



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

R104:1984

Värme ur Rönne å till Ängelholms fjärrvärmenät

Förstudie och allmän potentialanalys

Olof Andersson
Ulf Linder

V
ANr

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

Byggeforskningsrådet

R104:1984

VÄRME UR RÖNNE Å TILL ÄNGELHOLMS FJÄRRVÄRMENÄT
Förstudie och allmän potentialanalys

Olof Andersson
Ulf Linder

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 821634-8
från Statens råd för byggnadsforskning till Ängelholms
kommun och VIAK AB, Malmö

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

R104:1984

ISBN 91-540-4173-2
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Liber Tryck Stockholm 1984

FÖRORD

Föreliggande rapport har utarbetats vid VIAKs Malmökontor av en projektgrupp bestående av geolog Olof Andersson (projektledare), civ ing Ulf Linder och civ ing Christina Fredriksson.

Under projektets gång har samråd skett med Energiverket i Ängelholm representerat av Energiverkschef Bernt Sandberg och värmeverksingenjör Peder Hörup. Energiverket har också genom ing Per Levander stått för vissa mätningar i Rönne å.

INVENTEX AQUA AB, representerat av civ ing Hans Jelbring, har för projektets räkning utfört en särskild studie "Slangvärmewäxlare för Ängelholms fjärrvärmenät", daterad 1983-06-17, vilken inarbetats i rapporten.

Underlag till rapporten har i form av flödes- och temperaturdata också inhämtats från SMHI.

VIAK AB
Malmökontoret

Olof Andersson

INNEHÅLL

Sid

1.	SAMMANFATTNING	1
2.	PROJEKTBAKGRUND	3
3.	TEKNISKA FÖRUTSÄTTNINGAR	5
3.1	Fjärrvärmenätet som värmesänka	5
3.2	Rönne å som värmekälla	9
3.2.1	Hydrografi	9
3.2.2	Flödes- och temperaturdata	12
3.2.3	Vattenbeskaffenhet	13
4.	VÄRMEPUMPSPLACERING OCH DIMENSIONERING	18
4.1	Alternativa placeringar	18
4.2	Storleksdimensionering	20
4.3	Speciell parameterstudie	25
5.	VÄRMEVÄXLINGSTEKNIK	33
5.1	Orientering	33
5.2	System med slangknippen	36
5.3	System med överstrilningsförångare	38
5.4	System med plattvärmväxling	39
5.5	Inverkan av vattenbeskaffenhet	41
5.5.1	Vattnets korrosionsbenägenhet	41
5.5.2	Biologisk påväxt	42
5.5.3	Mikrobiologisk korrosion	43
5.5.4	Förebyggande åtgärder mot påväxt och avlagringar	44

6.	EKONOMISK ANALYS	46
6.1	Kostnadsberäknade alternativ	46
6.2	Investeringskalkyl	46
6.2.1	System med överstrilningsförångare	46
6.2.2	System med slangknippen	49
6.3	Rörliga kostnader	50
6.4	Ars- och värmeproduktionskostnad	51
7.	MILJÖ- OCH JURIDISKA FRÅGOR	53
7.1	Miljöaspekter	53
7.2	Speciell studie av temperaturinverkan	54
7.3	Rätten till värmets i Rönne å	56
7.4	Prövningsskyldigheter	57
7.5	Tillgång till annans mark	58
8.	ALLMÄN POTENTIALANALYS AV RINNANDE VATTEN SOM VÄRMEKÄLLA	59
8.1	Orientering	59
8.2	Potentialanalys	60

1. SAMMANFATTNING

Med den värmeväxlingsteknik mellan köldbärare och vatten som idag finns utvecklad och med hänsyn tagen till att vattnet av egen kraft passerar förbi värmeuttagsplatsen, framstår våra vattendrag som en alltmer betydande värmekälleresurs.

Bruttotillgången är enorm och kan mätas i tusentals TWh/år förnyelsebar energi. Flödes- och temperaturdata visar vidare att energiuttag är möjliga i stort sett året runt för vattendrag i södra Sverige. Kombinerat med värmelager torde också vattendragen längre norrut vara av stort potentiellt intresse.

En av de åar som har plustemperatur även de kallaste månaderna är Rönne å i Skåne. Detta har gett impulsen till ett konkret projekt, där ån skall utnyttjas som värmekälla till Ängelholms fjärrvärmenät.

Tre värmepumpsalternativ med olika placeringar och effektstorlekar har undersökts ur alla aspekter som är vitala för en fortsatt projektutveckling.

Fjärrvärmenätet är under utbyggnad och värmepumpsanläggningen har dimensionerats för förhållandena 1986. Vid denna tidpunkt beräknas nätets anslutningseffekt vara knappa 70 MW.

Värmepumpen kommer, beroende på var den placeras att ha effekten 1.3, 4.3 eller 6.6 MW med årsproduktionen 10, 33 respektive 52 GWh. Inkopplingen görs på FV-nätets returledning där temperaturen är som högst ca 65°C vid DUT, men under merparten av året är 40-50°C.

En speciell parameterstudie avseende flödes- och temperaturvariationen i FV-nätet ställt i relation till en värmepumpsdrift i lågeffektområdet visar på gynnsamma förutsättningar för inmatning av värmepumpsproducerad värme. Villkoren skulle emellertid bli ännu bättre om man med olika åtgärder kunde sänka FV-nätets returtemperatur ytterligare.

Två system för värmeväxling har bedömts vara aktuella, nämligen:

- öppet system med pumpning av vattnet till en överstrilningsförångare och
- slutet system med anläggning av vertikalt stående slangknippen direkt i ån, s k slangvärmeväxlare.

Anläggnings- och driftsekoniskt bedöms det öppna systemet vara att föredra. Detta har sannolikt också bättre förutsättningar ur miljösynpunkt.

Baserat på kemisk-fysikaliska analyser har åvattnets beskaffenhet bedömts vara svagt korrosivt. Vattnets korrosionsbenägenhet är dock inte större än att rostfritt stål av standardkvalité kan användas för komponenter som kommer i kontakt med vattnet.

Den ekonomiska analysen visar att det specifika investeringsbehovet ligger i intervall ca 3200-4200 kr/kW för färdig anläggning. Den lägsta investeringen, 3160 kr/kW, har framräknats för storleksalternativet 4,3 MW med värmeväxling i öppet system.

Den rörliga värmeproduktionskostnaden blir lägst för system med överstrilningsförångare. Utslaget på årsproduktionen visar beräkningarna på ett intervall mellan 8,7 och 9,2 öre/kWh.

Motsvarande siffror för ett slutet system med slangvärmeväxling hamnar i intervallet 9,1-9,4 öre/kWh.

Inkluderas den fasta kostnaden blir den specifika värmeproduktionskostnaden ca 15-17 öre/kWh för det öppna systemet och 16-18 öre för det slutna.

På både tekniska, ekonomiska och miljömässiga grunder förordas att en fortsatt projektutveckling i första hand inriktas mot värmepumpsalternativet 4,3 MW med värmeväxling i öppet system.

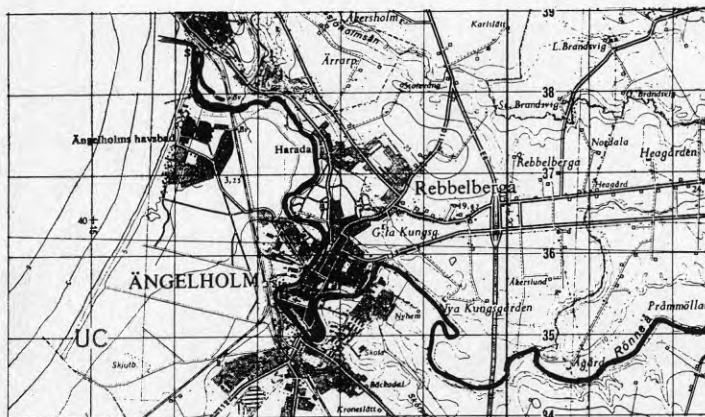
2. PROJEKTBAKGRUND

I Ängelholms tätort byggs det för närvarande ut ett omfattande fjärrvärmenät. Den nuvarande anslutningseffekten uppgår till ca 35 MW. Fullt utbyggt beräknas anslutningseffekten bli ca 100 MW.

Till fjärrvärmenätet är en 5,8 MW flispanna ansluten. I övrigt produceras värmen via oljeeldade pannor. Ytterligare fastbränslepannor är under uppförande och totalt blir panneffekten ca 30 MW.

Fastbränslepannorna till trots räknas ändå med att det skall finnas ett betydande grundlastutrymme kvar för värmepumpsproducerad värme. Med anledning härav har tanken väckts att utnyttja Rönne å som värmekälla till en större värmepumpsanläggning.

Som framgår av översiktskartan, figur 2.1, vindlar sig ån tvärs igenom tätbebyggelsen och utgör därför en lättillgänglig energiresurs, geografiskt sett.



Figur 2.1

Översiktskarta visande hur Rönne å slingrar sig genom Ängelholm

Föreliggande förstudie har syftat till att klarlägga tekniska, ekonomiska, juridiska och miljömässiga förutsättningar för ett utnyttjande av ån som värmekälla. Dessutom har studien omfattat en allmän potential bedömning av rinnande vatten som värmekälla till värmepumpar.

3. TEKNISKA FÖRUTSÄTTNINGAR

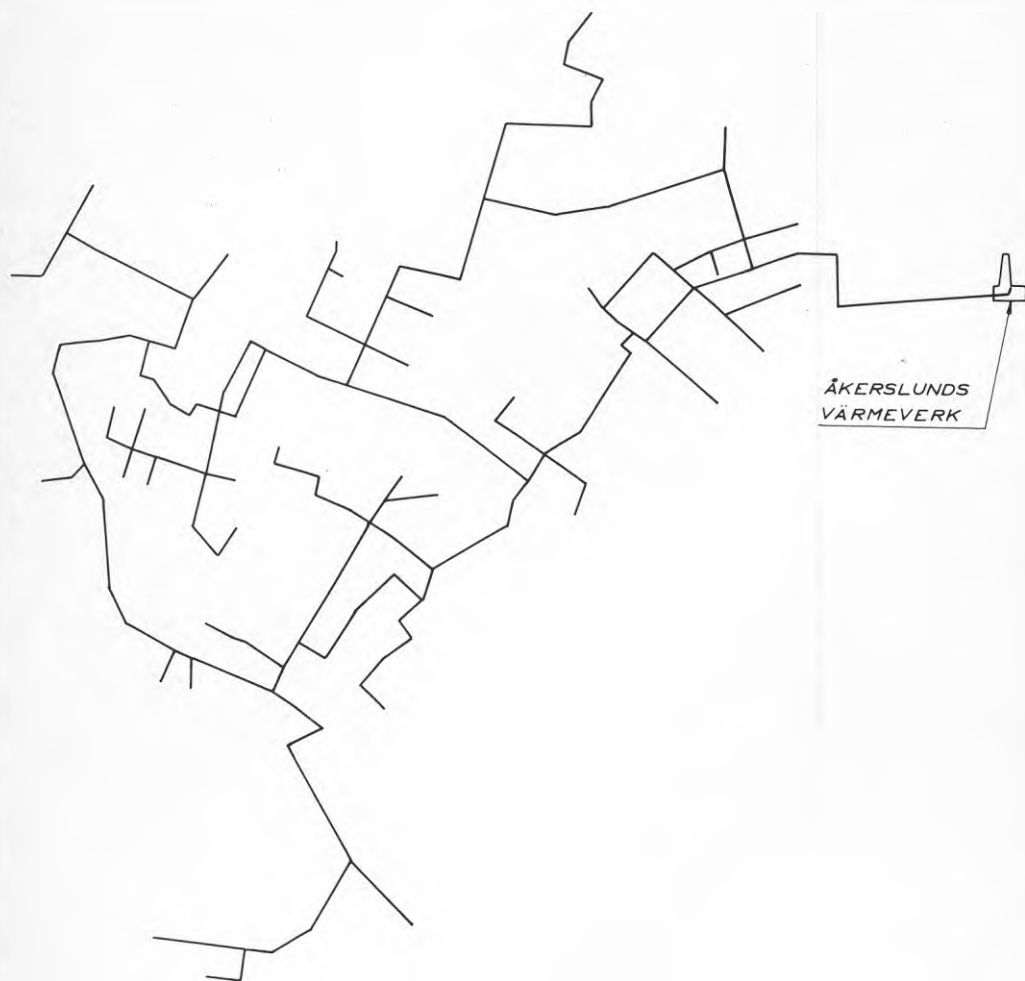
3.1 Fjärrvärmenätet som värmesänka

För närvarande har FV-nätet ca 35 MW ansluten värmeeffekt. Det pågår emellertid en snabb utbyggnad av nätet vilket framgår i tabell 3.1.

Tabell 3.1 Planerad utbyggnadstakt för Ängelholms fjärrvärmenät (ÄF-Energikonsult)

Ar	Anslutningseffekt MW	Sammanlagrad effekt MW
1983	35	28
1984	44	36
1986	68	57
2000	100	82

I våra beräkningar har vi antagit en värmepumpsinstallation 1986, dvs då nätet har 68 MW anslutningseffekt och har en omfattning som framgår av figur 3.1.



Figur 3.1 Fjärrvärmenätets omfattning 1986
(AF-Energikonsult)

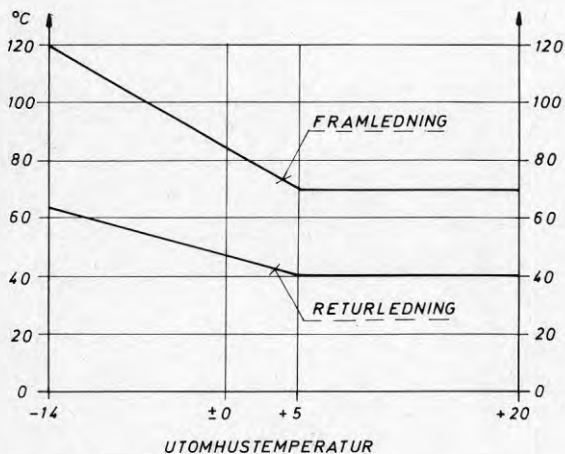
Åkerslunds värmeverk beräknas bli den huvudsakliga produktionsanläggningen. Som reserv vid ett eventuellt haveri i Åkerslund skall dock finnas en oljeeldad reservcentral om ca 40 MW.

Åkerslundsanläggningen planeras få följande produktionsenheter (1984):

- Oljepannor 2 x 12 MW
- Fastbränslepannor 2 x 15 MW
- Elpanna 6 MW

Fastbränslepannorna kommer att användas främst höst, vinter och vår. Elpannan kommer att användas främst sommartid, medan oljepannorna i huvudsak används som spets vintertid.

Fjärrvärmenätet projekterades till stora delar under 1970-talet med den dimensioneringsfilosofi och de energipriser som då var aktuella. Systemet lades ut för 120/70°C, med undercentraler arbetande vid 80/60°C. Senare beräkningar visar emellertid att flödet ut från värmecentralen måste minskas för att undvika för höga tryckfall och onödig pumpenergiåtgång. Returtemperaturen beräknas därmed hamna kring 65°C vid DUT. Detta gör att förutsättningarna för inmatning av värmepumpsproducerad värme på nätets retursida är tekniskt möjliga. Temperaturnivån i fram- och returledning som funktion av utomhustemperaturen visas i figur 3.2.

