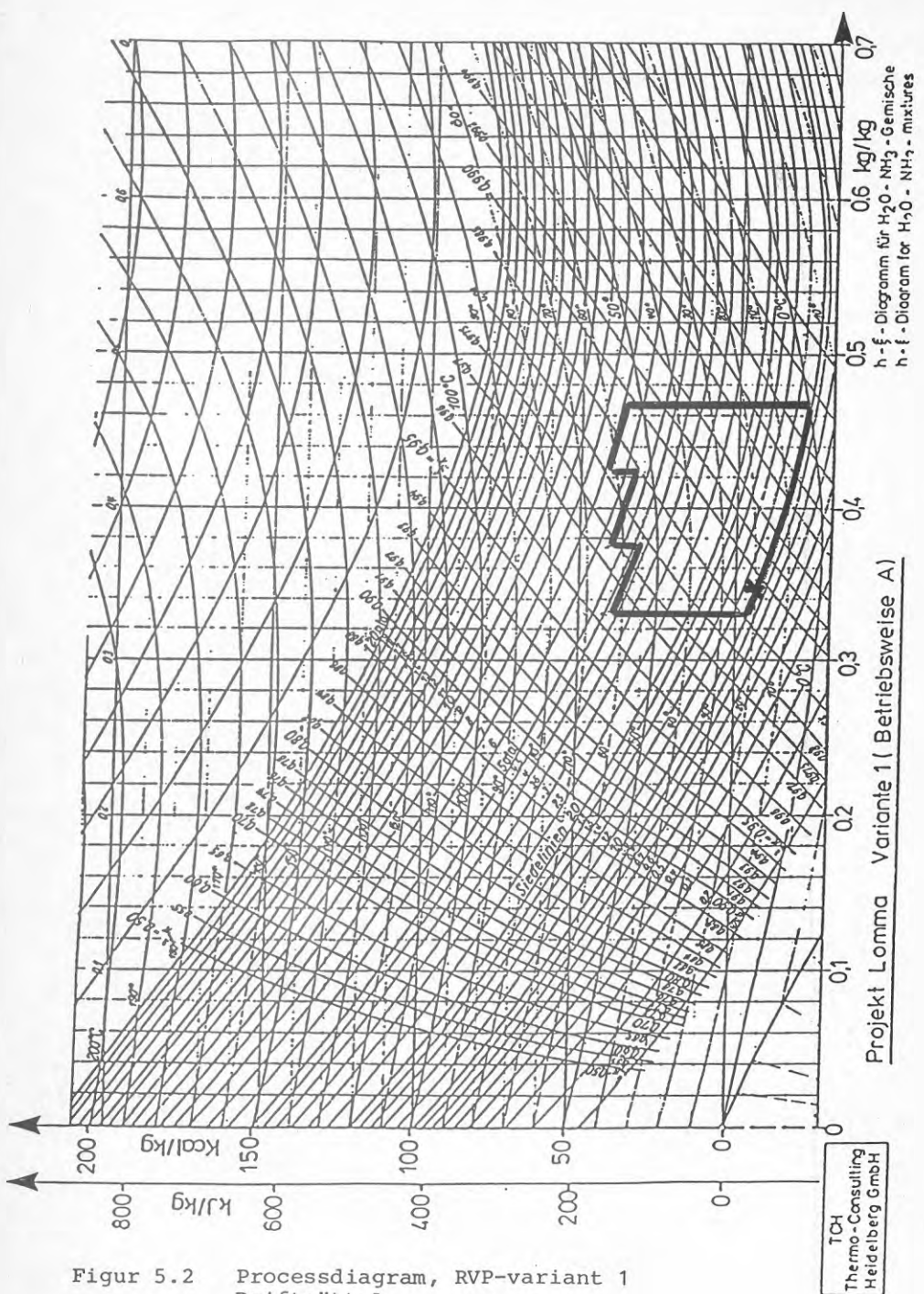
Som framgår ur figur 5.4 är en annan processföring möjlig med grundvatten som värmekälla.

I detta diagram visas processförloppet för variant 3. På grund av den totala tryckstegringen på ca 15 bar behövs två turbokompressorer (med mellankylning) i serie. Desorptionen sker inom temperaturområdet 0-11°C i tre steg på tre trycknivåer.

I samtliga processer kan sk extradesorption utnyttjas, ett av TCH patenterat förfarande för prestandaförbättring. I diagrammen indikeras med en punkt var någonstans i processcykeln extradesorptionen insätter.



Figur 5.4 Processdiagram, RVP-variant 3.



Figur 5.2 Processdiagram, RVP-variant 1
Driftsätt A

5.1.3 Apparat- och funktionsbeskrivning

Principuppbyggnad av en RVP framgår av flödesschema, figur 5.5.

Huvudkomponenterna i RVP är:

