

Rapport

R126:1981

Storskalig värmeförsörjning med värmepump

Principförslag med kombinerat
utnyttjande av yt- och grundvatten
som värmekälla

Leif Lemmeke

INSTITUTET FÖR BYGGDOKUMENTATION	
Accnr	81-2249
Plac	<i>Ser</i>

R/B4

BYGGDOK

Institutet för byggdokumentation
Hälsingegatan 49
113 31 Stockholm, Sweden
08-34 01 70 Telex 125 63

Byggeforskningsrådet

R126:1981

STORSKALIG VÄRMEFÖRSÖRJNING MED VÄRMEPUMP

Principförslag med kombinerat utnyttjande
av yt- och grundvatten som värmekälla

Leif Lemmeke

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 810367-3
från Statens råd för byggnadsforskning till VBB AB,
Malmö.

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

R126:1981

ISBN 91-540-3597-X

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

INNEHÅLL

FÖRORD.....	5
SAMMANFATTNING.....	7
1. INLEDNING.....	9
1.1 Värmepumpar.....	9
1.2 Lågtemperaturanpassade distri- butionssystem.....	10
1.3 Storskalig värmeförsörjning....	11
2. VÄRMEKÄLLOR.....	13
2.1 Allmänt.....	13
2.2 Ytvatten.....	13
2.3 Havsvatten.....	17
2.4 Grundvatten.....	19
2.5 Avloppsvatten.....	22
2.6 Mark och sediment.....	23
2.7 Uteluft.....	24
2.8 Slutsatser.....	25
3. VÄRMELAGRING.....	27
3.1 Lagringsförfarande.....	27
3.2 Utvecklingsstatus.....	27
3.3 Lagringstemperaturer m m.....	28
4. VÄRMEFÖRSÖRJNINGSSYSTEM.....	31
4.1 Förutsättningar för systemet...	31
4.2 Beskrivning av systemet.....	31
4.2.1 Värmeproduktion.....	31
4.2.2 Värmelagring.....	33
4.3 Drift av systemet.....	35
4.3.1 Uppladdning.....	35
4.3.2 Urladdning.....	35
4.4 Utbyggnad av systemet.....	35
5. EKONOMISKA FÖRHÅLLANDEN.....	37
5.1 Anläggningskostnader.....	37
5.2 Årskostnader.....	37
5.3 Anläggningarnas lägesberoende..	39
5.4 Ekonomisk optimering.....	40
6. ENERGITEKNISKA ÖVERVÄGANDEN....	43
6.1 Eldrift.....	43
6.2 Turbindrift.....	44
7. MILJÖASPEKTER.....	47
7.1 Allmänt.....	47
7.2 Ytvatten.....	47
7.3 Grundvatten.....	48
8. MARKANSPRÅK.....	51
8.1 Markbehov.....	51
8.2 Intressekonflikter.....	52

9.	FLEXIBILITET.....	53
9.1	Värmedistribution.....	53
9.2	Systemkoordinering.....	55
9.3	Systemkomplettering.....	55
9.4	Driftförhållanden.....	56
10.	JURIDISKA FÖRHÅLLANDEN.....	57
10.1	Lagstiftning.....	57
10.2	Ansökan.....	59
11.	ILLUSTRATIONSEXEMPEL.....	61
11.1	Värmebehov.....	61
11.2	Värmeförsörjningssystem.....	61
11.2.1	Hydrogeologiska förutsättningar	61
11.2.2	Värmeproduktion.....	64
11.2.3	Värmelagring.....	67
11.2.4	Värmedistribution.....	67
11.3	Drift av systemet.....	68
11.3.1	Driftförhållandena vintertid...	68
11.3.2	Driftförhållandena under vår och höst.....	68
11.3.3	Driftförhållandena sommartid...	72
11.4	Ekonomi.....	72
11.4.1	Anläggningskostnader.....	72
11.4.2	Årskostnader.....	73
12.	TILLÄMPNING.....	75
12.1	Potentiella möjligheter.....	75
12.2	Praktiska problem.....	76
12.3	Utvecklingsbehov.....	76
	LITTERATUR.....	79

FÖRORD

I november 1980 inbjöd Energikommittén i Lomma kommun VBB att lämna principförslag till värmeförsörjningsanläggning för Lomma centrum. Anläggningen skulle i huvudsak betjäna planerad bostads- och servicebebyggelse som främst avses bli uppförd under 1980-talet. Enligt kommunens villkor skulle principförslaget bygga på utnyttjande av lokala energitillgångar. Härvid pekades bl a på grundvatt-net från Alnarpsströmmen och havsvattnet från Öresund.

I slutet av samma månad inlämnades principförslaget vilket i allt väsentligt överensstämde med det illustrationsexempel, som redovisas i kapitel 11. Förutom anslutning av den planerade bebyggelsen föreslogs anslutning av angränsande befintlig flerbostadsbebyggelse, varvid värmeunderlaget dubblades. I principförslaget redovisades vidare vilka begränsningar som gäller för olika värmekällor vid användning av värmepump. För att dels kunna åstadkomma ett optimalt utnyttjande av solinstrålningen, dels få möjlighet för tillämpning av värmepumpstekniken i stor skala föreslogs ett kombinerat utnyttjande av yt- och grundvatten.

Den metod för storskalig värmeförsörjning med värmepump, som härvid framtogs, presenterades vid ett internt seminarium på Vattenfall i slutet av januari 1980. BFR's representant, A Boysen, föreslog då publikation av principförslaget. Föreliggande rapport utgör en omarbetad utgåva av principförslaget, där det eftersträfvats att belysa metodens allmänna användbarhet och potentiella möjligheter.

Till följd av pågående diskussion angående lösningen av Lomma kommuns övergripande energiförsörjningsfrågor har kommunen ännu ej tagit ställning till det framlagda principförslaget. Förutsättningarna för och konsekvenserna av utbyggnad av kollektiva värmeförsörjningssystem håller dock på att utvärderas. Härvid har inpassningen av det föreslagna försörjningssystemet för centrumbebyggelse i kommunens samlade försörjningsstruktur diskuterats med främst elverkschef Bengt Molin.

Den föreslagna metoden för värmeförsörjning är patentsökt (ansökan nummer 8008906-3).

Malmö i juli 1981

Leif Lemmeke

SAMMANFATTNING

I det följande beskrivs ett principförslag till storskalig värmeförsörjning med värmepump. Som bakgrund till presentationen av förslaget ges en översiktlig genomgång av olika naturliga värmekällor: mark, vatten och luft. Vid genomgången visas vilka begränsningar, som gör sig gällande vid utnyttjandet av de olika värmekällorna. Vidare konstateras att med vanlig värmepumpsteknik och naturliga värmekällor kan endast mindre värmeförsörjningsanläggningar med effekter på upp till några få MW etableras. Genom kombination av ett par värmekällor med avvikande egenskaper kan förutsättningar för värmeförsörjning i stor skala (effekter på upp till 50-100 MW) däremot erhållas.

Ytvatten liksom havsvatten tillförs genom solinstrålningen mycket stora värmemängder som medför att temperaturen sommartid ökar till 15-20°C. Denna värme kan säsonglagras i grundvatten varvid en värmekälla som håller "sommartemperaturer" året om kan erhållas. Värmelagringen sker effektivast genom överföring av värmen från ytvattnet till grundvattnet i värmeväxlare. Efter uppvärmning återförs grundvattnet till grundvattenmagasinet. Härifrån uttas det varma grundvattnet sedan och tillförs värmepumparna i takt med uppvärmningsbehovets variationer. Genom lämplig placering och utformning av uttags- och infiltrationsbrunnar kan värmelagringen styras och kontrolleras. Härvid uppnås att hydraulisk balans kan upprätthållas kontinuerligt liksom termisk balans kan upprätthållas på årsbasis, vilket medför att värmelagrets påverkan på omgivningen minimeras.

Den föreslagna principlösningen för storskalig värmeförsörjning beskrivs mer ingående i kapitel 4. Härvid påpekas att tillämpning av metoden kräver särskilda lokala förutsättningar avseende hydrologiska och geologiska förhållanden. Vidare diskuteras anpassning till befintlig och planerad bebyggelse diskuteras. Värmedistributionen förutsätts i första hand ske medelst fjärrvärme från ett centralt värmeverk omfattande värmepumpar samt pannanläggning för täckning av topplast.