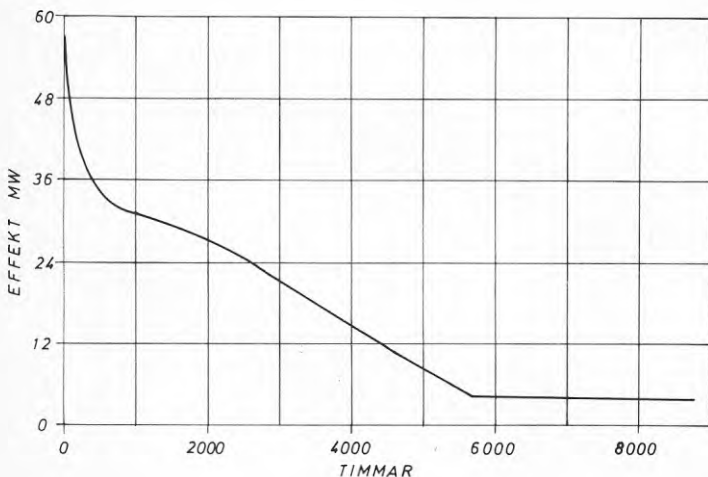


Figur 3.2

Temperaturnivåer i nätet som funktion av utomhustemperaturen

Vid utomhustemperaturer överstigande ca 12-14°C utgörs värmebehovet till stor del av tappvarmvatten. Det totala tappvarmvattenbehovet har antagits till 30 % av årsenergin, vilket motsvarar ca 10 % av effektbehovet vid DUT. Varmvattenförbrukningens dygnsvariationer medför att den relativa flödesvariationen i nätet blir stor sommartid.

Med den förväntade anslutningseffekten och med sammanlagingsfaktorn 0,8 har ett varaktighetsdiagram för värmelasten beräknats, se figur 3.3. Som relativ drifttid har 1800 timmar antagits och diagrammet gäller driftsituationen 1986.



Figur 3.3 Varaktighetskurva beräknad för 1986 års FV-nät

Som en jämförelse till de beräknade värdena för 1986 skall nämnas att uppmätta värden för vintern 82/83 vid DUT blev följande:

Framledningstemperatur	117°C
Returtemperatur	76°C
Energiproduktion	450 MWh
Installerad effekt	35 MW
Sammanlagring	0.54

3.2 Rönne å som värmekälla

3.2.1 Hydrografi

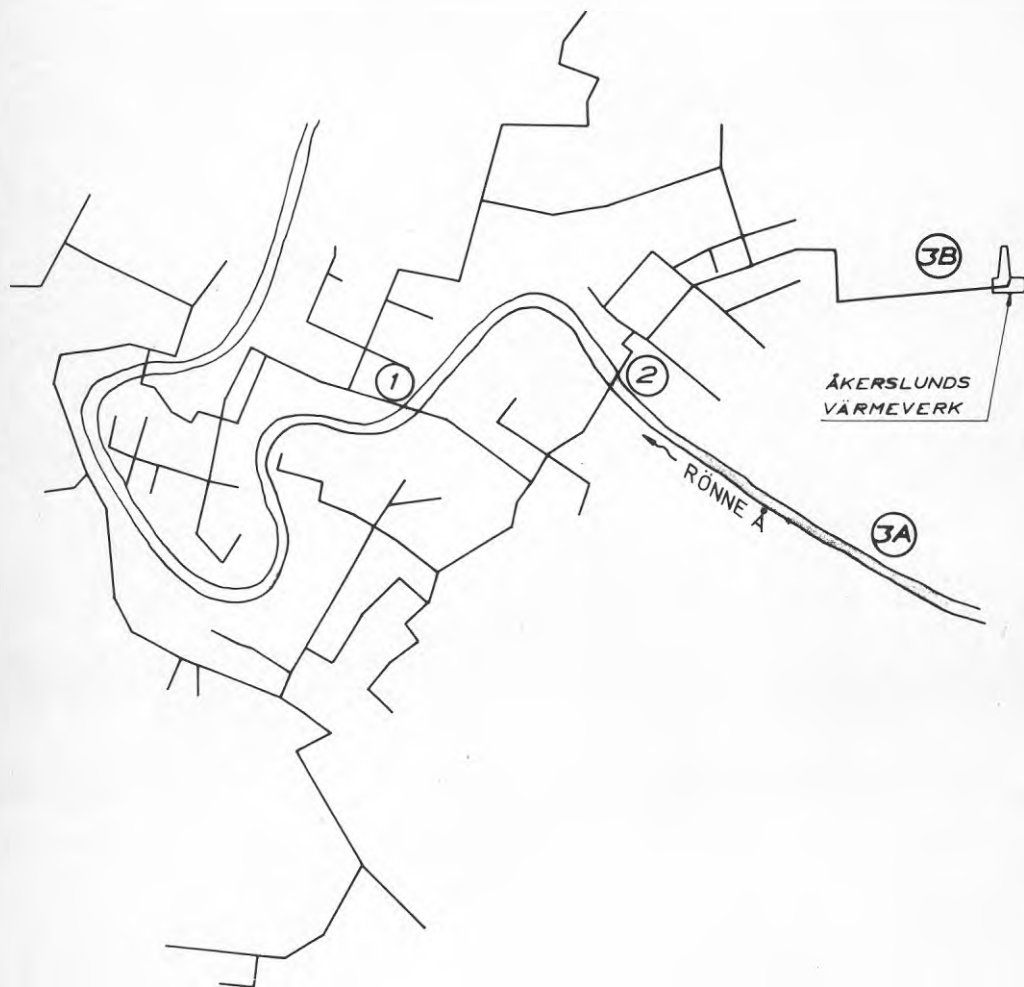
Där Rönne å passerar Ängelholm, se tidigare figur 2.1, är den djupt nedskuren och har oftast 15-20 m höga branta sidor. Här och var förekommer en riklig busk- och trädvegetation som bitvis hänger ut över åfåran.

Nedströms den tänkta placeringen av värmepumpen finns ett antal förträngningar och forsbildningar, vilka har en viss uppdämmande effekt. Dessa förhindrar också att bräckt vatten kan tränga upp förbi Ängelholm vid högvattenstånd i Skälderviken.

Inom tätorten finns för närvarande inga större utsläpp av varmt eller avkyllt vatten. Ett antal bräddavlopp för dagvattnätet finns dock, men dessa har en ringa inverkan på ån och dess hydrografi.

Bebyggelse vid åstranden förekommer på flera platser. Båttrafik med fritidsbåtar är omfattande och ett flertal förtöjningsplatser finns inom tätorten.

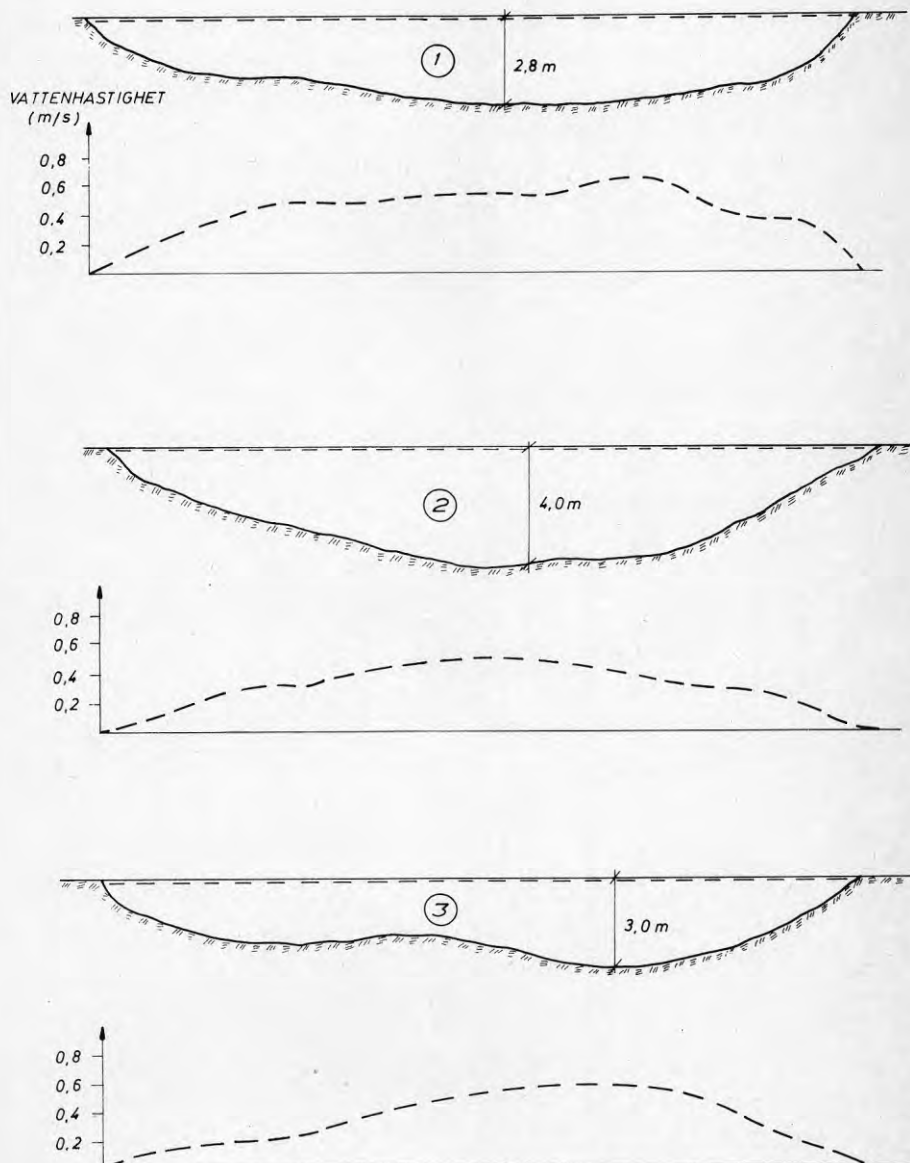
Fjärrvärmenätet korsar för närvarande ån på tre platser, se kartan figur 3.4.



Figur 3.4 Rönne ås korsningar med FV-nätet

Av dessa är korsning 1 och 2 alternativa placeringar för värmepumpsanläggningen. Ett tredje placeringsalternativ är söder om Åkerslunds värmeverk med en FV-kulvert till värmeverket, siffran 3A i figuren. Läget 3B är placering av värmepumpen vid värmeverket och med vattenledning från och till ån.

Vid dessa tre platser har bottenprofilerna uppmätts. Här har också strömningshastighets- och vattenföringsmätningar utförts. Dessa mätdata redovisas i figur 3.5.



Figur 3.5

Bottenprofil vid de tre alternativa placeringarna av värmepumpen jämte strömningsbild vid flödet $20 \text{ m}^3/\text{s}$

3.2.2 Flödes- och temperaturdata

Rönne å representerar en typ av åar som innan de når havet ringlar sig fram över ett slätt landskap i ett lugnt flödesförlopp. Ofta omges dessa också av raviner med busk- och trädvegetation vilket skyddar mot värmeavgivning till atmosfären vintertid. Detta är en av anledningarna till att ån har en förvånansvärt hög temperatur vintertid. En annan orsak härtill är förmodligen också ett betydande utläckage av grundvatten till åns nedre delar. Härtill skall föras att man också kan räkna med ett värmetillskott direkt från underliggande och omgivande marklager eftersom ån oftast är djupt nedskuren i slättens lerlager.

Temperatur- och flödesuppgifter gällande Rönne å har inhämtats från SMHIs mätstation placerad i Klippan. Kompletterande temperatur- och flödesmätningar har under våren utförts i Ängelholm. Dessa värden har korrelerats med Klippan och resultatet framgår av tabell 3.2.

Tabell 3.2 Medeltemperatur och vattenföring i Rönne å under ett normalår

Mängd	Temperatur °C		Flöde m ³ /s	
	Klippan	Ängelholm	Klippan	Ängelholm
Januari	1,5	1,5	16,5	33
Februari	1,5	1,5	18	36
Mars	2,0	2,1	14,5	28,5
April	5,2	5,5	14	28
Maj	9,3	9,9	8,5	17,5
Juni	14,2	15,3	5,5	11
Juli	15,4	16,6	4,5	9
Augusti	15,0	16,2	5	10
September	11,0	11,8	5,5	11,5
Oktober	6,8	7,2	7,5	14,5
November	3,7	3,9	10	20
December	2,3	2,4	14,5	29

3.2.3 Vattenbeskaffenheten

Rönne ås avrinningsområde sträcker sig uppströms Ringsjön mot Linderödsåsen förbi Hörby, Höör, Perstorp, Oderljunga, Asljunga, Örkelljunga, Klippan mot Ängelholm.

En stor del av avrinningsområdet består av skogsmark och torv, men även intensivt jordbruk bedrivs inom området, exempelvis kring Hörby och i Ängelholmsdalen.

Vattnet betecknas ur biologisk synpunkt som näringsrikt och föroreningsbelastat liksom de flesta vattendrag som går genom jordbruks- och tätbebyggda områden i Skåne.

Det näringsrika vattnet ger alger och perifyton möjlighet till god tillväxt då temperatur och ljusförhållanden är goda.

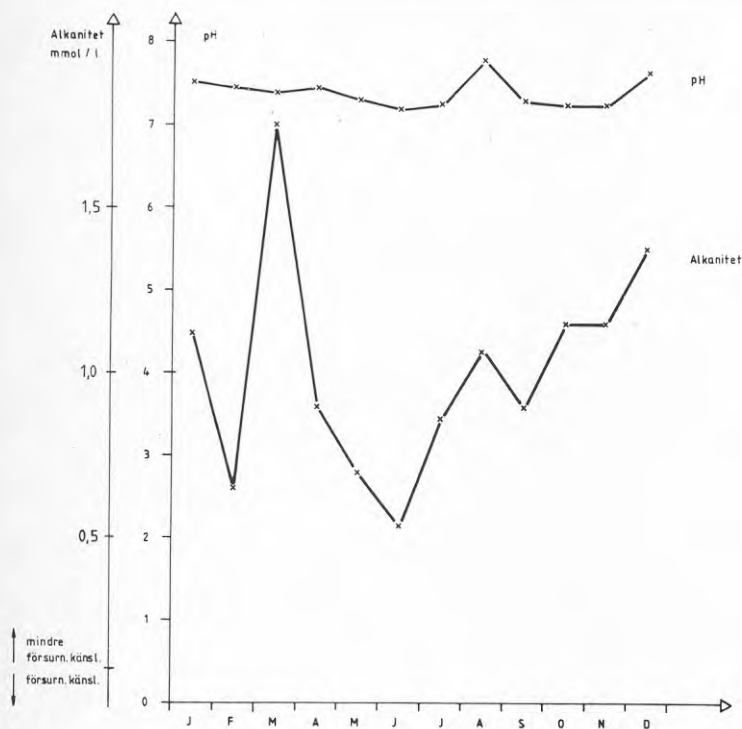
Under en lång rad år har prov uttagits uppströms Ängelholm en gång per månad inom ramen för Rönne ås vattendragsskontroll.

Analysresultaten under 1982 avseende pH och alkalinitet redovisas i figur 3.6.

pH-värdet är förhållandevis stabilt över året och varierar mellan 7,2 och 7,8.

Högst värde erhöles under augusti beroende på den pH-höjning som äger rum vid algblooming.

I Rönne ås vattendragssystem är pH-värdet högst i utloppen från Ringsjön och sjunker därefter successivt på grund av tillförsel av surt vatten från flöden som kommer norrifrån.