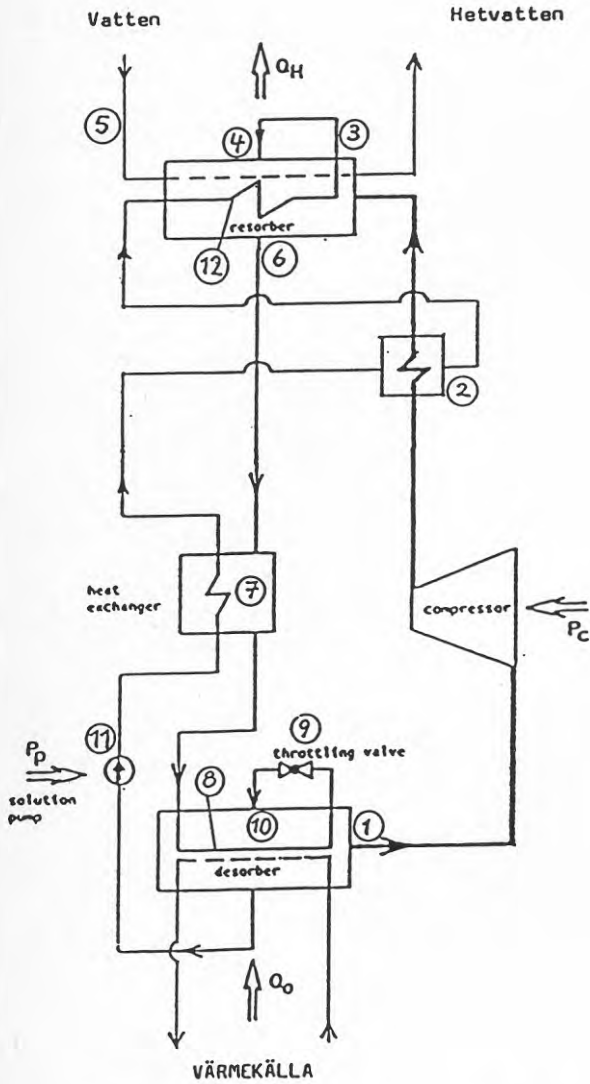
- Tryckstegraren för köldmedieånga (ammoniak). I varianterna 1-3 förekommer av ovannämnda skäl två kompressorer antingen i direkt seriekoppling (variant 2 och 3) eller i seriekoppling med var sitt resorptionssteg (variant 1).
- Resorbatoren = värmeväxlaren för fasändring av gasformigt köldmedium (ammoniak) till vätskeformigt tillstånd via absorption i ett lösningsmedel (vatten, respektive ammoniakvattenlösning) varvid latent värme (kondenserings-plus lösningsentalpin) värmeväxlas till vatten från fjärrvärmenätet. I variant 1 är resorptionen uppdelad i tre trycksteg.
- Desorbatoren = värmeväxlaren för fasändring av vätskeformigt köldmedium (ammoniak i lösning) till gasformigt tillstånd (ammoniakånga) varvid via värmeväxling (spill)värme ur värmekällan upptas som latent värme. I variant 3 är desorptionen uppdelad i tre expansionssteg.
- Drosselventilen mellan dessa värmeväxlare för tryckreducering. I variant 3 förekommer dessutom drosselventiler mellan desorptionsstegen.
- Interna värmeväxlare för förbättring av verkningsgrad och värmefaktor (temperaturväxlare, gaskylare, interna lösningsvärmare och- kylare).

Resorbatoren och desorbatoren är utförda som vertikala fallfilmsvärmeväxlare.

I resorbatoren kondenseras köldmedieånga vid konstant tryck, med glidande temperatur i lösningsöversköljda värmeväxlartuber (fallfilm) samtidigt som kondenserat ammoniak löser sig i en måttligt koncentrerad ammoniak/vattenlösning. Utöver kondenseringsvärme frigörs även lösningsvärme. På grund av motströmsvärmeväxling vid glidande temperatur blir medeltemperaturen lägre än i kondensorn av en konventionell kompressordriven värmepump.

Den i resorbatoren erhållna koncentrerade ammoniaklösningen regenereras vid konstant tryck och glidande temperatur i desorbatoren under utnyttjande av lågtemperatur spillvärme. Härvid avkokas ammoniak (och en liten mängd vatten, ca 0.05 till 2 %). På grund av motströmsvärmeväxling vid glidande temperaturer blir medeltemperaturen högre än i förångaren av en konventionell mekanisk värmepump.

Eftersom under övrigt liknande förhållanden medeltemperaturdifferensen mellan resorbatoren och desorbatoren blir mindre än mellan kondensorn och förångaren i en konventionell värmepump kan värmefaktorn för en RVP bli större, under vissa förhållanden t o m mycket större än för konventionellt värmepumpsutförande.



Figur 5.5 Resorptionsvärmepump för hetvatten. Flödesschema (Standardutförande).

5.1.4 Processbeskrivning

För beskrivning av processförloppet hänvisas till processpunkterna i flödesschemat, figur 5.5, motsvarande variant 2.

1. Kall köldmedieånga sugas av ur desorbatorn och komprimeras i ett eller flera steg under upphettning.
2. Överhettad köldmedieånga kyls i minst en gaskylare (eller mellankylare) med varm lösning så att denna når resorptionens begynnelsestemperatur.
3. Den kylda ångan leds till nedre öppning av fallfilmstuber i resorbatorn, respektive första resorbatorsteget.
4. Den upphettade lösningen leds till tubernas övre öppning där den sprids som fallfilm inuti tuberna. Absorption av köldmedieånga sker i motström. Samtidigt överförs absorptionsvärme till fjärrvärmevatten utanför tuberna.
5. Fjärrvärmevatten inträder i resorbatorns nedre del och strömmar motströms mot fallfilmen uppåt under uppvärmning.
6. Den genom absorption av ammoniak koncentrerade heta lösningen lämnar resorbatorn med reducerad koktemperatur och måste kylas före regenerering. (Vid flerstegsdesorption pumpas lösningen vidare till nästa resorptionssteg som i variant 1).
7. Lösningen kyls genom värmväxling med kall regenererad lösning i den s k temperaturväxlaren.
8. Den avkylda koncentrerade lösningen kyls (genom extradesorption) ytterligare i en intern värmväxlare i desorbatorn tills den närapå nått desorptionens begynnelsestemperatur.
9. Först därefter sker tryckreducering till desorptionstryck (eventuellt i flera steg som för variant 3) samt slutlig kylning varvid en liten mängd ammoniak avkokar.
10. Den kylda lösningen rinner nedåt utmed fallfilmstubernas insida varvid den tar upp värme från vatten (värmekällan) som förs i korsmotström utanför tuberna. Härvid regenereras lösningen och avkokat ammoniak sugas bort av kompressorn. Vid regenereringen minskar lösningens koncentration, medan koktemperaturen ökar.
11. Med förhöjd temperatur pumpas den regenererade lösningen medelst en tryckstegringspump (lösningspumpen) först till temperaturväxlaren där den värmväxlas mot het koncentrerad lösning och sedan vidare till hetgaskylaren 2 (vid flerstegskompression mellankylare) för ytterligare uppvärmning.