En värdering av de ekonomiska förhållanden för den föreslagna lösningen visar att denna jämfört med konventionella lösningar baserade på oljeeldning är klart lönsam. Härvid förutsätts att värmepumparna drivs med elkraft vilket bedöms vara det fördelaktigaste driftsättet under den närmaste framtiden. Ekonomin medger också att stora avstånd mellan ytvattenintag, värmelager och bebyggelse kan accepteras. Vidare visas att miljöeffekterna av den föreslagna anläggningen är ganska begränsade och i flera avseenden marginella i förhållande till den påverkan som åstadkoms genom eldning av olika bränslen. Markanspråken för en anläggning

till den påverkan som åstadkoms genom eldning av olika bränslen. Markanspråken för en anläggning av föreslagen typ är begränsade. Däremot kan konflikter med andra intressen (vattentäkts- och grustäktsintressen m m) uppkomma och lokaliseringen av värmelagret bör ske med hänsyn härtill.

Den föreslagna anläggningen utvisar stor flexibilitet med hänsyn till anpassning till befintlig bebyggelse och befintliga värmeförsörjningsanläggningar. Inom områden där värmeförbehållningen är otillräcklig för utbyggnad av fjärrvärmesystem kan värmedistributionen sålunda ske vid låg temperaturnivå till lokalt placerade värmepumpar. Den föreslagna värmeproduktionsanläggningen kan vidare enkelt koordineras med andra produktionsanläggningar. Härvid kan ibland vissa samordningsvinster erhållas genom att värmelagret kan utnyttjas för lagring av över-skottsvärme som annars ej skulle kunna komma till användning.

Genom komplettering av den föreslagna anläggningen med olika typer av solfångaranläggningar finns vidare förutsättningar för förbättring av driftsekonomin. Driftsekonomin kan även förbättras genom optimering av driften på olika sätt som närmare beskrivs.

De juridiska förhållanden som gäller för anläggningar av aktuellt slag redovisas och riktlinjer för prövning av tillkomsten av en sådan anläggning anges. Vidare redovisas som illustrationsexempel ett förslag till en anläggning på 10 MW för värmeförsörjning av Lomma centrum.

Slutligen diskuteras de potentiella möjligheterna för tillämpning av den föreslagna metodiken. Härvid konstateras att metoden skulle kunna lämna ett väsentligt bidrag till täckning av uppvärmningsbehovet för landets bostäder och lokaler och härmed till avveckling av oljeberoendet. För att detta skall kunna ske i snabb takt fordras dock en bred satsning på introduktion av metoden.

1. INLEDNING

1.1 Värmepumpar

Med hjälp av värmepump kan lågvärdig värme, som annars ej kommer till utnyttjande, användas för värmeförsörjning. Härvid kan värme som uttas från en värmekälla vid en lägre temperaturnivå överföras till ett värmebärande medium i ett uppvärmningssystem. För drift av värmepumpen erfordras högvärdig drivenergi. Denna utgörs av mekaniskt arbete för drift av värmepumpens kompressor och övrig kringutrustning. Oftast alstras denna energi genom tillförsel av elkraft. För större värmepumpsanläggningar kan drift med hjälp av förbränningsmotor eller turbin baserat på eldnings med olika bränslen dock komma ifråga.

Som värmekälla för värmepumpar kan olika medier, som vatten, mark och luft, där solinstrålningen ackumuleras på ett naturligt sätt, utnyttjas. Den energi som härvid tillgodogörs är i princip kostnadsfri. Vidare kan olika värmekällor, som avloppsvatten, kylvatten och ventilationsluft, där värme tillförts på konstgjord väg, användas. Även denna värme betraktas oftast som "gratisvärme". Eventuellt kan dock möjlig alternativ användning motivera att dylik värme tillmätts ett visst värde.

Driftsekonomi för en värmepump blir till avgörande del beroende av vilken värmefaktor som kan uppnås för anläggningen. Värmefaktorn anger förhållandet mellan den samlade värmemängden, som tillförs uppvärmningssystemet och den drivenergi som tillförs värmepumpen. Denna faktor är främst beroende av skillnaden mellan framledningstemperaturen i uppvärmningssystemet, T_1 , och temperaturen på den utgående värmekällan efter nerkyllning i värmepumpens förångare, T_2 . Även temperaturnivån, T_1 , och värmepumpens stoflek och konstruktion är dock av betydelse.

I denna rapport belyses översiktligt möjligheter och begränsningar vid utnyttjande av olika värmekällor. Vidare visas hur de normala begränsningarna för konventionell värmepumpsteknik kan elimineras genom att kombinera utnyttjandet av olika naturliga värmekällor. En principlösning för ett dylikt utnyttjande presenteras och de ekonomiska och kvalitativa förhållandena för den presenterade metoden diskuteras.

Värmepumpars funktion och tekniska utförande behandlas ej särskilt i detta sammanhang. För närmare beskrivning av dessa förhållanden hänvisas till litteraturen, exempelvis Glas (1978).

1.2 Lågtemperaturanpassade distributionssystem

Vid utnyttjande av naturliga och flertalet konstgjorda värmekällor kommer temperaturen, T_2 , vid avledningen normalt att vara relativt låg, dvs inom intervallet -5 à $+10^\circ\text{C}$. För att värmepumpsanläggningar för uppvärmning av bostäder och lokaler skall kunna ske med rimlig ekonomi fodras en värmefaktor av minst storleken $2,5$ à $3,0$. Detta motsvarar i praktiken att en temperaturdifferens, $T_1 - T_2$, av storleken 50 à 70°C kan tolereras. Högsta framledningstemperatur, T_1 , som härvid kan åstadkommas med värmepump blir då 60 à 70°C .

Dessa förhållanden medför att utnyttjande av värmepump bäst kan ske i samband med att värmedistributionen sker i system anpassade för låga temperaturer. Härvid avses att värmedistributionssystemen omfattande både installationer och eventuella yttre ledningar m m dimensioneras för att under perioder med låg utetemperaturer klara värmeöverföringen vid framledningstemperaturer av ovan angiven storlek eller lägre. Detta krav till värmedistributionssystemet torde vara en av orsakerna till att värmepumpar ofta kommit till användning vid nybebyggelse och i mindre omfattning vid befintlig bebyggelse.

Då renoveringen av bebyggelsen emellertid sker i ganska långsam takt kommer bebyggelsen under de närmaste årtiondena att till dominerande del utgöras av redan idag befintlig bebyggelse. För att värmepumpstekniken skall kunna utnyttjas i större omfattning erfordras därför en anpassning till de förhållanden som gäller för befintlig bebyggelse. Befintliga installationer är här normalt planerade för att under kalla perioder drivas med framlednings- och returtemperaturer av storleken 80°C resp 60°C . Under större delen av uppvärmningsperioden kan värmedistributionen dock ske vid lägre temperaturer. Utförda undersökningar har vidare visat att även i samband med dimensionerande utetemperaturer kan driftstemperaturerna oftast sänkas något till följd av att äldre installationer är överdimensionerade.

Vid storskalig värmeförsörjning sker värmedistributionen medelst fjärrvärmenät. Befintliga fjärrvärmenät är normalt dimensionerade för framlednings- och returtemperaturer av storleken 120°C resp 70°C . Även här gäller dock att driftstemperaturerna är lägre under större delen av uppvärmningsperioden. För att värmepumpsanläggningar skall kunna bidra till värmeförsörjningen fordras som tidigare nämnts att returvattentemperaturen normalt ej överstiger 60 à 70°C . Om värmepumpsanläggningen helt skall kunna täcka värmeförsörjningen fordras vidare att framledningstemperaturen kan sänkas till denna nivå. Detta kan vara möjligt under sommaren, när endast tappvarmvatten behöver produceras samt under den mildare delen av uppvärmningsperioden

under höst och vår. Däremot torde detta vara uteslutet under vinterperioden när ett påtagligt uppvärmningsbehov föreligger. För att i dylika situationer kunna höja framledningstemperaturen i erforderlig omfattning erfordras eftervärmning i exempelvis en vanlig pannanläggning. Hur stor del av värmetillförseln som i en given situation kan tillföras med hjälp av värmepumpsanläggningen blir då beroende av dels hur lågt returtemperaturen i fjärrvärmenätet kan sänkas, dels hur högt temperaturen på värmebäraren från värmepumpen kan höjas. För att få rimliga driftsförhållanden för värmepumpar kan det då i vissa fall vara befogat att förstärka befintlig fjärrvärmeanläggning, vilket oftast kan ske vid befintliga undercentraler och installationer. Behovet av förstärkning kan minskas genom vidtagande av energibesparande åtgärder.

Vid utbyggnad av nya fjärrvärmesystem för anslutning av befintlig bebyggelse finns däremot goda förutsättningar för att från början planera distributionssystemet för låga temperaturer och värmepumpsdrift.