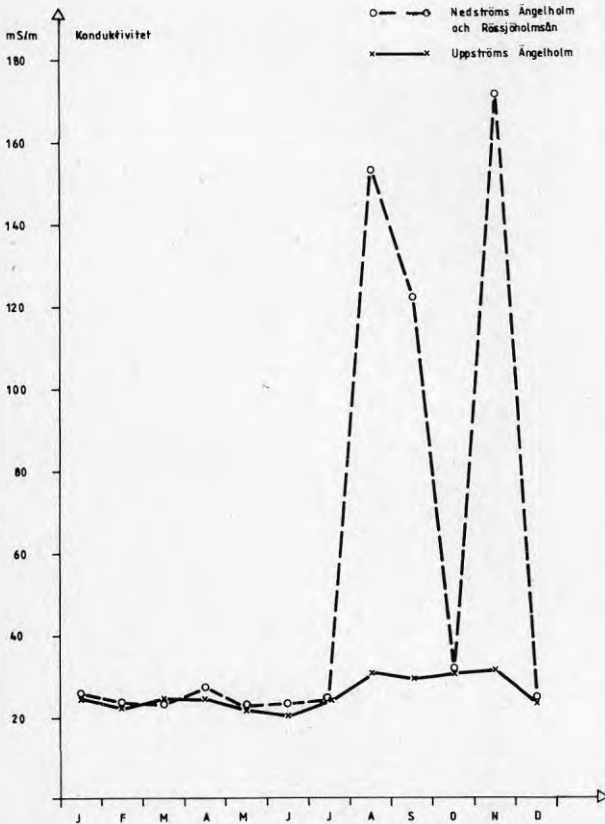
Figur 3.6 Variationer i pH och alkalinitet i Rönne å uppströms Ängelholm under 1982

Alkaliniteten betecknar vattnets förmåga att tåla försurat vatten utan att ändra pH, även kallad dess buffertförmåga. I Rönne å är alkaliniteten tämligen hög, om än varierande över året. I figur 3.6 markeras den gräns som brukar sättas för försurningskänsliga vatten. Denna gräns ligger vid 0,1 mmol/l. Vattnet i Rönne å, uppströms Ängelholm var under 1982 ej i närheten av denna gräns, lägst värde uppmättes under juni månad, 0,50 mmol/l.

Vattnets totala innehåll av salter mätes genom konduktivitet. Denna är tämligen konstant i hela Rönne å nedströms Ringsjön.

Den ökar ej markant förrän nedströms Rössjöholmsåns tilllopp vilket sker nedströms Ängelholm där också saltvatteninträngning stundtals sker.

I figur 3.7 syns tydligt vilken effekt saltvatteninträngning har på konduktiviteten i provpunkten nedströms Ängelholm under några månader, hösten 1982.



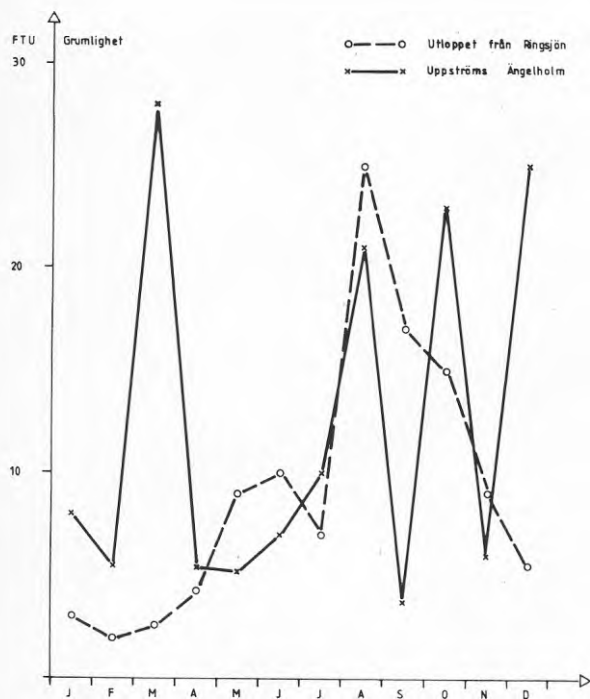
Figur 3.7

Konduktiviteten uppströms samt nedströms Ängelholm under 1982

Vattnet i eller uppströms Ängelholm påverkas däremot knappast alls av saltvatteninträngningen, varför detta inte behöver beaktas i värmepumpsprojektet.

Innehållet av suspenderade ämnen varierar kraftigt över året. På sommarhalvåret dominerar biologiskt material, plankton, medan under våren största delen är erosionsprodukter.

Figur 3.8 nedan visar grumlighetsförhållandet under 1982 i en punkt strax uppströms Ängelholm samt i utloppet från Ringsjön.



Figur 3.8 Grumligheten i Rönne å vid utloppet av Ringsjön samt uppströms Ängelholm 1982

Grumligheten i Ringsjön påverkas nästan enbart av mängden alger i provet eftersom erosionsprodukterna sedimenterar i Ringsjön på grund av den långa uppehållstiden.

Planktontillväxten är klart årstidsberoende med liten tillväxt på våren och kraftig sommar och höst och i stort sett ingen under vintermånaderna.

Längre nedströms påverkas grumligheten även av erosion, vilket tydligast ses under mars månad då vattenföringen var som störst och snösmältning pågick. Även det höga decembervärdet berodde på kraftig nederbörd.

Det suspenderade materialet i ån är alltså under sommarmånaderna av organiskt ursprung, medan vintermånaderna främst för med sig minerogent material, företrädesvis lerpartiklar.

4. VÄRMEPUMPSPLACERING OCH DIMENSIONERING

Vid placering och dimensionering av värmepumpsanläggningen bör man pga den höga relativa investeringskostnaden eftersträva en lokalisering och storlek som medger en så lång drifttid som möjligt med maximal effekt. Med andra ord bör värmepumpen gå in som en storleksoptimerad baslastmaskin. Detta gäller med de temperaturnivåer, energipriser och den värmepumpsteknik som idag finns tillgänglig. En förändring av temperaturnivån på fjärrvärmenätet kan motivera värmepumpar även högre upp i effektområdet.

4.1 Alternativa placeringar

Kravet på en så lång utnyttjningstid som möjligt med maximal effekt tillgodoses om värmepumpen placeras vid Åkerslunds värmeverk, alternativ 3B i tidigare figur 3.4 med vattenkulvert till punkt 3A. Alternativt kan pumpen placeras vid 3A men då med värmekulvert till värmecentralen. I båda fallen kan FV-nätets hela flöde disponeras.

Ett annat alternativ är en placering enligt alternativ 1 i figuren. Här korsas Rönne å med en stor returledning samtidigt som det finns tillgång till mark och högspänningssel.

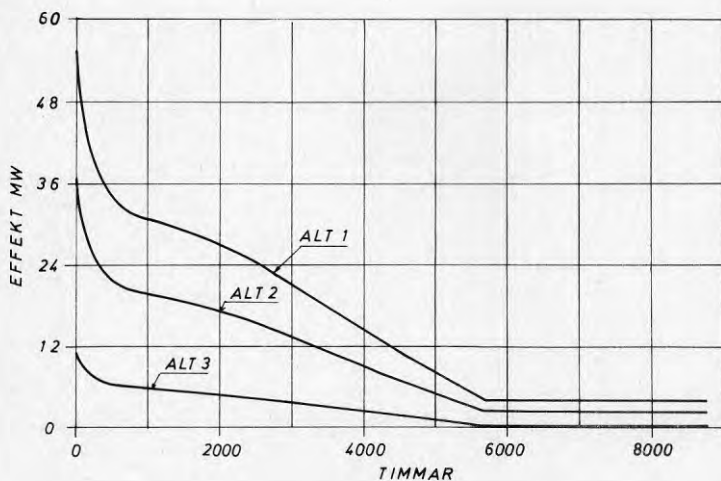
Ytterligare ett alternativ har undersökts, alternativ 2, se figur 3.4. Rönne å korsas också på denna punkt av fjärrvärmenätet. Värmeunderlaget är emellertid betydligt större här än i alternativ 1 och alternativet stärks också av att marken på båda sidor av ån är i kommunal ägo och att det parallellt med fjärrvärmekulverten löper en högspänningsledning.

De parametrar som bedöms påverka vilken placering som väljes har sammanfattats i tabell 4.1.

Tabell 4.1 Lokala förutsättningar vid de alternativa placeringarna

Värmepump-placering	Flöde i nätet kg/s	Värmelast MW	Avstånd till Rönne å m	Tillgång till högspänning	Kommunal mark
1	50	11,5	ca 20	Ja	Ja
2	157	36,5	ca 20	Ja	Ja
3A	245	57,0	ca 20	Nej	Nej
3B	245	57,0	ca 1000	Ja	Ja

Den i tabellen angivna värmelasten utgöres av den beräknade maxeffekten. Varaktighetskurvorna för respektive alternativ visas separat i figur 4.1.



Figur 4.1 Varaktighetsdiagram i de olika anslutningspunkterna gällande 1986 års fjärrvärmenät

4.2 Storleksdimensionering

För vart och ett av de tre placeringsalternativen har en driftsimulering gjorts i syfte att få fram optimal storlek.

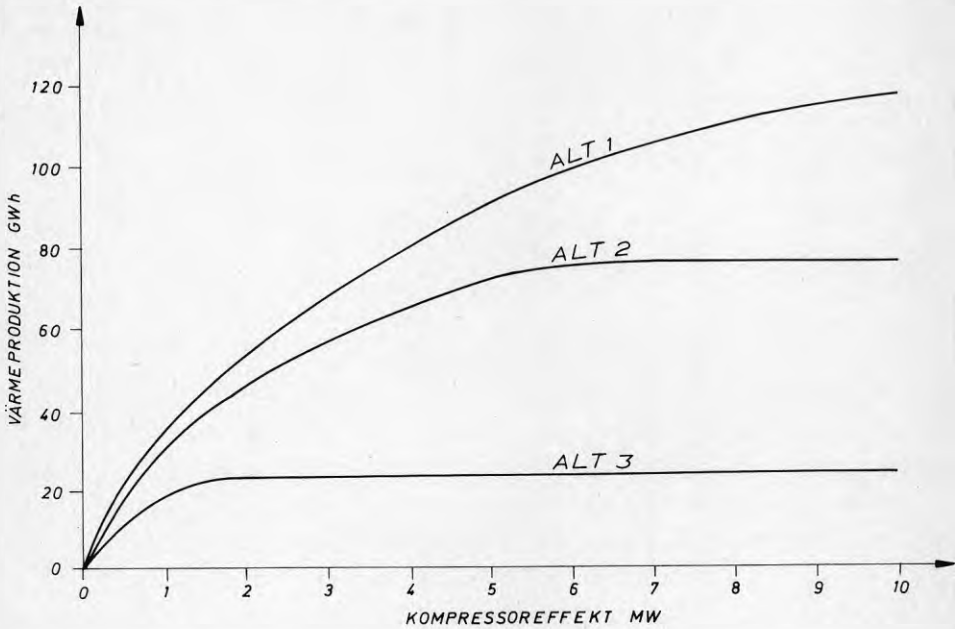
För simuleringens giltighet gäller följande indata:

- Maximal temperatur ur värmepumpen 70°C
- Carnotverkningsgrad för värmepumpen 0,6
- Avtattentemperatur efter värmeväxling vid DUT 0,5°C
- Avtattentemperatur efter värmeväxling sommartid 12°C

Resultatet av beräkningarna visas i tabell 4.2 och figur 4.2.

Tabell 4.2 Energiproduktion och värmefaktorer vid olika effektstorlekar för de tre placeringsalternativen

Kompressor	Placering 1		Placering 2		Placering 3	
	Energi VP GWh	Värmefakt Årsmedel- värde	Energi VP GWh	Värmefakt Årsmedel- värde	Energi VP GWh	Värmefakt Årsmedel- värde
0,4	10	2,9	12	3,4	12	3,5
1,3	21	2,7	33	2,9	36	3,1
2,0	23	2,6	43	2,9	52	2,9
4,0	23	2,6	64	2,7	80	2,9
5,0	23	2,6	72	2,6	90	2,8
7,0	23	2,6	75	2,6	105	2,7
10,0	23	2,6	75	2,6	117	2,6



Figur 4.2 Värmeproduktion som funktion av kompressorstorleken för de tre placeringsalternativen

Som väntat får man en betydligt större energiproduktion för en och samma värmepump, då det tillgängliga flödet genom kondensorn ökas. Även värmefaktorn ökar.

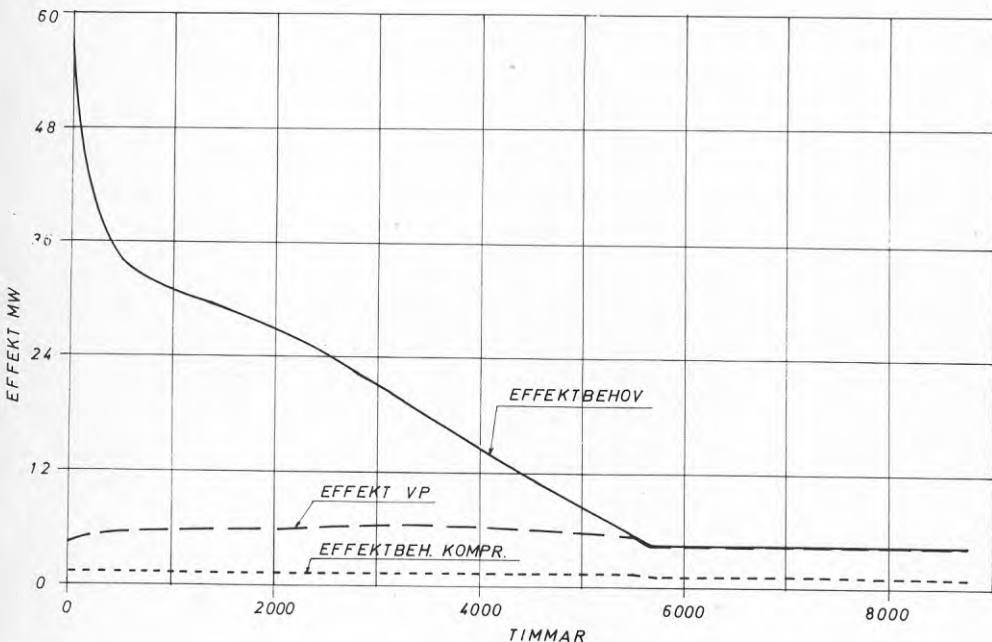
Skulle man installera en för stor värmepump begränsas uteffekten av den för värmepumpen maximalt tillåtna temperaturen. Detta framgår tydligt av figur 4.2, alternativ 1. En värmepump med 10 MW kompressor ger här samma energiproduktion som en värmepump med en kompressor på 2 MW.

De för en baslastproduktion optimala värmepumpstorlekarna och deras värmeproduktion redovisas i tabell 4.3.