12. Ifall härvid resorptionstemperaturen inte nåtts sker slutlig uppvärmning i en intern värmväxlare i resorbatorn innan lösningen fördelas över fallfilmstuberna 4.

Därmed sluts köldmediets och lösningens kombinerade processcykel.

5.1.5 Systemval

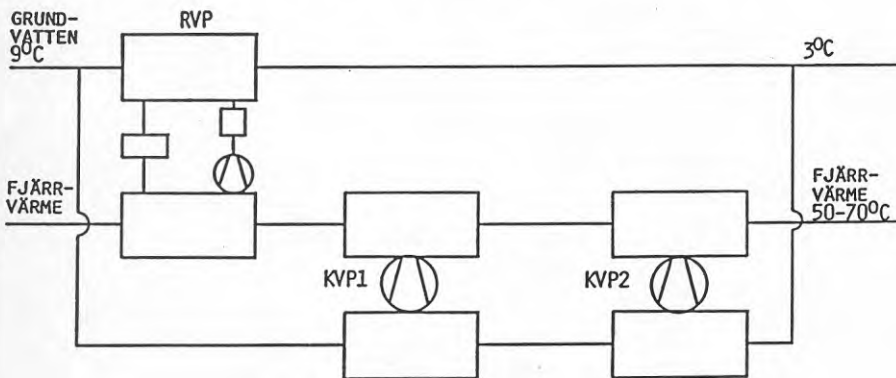
Bland de tre diskuterade varianterna för RVP är endast variant 1 och 2 tillämpliga i Lommas fjärrvärmesystem.

I variant 1 förutsättes då även investeringar för anslutning av spillvärmekälla med temperatur ca 25°C. Investering för variant 1 beräknas vara ca 200 kkr högre än för variant 2.

Variant 1 innebär att en högre värmefaktor erhålles under 5 dagar per vecka. Genom denna förbättrade verkningsgrad ökar besparingen med ca 90 kkr per år. Pay-offtiden för utförande enligt variant 1 är således ca 2.2 år.

Seriekoppling av RVP och KVP

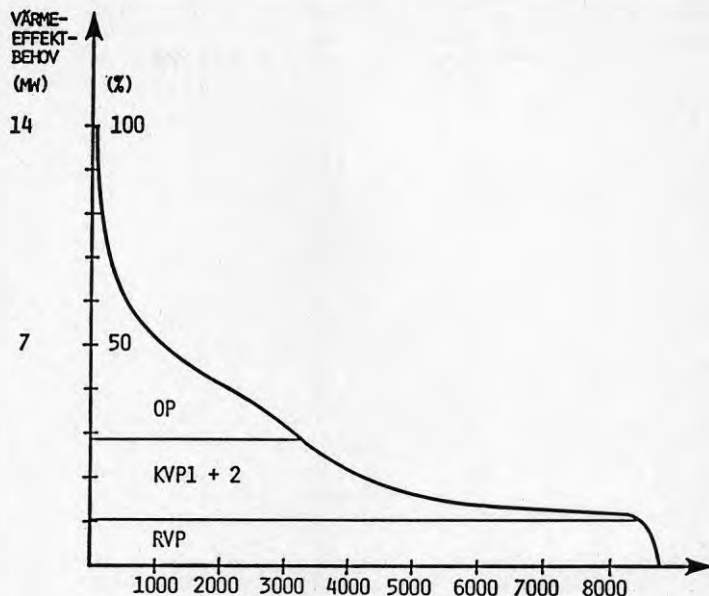
Värmefaktorn för RVP enligt variant 1 är ca 4.3 då industriell spillvärme finns tillgänglig som värmekälla och ca 3.8 övrig tid. Detta är en avsevärt högre värmefaktor än för de befintliga KVP, vilket betyder att RVP bör gå som basproduktionsenhet i fjärrvärmesystemet. RVP placeras då lämpligen före de befintliga KVP i serie på varma sidan enligt figur 5.1.6.



Figur 5.1.6 Seriekoppling av RVP och KVP på varma sidan

På kalla sidan inkopplas RVPs desorbator parallellt med de befintliga KVPs förångare.

Denna systemlösning ger en energitäckning enligt figur 5.1.7.



Figur 5.1.7 Energitäckning vid seriekoppling av RVP och KVP

Energitäckningen för respektive värmeproduktionsenhet beräknas till:

RVP:	13 200	MWh/år
KVP:	12 100	MWh/år
Oljepanna:	6 900	MWh/år
Totalt	32 200	MWh/år

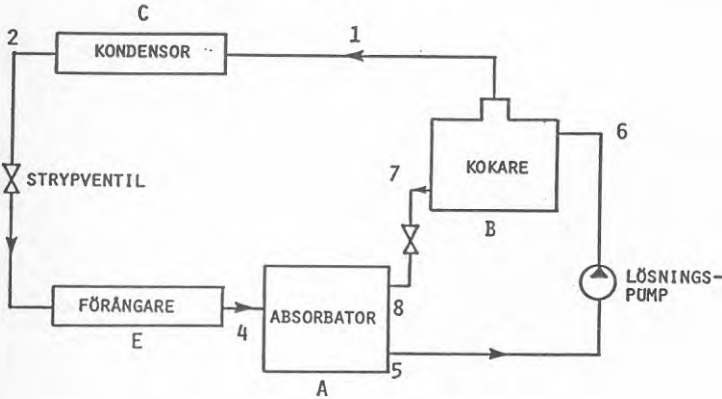
5.2 Absorptionsvärmepump, AVP, kopplad till kompressordriven värmepump, KVP