1.3 Storskalig värmeförsörjning

För utnyttjande av olika naturliga och konstgjorda värmekällor gör sig vissa begränsningar gällande. Som det närmare beskrivs i följande kapitel 2 hänför sig dessa begränsningar till dels värmekällornas temperatur, dels storleken på tillgången. Begränsningarna medför att det normalt endast är möjligt att med värmepump täcka uppvärmningsbehov i mindre skala. Härvid avses värmebehov på upp till några få MW. Undantagsvis kan stora spillvärmetillgångar från exempelvis avloppsvatten dock ge underlag för större värmepumpsanläggningar.

I kapitel 4 beskrivs en metod som ger möjlighet till värmeförsörjning med värmepump i stor skala. Härvid avses täckning av värmebehov på flera tiotals MW. Den föreslagna lösningen bygger på att värme sommartid överförs från ytvatten till grundvatten, varvid grundvattnet erhåller temperaturer av storleken 12-18°C. Det varma grundvattnet lagras på kontrollerat sätt i grundvattenmagasinet. Härifrån uttas det i takt med uppvärmningsbehovet och används som värmekälla för värmepumpar. Efter användning återförs det nerkylda grundvattnet till magasinet.

Tillämpning av metoden fordrar att vissa speciella hydrologiska och geologiska förutsättningar är uppfyllda i området kring den bebyggelse som skall försörjas. Metoden kan sålunda ej tillämpas generellt men representerar ändå en mycket stor försörjningspotential.

2. VÄRMEKÄLLOR

2.1 Allmänt

Naturliga värmekällor baseras på indirekt utnyttjande av solinstrålningen. Härvid kan både vatten, mark och luft utnyttjas som värmeupptagande medium. Utnyttjande av vatten och luft som värmeupptagande medium bjuder på vissa fördelar då dessa medier direkt kan överföras till värmepumpens förångare och här avge den upptagna värmen. Användning av mark kräver däremot utläggning av rörslingsor för överföring av den infångade värmen till värmepumpens förångare.

Även geotermisk energi som alstras vid radioaktivt sönderfall i berggrunden, kan under vissa speciella betingelser utnyttjas som värmekälla för värmepump. Denna tillgång får då också karakteriseras som en naturlig värmekälla. Utnyttjande av geotermisk energi behandlas dock ej i denna rapport.

Konstgjorda värmekällor utgörs av värmebärande medier, som genom olika processer tillförts värme på konstgjord väg. För användning i större omfattning är speciellt utnyttjande av de betydande spillvärmemängder, som bortleds med avloppsvattnet i de kommunala avloppsnäten av intresse. Lokalt kan även industriell spillvärme utgöra en betydande tillgång.

I följande avsnitt beskrivs närmare möjligheterna för utnyttjande av olika värmekällor. De temperaturnivåer som härvid anges avser förhållandena i södra Sverige. För områden längre norrut gäller genomgående något lägre temperaturnivåer.

2.2 Ytvatten

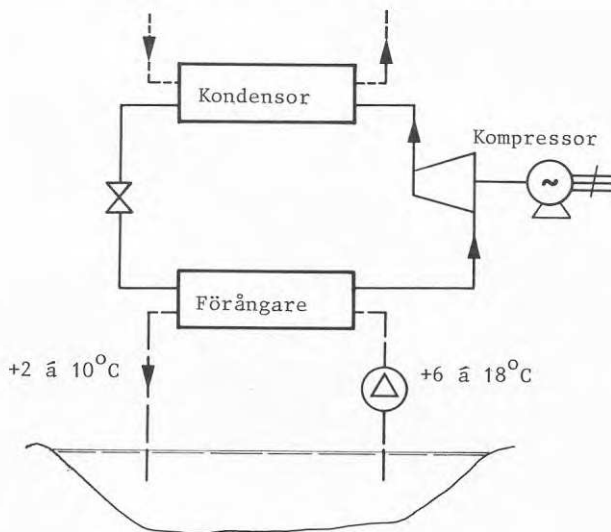
Då vatten har stor värmekapacitet och direkt kan användas som värmebärare utgör vatten ett särskilt förmånligt värmeupptagande medium. Värmeupptagning från solinstrålningen sker på naturligt sätt i sjöar och vattendrag. Storleken på den värmemängd som härefter kan överföras till värmepumpens förångare är beroende av dels storleken på det flöde som tillförs, dels den temperatursänkning på vattnet som kan åstadkommas vid passage genom förångaren. Utformning av förångaren måste därför ske med hänsyn till dessa förhållanden.

För användning av vatten med temperaturer på över 5 à 6°C, där en sänkning till 2 à 3° kan åstadkommas utan risk för frysning, kan vattnet tillföras förångaren direkt, se fig. 2.1. För uttag av en värmemängd av önskad storlek får förångaren

dimensioneras för ett vattenflöde som bestäms av den disponibla temperatursänkningen.

Vid låga temperaturer medför detta förfarande att konventionella förångare inte är lämpliga. Speciella lågtemperaturförångare finns emellertid framtagna.

Exempel på sådana är vertikala tubpanneförångare och slingförångare. Dessa fungerar med mycket låga ingångstemperaturer på vattnet, ned till ca 1°C , de tål också påfrysning. Den vertikala tubpanneförångaren är dessutom lätt att rengöra.



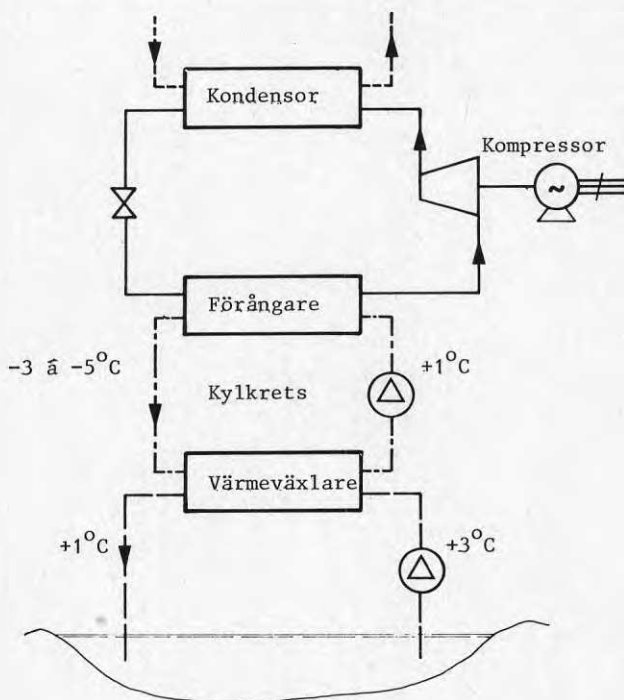
Figur 2.1 Värmepump med direkt värmeförsel

Båda typerna kräver emellertid stora vattenflöden, vilket medför att dessa blir dyrare än konventionella förångare. Driftserfarenheterna av komponenterna vid användning som kondensorer är mångåriga. Vid användning som värmepumpförångare är driftserfarenheten däremot inte lika lång.

Ett annat sätt att bemästra problemen med lågtempererat vatten som värmekälla är att använda sig av ett mellanmedium. Frysproblemet flyttas då från förångaren till en extern värmväxlare som kan utformas på ett ändamålsenligt sätt, se fig 2.2.

Genom värmeöverföring i en enkel värmväxlare överförs värmen från vattnet till ett kylmedium som cirkulerar i en särskild kylkrets. Genom att utnyttja större temperaturskillnader i kylkretsen, där temperaturer under 0°C kan accepteras, kan flödet till förångaren begränsas. Denna lösning kan tillämpas för vattentemperaturer ner till 2 à 3°C .

För vattentemperaturer under 2 à 3°C kan ovannämnda lösning ej tillämpas. Däremot är det möjligt att utnyttja fasombildningsvärmen (smältvärmen) genom att kyla vattnet så att is bildas, se fig 2.3. Härigenom kan ganska stora värmemängder utvinnas. Sålunda ger produktion av issörja med 25 % is samma värmemängd som en sänkning av vattentemperaturen på ca 20°C. Lösningen medför emellertid en del praktiska problem.