Tabell 4.3 Optimala värmepumpstorlekar för de tre alternativen

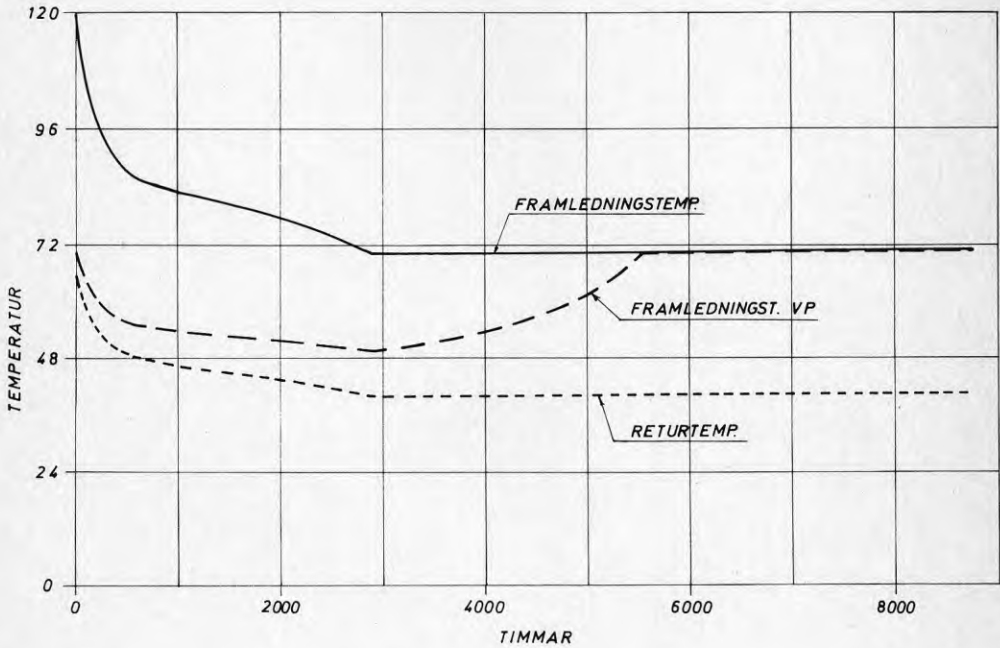
Placeringsalternativ	Kompressorstorlek MW	Värmeeffekt, VP MW	Årsmedel värmefaktor	Värmeproduktion GWh/år
1	0,4	1,3	2,9	10
2	1,3	4,3	2,9	33
3	2,0	6,6	2,9	52

Relativt maxeffekten i aktuell anslutningspunkt är värmepumparna lika stora. Driftförhållandena blir därmed likvärdiga vad avser temperatur och värmefaktor under året. Figur 4.3 visar verknings sättet för en värmepump för baslastproduktion gällande placeringsalternativ 3. Värmepumpar anslutna i de andra alternativen får i princip samma förlopp relativt aktuell maxeffekt.



Figur 4.3 Värmepumpen inlagd i varaktighetsdiagram gällande placeringsalternativ 3

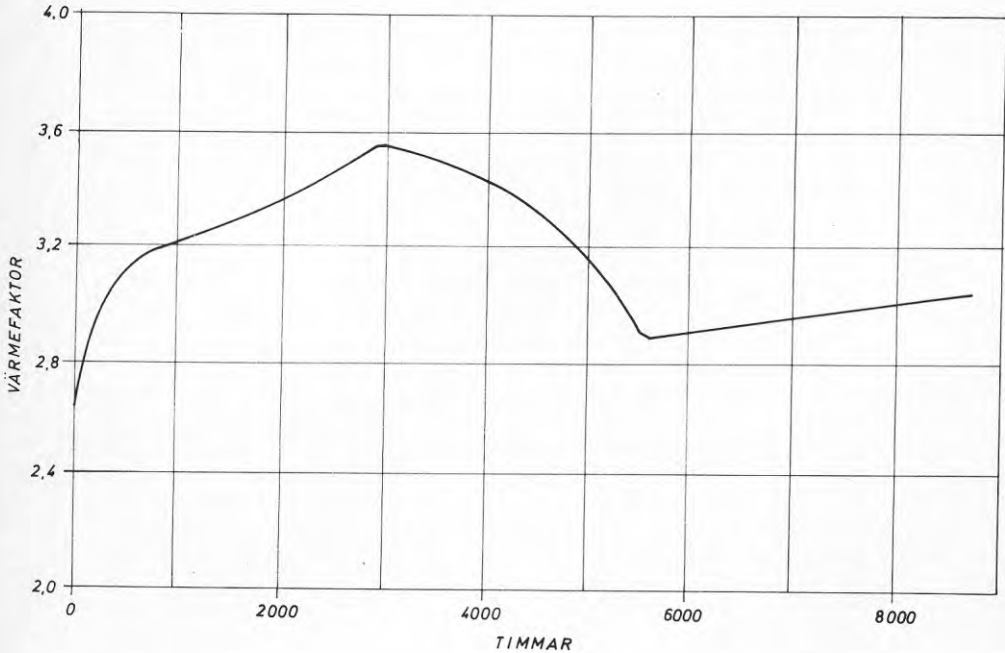
Oavsett placeringsalternativ kommer en värmepump optimerad för baslastproduktion att få en årsfördelad värmefaktor som bestäms av temperatursituationen på FV-nätet och temperaturen på värmekällan. Situationen, som kan sägas vara godtyckligt vald varhelst på nätet, visas i figur 4.4. Här har fram- och returtemperaturerna ställts mot den temperatur värmepumpen avger.



Figur 4.4 Värmepumpens framledningstemperatur i förhållande till FV-nätets fram- och returtemperaturer

Här skall märkas att värmepumpen inte klarar av att värma returvattnet till 70°C mer än under ca 3000 timmar, trots att den går med full effekt.

Den resulterande upplösningen på årsmedelvärmefaktorn (2,9) visas i figur 4.5. Värmefaktorns variation beror mestadels på framledningstemperaturen från värmepumpen, men till viss del också på värmekälletemperaturen.



Figur 4.5 Värmefaktorns variation under året vid optimal värmepumpstorlek

En anslutning av värmepump kommer att ske i serie med fjärrvärmenätet. För att förhindra för högt tryckfall vid stora flöden samt försämrade värmeöverföring vid små flöden, måste flödet genom kondensator och förångare hållas inom ett givet max- och minvärde. En separat cirkulationspump för värmepumpen måste därför installeras. Sommartidsfallet med små flöden och större relativa flödesändringar ställer stora krav på anläggningens reglerbarhet. Den interna cirkulationen medför då att en kortslutningseffekt kan uppkomma på kondensatorsidan.

Värmepumpscentralen bör, för att öka reglerbarheten, delas upp på flera kompressoraggregat och föreslås mot bakgrund av detta få en sammansättning som visas i tabell 4.4.

Tabell 4.4 Preliminär uppdelning av värmepumpseffekten för de tre placeringsalternativen

Placeringsalternativ	Kompressor typ
1	Skruvkompressor 2 st, 2 x 200 kW
2	Skruvkompressor 2 st, 2 x 650 kW alternativt Turbokompressor 1 st à 1300 kW med ställbar inloppsledsskena
3	Turbokompressor 1 st à 2000 kW med ställbar inloppsledsskena alternativt Skruvkompressor 2 st, 2 x 1000 kW

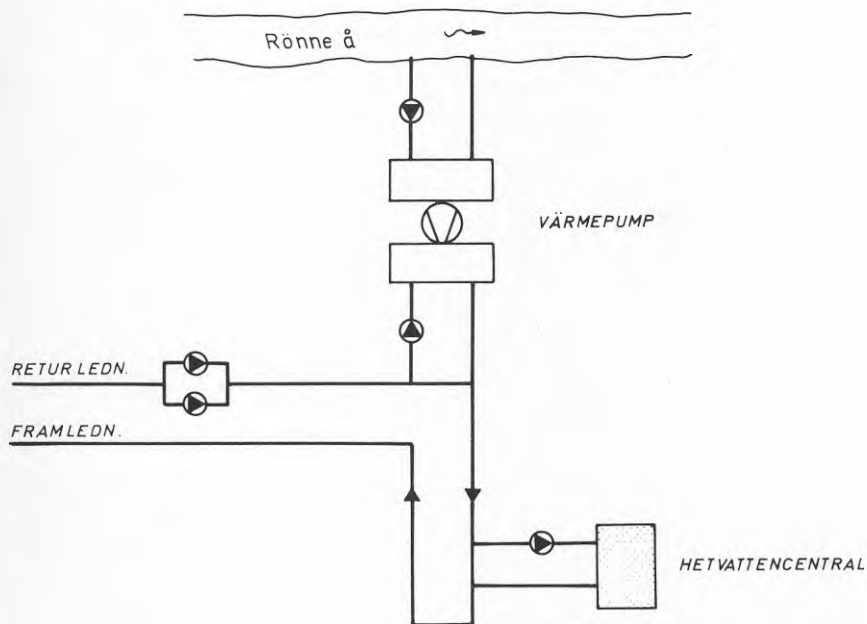
4.3 Speciell parameterstudie

En speciell studie har gjorts över temperaturnivåns inverkan på en värmepumpsinstallation avseende baslastproduktion. Med installationen strävar man ju efter så lång utnyttjandetid som möjligt vid maximal effekt och det är då av intresse att speciellt uppmärksamma just temperaturförutsättningarna.

Som grundregel gäller att FV-nätets returtemperatur skall hållas så låg som möjligt för att på detta sätt kunna få in en stor värmepumpseffekt.

I ett FV-nät har man ett dimensionerande effektbehov vilket för ett visst massflöde ger en temperaturskillnad mellan fram- och returledningen. Beroende på garantiåtaganden m m måste framledningstemperaturen hållas hög. Detta gör att returtemperaturen kan hållas nere endast genom en flödesminskning i nätet.

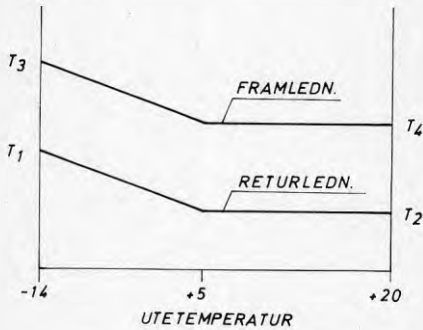
I denna studie har för Ängelholms del undersökts hur en värmepump reagerar på flödesförändringar i nätet orsakade av temperaturändringar i returledningen. Framledningstemperaturen har då varit som i det verkliga fallet, se tidigare figur 3.2, och den är inkopplad på FV-nätet som figur 4.6 principiellt visar.



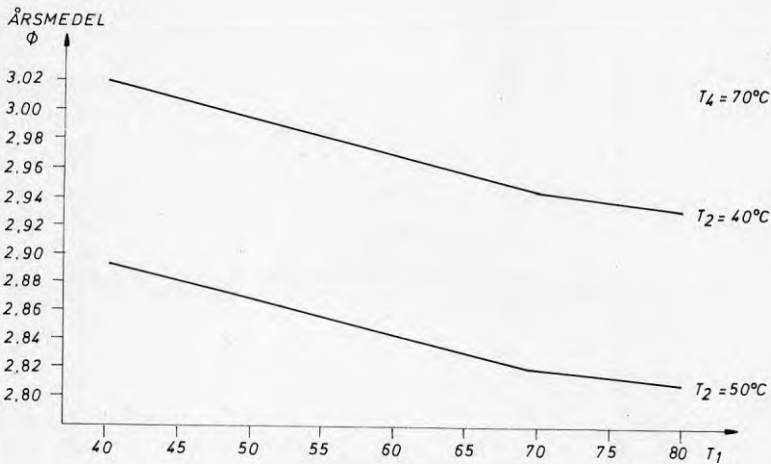
Figur 4.6 Värmepumpens principiella inkoppling på fjärrvärmenätet

Genom att variera temperaturen T_1 och T_2 , figur 4.7, visar det sig att värmepumpen är relativt okänslig för förändringar i returtemperaturen T_1 vid DUT. Detta förklaras av den korta varaktigheten, figur 4.8 och 4.9. Värmefaktorn skiljer mycket vid DUT men detta har ingen större betydelse, utslaget över året. Vad som är mera betydelsefullt är att snabbt komma ner

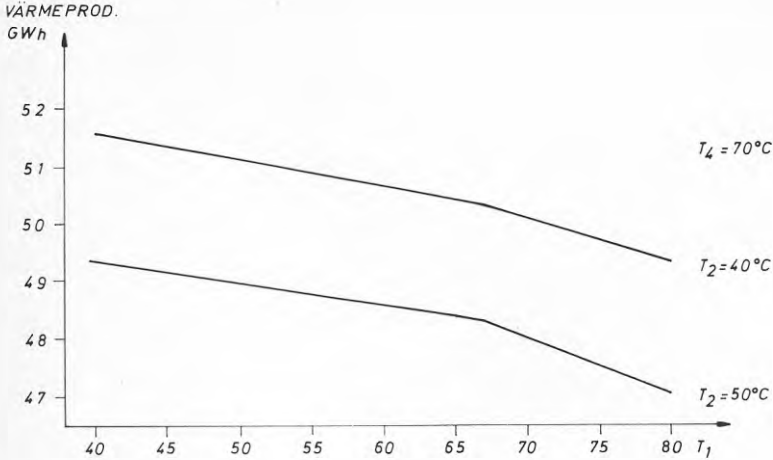
med returtemperaturen, dvs hålla nere T_2 . Med en sänkning av T_2 kommer värmepumpen att under en lång tid arbeta med en lägre framledningstemperatur, vilket är önskvärt ur värmefaktorsynpunkt.



Figur 4.7 Temperaturparametrarna i FV-nätet



Figur 4.8 Värmepumpens årsmedelvärmefaktor som funktion av FV-nätets returtemperatur vid DUT



Figur 4.9 Värmeproduktion från värmepumpen som funktion av FV-nätets returtemperatur vid DUT

Att en större värmepump kan anslutas arbetande med samma maximala framledningstemperatur visas av följande enkla resonemang.

Effektbehovet, P , i nätet kan tecknas:

$$P \sim \dot{m} (T_{\text{fram}} - T_{\text{retur}})$$

där \dot{m} anger massflöde.

Antag att man vid ett givet tillfälle har följande temperaturbild i nätet

$$T_{\text{fram}} = 90^\circ\text{C}, T_{\text{retur}} = 50^\circ\text{C} \text{ (fall 1)}$$

och jämför detta med ett fall då man sänker returtemperaturen till 45°C (fall 2). Värmepumpens maxtemperatur sätter vi som tidigare till

$$T_{\text{vp}} = 70^\circ\text{C}.$$

Följande ekvation kan då sättas upp:

$$P \sim \dot{m}_1 (90-50) = \dot{m}_2 (90-45)$$

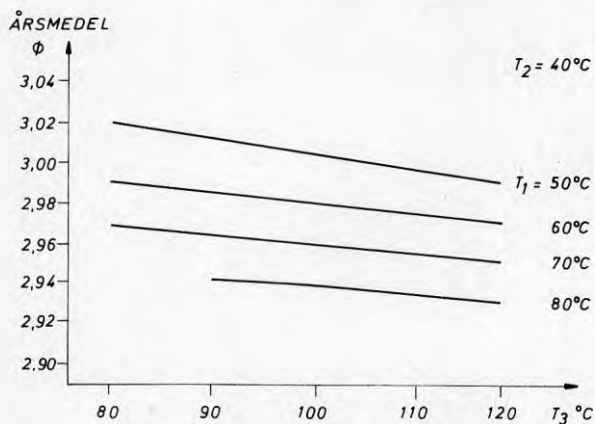
$$P_{vp1} \sim \dot{m}_1 (70-50)$$

$$P_{vp2} \sim \dot{m}_2 (70-45)$$

$$P_{vp2} = 1.11 \times P_{vp1}$$

Vi ser alltså att det finns utrymme för en större värmepump då returtemperaturen minskas i nätet.

Vad gäller framledningstemperaturen på 120°C vid DUT kan denna synas hög sett ur värmepumpssynpunkt. På grund av den mycket korta varaktigheten vid denna temperaturnivå visar figur 4.10 att värmepumpen ej påverkas nämnvärt av detta. Om man flyttar värmepumpen högre upp i effektområdet gäller givetvis inte detta förhållande.