I en AVP höjes trycket på en vätska i en pump, vilket kräver avsevärt mindre energi än, att som i en konventionell KVP, komprimera en gas. Tryckstegringspumpen i en AVP kräver således mycket mindre elenergi, P_{el} , än kompressorn i en KVP. Förutom elenergi behövs i AVP någon form av drivenergi, Q_1 . Denna drivenergi kan dock vara i mindre förädlad form än elenergi.

Värmefaktorn för denna process är förhållandet mellan användbar värme, Q_2 , och drivenergi och elenergi, $Q_1 + P_{el}$.

$$\phi = \frac{Q_2}{Q_1 + P_{el}}$$

Processförloppet framgår av figur 5.2.1



Figur 5.2.1 Processförlopp för absorptionsvärmepump

Processförloppet kan delas upp i följande delprocesser.

Värmepumpkrets: (värmeproducerande)

- 1-2 Kondensering av köldmediet och värme avges
- 2-3 Isentrop expansion
- 3-4 Förångning av köldmediet och värme upptas
- 4-1 Isentrop kompression

Drivkrets: (arbetsproducerande)

- 5-6 Isentrop kompression
- 6-7 Avkokning av köldmediet, värme tillsätts
- 7-8 Isentrop expansion
- 8-5 Absorption av köldmediet under avgivande av värme

Arbetsmediet i absorptionsprocessen består av två komponenter, köldmedium och absorptionsmedium. Det finns olika möjligheter att kombinera ämnen till mediepar. Det är dock främst två mediepar som har använts kommersiellt, ammoniak-vatten och vatten-litiumbromid.

Av dessa är det för fjärrvärmeställningar lämpligast att använda vatten-litiumbromid. Ammoniak är olämpligt främst p g a att det är giftigt och att höga tryck, upp mot 40 bar, erfordras, vilket gör att anläggningen blir relativt dyr.

Vatten/litiumbromid-värmepump

Den enda värmekällan med hög temperatur är enligt avsnitt 3.3 ovan kylvatten från plastbearbetningsindustrierna Repak och Scanditene. Denna värmekälla kan användas om temperaturen höjs över 25°C.

Spillvattentemperaturen önskas sänkt till minst 12°C vilket är lågt för en absorptionsvärmepump. Det finns emellertid inget teoretiskt hinder att nuvarande kylanläggning sänker temperaturen ytterligare till önskad nivå efter en kylning med hjälp av absorptionsvärmepump.

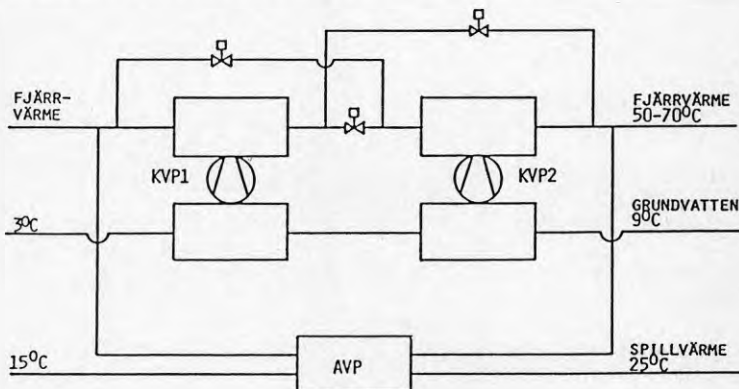
AVP med vatten/litiumbromid klarar normalt inga stora temperaturlyft (från förångningstemperatur till kondensortemperatur). Maximalt bör man räkna med 30-35°C temperaturlyft. Vid utgående köldbärartertemperatur på ca 15°C blir därför utgående värmebärare knappast varmare än ca 50°C.

Som drivvärmekälla finns endast hetvatten tillgängligt. Hetvattentemperaturen uppgår till ca 120°C vilket är alltför lågt. Vid en kondenseringstemperatur omkring 60°C krävs minst 140°C hetvattentemperatur för en fullgod drift av värmepumpen. Denna temperatur kan fås med befintliga oljepannor vars konstruktionstemperatur är 170°C.

P g a värmekällans temperatur- och effektbegränsning (relativt låg temperatur och lågt mediaflöde) kan inte absorptionsvärmepumpen kopplas in i serie efter nuvarande kompressordrivna värmepumpar. Däremot kan några alternativa inkopplingar skisseras.

A. Parallellkoppling av KVP och AVP

Kopplingsprincipen framgår av figur 5.2.2



Figur 5.2.2 Parallellkoppling av AVP och KVP på varma sidan.

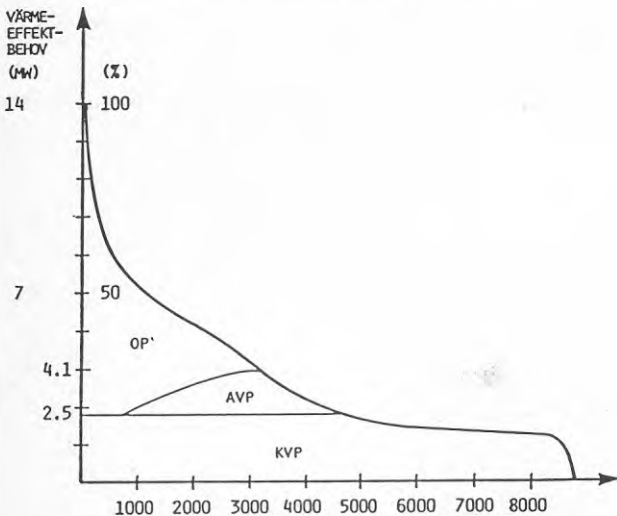
Samma koppling på KVPs kalla och varma sida förutsätts bibehållen (se avsnitt 4 ovan).