Figur 2.2 Värmepump med indirekt värmeförsel

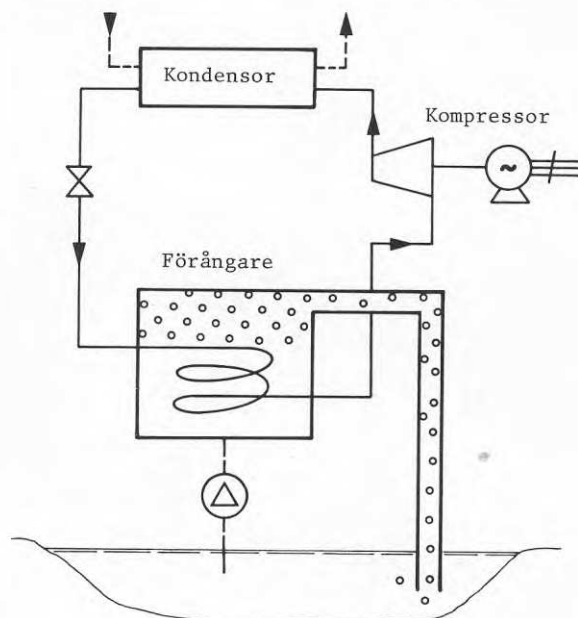
Mångåriga driftserfarenheter finns från bl a fiskindustri, där ismaskiner i varierande storlek sedan länge har använts. Först på senare år har det emellertid varit aktuellt med värmeåtervinning från kondensatorerna. Ishanteringarna finns det också erfarenhet från men problemen med utsläpp av is i vattendrag och sjöar har inte studerats uttömligt. En medelstor värmepump med istillverkning finns dock i drift i Sverige sedan något år tillbaka.

Förutsättningarna för tillämpning av denna teknik i större skala bedöms dock som ganska tveksamma till följd av de praktiska problemen med bortledning av den producerade isen. Vid drift av en värmepumpsanläggning produceras sålunda 150-200 t is per dygn för varje MW värmeeffekt. Utsläpp

av issörja i vattendrag kan medföra att bottenis avsätts på botten och slänter. Detta kan ge upphov till att isvallar byggs upp i ån vilket kan medföra översvämning och dämningsskador.

Problemen med utsläpp av issörja i stillastående vatten i sjöar är större än i strömmande vattendrag, då stockningar runt utsläppspunkten blir svåra att undvika.

Både lösningen med indirekt värmetillförsel enligt fig 2.2 och lösningen med utnyttjande av fasombildningsvärmes enligt fig 2.3 medför ökade anläggningskostnader i förhållande till konventionell värmepumpsteknik med direkt värmetillförsel. Även kostnaderna för skötsel och tillsyn m m kommer att öka.



Figur 2.3 Värmepump för utnyttjande av fasombildningsvärmes

Ytvattnets temperaturvariationer över året följer med obetydlig fördröjning lufttemperaturen, se fig 2.4.

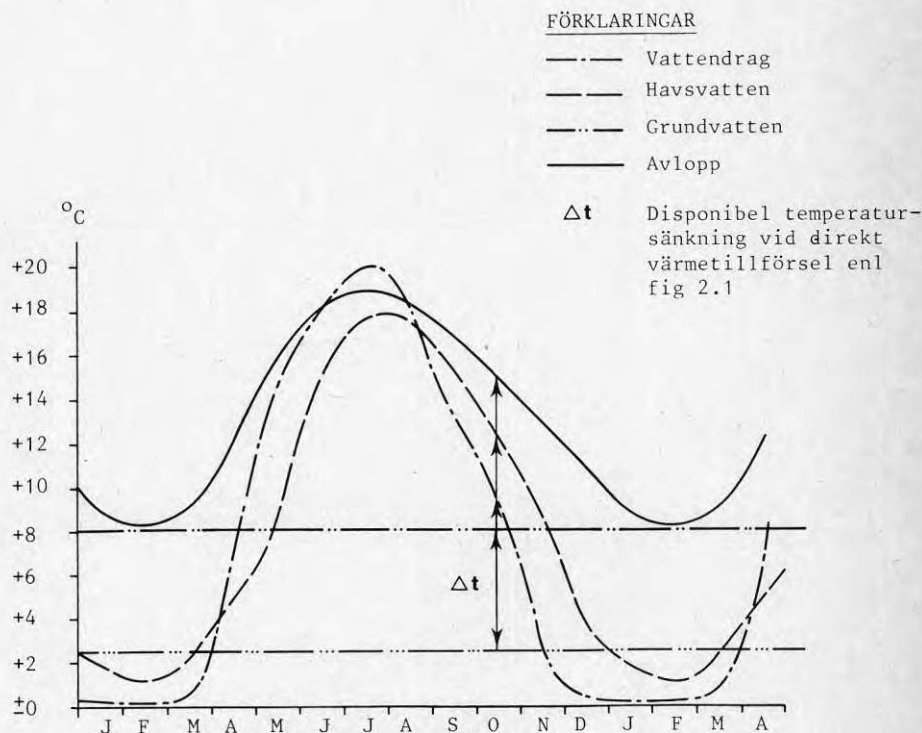
Variationerna medför att temperaturen under hela sommaren (ca 4 månader) överstiger 14°C och når upp till 20°C medan temperaturen under större delen av vinterhalvåret (4 à 5 månader) understiger 3°C . Under 2 à 3 månader är temperaturen dessutom normalt lägre än $0,5^{\circ}\text{C}$.

Dessa låga temperaturer hindrar sålunda att konventionell värmepumpsteknik med direkt värmetillförsel

kan tillämpas under vintern, när uppvärmningsbehovet är som störst. Genom indirekt värmeförsel kan driftsperioden förlängas något. Även vid denna lösning är ytvattentemperaturen dock otillräcklig under flera månader. Genom utnyttjande av fasombildningsvärmerna vid produktion av is kan värme utvinnas under hela vinterperioden. Förutom ökade anläggnings- och driftkostnader kan denna metod dock medföra praktiska problem och är knappast lämpad för tillämpning i större skala.

2.3 Havsvatten

Normala temperaturvariationer för vattnet i havets grundare delar omfattande djup ner till ca 15 m illustreras på fig 2.4. Som framgår följer även havsvattnet lufttemperaturens variationer. I förhållande till temperaturen i vattendrag sker detta dock med viss fördröjning liksom maximums- och minimumsvärdena icke är lika utpräglade. Denna tröghet i anpassningen till omgivningens temperatur beror på vattenmassornas stora värmekapacitet.



Figur 2.4 Temperaturvariationer för olika värmekällor.

Temperaturvariationerna i södra Östersjön och Öresund karakteriseras av att temperaturen sommartid under ca 4 månader överstiger 13°C. Under 2 à 3 månader under vinterhalvåret understiger den 3°C. Lägsta temperaturer ligger omkring +1°C. Avvikelser kan dock förekomma till följd av variationer i de klimatologiska förhållandena från år till år.

I havets djupare delar kan skiktning till följd av skillnader i salthalten förekomma. Detta är exempelvis fallet i Öresund, där skillnader finns mellan det utströmmande Östersjövattnet och vattnet i Kattegat. Dessa förhållanden medför även avvikande temperaturvariationer med bl a högre vintertemperaturer i det djupareliggande mera salthaltiga vattnet. Till följd av vind- och strömningsförhållanden kan tidvis viss inblandning av vatten från de djupare delarna i de grundare områdena förekomma.

Intag av havsvatten till en värmepumpanläggning får ske via en särskild intagsledning. Med hänsyn till lågvatten, djupgående för båtar och konstruktionshöjd för intaget behöver detta normalt placeras på minst 5 m djup. Detta fordrar ofta en intagsledning av betydande längd. Med hänsyn till isskrivningar och ankringsskador bör ledningen grävas ner i botten. Till följd av de höga lägningskostnaderna härför bör ledningen från början dimensioneras för belastningen från en fullt utbyggd anläggning. Kostnaderna för en dylik ledning kommer därför normalt att uppgå till miljonbelopp.

Salthalten i Öresund är av storleken 1 à 2 ‰, vilket medför en sänkning av vattnets fryspunkt på 0,5 à 1°C. I Östersjön är salthalten av storleken 1 ‰. Även med beaktande av dessa förhållanden torde det ej vara tillrådligt att driva en värmepump med indirekt värmeförsel enligt fig 2.2 för värmeproduktion under vintern. Även vid utnyttjande av havsvatten torde det därför bli nödvändigt med en värmepumpslösning enligt fig 2.3. För avledning av issörja torde vidare fordras särskild utloppsledning. Då intag och utsläpp bör placeras på lämpligt avstånd från varandra kommer också utsläppsanordningen att representera betydande belopp. Härtill kommer de ovan nämnda problemen med isstockningar kring utsläppet.

Korrosionsproblemen är betydligt större med saltvatten än med yt- och grundvatten. Detta påverkar både pump- och värmväxlarkostnaderna. Värmväxlare bör t ex utföras i titan.

I havet finns också en stor mängd av alger, svampar, bakterier och andra organismer som kan avsätta sig på värmväxlarytorna och därmed försämma värmövergångstalet. Vissa årstider kan påväxt på värmväxlarna därför bli vanligt förekommande.