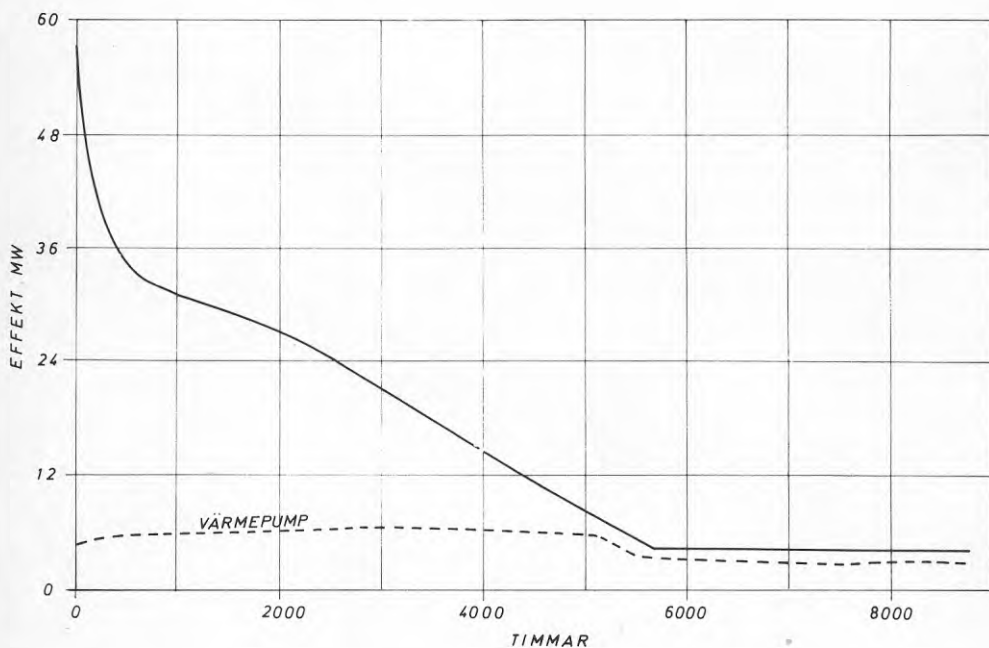


Figur 4.10

Värmepumpens årsmedelvärmefaktor som funktion av FV-nätets framledningstemperatur vid DUT

Effekten av en ändring i framledningstemperaturen sommartid har också undersökts. I beräkningsfallet är värmepumpen utlagd för att klara av sommarlasten.

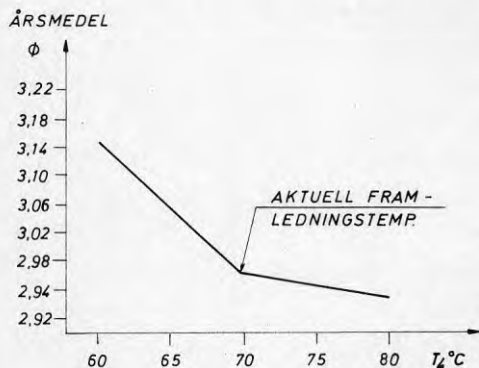
Viktigt är att framledningstemperaturen hålls på en sådan nivå att värmepumpens maxtemperatur inte överskrids. I figur 4.11 har vi för att visa detta lagt in en värmepump som effektmässigt täcker sommarlasten, men där framledningstemperaturen är för hög. Detta leder till att värmepumpen går ner på dellast med sämre kompressorverkningsgrad och ökad driftstid för övriga kraftslag som följd.



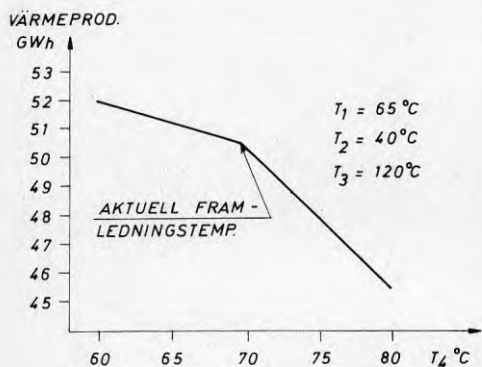
Figur 4.11

Exempel på FV-nät med för hög framledningstemperatur sommartid i förhållande till värmepumpens maximala avgivningstemperatur

Simuleringarna visar att det är viktigt att komma ner med framledningstemperaturen sommartid för att en gynnsam värmefaktor skall erhållas. Skulle framledningstemperaturen överstiga värmepumpens maximalt angivna temperatur minskar såväl värmefaktor som andelen producerad värme högst märkbart, vilket framgår av figurerna 4.12 och 4.13.



Figur 4.12 Värmepumpens årsmedelvärmefaktor som funktion av FV-nätets framledningstemperatur sommartid



Figur 4.13 Värmepumpsproducerad värme som funktion av FV-nätets framledningstemperatur sommartid

Utgående från en situation där värmepumpen installeras för baslastproduktion har parameterstudien visat att

- fram- och returtemperaturen vid DUT inte har någon större betydelse för värmeproduktion och verkningsgrad
- om returtemperaturen på FV-nätet sänks vid bibehållen framledningstemperatur genom reducering av flödet fås en bättre verkningsgrad samtidigt som en energibesparing görs på cirkulationen av FV-vattnet
- framledningstemperaturen sommartid ej bör överstiga den för värmepumpen maximala avgivna temperaturen.

De temperaturnivåer som är planerade för Ängelholms FV-nät möjliggör en ur dessa synpunkter ganska väl avpassad värmepumpsinstallation i baslastområdet. Förutsättningarna skulle dock bli ännu bättre om man kunde sänka returtemperaturen ytterligare, vilket bör vara en naturlig strävan av flera skäl än just en värmepumpsinstallation.

5. VÄRMEVÄXLINGSTEKNIK

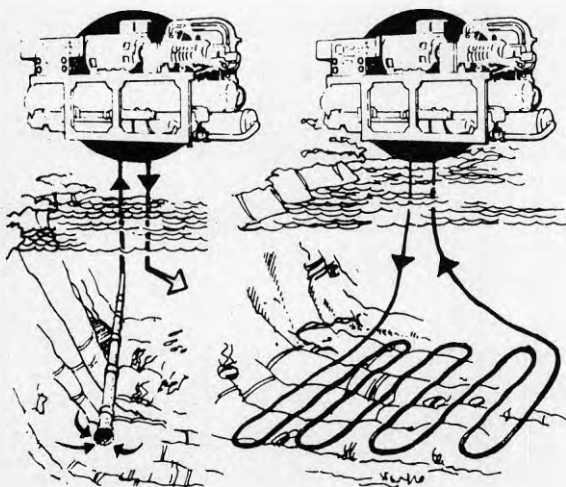
5.1 Orientering

Ett antal olika värmeväxlingstekniker är möjliga vid energiuttag ur åvatten. Dessa indelas normalt i öppna och slutna system.

Det öppna systemet karaktäriseras av att vattnet pumpas direkt från vattendraget till värmepumpen. Efter nedkylning leds det tillbaka till ån nedströms uttagsplatsen.

Det slutna systemet karaktäriseras av att värmeupptagningen från vattnet sker med hjälp av slangar som placeras i åfåran. I slangarna cirkuleras en köldbärare, s k brine, som vanligen består av glykol blandad med vatten. Även saltlösningar och alkoholer kan användas för detta ändamål.

De principiella systemen för värmeväxling med ytvatten framgår av figur 5.1



Figur 5.1

Illustration av olika värmeväxlarprinciper vid utnyttjande av ytvatten som värmekälla

Tekniken att utvinna värme ur ett vattendrag med öppet system är något annorlunda än ur en sjö eller ett hav. Detta beror dels på att vattnet har i stort samma temperatur oavsett vilket djup man är på, dels på att vattnet strömmar förbi den tänkta uttagsplatsen.

Med idag känd värmeväxlingsteknik är det fullt möjligt att utvinna värme ned till $+0,5^{\circ}\text{C}$ och då med en strilförångare. Teknik för värmeuttag via plattvärmeväxlare är under utveckling och det verkar sannolikt att man snart kan växla värme också vid fryspunkten, eller rent av under densamma.

För sjövattnet och åvattnet duger värmeväxlare och förångare i rostfritt stål, medan havsvattnet normalt kräver mer korrosionsbeständigt material.

De öppna systemen lämpar sig bäst i medelstor och stor skala. Existerande stora sådana anläggningar finns bl a i Lidingö och Visby. Exempel på en medelstor anläggning är Torsång i Dalarna.

Ur vattenbeskaffenhetssynpunkt är det lämpligt att lägga intaget dels mitt i vattenprofilen, dels på ett ställe där strömhastigheten inte är alltför hög. Härvid får man ett vatten med minsta möjliga suspensionshalt.

Utsläppet av nedkylt vatten skall naturligtvis ske nedströms intagsplatsen, men bör också lokaliseras till platser med hög strömhastighet för snabb uppblandning.

Det skall här sägas att teknikerfarenheterna från öppna värmeväxlingssystem med vattendrag ännu så länge är mycket begränsade.

De slutna systemen har hittills främst använts för små värme-pumpsanläggningar (10-100 kW), men enstaka större finns. Ett exempel på en större anläggning är Östra Grevie folkhögskola. Denna ingår i Byggeforskningsrådets uppföljningsprogram för ytvattenvärme.

I de slutna systemen hålls brinen vid så låg temperatur att värmeväxling kan ske även under fryspunkten och då genom att tillåta isbildning på slangarna. Det upptagna värmets avges sedan vanligen i en konventionell tubförångare.

När det gäller vattendrag kan slangarna läggas betydligt tätare än vad som är fallet i sjöar. Detta eftersom vattnet flödar förbi slangarna och ger en ständigt ny energitillförsel.

De öppna och slutna systemen har båda sina för- och nackdelar, men som gemensama kriterier gäller att

- de skall kunna arbeta vid låg driftstemperatur under lång tid och om isbildning uppstår skall detta ej innebära driftstörning eller haveri
- materialet skall tåla aktuell vattenkvalité
- det skall, om det visar sig vara nödvändigt, vara lätt att rengöra värmeväxlarna
- de skall vara resistent mot mekanisk påverkan
- de skall ha en hög tillgänglighet.

För aktuellt projekt har vi gjort en mer detaljerad genomgång av tänkbar värmeväxlingsteknik, vilken redovisas nedan.

5.2 System med slangknippen

En tänkbar teknik för aktuellt projekt är att värmeväxlingen sker med slangar hopsatta i knippen till en separat sluten krets. Som material i slangarna har valts PEH, i vilka cirkuleras en brinelösning, bestående av kalciumklorid eller ethylalkohol. För de olika alternativa värmepumparna enligt kapitel 4 har erforderlig värmeväxlarstorlek dimensionerats av Hans Jelbring, INVENTEX AQUA AB. Resultatet framgår av tabell 5.1.

Tabell 5.1 Dimensionering av slangvärmväxlare för de tre alternativen

	Alternativ I	Alternativ II	Alternativ III
Effektupptagning (kW)	1000	3000	4500
Slanglängd (m)	20000	60000	90000
Erforderlig volym (m ³)	640	1550	1750
Ytbehov (m ²)	1050	2600	2950

För dimensioneringen gäller att det inbördes avståndet mellan slangarna i varje knippe är 10 cm. Den dimensionerande effektupptagningen har satts till 50 W/m slang. Det förutsättes då ytförstorade slangar och att dimensionen är \emptyset 40 mm. Temperaturen in till värmepumpen är $+0,5^{\circ}\text{C}$ och ut $-3,5^{\circ}\text{C}$. Köldbärarflödet är satt till 70, 165 respektive 290 l/s för de tre alternativen.

Genom att vattnet strömmar förbi slangknippena kommer ingen påfrysning att ske så länge åvattnets temperatur överstiger $+1,0^{\circ}\text{C}$.

Bland de tekniska fördelarna med denna systemlösning märks att den är:

- okänslig för försmutsning
- fri från korrosionsproblem
- fungerande även vid mycket låga vattentemperaturer
- flexibel genom att ispåfrysning kan tillåtas
- energisnål i drift genom att endast friktionsenergin i rörsystemet behöver övervinnas
- tillämpbar för system med "standardiserade" värmepumpförångare

Bland nackdelarna med systemlösningen märks att:

- den är känslig för mekanisk påverkan
- den kräver stort utrymme
- läckagerisken av brinelösning är stor i och med det stora antalet skarvar
- speciella anläggningar i ån kan behövas för att styra vattnet förbi värmeväxlaren pga tryckfallet över densamma
- värmeväxlingen ger en jämförelsevis låg värmefaktor vintertid
- det bedöms problematiskt rent byggtekniskt
- anläggningen utgör ett uppenbart hinder för båttrafik och liknande

5.3 System med överstrilningsförångare

För större värmepumpsanläggningar arbetande med temperaturnivåer liknande Rönne ås är rubricerad typ av värmeväxling den vanligast förekommande.

Systemet innebär att vatten pumpas upp från ån till en sk överstrilningsförångare. Denna består av plattor eller tuber över vars ytor vattnet får strila och avge sin värme till freonet som cirkuleras inuti desamma.

Innan vattnet når förångaren har det grovfiltrerats så att inga större fasta partiklar följer med. Detta görs lämpligen direkt vid intaget i ån med ett galler och makadamfilter.

Efter förångaren samlas vattnet och leds ut nedströms intaget via separat självfallsledning.

Tekniken medger en temperatursänkning av värmekällan ned till ca $+0,5^{\circ}\text{C}$. Dimensioneras systemet att fungera vid en värmekälletemperatur av $+1,5^{\circ}\text{C}$ som lägst, blir de erforderliga maxflödena för de tre värmepumpsalternativen enligt följande:

- Alternativ 1 $860 \text{ m}^3/\text{tim}$ (240 l/s)
- Alternativ 2 $2580 \text{ m}^3/\text{tim}$ (720 l/s)
- Alternativ 3 $3870 \text{ m}^3/\text{tim}$ (1075 l/s)

Jämfört med tubförångare har överstrilningsförångare följande fördelar:

- den medger värmeväxling vid låga temperaturer på värmekällan
- den är lättåtkomlig för rensning även under drift
- den skadas inte vid eventuell isbildning

Jämfört med slangknippesystemet skall anföras att överstrilningssystemet

- har en högre förångningstemperatur vilket inverkar gynnsamt på värmefaktorn
- har prövats i stor skala och att sålunda driftserfarenhet finns
- kräver mindre byggnation i vattnet och att därför båttrafik m m inte hindras i samma utsträckning.

En påtaglig nackdel är att stora vattenmängder måste hanteras i systemet. Detta gör att energiåtgången i form av hjälpkraft blir relativt sett stor.

En annan nackdel är att värmepumpsdriften måste effektreduceras då värmekälletemperaturen understiger $+1,5^{\circ}\text{C}$. Statistiskt sett rör det sig dock bara om ca 20 dygn, vilka infaller i januari och februari.

5.4 System med plattvärmväxling

I stället för överstrilningsförångare är det tänkbart att växla värmen i s k plattvärmväxlare.

Två systemlösningar är aktuella, dels kan freonet förångas direkt i värmväxlarens ena flödessida, dels kan värmväxlaren utgöra ett mellanliggande värmväxlingssteg till en konventionell tubförångare.

Även om det inte prövats praktiskt i stor skala medger tekniken en temperatursänkning av värmekällan till nära nog 0°C . Det är också tänkbart att underkyla vattnet genom att hålla flöde och tryck på så hög nivå att isbildning inte sker.

Teknik med plattvärmväxling vid låga temperaturer är idag under utveckling och det är för närvarande för tidigt att säga om den är tillämpbar i aktuellt projekt. Man kan dock redan nu anföra en del för- och nackdelar med ett system med mellanliggande plattvärmväxling.

Bland fördelarna märks att systemet är:

- utprovat för havs- och sjövattnen, dock vid högre temperaturer
- i viss mån självrensande med rätt vattenhastighet
- materialet kan väljas efter vattenkvalitén
- lätt att demontera för rengöring

Bland nackdelarna bör nämnas att:

- det ännu ej använts vid de aktuella temperaturnivåerna vintertid
- risk för isbildning är stor
- det ytterligare värmväxlarsteg som systemet innebär ökar behov av hjälpkraft och sänker förångningstemperaturen, vilket inverkar negativt på värmefaktorn.
- kravet på rent vatten är större än för överstrilningsförångare.