Antag att temperaturen hos industriernas spillvärme kan höjas till ca 25°C och att kylning till 15°C sker med AVP.

Vid parallellkoppling av AVP och KVP enligt figur 5.2.2, kan fjärrvärmevattnets returtemperatur höjas med ca 10°C. Drivvärmekällan, hetvatten från de oljeeldade pannorna, skall vara 140°C för att kunna driva processen. En möjlig AVP för denna koppling är Sanyos BH 180 XVH med följande data:

Kyleffekt:	630 kW (spillvärme)
Värmeeffekt:	1 580 kW
Drivvärme	950 kW
Driveffekt, el:	4.0 kW
Värmefaktor:	1.67

En analys av denna systemlösning visar att systemet ger en mycket liten energitäckning. Systemet har små möjligheter att klara höga temperaturer i fjärrvärmesystemet vintertid. Fjärrvärmens returtemperatur blir begränsande. Se figur 5.2.3.



Figur 5.2.3 Energitäckning vid parallellkoppling av KVP och AVP.

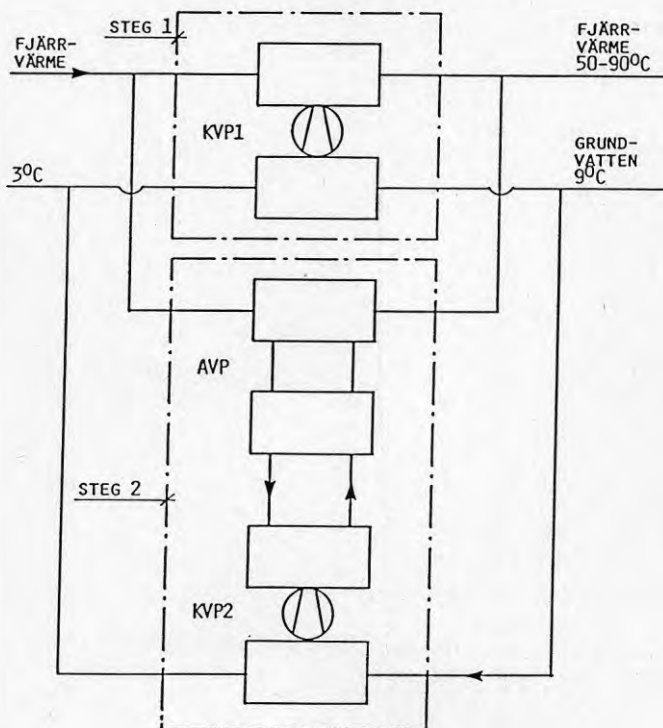
B. Kaskadkoppling med AVP och KVP

Antag att spillvärmens temperatur inte kan höjas över nuvarande temperatur (ca 22°C) och att kylning till 15°C inte är tillräckligt. Under sådana förhållanden kan inte spillvärmens utnyttjas i en AVP för värmning av fjärrvärmevatten.

Däremot kan grundvatten användas som värmekälla till KVP som i sin tur producerar "spillvärme" till en AVP. Därmed sker temperaturhöjning i två steg. Om hela den befintliga värmepumpanläggningen skall användas för "spillvärmeproduktion" för AVP blir totalt producerad värmeeffekt alltför hög (ca 10 MW) och anläggningen blir för stor och dyr.

En möjlig koppling är då kaskadkoppling enligt figur 5.2.4 varvid grundvatten utnyttjas som värmekälla för hela systemet. Hetvatten bibehålls som drivvärme på samma sätt som enligt A. ovan. Temperaturen hos drivvärmerna måste dock vara ca 150°C för att ge bra prestanda (höga temperaturer på fjärrvärmesidan).

Tillgängligt grundvattenuttag ur befintliga brunnar bedöms vara tillräckligt som värmekälla till denna koppling.



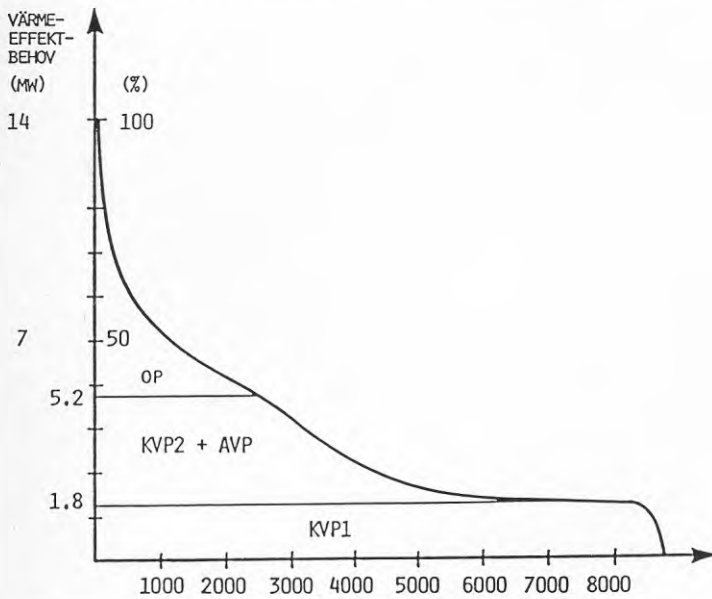
Figur 5.2.4 Kaskadkoppling med AVP och KVP.