2.4 Grundvatten

Temperaturen på grundvattnet i de övre marklagren bestäms av temperaturen vid markytan. Till följd av de säsongmässiga variationerna i solinstrålning- en växlar temperaturen i markytan normalt mellan ca -5°C och ca $+20^{\circ}\text{C}$. Dessa säsongvariationer fortplantas genom värmeledning ner i marken. Till följd av markens värmekapacitet sker dock en kraftig dämpning av variationerna. Samtidigt uppkommer även en tidsmässig fasförskjutning.

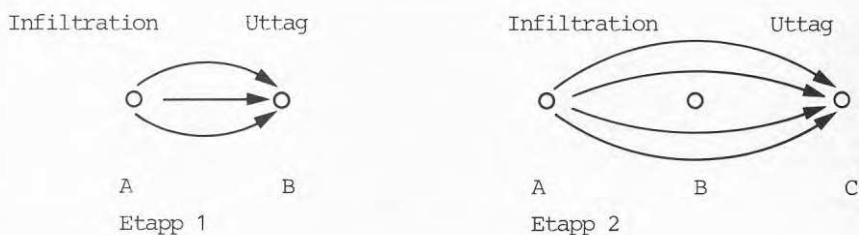
Dämpningen medför att variationerna på några meters djup endast är ett fåtal grader. På något större djup blir variationerna obetydliga och grundvattnet liksom marken håller en praktiskt taget konstant temperatur som motsvarar luftens årsmedeltemperatur på orten. I södra Sverige uppgår denna temperatur till 7 à 8°C , jfr fig 2.4. Storleken av de mindra säsongvariationer i grundvattentemperaturen som kan uppkomma på olika djup under markytan och på olika lokaliteter kan bestämmas med ledning av resultaten från tidigare undersökningar, Johnson (1980).

På större djup ökar grundvattnets temperatur successivt till följd av värmealstringen från de radioaktiva sönderfallsprocesserna i urberget. Den härav följande temperaturhöjningen är dock normalt utan större betydelse för det grundvatten som kan komma i fråga som värmekälla för värmepump.

Ur temperatursynpunkt utgör grundvattnet sålunda en säker och stabil värmekälla. Vid användning i mindre skala kan det uttagna grundvattnet beroende på de lokala förhållandena återföras till grundvattenmagasinet eller släppas i vattendrag e d. Vid användning i större skala bör det använda grundvattnet efter nerkyllningen återföras till grundvattenmagasinet via särskilda infiltrationsbrunnar e d för att den hydrauliska balansen i grundvattenmagasinet skall kunna bibehållas. Inom områden med ringa naturlig omsättning på grundvattnet kommer återinfiltrationen att medföra en upplagring av ökande mängder nerkyllt vatten i grundvattenmagasinet. Så småningom finns risk för att detta nerkylda vatten når fram till uttagsbrunnarna. För att undvika detta skall infiltrations- och uttagsbrunnar placeras på tillbörligt avstånd från varandra. Avståndet är bl a beroende av grundvattenmagasinets magasineringsförmåga.

Under gynnsamma förutsättningar där uttag och infiltration kan ske från skikt av friktionsmaterial med betydande mäktighet (15 à 20 m) kan brunnspar dimensioneras för uttag av storleken 25 à 30 l/s. Räknas vidare med en temperatursänkning på 5 à 6°C i en ansluten värmepumpsanläggning innebär detta att varje brunnspår får en effekt på 500 à 700 kW.

Med dessa förutsättningar blir erforderligt avstånd mellan infiltrations- och uttagsbrunnarna av storleksordningen 500 à 1000 meter. En dylik värmeproduktionsanläggning bör då kunna drivas i 15 à 20 år motsvarande normal avskrivningstid. En eventuell fortsatt användning av anläggningen kan ske genom etablering av nya uttagsbrunnar på större avstånd från infiltrationsbrunnarna medan läget för dessa kan bibehållas, se fig 2.5. På lång sikt är driftsmöjligheterna dock begränsade om grundvattenomsättningen ej står i rimligt förhållande till uttaget.

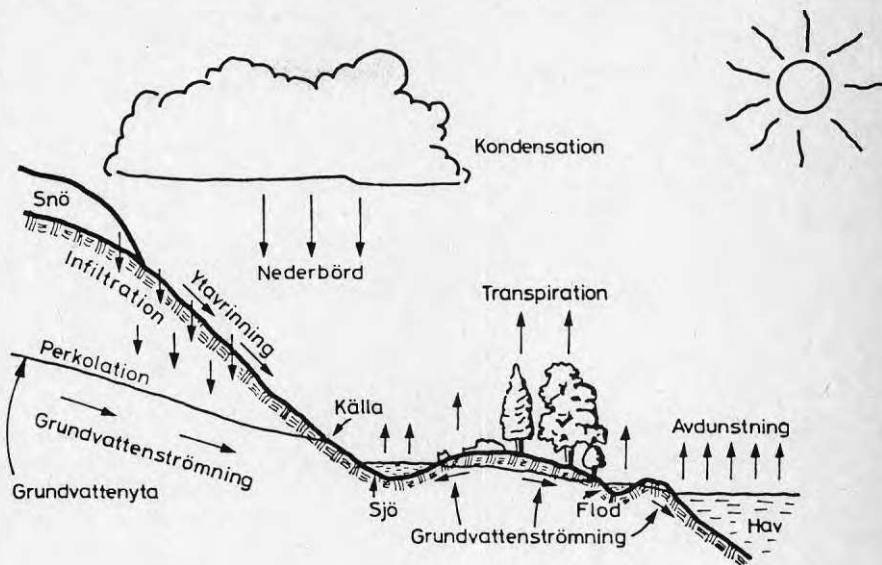


Figur 2.5 Utbyggnad av brunnsanläggning

För att naturlig balans skall kunna råda mellan uttag och grundvattenomsättning inom ett uttagsområde fordras att grundvattenbildningen inom avrinningsområdet uppströms uttagsplatsen är av minst samma storlek som uttaget. Grundvattenbildningen ingår i det hydrologiska kretsloppet och bestäms av de lokala nederbörds- och avrinningsförhållandena, se fig 2.6.

I södra Sverige är nederbörden av storleken 600 à 700 mm/år. Större delen av denna mängd, 400 à 500 mm/år, försvinner genom avdunstning, vilket resulterar i en nettonederbörd av storleksordningen 200 mm/år. Nettonederbörden fördelas mellan ytavrinning och infiltration. Fördelningen är beroende av markens genomsläpplighet inom avrinningsområdet. Där markmaterialet är relativt tätt dominerar ytavrinningen och grundvattenbildningen blir liten. Om marken däremot består av ett mera genomsläppligt material kan grundvattenbildningen bli dominerande och ytavrinningen minskas då.

Ett vanligt förekommande markmaterial är morän, som kan karakteriseras som relativt genomsläppligt, vilket innebär att infiltration och ytavrinning normalt är av samma storleksordning. Grundvattenbildningen kan då bli av storleksordningen 100 mm/år eller 1000 m³/ha.år. För uttag av ovan angiven storlek, 25 à 30 l/s, fordras då ett avrinningsområde av storleken 10 km². Där grundvattenbildningen är mindre än vad som förutsatts ovan, vilket ofta är fallet, fordras att avrinningsområdet är motsvarande större, för att uttag av angiven storlek skall kunna göras.



Figur 2.6 Vattnets kretslopp i naturen
(efter D. K. Todd 1959)

Genom etablering av flera uttags- och infiltrationsbrunnar kan större uttag och därmed större värmeeffekter erhållas. Till följd av geologiska och hydrologiska begränsningar är uttagsområden med möjligheter till utvinning av vattenmängder större än $10\,000\text{ m}^3/\text{d}$ eller drygt 100 l/s dock ytterst sällsynta. Inom dylika områden finns dessutom normalt redan andra vattenintressen etablerade, vilket kan begränsa uttagsmöjligheterna väsentligt. I praktiken kommer det därför knappast att vara möjligt att etablera värmepumpsanläggningar med grundvatten som värmekälla med mer än några få MW värmeeffekt.