5.5 Inverkan av vattenbeskaffenhet

5.5.1 Vattnets korrosionsbenägenhet

Korrosionsbenägenheten påverkas starkt av vattnets förmåga att bilda ett skyddande kalkskikt. Detta sker över ett visst pH som kallas pH-jämvikt, som är beroende av hårdhet, bikarbonat och salthalt. Vid lägre pH än pH-jämvikt löses detta skikt upp och vattnet betecknas som kalklösande.

För vattnet i Rönne å ligger jämvikts-pH mellan 8 och 9, vilket innebär att vattnet är kalklösande och svagt korrosivt.

pH-värdet är dock förhållandevis stabilt över året, se tidigare figur 3.6, vilket är väsentligt för korrosionsskyddet. Stora variationer i pH innebär att metallen lättare angrips eftersom det bildade metalloxidskiktet lätt brytes ner då vätejonkoncentrationen ändras.

Korrosionsbenägenheten är också beroende av att löst syre finns i vattnet, vilket i stort sett alltid är fallet i ytvatten. Höga halter av sulfat och klorid ökar dessutom korrosionsrisken. I Rönne å tränger saltvatten in nedströms Ängelholm, men kan ej tränga in i tätorten på grund av stora nivå-skillnader. I tidigare figur 3.7, där konduktiviteten under 1982 redovisas, syns tydligt att saltvatteninträngning sker vid Rösjöholmsåns utlopp, medan ingen kan märkas uppströms Ängelholm. Även sulfathalten är låg i Ängelholm.

Vattnet kan således bedömas som svagt korrosivt och för att undvika problem med detta måste ett lämpligt material väljas. I föreliggande fall bör rostfritt stål av kvalitén SIS 2320 vara tillfyllest.

Alternativt kan kolstålskvalité väljas men då bör vattnet behandlas genom tillsats av karbonat eller pH-justering. Detta innebär dock risk för karbonatutfällning med värmeöverföringsförluster som följd.

5.5.2 Biologisk påväxt

Då man talar om avlagringar i värmeväxlare och förångare används det engelska ordet "fouling", som ofta översättes påväxt. Detta begrepp betecknar de organismer som trivs och lever på och i tekniska anläggningar. De organismer som orsakar avlagring och påväxt är främst alger, sjöväxter, bakterier, svamp och i saltvatten är dessutom musslor ett stort problem. "Fouling" innefattar oftast även nedsmutsning av oorganiskt ursprung, exempelvis erosionsprodukter.

Alger är organismer som alla innehåller klorofyll. De kan leva i salt eller sött vatten, men kan också förekomma i fuktig jord eller andra fuktiga lokaler. Storleken kan variera väsentligt från enkla encelliga organismer till sådana som bildar stora kolonier.

Kiselalgen är en typ av alg vars cellvägg innehåller kisel. Detta innebär att avlagringar av kiselalger är hårda och besvärliga att avlägsna. Dessa kan även orsaka avlagringskorrosion.

För att alger ska kunna tillväxa krävs tillgång på ljus och luft. Temperaturkravet är svårt att definiera då olika arter kan växa i högst varierande temperaturer. Det finns bl a enstaka arter som klarar upp till 80-90°C. Den mest gynnsamma temperaturen för alg tillväxt brukar anges till 20-40°C.

Tillväxten av alger kan bli kraftig i öppna förångare där vattnet strilar över ytan med god tillgång på både ljus och luft. Den högre temperaturen sommartid innebär att tillväxten ökar.

I en sluten förångare eller värmeväxlare är ljusstillgången den begränsande faktorn, varför ingen större tillväxt sker inuti anläggningen. Alger kan däremot fastna på väggarna vid transporten genom den slutna värmeväxlaren och därmed orsaka igen-sättning på sikt.

Det finns också flera typer av bakterier som kan ge slamav-lagringar i värmeväxlare. Det är vanligen bakterier som lever på att oxidera eller reducera ämnen som är lösta i vattnet. Gemensamt för bakterierna är att om de får fäste så kan de ganska snabbt föröka sig och då också relativt omgående ställa till med driftsproblem. Den normala åtgärden är klorering och/eller syrabehandling kombinerat med rengöring.

5.5.3 Mikrobiologisk korrosion

Ett avlagrat organiskt material kan också orsaka avlagringskorrosion som uppkommer då luftningsceller bildas under be-läggningen. Luftningscellen verkar som en korrosionscell där anoden finns bakom beläggningen och katoden i det syrgasrika vattnet.

Vid algernas fotosyntes produceras dessutom syre som påskyndar korrosionen ytterligare. Viktigt är därför att omöjliggöra avlagring av alger eller andra organiska föreningar på metallytan.

Korrosionsrisken ökar dessutom vid påväxt eftersom det bildas kväve och svavelhaltiga ämnen vid nedbrytning av det organiska materialet. Dessa ämnen kan i skyddade fickor nå så höga koncentrationer att korrosionen kraftigt påverkas.

Avgörande för om ett material ska utsättas för mikrobiologisk korrosion är i vilken utsträckning påväxt kan förekomma samt hur känsligt materialet är för korrosion och då främst spaltkorrosion. Erosionskorrosion kan även orsakas av avlagringar, då dessa kan skapa oönskade turbulenta strömningar.

Påväxt kan emellertid även minska korrosionshastigheten hos material som har stor korrosionsbenägenhet genom att försvåra syretillförseln och ibland även minska erosionen. Material av denna typ är exempelvis gjutjärn och kolstål.

5.5.4 Förebyggande åtgärder mot påväxt och avlagringar

De åtgärder som kan vidtagas för att förhindra påväxt och avlagringar kan vara av olika slag, mekaniska, fysikaliska eller kemiska.

Av mekaniska åtgärder kan nämnas silning som främst utnyttjas för att undvika igensättning av värmeväxlaren med större föroreningar av både organiskt och oorganiskt ursprung. Vilken spaltbredd som bör användas beror på värmeväxlaren. Normalt utnyttjas 1-4 mm spaltbredd.

Rensning görs främst för att erhålla en bättre värmeöverföring och lägre tryckfall genom värmeväxlaren. Rengöringen utförs oftast manuellt då tryckfallet överstiger ett visst gränsvärde.

I vissa fall installeras endast ett galler före värmeväxlaren för att eliminera de allra största föroreningarna som kan fastna i de trånga passagerna i värmeväxlaren.

Fysikaliska metoder utnyttjas främst då den dominerande påväxten är av organiskt ursprung. Värmeväxlaren rengörs exempelvis genom att spola vatten med hög temperatur eller genom att torka ut värmeväxlaren, varvid algerna dör och släpper från värmeväxlarsidorna.

En hög vattenhastighet genom värmeväxlaren förhindrar att påväxt sker vid hastigheter över 1 m/s. Det finns emellertid en maximal hastighet som kan användas som beror på erosionen.

Aluminium är exempelvis känsligt för erosion vid hastigheter överskridande 2 m/s. En hög ytfinish förhindrar även avsättning och påväxt.

Backspolning är ofta effektivt för avlagringar av oorganiskt ursprung men avlägsnar ej biologisk påväxt i nämnbar utsträckning.

Av kemiska metoder utnyttjas främst klorering oftast i form av hypoklorit. En tillsats av 0,1-0,5 ppm klor kontinuerligt förhindrar påväxt men avlägsnar ej befintlig avlagring i dessa koncentrationer. Tester visar att klorhalter på 15-20 ppm krävs för att avlägsna biologisk påväxt. Hypoklorit diffunderar in i mikroorganismernas cellväggar och påverkar enzym-systemet för energitillförsel. Kloriten bryter även ner polymererna som håller samman biofilmen på värmeväxlarytan, varför klorittillsats innebär att biofilmen upplöses och följer med vattenströmmen.

Kopparplåt förhindrar biologisk påväxt genom att lösa ut kopparjoner som är giftiga för mikroorganismer. Denna effekt har även färger som innehåller koppar, s k antifoulingfärger.

6. EKONOMISK ANALYS

6.1 Kostnadsberäknade alternativ

Tre effektstorlekar av värmepumpsanläggning har studerats. Dessa är optimerade för de placeringsalternativ som tidigare angivits i kapitel 4.

De tre alternativen är:

Alternativ 1	1,3 MW
Alternativ 2	4,3 MW
Alternativ 3	6,6 MW

För placeringarna hänvisas till tidigare figur 4.1.

För vart och ett av alternativen har sedan analysen omfattat två skilda värmeväxlingssystem, nämligen

- Öppet system med överstrilningsförångare
- slutet system med slangknippen

Dessa har tidigare beskrivits i avsnitten 5.2 och 5.3.

Beroende på en teknisk osäkerhet vad gäller värmeväxlingssystem med plattvärmväxlare, se avsnitt 5.4, har vi valt att inte detaljgranska detta alternativ i den ekonomiska analysen.

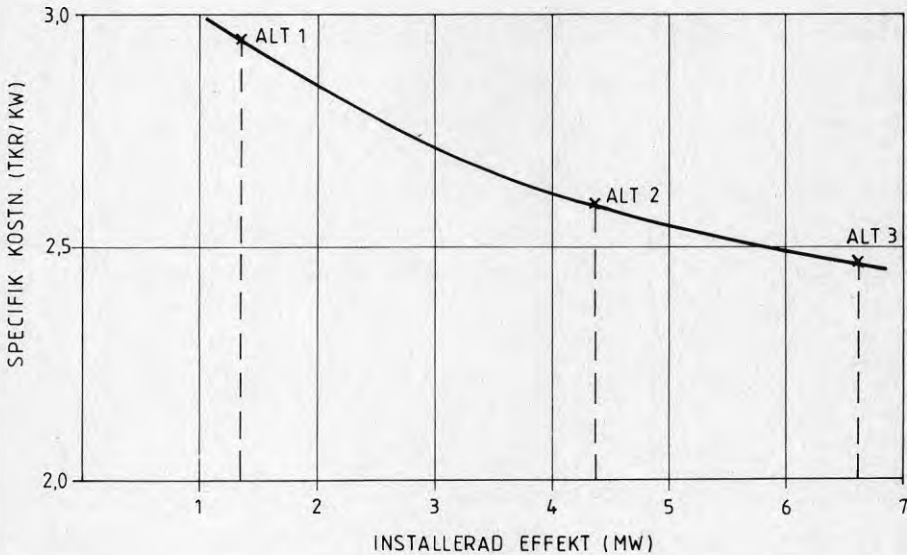
6.2 Investeringskalkyl

6.2.1 System med överstrilningsförångare

För de tre storleksalternativen har budgetofferter tagits in för färdiga värmepumpsanläggningar inklusive förångare, byggnader, installationer samt styr- och reglerutrustning, men exklusive kostnad för åvattnet till och från anläggningen samt

anslutning till FV-nätet. Tillkommer gör också kostnad för eventuell marklösen och för projektering.

Som framgår av diagram, figur 6.1, hamnar den specifika kostnaden enligt dessa offerter (medelvärden) på 2500-3000 kr/kW beroende på effektstorlek.



Figur 6.1 Specifik investering för värmepumpsanläggning exkl värmekälla för de tre alternativen

Kostnaden för värmekällan bestående av vattenintag med därtill hörande pumpinstallation samt ledningar har beräknats överslagsmässigt. Den totala uppfodringen av åvatten till värmväxlaren utgöres i största utsträckning av statisk uppfodring. I stället för att då använda sig av vattenpumpar med två hastigheter (sommar och vinter), väljes två parallella pumpar, vilket förbilligar anläggningen. En sammanställning över kostnader för byggnation av vattenintag med spaltsil, pumpar och installationer samt ledningar och utsläppsanordning visas i tabell 6.1. För alternativ 3 gäller en VP-placering vid ån varifrån läggs en FV-kulvert till Akerslund.

Tabell 6.1 Sammanställning av kostnader för värmekällan för de olika alternativen

VP-alternativ	Erforderlig kapacitet (m ³ /tim)	Pump-effekt (kW)	Lednings-längd (m)	Lednings-dimension (mm)	Beräknad kostnad (Tkr)
1	860	2 x 60	50	600	800
2	2580	2 x 120	50	800	1700
3	3870	4 x 80	50	1000	3100

Anledningen till att värmepumpen enligt alternativ 3 placerats vid ån är att kulvertkostnaden för vattenöverföring (Ø 1000 mm) överstiger kostnaden för en FV-kulvert (DN 400) med ca 1000 Tkr för aktuell sträcka, som är ca 1 km.

En annan faktor som också talar för en förläggning av värmepumpen vid Rønne å är frysrisker i returledningen för åvatt-net.

Läggs till ovan redovisade investeringar också kostnader för anslutning till FV-nätet samt för projektering fås en total kostnadsbild som framgår av tabell 6.2.

Tabell 6.2 Delposter och total investering för de tre alternativen vid system med översilningsförläggning

Alternativ	Värme-pumps-aggr Tkr	Värme-källa Tkr	Fjärr-värme-anstl Tkr	Projek-tering Tkr	Total invest Tkr	Specifik invest kr/kW
1	3900	800	100	300	5100	3900
2	11200	1700	200	500	13600	3160
3	16500	3100	3000	600	23200	3520

Ett värmepumpsval enligt alternativ 2 får således den lägsta specifika kostnaden. Normalt sett borde den större värmepumpen enligt alternativ 3 ligga lägst, men de stora kostnaderna förknippade med kulvertdragningen försämrar detta alternativ med ca 500 kr/kW i specifik investering.

6.2.2 System med slangknippen

För detta system gäller att en lägre specifik kostnad för värmepumpsanläggningen kan användas eftersom kostnaden för strilförångaren faller bort och ersätts av en billigare tubförångare. Detta gör också att byggytan blir mindre.

Jämfört med överstrilningssystemet reduceras kostnaden för värmepumpsaggregatet med 20-30 %.

Själva slangvärmväxlaren har överslagsmässigt beräknats kosta 1100-1500 kr/kW i aktuell storleksklass (1-5 MW värmeupptagningseffekt). I denna kostnad ingår material- och läggningskostnad med härtill kommer yttre anläggningsarbeten med köldbärarledning till och från värmepump, brinepump och pumphus för denna, kostnad för antifrysavätska samt speciella anordningar i ån för flödesstyrning genom slangpaketen.

Då erfarenheter saknas av att bygga liknande system i stor skala har flera ingående kostnadsposter måst uppskattas mer eller mindre grovt. Den kostnadsbild vi dock fått fram visas i tabell 6.3.

Tabell 6.3 Delposter och total investering för de tre alternativen vid system med slangvärmväxlare

Alternativ	VP-anläggning inkl brine, pump & ledn	Motor- effekt brine- pump kW	Slang vvx	Fjärr- värme- ansl	Projek- tering	Total invest	Specifik kostnad
	Tkr		Tkr	Tkr	Tkr	Tkr	kr/kW
1	3600	30	1400	100	300	5400	4150
2	9300	75	3900	200	500	13900	3230
3	12800	200	5000	3000	600	21400	3240

Alternativ 3 är som tidigare förlagt till Rönne å och har en värmekulvert om ca 1 km för anslutning till FV-nätet.

En brineledning utförd som en tryckledning i $\varnothing = 400$ mm kostnadsbedöms till 2500 Tkr. Flödet i brineslangen respektive fjärrvärmekulverten är ungefär detsamma, varför de rörliga kostnaderna för tryckfallet blir likvärdiga. Det kan därför övervägas att förlägga värmepumpen vid Åkerslund och på så vis reducera investeringen med ca 500 Tkr.