Genom att byta köldmedium i KVP2 från R12 till R22 kan värmefaktorn ökas väsentligt. I detta fall blir värmefaktorn ca 4.1.

En möjlig AVP för denna kopplingsprincip är Sanyos DH 340 XVH med följande data:

Kyleffekt:	1 370 kW
Värmeeffekt:	3 420 kW
Drivvärme:	2 050 kW
Driveffekt el:	4.75 kW
Värmefaktor:	1.67
L x B x H:	5.8 x 2.3 x 3.4 m
Vikt (drift):	19 ton
Rumshöjd behov:	5.5 m

Varaktighetskurvan med denna koppling framgår av figur 5.2.5 nedan. Figuren visar att värmepumpsystemet ger en stor energitäckning och avgiven värmeeffekt blir konstant under året (i detta fall ca 5.2 MW). Detta beror på att VP klarar att producera fjärrvärmevatten med en temperatur ända upp till ca 90°C vilket inte medför några temperaturbegränsningar för systemet vintertid.



Figur 5.2.5 Energitäckning vid kaskadkoppling

Ur figur 5.2.5 fås hur stor energitäckning steg 1 respektive steg 2 ger:

Steg 1:	14 400 MWh/år
Steg 2:	14 600 MWh/år
Oljepanna:	3 200 MWh/år
Totalt	<u>32 200</u> MWh/år

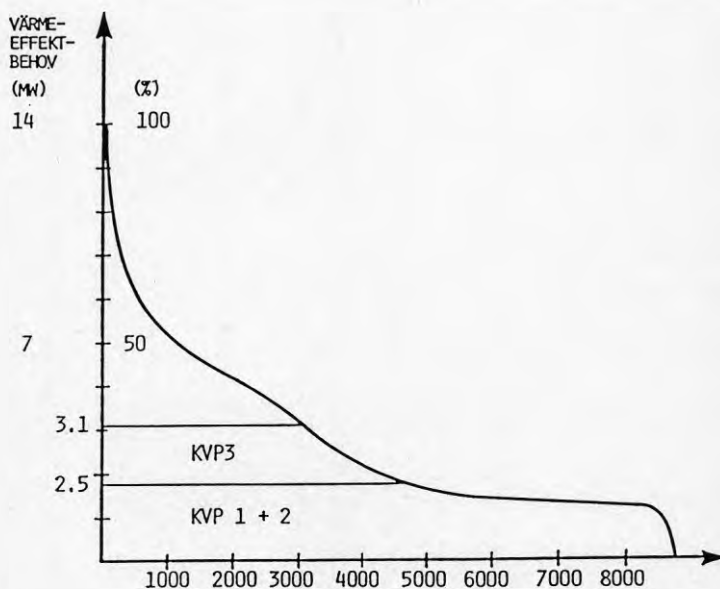
5.3 System med enbart kompressordrivna värmepumpar, KVP

Genom att utöka värmepumpanläggningen med ytterligare en kompressordriven värmepump ges möjlighet att bibehålla en låg andel oljebaserad värme i produktionsanläggningen samtidigt som samma värmepumpsteknik som tidigare kan utnyttjas.

En möjlig systemlösning är parallellkoppling av samtliga kondensorer för låglastdrift och möjlighet med seriekoppling för höglastdrift vintertid. Som värmekälla används grundvatten från befintliga brunnar och i erforderlig utsträckning borrar nya brunnar. På detta sätt bygger man vidare på systemprincipen hos befintlig värmepumpanläggning.

Med de tillgängliga grundvattenbrunnarna (enligt avsnitt 3.3.1) kan ytterligare ca 30 l/s tas ut. Detta kan ge ytterligare drygt 1 MW värmeeffekt. Genom att borra ytterligare 2 st brunnspår (4 st brunnar) kan man utvinna så mycket grundvatten som krävs för att öka värmeeffekten med upp till 2 MW hos värmepumpsystemet.

Av figur 5.3.1 framgår vilket tillskott som en komplettering med KVP3 ger. Enligt figuren blir energitäckningen ca 26 600 MWh/år.



Figur 5.3.1 Energitäckning med 3 st KVP

Ett lämpligt aggregat av samma fabrikat som de befintliga värmepumpaggregaten har följande data vid +70°C utgående värmebärare.

Köldmedium:	R 12
Kondensoreffekt:	1 850 kW
Kondensorflöde:	150 m ³ /h
Eleffekt till kompressor:	720 kW
Kyleffekt:	1 160 kW
Temp mellankrets	
- till förångare	+6°C
- från förångare	+0.5°C

Värmefaktorn är lika som de befintliga aggregaten.

Elförbrukningen för alla värmepumpaggregaten blir med årsmedelvärmefaktor 2.7:

$$\frac{26\,600}{2.7} = 9\,850 \text{ MWh/år}$$

6. EKONOMISK UTVÄRDERING

6.1 Investeringskostnader

6.1.1 Systemlösning med RVP enligt 5.1.5

Investeringskostnaderna nedan gäller för kostnadsläget i augusti 1986. Kostnaderna har delvis hämtats från leverantörer av komponenter och maskiner. En svårighet vid bestämning av investeringskostnaden är att leverantören lämnar s k budgetpris vilket ofta skiljer sig från den slutliga investeringskostnaden. Investeringskostnaden är därför relativt osäker, främst på de aggregat som är förhållandevis nya på marknaden såsom RVP och AVP.