För att dels öka möjligt värmeuttag från ett grundvattenmagasin, dels kompensera för det värmeunderskott som uppkommer i magasinet, kan värme tillföras grundvattenmagasinet. Dylik värmeförsörjning kan ske antingen genom tillförsel av vatten till magasinet eller direkt värmeöverföring till grundvattnet. Tillförsel av vatten kan ske genom konstgjord infiltration av ytvatten på samma sätt som det sedan många år har bedrivits vid ett flertal vattenverk. För vattenförsörjningsändamål är det

med hänsyn till vattenbehovets fördelning lämpligt att utsträcka infiltrationen över hela året. För värmeförsörjningsändamål kan det däremot vara fördelaktigt att koncentrera infiltrationen till sommarhalvåret. Härvid kan ytvatten med högre temperatur tillföras grundvattenmagasinet. Till följd av grundvattnets värmelagringsegenskaper kan större värmemängder då även tillgodogöras under vinterhalvåret. Förfarandet medför dock inlagring av stora vattenmängder mellan sommar och vinter. Vidare fordrar metoden att lämpliga geohydrologiska förutsättningar för utförande av infiltrationsbassänger finns i området samt att erforderlig mark kan disponeras härför.

Direkt överföring av värme till grundvattnet, som kan ske på sätt som närmare beskrivs i följande kapitel 4, är av avgörande betydelse för den föreslagna metoden till kombinerat utnyttjande av yt- och grundvatten. I förhållande till det ovan beskrivna infiltrationsförfarandet medför den direkta värmeöverföringen en hel del fördelar. Sålunda kan värmestillförsel och -lagring ske under mer kontrollerade former varvid både temperatur- och värmeförluster kan reduceras avsevärt. Vidare kan en hel del geologiska formationer, som är lämpade för värmelagring, men ej kan nås genom direkt infiltration från markytan, komma till användning. Dessutom uppnås att hydraulisk balans kontinuerligt kan upprätthållas i grundvattenmagasinet, varvid skadeverkningar till följd av varierande grundvattenstånd kan undvikas.

2.5 Avloppsvatten

Den uppsamling och avledning av avloppsvatten som sker i de kommunala avloppsnäten medför en koncentration av betydande vattenflöden, som kan utnyttjas som värmekällor för värmepumpar. Avloppsvattnet kan härvid utnyttjas antingen före eller efter det undergått föreskriven reningsbehandling i avloppsreningsverk. En del praktiska fördelar uppnås om utnyttjandet av avloppsvattnet sker efter att detta har passerat reningsverket. Detta erbjuder även de bästa förutsättningarna för värmeförsörjning i större skala.

Till följd av utsläpp av varmt avloppsvatten samt viss värmeavgivning från avloppsnätet utvisar detta säsongmässiga temperaturvariationer som normalt ligger mellan +8 och +18°C, se fig 2.4. Betydande avvikelser kan dock förekomma till följd av tillförsel av industriellt spillvatten eller dagvatten, inläckande drän- eller grundvatten m m.

Räknas med en disponibel temperatursänkning i värmepumpen på 6 à 8°C och ett avloppsvattenflöde

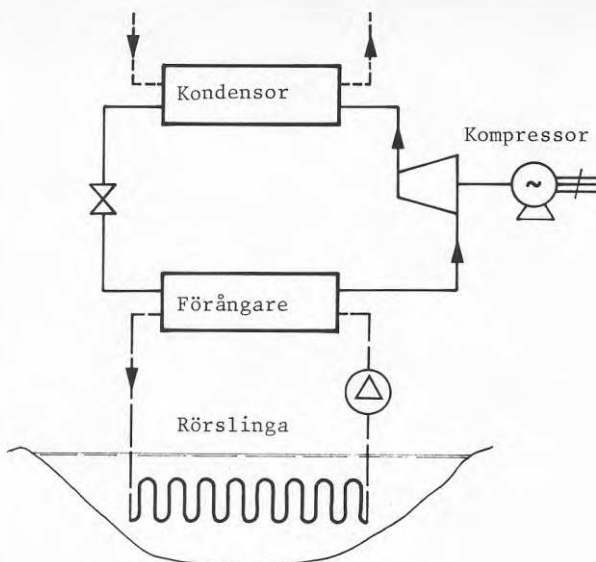
på 500 l/pers.d fås en värmeeffekt på 200 à 300 W/pers. Detta innebär i princip att 5 à 10 % av värmebehovet för ett samhälle under uppvärmningssäsongen skulle kunna täckas med hjälp av värmepump med avloppsvatten som värmekälla. För mellanstora samhällen med upp till 100 000 invånare finns sålunda förutsättningar för etablering av värmepumpar med effekter på ett par tiotals MW. Flera projekt i denna storleksordning håller också på att realiseras. I storstäderna finns vidare möjligheter för etablering av värmepumpanläggningar i stor skala. Undersökningar pågår sålunda beträffande förutsättningar för att etablera en värmepumpanläggning på över 100 MW i anslutning till ett av Stockholms större reningsverk.

2.6 Mark och sediment

Genom utläggning av rörslingor kan både mark och bottensediment utnyttjas som värmekälla för värmepumpanläggning, se fig 2.7. Användningsprincipen baseras på cirkulation av köldbärare genom rörslingorna, som ansluts till värmepumpens förångare. Genom värmeöverföring från mark eller bottensediment, som omger rörslingorna, kan värme tillföras förångaren.

Den värmebortledning från marken resp sedimentet som sker under uppvärmningssäsongen, måste kompenseras under årets varma period. Den erforderliga värmetillförseln skall då ske antingen direkt genom solinstrålning till marken eller indirekt genom värmeöverföring från ytvattnet. Detta fordrar att rörslingorna placeras i den övre delen av marken eller sedimentet, vilken påverkas av de naturliga säsongmässiga variationerna. Under årets kalla del medför detta normalt att isbildning kommer att ske i marken resp sedimenten kring slingorna. Värmeupptagningen sker härvid genom utnyttjande av vattnets smältvärme.

Användningen av ytvärmesystem ställer krav på relativt stora markytor för utläggning av rörslingorna. För värmeförsörjning av ett enfamiljshus med jordvärme fordras sålunda en yta på 400 à 500 m². Något mindre ytor erfordras vid utnyttjande av sediment.



Figur 2.7 Värmepump med rörslinga för värmeupptagning

Utnyttjande av mark- och botten-sediment passar därför bäst för mindre enskilda värmeförsörjningsanläggningar och är mindre lämpade för storskaliga, kollektiva system.

Dessutom bör noteras att bl a de ekologiska konsekvenserna för mark- och speciellt bottenfaunan vid användning av systemet ej är klarlagda. Kylmediet som cirkulerar i markslingorna utgörs dessutom normalt av glykolblandningar, som är giftiga. Utförande av ytmarkvärmesystem bör därför ej ske i direkt anslutning till grundvattentäkter o d.

2.7 Uteluft

Medan övriga värmekällor endast är tillgängliga under särskilda lokala förutsättningar finns luft tillgänglig i obegränsad mängd. På ställen där andra värmekällor ej finns tillgängliga kan uteluften därför utnyttjas. Luftens ringa densitet medför dock att relativt stora volymer skall tillföras värmepumpens förångare för produktion av en given värmemängd. Utnyttjande av luft som värmekälla bör därför ej komma ifråga vid storskaliga värmepumpsanläggningar utan begränsas till mindre anläggningar.

Under årets kalla del håller uteluften lägre temperaturer än ovan beskrivna värmekällor, jfr fig 2.4

Detta medför lägre värmefaktor än för övriga värmekällor. Vidare medför växlingarna av värmekällans temperatur betydande variationer i eluttaget för drift av värmepumpen. Elbehovet kan ytterligare behöva ökas genom erforderlig avfrostning vid lägre temperaturer.

2.8 Slutsatser

Vid värderingen av olika värmekällor kan sammanfattningsvis konstateras att till följd av yt- och havsvattens låga vintertemperaturer kan dessa värmekällor ej utnyttjas under årets kallaste period med hjälp av "vanlig" värmepumpsteknik. Genom utnyttjande av särskild utrustning (ismaskin) kan vattnets fasombildningsvärme dock tillgodogöras, varvid värme även kan produceras vintertid. Denna teknik torde dock knappast kunna betraktas som färdigutvecklad och är mindre lämpad för tillämpning i större skala med hänsyn till de praktiska problemen med kvittblivning av den producerade isen.

Mark, bottensediment och uteluft kan utnyttjas som värmekällor under hela året. Beroende på praktiska förhållanden kring värmeuppsamlingen från omgivningen är användning av dessa värmekällor ej heller lämpade för värmepumpsteknik i större skala.

Konstgjorda värmekällor, som genom olika styrda processer har tillförts värme, kan utnyttjas för värmeförsörjning. Beroende på lokala förhållanden kan detta ske i större eller mindre skala. Av potentiell betydelse är härvid utnyttjande av det avloppsvatten som uppsamlas i de kommunala avloppsnäten. Även om avloppsvatten utgör en tillförlitlig värmekälla och vid större samhällen ger underlag för anläggande av stora värmepumpanläggningar ger detta dock endast möjlighet för täckning av en mindre del av resp samhälls värmebehov.