6.3 Rörliga kostnader

De rörliga kostnaderna utgöres till största delen av drivenergi till värmepumpsaggregatet. Till dessa kommer drivenergi för vatten respektive brinepumpar samt kostnader för det årliga underhållet. En sammanställning över rörliga kostnader för de olika värmepumpsalternativen visas i tabellerna 6.4 och 6.5. Vid beräkningen av värmefaktorn i värmepumpen har tagits hänsyn till en lägre förångningstemperatur för systemet med slangvärmeväxlare, än vad som blir fallet då överstrilningsförångare används.

Underhållskostnaderna har satts till 1,5 % av anläggningskostnaden och elpriset 0,19 kr/kWh har använts. Abonnemangsgiften för elkraft har satts till 260 kr/kW/år.

För de öppna systemen har driften av vattenpumpar uppdelats så att fullt flöde erhålles under 4 månader och halverat flöde under resterande del av året.

Tabell 6.4 Rörliga kostnader för system med överstrilningsförångare

Alternativ	Värme- prod GWh/år	Värme- faktor	El till kompres- sor GWh/år	El till pumpar GWh/år	Effekt- faktor	Energi- kostnad Tkr/år	Abonne- mangs- kostnad Tkr/år	Under- hålls- kostnad Tkr/år	Specifik rörlig kostnad öre/kWh
1	10	2.9	3.4	0.5	2.55	710	130	80	9.2
2	33	2.9	11.4	1.3	2.60	2270	390	210	8.7
3	52	2.9	17.9	2.4	2.55	3650	620	320	8.8

Tabell 6.5 Rörliga kostnader för system med slangvärmesväxlare

Alternativ	Värme- prod	Värme- faktor	El till kompres- sor	El til pumpar	Effekt- faktor	Energi- kostnad	Abonne- mangs- kostnad	Under- hålls- kostnad	Specifik rörlig kostnad
	GWh/år		GWh/år	GWh/år		Tkr/år	Tkr/år	Tkr/år	öre/kWh
1	9.2	2.6	3.5	0.25	2.45	670	120	70	9.2
2	30.5	2.6	11.7	0.66	2.45	2220	360	200	9.1
3	48.1	2.6	18.6	1.75	2.35	3660	570	310	9.4

Som framgår av de båda tabellerna blir den rörliga totalkostnaden något större för system med överstrilningsförångare trots en bättre värme- och effektfaktor. Detta kompenseras dock mer än väl av en större värmeproduktion, vilket visar sig i den specifika rörliga kostnaden.

6.4 Års- och värmeproduktionskostnad

Årskostnaden är angiven som summan av rörliga kostnader och kapitalkostnader. Kapitalkostnaden för anläggningen har beräknats med en årlig räntesats på 13 % och med avskrivningstiden 15 år, vilket ger annuitetsfaktorn 0,15.

Värmeproduktionskostnaden är beräknad som kvoten mellan årlig värmeproduktion och årskostnad.

Beräkningsresultaten framgår av tabell 6.6.

Tabell 6.6 Sammanställning över års- och värmeproduktionskostnad för de olika alternativen

Alternativ	Överstrilningssystem		Slangvärmesväxling	
	Årskostnad Tkr	Värmeprod kostn öre/kWh	Årskostnad Tkr	Värmeprod kostn öre/kWh
1	1685	16.9	1660	18.1
2	4910	14.9	4865	16.0
3	8070	15.5	7750	16.1

Beräkningarna visar att värmepumpsalternativ 2 i systemet med överstrilningsförångare får den lägsta värmeproduktionskostnaden. Detta alternativ har också lägst rörlig kostnad vilket tidigare visats i tabellerna 6.4 och 6.5.

7. MILJÖ- OCH JURIDISKA FRÅGOR

7.1 Miljöaspekter

De effekter på naturmiljön som påtalats vid värmeutvinning ur ytvatten skiljer sig beroende på om man använder slutet eller öppet system. Det spelar också en betydande roll om anläggningen förlagts i en sjö, ett vattendrag eller i havet.

Oavsett systemtyp och i vilken typ av ytvatten man befinner sig, vet man att värmeuttagen medför ändrade temperatur- och cirkulationsförhållanden. De miljöstörningar som kan förväntas uppträda står också i viss paritet med temperaturförändringens och anläggningens storlek.

I aktuellt projekt har vi att göra med ett vattendrag som värmekälla. Till skillnad från sjövärmesystem så finns det för denna typ av anläggningar inga generellt angivna miljöproblem.

Man kan dock enkelt formulera ett antal sådana som bör beaktas i en eventuell fortsatt projektutveckling och som då bör inverka på val av tekniska systemlösningar, lokalisering etc.

De miljöfrågor vi funnit värda att beakta är vad avser värmekällan:

- lokal inverkan på fauna och flora vid byggandet, intags- och utsläppsanordning i ån till följd av uppslamning och omröring (öppet system)
- dito vid anläggning av slangvärmväxlare (slutet system)
- ändrade hydrografiska förhållanden till följd av anläggningar i vattnet med förändrade erosions- och sedimentationsförhållanden samt ändrade betingelser för fauna och flora (främst slutet system med slangvärmväxlare)

- lokal nedkylning nedströms värmeväxlare (slutet system) eller återföringspunkt (öppet system) med ändrade betingelser för fauna och flora
- risk för läckage av köldbärarvätska med inverkan på fauna och flora (främst slutet system)
- förändrade rekreationsförhållanden (båttrafik, fiske m m) till följd av anläggningar i ån bestående av slangvärmewäxlare eller intags-utsläppsanordningar.

Vad gäller värmecentralen, har endast en miljöfaktor av betydelse kunnat formuleras, nämligen:

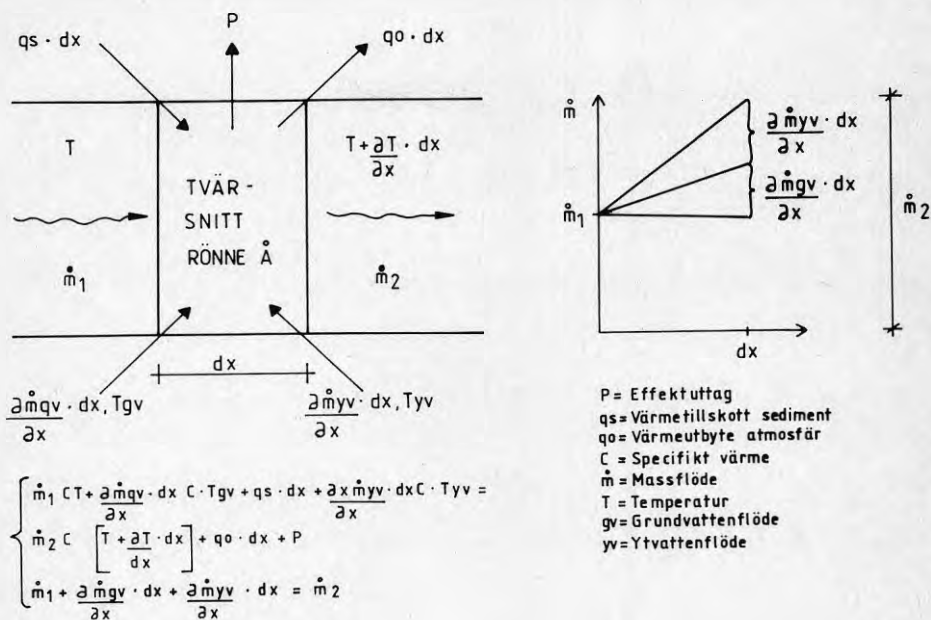
- potentiell bullerstörning med värmepump och pumpar för vatten/köldbärarcirkulation som bullerkällor.

Det skall slutligen nämnas att anmälningsplikt till länsstyrelse föreligger innan en anläggning av aktuell storlek påbörjas (Miljöskyddsförordningen) och att det i samband härmed ytterligare miljöfrågor kan komma att aktualiseras.

7.2 Speciell studie av temperaturinverkan

En särskild modellstudie över hur ett värmeuttag i en punkt inverkar på åvattnets temperatur nedströms har gjorts.

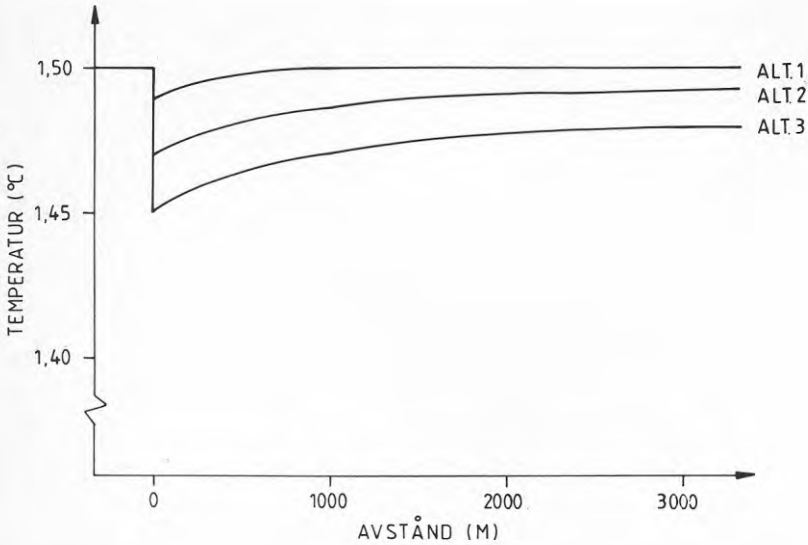
Modellen beräknar medeltemperaturen i tvärsnittssektioner på olika avstånd nedströms uttagspunkten och beskriver temperaturrens återhämtningsförlopp med hänsyn till värmeutbyte med atmosfären, värmetillskott från inläckande grundvatten och värmeutbyte mellan vattnet och bottensedimenten. Figur 7.1 visar beräkningsparametrarna.



Figur 7.1 Beräkningsmodell för temperaturåterhämtning

Tillämpat på aktuellt projekt, visas resultatet i figur 7.2 för de olika värmepumpsalternativen. Beräkningen gäller förhållandet vintertid då ingångstemperaturen är $+1,5^{\circ}\text{C}$.

Som framgår av figuren kan medeltemperatursänkningen strax nedström uttagsplatsen räknas i hundradels grader. I alternativ 1 (0,9 MW) återhämtar sig sedan temperaturen på ca 1 km flödessträcka, medan sträckan för de två andra alternativen (3,0 resp 4,6 MW) blir flera kilometer. Temperaturdifferensen efter 2 à 3 km (1 resp 2 hundradels $^{\circ}\text{C}$) är dock så liten att den måste betraktas som försumbar och knappast kan komma att påverka åns hydrografi eller dess växt- och djurliv.



Figur 7.2 Temperatursänkning och återhämtning nedströms
för de tre värmepumpsalternativen

I ett öppet system med utsläpp av det nedkylda vattnet blir dock temperaturbilden lokalt annorlunda. Det är därför viktigt att utsläppet sker i en sektion med hög strömhastighet så att omblandningen blir snabb.

7.3 Rätten till värmets i Rönne å

Någon lag som direkt reglerar rätten till värmets i ett ytvattendrag finns inte. Det kan dock framhållas att rätten till värme i mark och vatten enligt 1 kap 1 § jordabalken utgör en del av markägarens äganderätt. Detta bör således innebära att rätten att utvinna energin från vattnet på en fastighet tillkommer markägaren.

Ovan sagda kompliceras emellertid av att ett energiuttag på en fastighet kan medföra en transport av kyla till nedströms liggande fastigheter. I detta fall kan en konkurrens om energiresursen uppstå.

Någon prövning av en sådan konkurrenssituation har ännu ej gjorts i domstol. Det torde dock vara så att man i första hand bör ta hänsyn till jordabalkens 3 kap 1 § som lyder: "Var och en skall vid utnyttjande av sin eller annans fasta egendom taga skälig hänsyn till omgivningen".

7.4 Prövningsskyldigheter

Ett tillståndskrav i form av förprovning finns specifikt för anläggningar av naturvärmsystem i miljöskyddsförordningen, som stadgar anmälan till länsstyrelsen om anläggning för uttag överstiger 1 MW värmeeffekt från mark eller vatten respektive 3000 MWh/år vid lagring i mark och grundvatten.

Från och med 1984-01-01 började en ny vattenlag gälla. Den nya lagen är en revision av den äldre och går bl a ut på att skapa gemensamma bestämmelser för täkt och skydd av yt- och grundvatten. Vidare ingår en ändrad provningsordning för vattenföretag, bl a innebärande en generell förprovningsskyldighet av yt- och grundvattentäkter.

Centralt i nya lagen och tillämpligt på aktuellt projekt är att lagen tar upp all bortledning av vatten som tillståndsskyldigt. Således sägs att "vattenföretag får utföras utan tillstånd enligt denna lag endast om det är uppenbart att varken allmänt eller enskilt intresse skadas" (kap 12, 1 §).

I övrigt gäller indirekt att en anläggning skall prövas enligt byggnadsstadgan om den utgör del i en nybyggnad, vilket blir fallet i aktuellt projekt, där värmecentralen med värmepumpen är nybyggnaden.

Enligt naturskyddslagstiftningen (NVL, ML) bör också prövas om anläggningen väsentligen kan inverka på naturmiljön och om störningar i form av buller, skakningar och dylikt kan befaras eller om verksamheten kan betraktas som miljöfarlig.

7.5 Tillgång till annans mark

Anläggningar som utförs för energiutvinning måste som grundregel göras på egen mark. Ingenting hindrar dock att man vidtar åtgärder eller gör anläggningen på annans mark om man träffar överenskommelse härom, dvs sluter ett muntligt eller skriftligt avtal.

I aktuellt projekt kan man eventuellt behöva dra ledningar över annans fastighet. I vissa fall kan man få rätt härtill även tvångsvis genom att söka om förrättning enligt ledningsrättslagen.

Om anläggningen är till nytta för flera fastigheter kan också mark tas i anspråk enligt anläggningslagen för tillskapande av en gemensamhetsanläggning på annans mark.

Det finns också möjligheter att i föreliggande fall kommunen får ta annans mark i anspråk för anläggningen för utnyttjande av energin i ytvattnet och då enligt expropriationslagen.

8. ALLMÄN POTENTIALANALYS AV RINNANDE VATTEN SOM VÄRMEKÄLLA

8.1 Orientering

Rinnande vatten (bäckar, åar, floder) har inte fått samma uppmärksamhet som sjöar och hav som värmekälla till värmepumpar.

Vad vi vet finns det idag endast ett projekt som byggts och som följs upp inom ramen för BFRs verksamhet (värmepump med älvvatten som värmekälla vid Kaunisjoensuu tullstation, BFR-projekt 801522-3). Även om vi ryktesvis hört talas om ytterligare ett par mindre anläggningar av denna typ rör det sig sannolikt om ett begränsat antal totalt sett och långt ifrån de tiotusentals värmepumpsystem med ytjord, grundvatten och sjöar som värmekälla och som byggts under de senaste åren.

I samband med en regional energiutredning för Nordvästra Skånes Kommunalförbund (NSK, rapport 1981:2) gjordes en särskild beräkning av effekt- och energiinnehållet i de åar som avbördar denna region. Resultatet av studien visar att regionens vattendragssystem bruttomässigt representerar en betydligt större energiresurs än någon annan markvärmekälla, se tabell 8.1.