<u>Maskiner</u>	<u>kk</u>	
Resorptionsvärmepump, RVP	1 800	
Rörinstallationer, fjärrvärme	200	
Rörinstallationer, kylvatten	500	
Installationer för elmatning	100	
Projektering	<u>200</u>	2 800

Utrustning för värmekällan

Byte av pumpar, värmeväxlare och rördragning		150
<u>Byggnadsarbeten</u>		200
<u>Övrigt</u>		<u>650</u>
Total investeringskostnad		3 800

6.1.2 Systemlösning med AVP enligt 5.2 B

Systemlösning enligt 5.2 A har inte kostnadsberäknats eftersom den ger betydligt mindre energitäckning enligt avsnitt 5.2.

<u>Maskiner</u>	<u>kk</u>	
Absorptionsvärmepump, AVP (1 190 kW kyleffekt) på plats)	2 450	
Rörinstallationer, fjärrvärme	150	
Rörinstallationer, hetvatten	200	
Installationer för elmatning	100	
Byte av köldmedium, elmotor m m KVP 1	200	
Projektering	<u>200</u>	3 300

Utrustning för värmekällan

Byte av pumpar, värmväxlare och rördragning	150	
	60	
<u>Byggnadsarbeten</u>		
<u>Övrigt</u>	650	
Total investeringskostnad:	4 160	

6.1.3 Systemlösning med KVP enligt 5.3

<u>Maskiner</u>	<u>kkkr</u>	
Kompressordriven värmepump, KVP (1.8 MW värmeeffekt) på plats	1 650	
Rörinstallationer, fjärrvärme	150	
Installationer för elmatning	150	
Projektering	100	2 050

Utrustning för värmekällan

Två nya par grundvattenbrunnar inkl pumpar, rördragning etc	1 000	
Projektering	50	1 050

<u>Byggnadsarbeten</u>		30
<u>Övrigt</u>		630
Total investeringskostnad:		3 760

6.2 Drift- och underhållskostnader

Driftkostnaden för de olika alternativen bestäms huvudsakligen av aktuella el- och oljepris. Kostnaden för oljeproducerad värmeenergi (Eo4) har satts till 150 kr/MWh.

Elpriset varierar under året p g a eltaxans utformning enligt avsnitt 3.3. Ett representativt elpris för drift av KVP 3 enligt systemlösning 5.3 är ett medelpris för perioden september-april. Medelpriset har beräknats till 290 kr/MWh (inkl elskatt och fasta kostnader)

Underhållskostnaden för maskiner har satts till 2 % av investeringkostnaden för AVP och RVP respektive 4 % för KVP.

Kostnaden för personal och övervakning har försumrats.

Försäkringar antas kosta 1 % av totala investeringskostnaden och omfattar bl a driftavbrottsförsäkring.

6.3 Lönsamhetsbedömning

Nedan redovisas en lönsamhetsbedömning mellan de tre systemlösningarna som redovisats i avsnitt 5.

Ingen kapitalkostnad medräknas för spetslast och reserveffekt. Denna utrustning antas lika i samtliga jämförda alternativ. Som jämförelse beräknas energiproduktionskostnaden för ett alternativ där utbyggnad sker med 4 MW oljepanna.

Den installerade elpannan bedöms bli allt mindre använd p g a stigande elpriser och lågt oljepris. I beräkningarna har ingen hänsyn tagits till eventuell drift med elpannan.

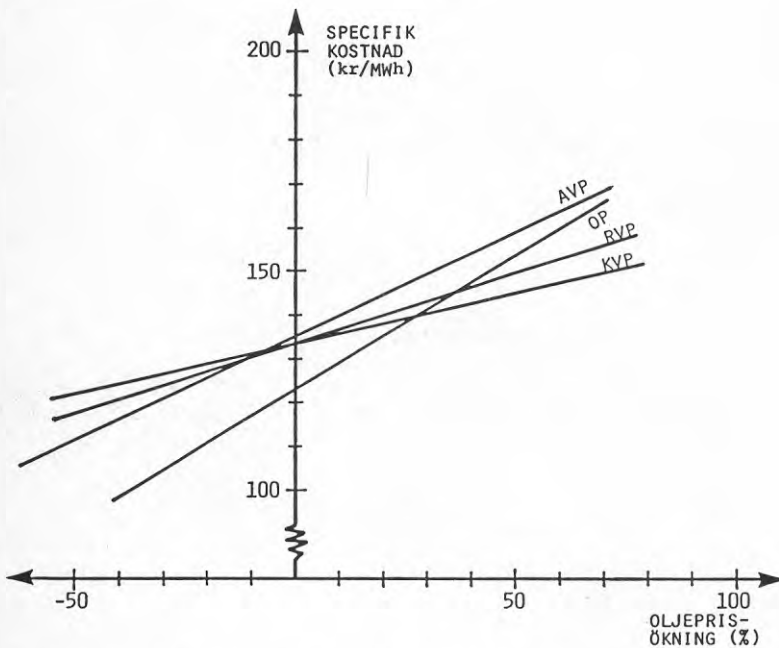
Total kostnad år 1

Alt. enligt avsnitt:	5.1	5.2 B	5.3	Olje- alter- nativ
° Investeringskostnad (kkr)	3 800	4 160	3 770	800
° Årliga kostnader (kkr/år)				
Kapitalkostnad (12 % annuitet)	456	499	452	96
Driftkostnad				
- olja 150 kr/MWh	1 030	1 530	810	1 955
- el KVP, 290 kr/MWh	1 680	2 194	2 860	1 853
- el RVP/AVP, 290 kr/MWh	1 020	7	-	-
Underhållskostnad	76	83	151	32
Försäkringar	38	42	38	16
Totalt (kkr/år)	4 308	4 355	4 311	3 952
Specifik kostnad (kr/MWh)	134	135	134	123