Industriell spillvärme kan lokalt representera stora värmetillgångar som kan vara beroende av tillämpning av värmepumpstekniken för att kunna komma till utnyttjande. Interna energisparåtgärder inom industrin kan dock resultera i att dylika tillgångar på sikt kommer att reduceras. Bl a av denna anledning kan dylika värmekällor ej okritiskt betraktas som stabila.

Grundvatten utgör en tillförlitlig värmekälla för värmepumpar. Till följd av bl a en ganska konstant temperatur året om kan värmepumpanläggningen ges enklare utformning än vid användningen av andra naturliga och flertalet konstgjorda värmekällor. Möjligheterna för uttag av grundvatten i anslutning till en viss lokalitet är dock begränsade. För uppnående av ett optimalt utnyttjande av de lokala grundvattentillgångarna bör tillses att uttaget kommer i balans med grundvattenbildningen. Dessutom bör

Övriga vattentäktsintressen beaktas. Detta medför att även om grundvattnet representerar en stor potentiell värmekälla är ett direkt utnyttjande av denna resurs begränsat till mindre och medelstora anläggningar med värmeeffekter på upp till några få MW.

För utnyttjande av grundvatten som värmekälla i större skala fordras att värme på konstgjord väg tillförs grundvattenmagasinet och att grundvattnets goda värmelagringssegenskaper utnyttjas. Detta kan ske genom konstgörd infiltration eller effektivare genom direkt värmetillförsel på sätt som beskrivs i följande kapitel. Genom detta förfarande erhålls förutsättningar för storskaligt utnyttjande av värmepumpstekniken samtidigt med att en stor potential för indirekt utnyttjande av solinstrålningen erhålls.

3. VÄRMELAGRING

3.1 Lagringsförfarande

Under sommarhalvåret är temperaturen på ytvattnet avsevärt högre än grundvattentemperaturen. Under denna period är det därför fördelaktigare att utnyttja ytvattnet som värmekälla för värmepumpar. Även under resterande del av året kan ytvattnets stora värmeeinnehåll under sommaren tillgodogöras genom värmelagring i grundvattenmagasin.

Detta kan ske genom att varmt ytvatten uttas sommartid för uppladdning av magasinet. Samtidigt uttas en motsvarande mängd nerkyldt grundvatten. Detta nerkylda vatten tillförs värme genom värmeväxling från ytvattnet varefter det kan utnyttjas för uppladdningen av magasinet. Det varma vattnet kan herefter lagras utan större temperaturförluster i grundvattenmagasinet. Under vinterhalvåret uttas sedan det uppvärmda vattnet från magasinet och tillförs värmepumpanläggningen i takt med värmebehovets variationer. Kallt vatten som erhålls från värmepumparna efter nerkylning återförs samtidigt till magasinet.

Genom det beskrivna förfarandet med cirkulation av grundvattnet upprätthålls kontinuerligt hydraulisk balans i magasinet liksom termisk balans upprätthålls på årsbasis.

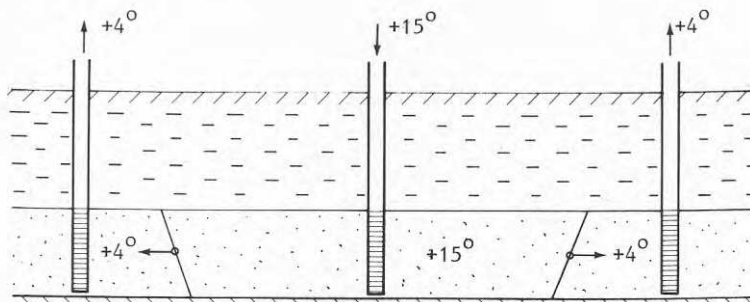
Tekniskt kan magasinet utformas som ett s k "pulsrande magasin", där det varma vattnet tillförs och uttas i centralt placerade brunnar medan kallt vatten samtidigt uttas och tillförs i perifert placerade brunnar. Förfarandet illustreras på fig 3.1.

3.2 Utvecklingsstatus

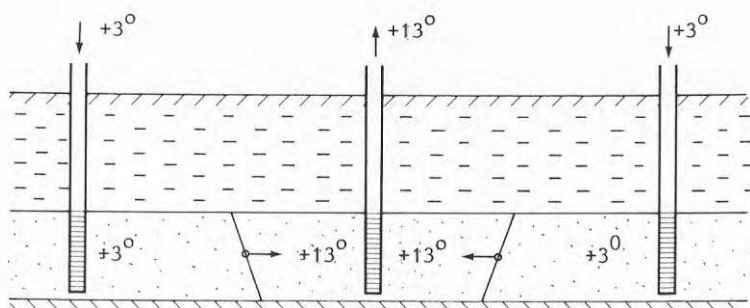
I Sverige har olika former för värmelagring i grundvatten studerats mera översiktligt, Andersson m fl (1978 och 1980). Dessa studier har liksom flertalet utländska studier och fältförsök inriktats mot att belysa möjligheterna för värmelagring vid högre temperaturnivåer än de här aktuella. Möjligheterna för praktisk tillämpning av det ovan beskrivna lagringsförfarandet har studerats mer ingående, Hydén m fl (1980 och 1981). I anslutning här till har utvecklats en allmänt tillämpbar matematisk modell för beskrivning av det hydrauliska och termiska förloppet i värmelager i grundvattenmagasin, Voss m fl (1980).

Dessa undersökningar visar att det föreslagna lagringsförfarandet ger möjlighet till att styra

och kontrollera värmelagringen och härmed minimera värmeförlusterna till omgivningen. Bl a visas på vilket sätt det är möjligt att kompensera för naturliga grundvattenflöden i lagringsområdet genom omfördelning av uttag resp tillförsel i de perifera brunnarna.



Uppladdning under sommarhalvåret



Urladdning under vinterhalvåret

Figur 3.1 Funktionsprincip för "pulserande magasin" för värmelagring

3.3 Lagringstemperaturer m m

Uppvärmning av grundvattnet liksom kontakt med luftens syre kan medföra kemiska reaktioner som kan resultera i utfällningar och risk för igensättning av brunnar. I det aktuella fallet är temperaturvariationerna så små att dessa ej anses medföra problem. För att undvika syresättning av grundvattnet torde det däremot vara befogat att cirkulera detta i ett slutet system. Värmeöverföringen från ytvattnet behöver då ske i värmeväxlare, vilket medför en temperaturförlust på 2 à 3°C.

Under de fyra varmaste sommarmånaderna varierar ytvattentemperaturen normalt mellan 14 och ca 20°C, se fig 2.4. Medeltemperaturen uppgår då till ca 17°C. Genom värmeväxling kan grundvattnet då erhålla en medeltemperatur på 14 à 15°C. Genom värmeförluster under lagringsfasen bedöms temperaturen beroende på lagringsförhållandena och lagerstorlek bli sänkt ytterligare till 12 à 13°C. Disponibel temperatursänkning vid värmepumpanläggningen blir då drygt 10°C under hela året.

4. VÄRMEFÖRSÖRJNINGSSYSTEM

4.1 Förutsättningar för systemet

Det nedan beskrivna värmeförsörjningssystemet är avsett för utnyttjande av värmepumpar i stor skala. Den bebyggelse som lämpligen kan bli ansluten till en dylik värmeförsörjningsanläggning förutsätts motsvara en anslutningseffekt mellan några få MW och ett par hundra MW. För överslagsmässig värdering av lönsamheten för försörjningssystemet förutsätts anläggningen få en fullastdrifttid på 2000 à 3000 timmar per år.

Bebyggelse med värmebehov av den angivna storleken har normalt förutsättningar för utbyggnad av fjärrvärmesystem, vilket innebär att värmetettheten inom försörjningsområdet är av en viss storlek, dvs större än 30 à 40 GWh/km².år. Dessa förutsättningar antas vara uppfyllda för den nedan beskrivna anläggningen. För områden eller mindre delområden med låg värmetetthet kan värmedistributionen ske på annat sätt vilket närmare beskrivs i avsnitt 9.1.

Installationer i befintlig bebyggelse kan kräva att fjärrvärmesystem dimensioneras på konventionellt sätt för temperaturer på 120°/70° i fram- resp returledningen. Troligen kan dessa temperaturer dock sänkas något till exempelvis 100°/60°, om fjärrvärmeledningar och undercentraler dimensioneras härför vid utbyggnad av försörjningssystemet. För planerad bebyggelse kan betydande driftsmässiga fördelar vidare uppnås om uppvärmningssystemet utförs för lågtemperaturanvändning vilket gynnar användning av värmepump.