Tabell 8.1 NSK-regionens tillgångar på värmekällor till värmepump (* anger varaktighet)

Värme- källa	Lagrad värme GWh	Omsatt värme GWh/år	Uttagbart brutto GWh/år	Tänkbar tillgänglighet/ nyttjandegrad %	GWh/år
YTJORD	-	>100 000	70 000	1	700
YTVATTEN	-	>10 000	3 760	25	900
Sjöar	-	(>1 000)	(160)	(12)	(20)
Åar	-	(9 000)	(3 600)	(25)	(880)
GRUND- VATTEN	-	1 165	450	50	225
GEOTERMISK VÄRME	110 000	1 300	2 000 (50 år)*	25	500
AVLOPPS- VATTEN	-	500	180	50	90
NSK	110 000	>113 000	76 390	-	2 415

Den tillgängliga effekten varierar med årstiden beroende på temperatur och flöde. Just årstidsvariationen är i många fall avgörande för ett vattendrags lämplighet som värmekälla.

Specifikt gällande sydsverige är emellertid att vattentemperaturen vintertid oftast håller sig betydligt över fryspunkten. Man kan här alltså räkna med betydligt effektuttag även vintertid eftersom vattenföringen då är stor.

Anledningen till de relativt sett höga vintertemperaturerna i år typ Rönne å tros vara att de kan klassas som slättlandsår.

Dessa rinner ofta fram i nedskurna skyddade dalgångar och inte oväsentligt för temperaturförhållandet är att de får ett tillskott av värme genom inläckande grundvatten.

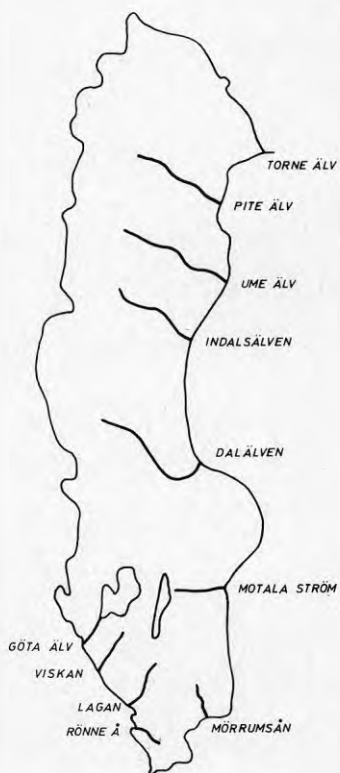
Andra vattendrag och älvar har ofta temperaturer som ligger endast någon tiondels grad över fryspunkten under vintern. För värmeuttag vintertid kan man då använda sig av ismaskiner vilket ännu ej kan anses helt kommersiellt eller utnyttja ett slutet slangsystem som tillåter isbildning.

Ett intressant förhållande med vattendrag generellt sett är, förutom dess rika antal, att de nästan samtliga rinner genom stora befolkningscentra. Detta har en historisk förklaring då vattenlederna tidigare utnyttjades som transportsträcka. Detta gör dessa speciellt intressanta ur värmesynpunkt, då en utslagsgivande faktor ofta är avståndet mellan värmekällan och värmeförbrukaren.

8.2 Potentialanalys

För att få en uppfattning om storleksordningen av uttagbar effekt ur rinnande vatten har en studie för ett antal svenska vattendrag gjorts. De i studien undersökta vattendragen fram-

går av karta, figur 8.1. Flöde och temperaturdata har inhämtats från SMHI och utifrån dessa data har bruttoeffekten beräknats. Den minsta tillåtna nedkylningstemperaturen har satts till $+0,1^{\circ}\text{C}$. Detta gränsvärde har använts med tanke på att man med idag känd teknik klarar en värmeväxling till denna temperatur med öppna system och att öppna system är de som för närvarande är aktuella vid ett storskaligt utnyttjande.

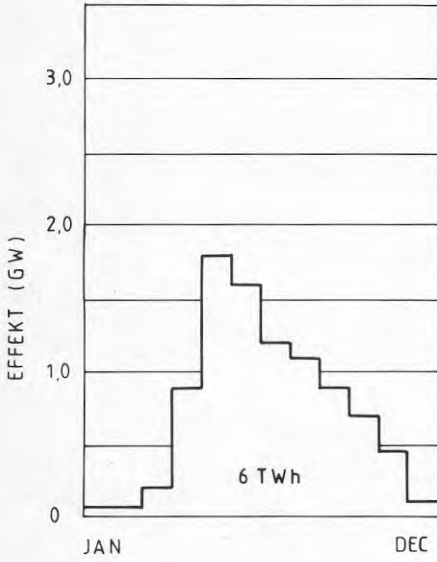


Figur 8.1

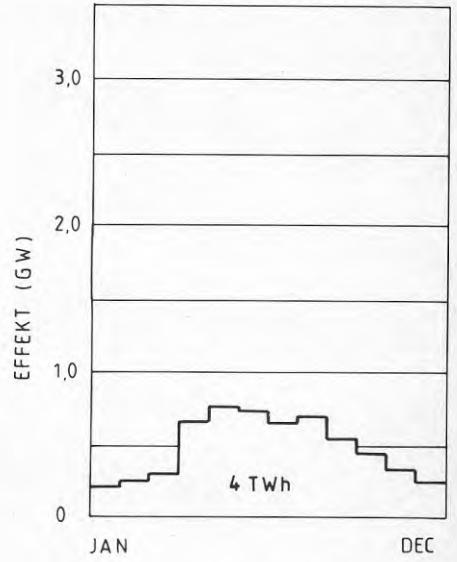
Översiktsskarta visande de undersökta vattendragen

För beräkningarna har i övrigt gällt att månadsmedelvärden på flöden och temperaturer använts.

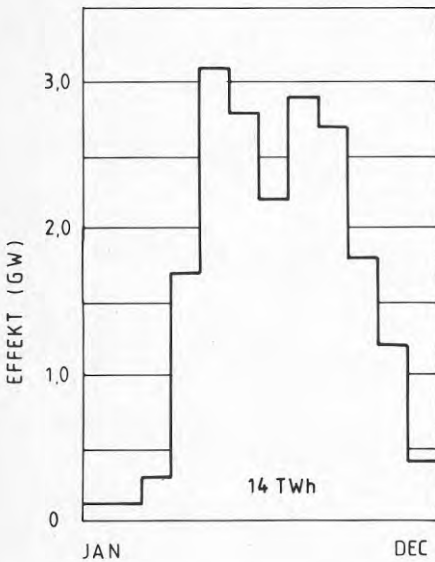
De på dessa grunder upprättade effektvarighetsdiagrammen och den energi som detta motsvarar under ett år visas i figurerna 8.2-8.12.



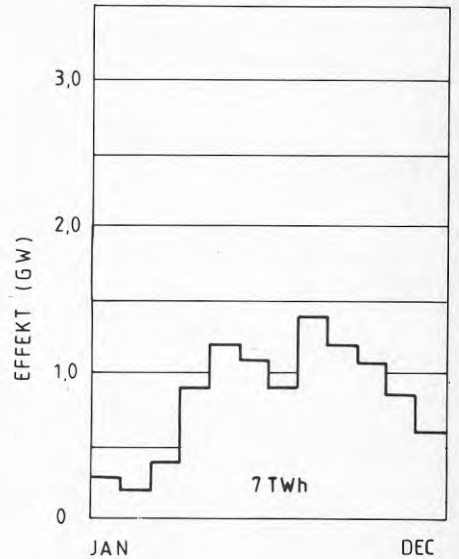
Figur 8.2 Mörrumsån



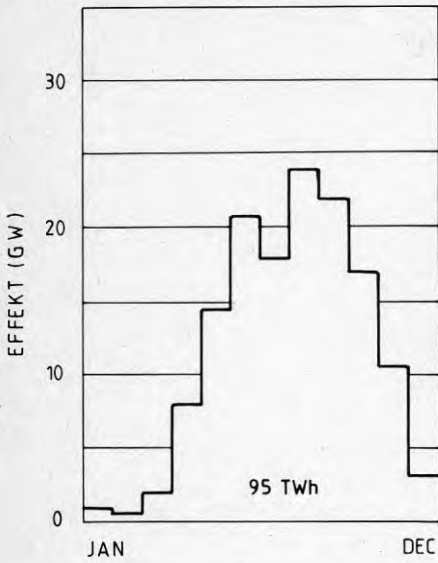
Figur 8.3 Rönne å



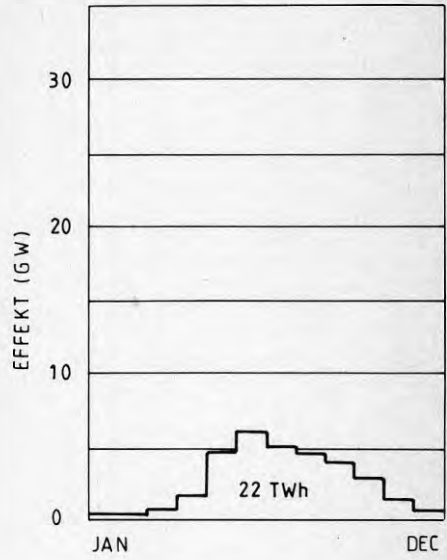
Figur 8.4 Laagan



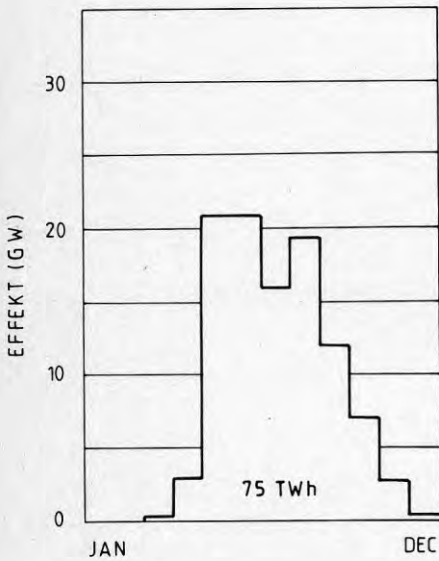
Figur 8.5 Viskan



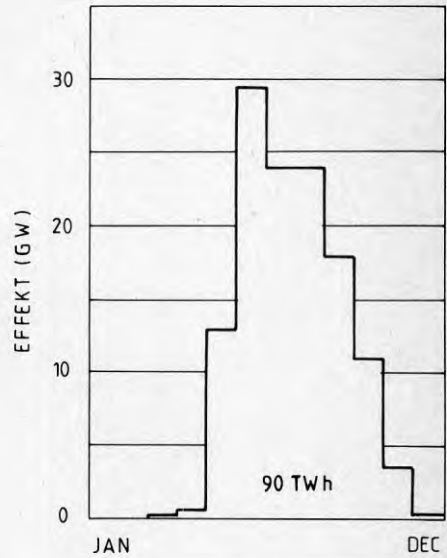
Figur 8.6 Göta älv



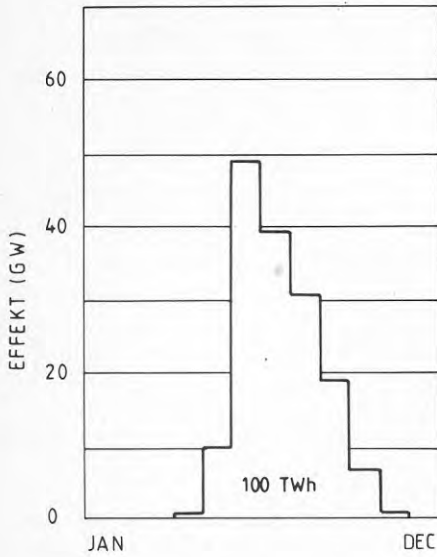
Figur 8.7 Motala ström



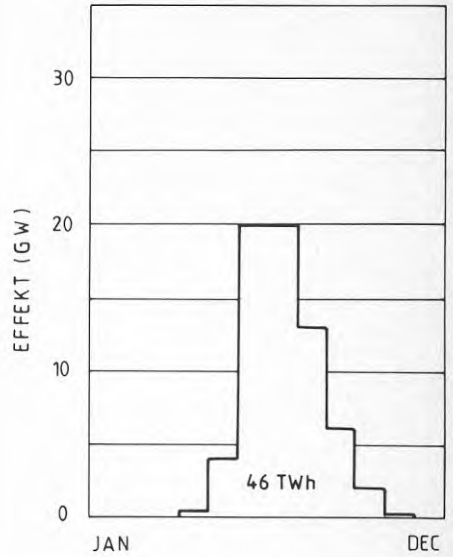
Figur 8.8 Dalälven



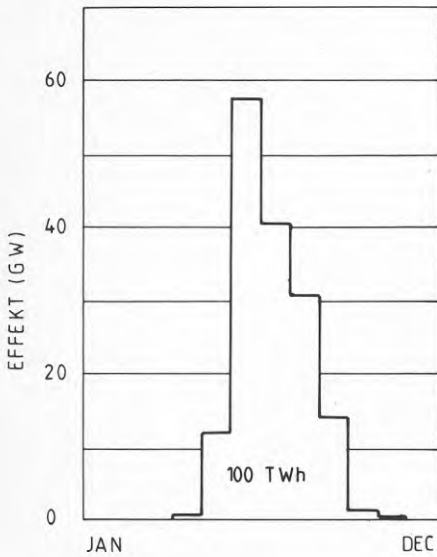
Figur 8.9 Indalsälven



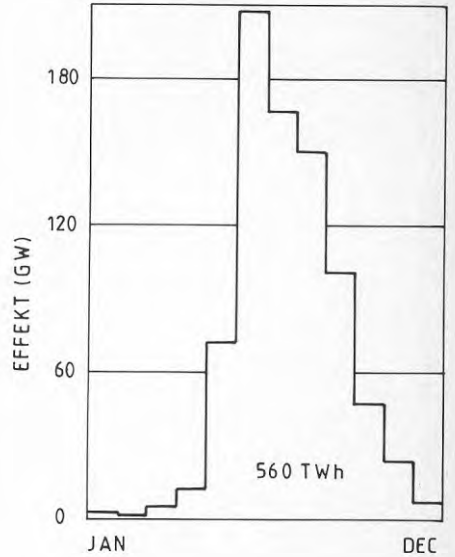
Figur 8.10 Ume älv



Figur 8.11 Pite älv



Figur 8.12 Torne älv



Figur 8.13 De undersökta vattendragen sammantaget

Som framgår av figurerna är det inte bara Rönne å som har goda förutsättningar för större energiuttag vintertid. Sannolikt kan flertalet vattendrag längs västkusten inordnas i denna grupp, även om januari-februaritemperaturerna tycks vara något begränsande. Med denna reservation måste också vattendragen i resten av sydsverige ses som intressanta värmekällor för öppna system.

Från mellansverige och vidare norrut tycks det saknas förutsättningar för värmeuttag med öppet system under 4 à 5 vintermånader. För uttag vintertid måste man här använda teknik med slangvärmewäxling eller ismaskin.

Vad gäller mellansverige och Norrland skall uppmärksammas att vattendragen trots låg vintertemperatur ändå kan få stor betydelse som värmekälla året runt, men då i system med lagring i en eller annan form. Det ligger härvid nära till hands att peka på de förekomster av sand- och grusavlagringar som ofta ligger i nära anslutning till vattendragen och som på många platser skulle kunna utgöra säsongslagringsmagasin.

Studien visar sammanfattningsvis att bruttotillgången av värme i landets vattendrag är enorm och att den kan räknas i tusentals TWh. Vad som sedan är praktiskt möjligt vad gäller ett utnyttjande av tillgångarna bestäms av en rad tekniska, ekonomiska och miljömässiga faktorer. Uppenbart är dock att vattendragen bör ses som en betydande värmekälleresurs och att de bör värderas vara av minst samma värde som exempelvis våra sjöar.

**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
821634-8 från Statens råd för byggnadsforskning
till Ängelholms kommun och VIAK AB, Malmö.**

R104: 1984

ISBN 91-540-4173-2

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6704104

**Abonnemangsgrupp:
Ingår ej i abonnemang**

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

Cirkapris: 35 kr exkl moms