6.4 Känslighet för prisändringar

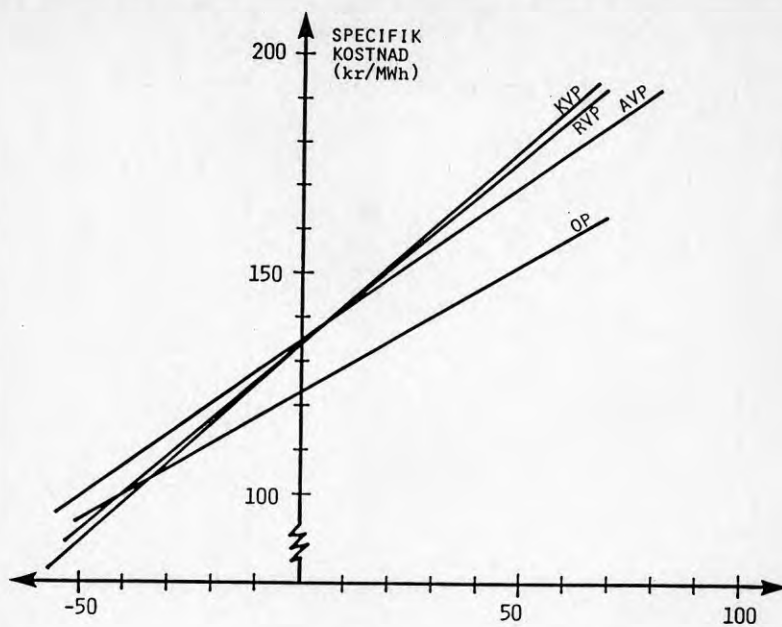
De energipriser som antagits gälla vid jämförelsen av alternativen återspeglar energiprissituationen under 1986. I framtiden kan kostnadsutvecklingen för de ingående bränslena bli mycket olika.

Figur 6.4.1 visar kostnadsutvecklingen för de tre jämförda alternativen vid en förändring av oljepriset. Det framgår att en ökning av oljepriset med mer än 28 % (motsvarande ca 1 800 kr/m³Eo4) medför att ett alternativ som innebär en utbyggnad med en kompressionsvärmepump är mest lönsamt.



Figur 6.4.1 Känslighet för oljeprisförändringar

Enligt den känslighetsanalys för elprisförändringen som redovisas i figur 6.4.2 framgår att elpriset skulle behöva sänkas med omkring 34 % (motsvarande ett medelpris på ca 191 kr/MWh) för att göra en ytterligare investering i värmepumpar lönsam vid oförändrat oljepris.



Figur 6.4.2 Känslighet för elprisförändringar

7. SLUTSATSER

En jämförelse av alternativ för utbyggnad av produktionskapaciteten med ytterligare värmepumpar visar att det med nu rådande energiprisnivå (hösten 1986) inte är motiverat att tillföra systemet ytterligare värmepumpeffekt. Det alternativ som ger den lägsta energiproduktionskostnaden är utbyggnad med oljepannor. Dock framgår det av känslighetsanalysen att ganska låga oljeprishöjningar medför en förändring av bilden, till alternativen resorptionsvärmepump och kompressionsvärmepumps fördel. Absorptionsvärmepump kan inte konkurrera på att dess drivvärme i detta fall måste produceras med olja som bränsle. Hade drivvärmern varit tillgänglig som spillvärme t ex i form av expansionsånga från en industri eller som rötgas från reningsverk kunde absorptionsvärmepumpen utgöra ett mycket konkurrenskraftigt alternativ.

En trolig energiprisutveckling är att både oljepris och elpris kommer att stiga och att elpriset med hänsyn till den beslutade kärnkraftsavvecklingen förmodligen framöver kommer att stiga mer än oljepriset.

Man bör ha i åtanke att både absorptions- och resorptionsvärmepumpar är nya tekniker. I Sverige finns idag två större absorptionsvärmepumpar som levererar värme till fjärrvärmenät. Resorptionsvärmepumpar representeras av ett antal demonstrationsanläggningar och endast en kommersiell anläggning i Västtyskland. Detta gör naturligtvis att det är svårt att bedöma främst investeringskostnaden för dessa alternativ.

8. LITTERATUR

Malmström, Lars, 1983. Absorptionsvärmepump - för utnyttjande av industriell spillvärme, ESP VRT 83:1. VBB, Stockholm.

Morawetz, Ernst, 1985. Värmepumpsprocesser med en kombination av sorptions- och annan arbetscykel-Förstudie. Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm.

Morawetz, Ernst, 1983. Flerstegsabsorptionsvärmepumpar. Statens råd för byggnadsforskning. Rapport R50:1983, Stockholm.

Mucić, Vinko & Scheurmann, Bernhard, 1984. Zweistoff-Kompressions-Wärmepumpe mit Lösungskreislauf (Prinzip, Konstruktion und Versuchungsergebnisse). Fernwärme International. Jg. 13, H.2, s. 79-81.

Mucić, Vinko & Kalkum, Bernd, 1986. Dampferzeugung aus dem Rücklauf der Fernwärme mit einer Zweistoff-Kompressionswärmepumpe. Fernwärme International, Jg. 15, H.1, s. 34-36.

Verein deutscher Ingenieure, 1981. Absorptions-Wärmepumpen-Theorie und Praxis. VDI Berichte, 427.



**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 850766-9
från Statens råd för byggnadsforskning till VBB AB,
Malmö.**

R109: 1987 Resorptions- eller absorptionsvärmepump för värmeverk i Lomma H Lundborg, E Morawetz, R Nilsson

R109: 1987

ISBN 91-540-4818-4

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6707109

**Abonnemangsgrupp:
Ingår ej i abonnemang**

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

Cirka pris: 33 kr exkl moms