Drifttemperaturerna i fjärrvärmesystemet bestäms under den kalla årstiden av uppvärmningsbehovet. Under den varma årstiden är däremot tappvarmvattnet bestämmande för valet av temperaturnivå. Härvid har förutsatts att utgående vattentemperatur från undercentralerna i lågtemperatursystemet hållas på 55°C. Detta fordrar en framledningstemperatur i fjärrvärmesystemet på ca 60°C. Något lägre driftstemperaturer kan dock accepteras varvid driftsekonomi kan förbättras något.

4.2 Beskrivning av systemet

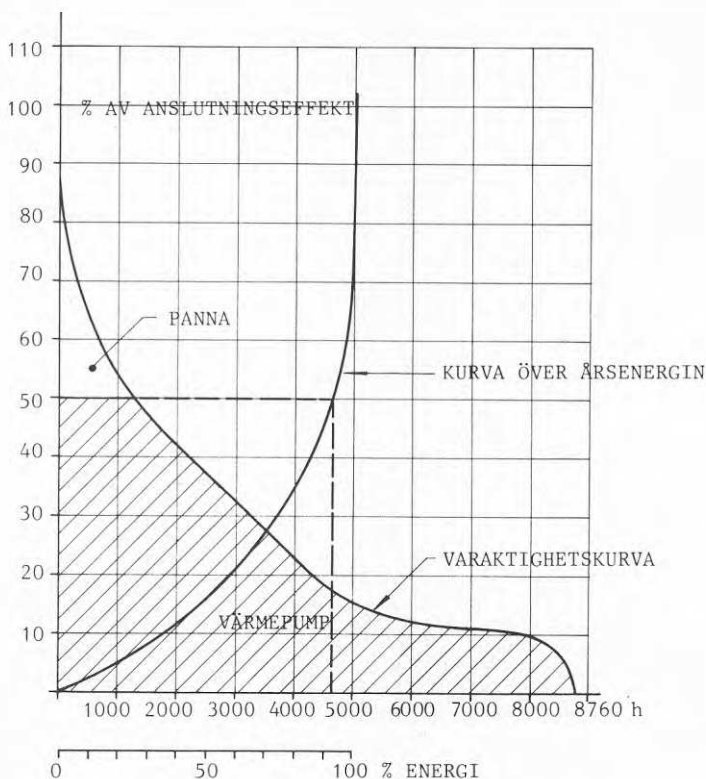
4.2.1 Värmeproduktion

Ur ekonomisk synpunkt är det ofördelaktigt att dimensionera värmepumpanläggningen för hela anslutningseffekten. En optimal lösning bedöms innebära att värmepumpanläggningen dimensioneras för ca 50 %

av totaleffekten. Värmepumparna bedöms då kunna täcka 80 à 90 % av energibehovet, se fig 4.1.

Resterande del av effekten täcks sedan lämpligen från en pannanläggning. Ur reservsynpunkt bör pannan bli dimensionerad för den totala effekten. För befintlig bebyggelse kan det dock övervägas att endast dimensionera den centrala pannanläggningen för samma effekt som värmepumpen och vid ett eventuellt värmepumphaveri utnyttja befintliga pannanläggningar som reserv.

För tillämpning vid en befintlig värmeförsörjningsanläggning kan värmepumparna givetvis också svara för täckning av mindre andelar av effektbehovet än 50 % om exempelvis befintliga värmeproduktionsanläggningar fortsättningsvis skall utnyttjas, jfr avsnitt 9.2.



Figur 4.1 Antagen varaktighetskurva för fjärrvärmenät

Med gällande priser på olika energislag anses det fördelaktigast driva värmepumparna med elkraft. Förberedelser för exempelvis dieselkraft kan dock övervägas. Med valda distributionstemperaturer

beräknas värmefaktorn för värmepumparna som årsmedel kunna bli ca 3,0.

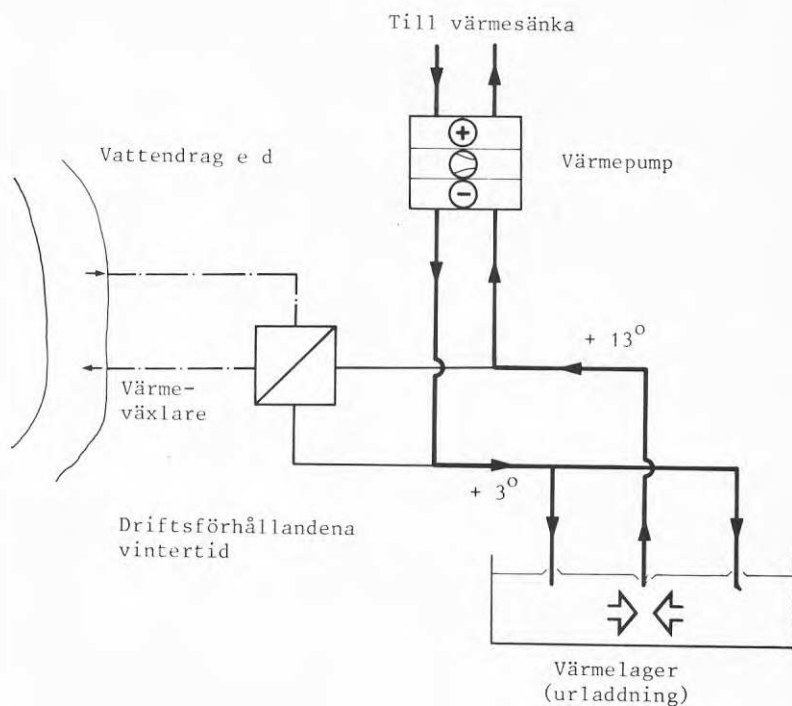
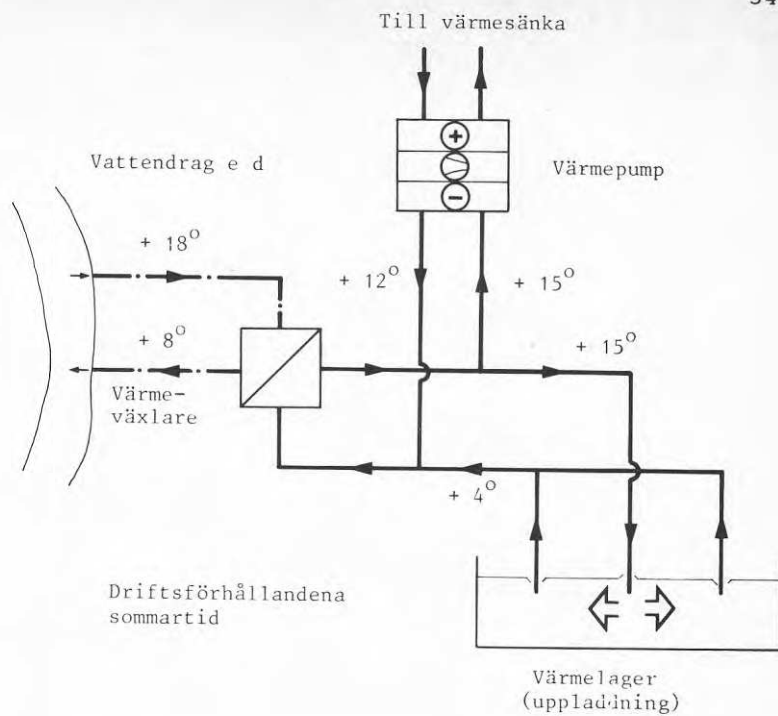
Som bränsle för pannorna bedöms det lämpligt använda olja under de närmaste åren. På sikt kan flytande, kolbaserat bränsle eventuellt komma till användning. Med hänsyn till pannans funktion för täckning av topplaster bedöms det ej nödvändigt att förbereda denna för fast bränsleeldning. För större anläggningar kan användning av kol eller annat fast bränsle dock bli aktuellt och värmeverket bör då planeras med hänsyn härtill. Lokaliseringen av värmeverket med värmepumpar och pannanläggning bör ske i anslutning till bebyggelsen och fjärrvärmesystemet.

Intags- och utsläppsanordningar för ytvatten behöver anordnas i anslutning till vattendrag e d. Värmeväxlaranläggningen för överföring av värmen mellan yt- och grundvattnet kan med fördel placeras i anslutning till värmeverket eller värmelagret. Värmeförsörjningsanläggningens principiella utförande och drift framgår av fig 4.2.

4.2.2 Värmelagring

Värmelagret dimensioneras lämpligen för lagring av energi för ett helt års förbrukning. Genom att förbrukningen under sommarperioden täcks genom direkt värmeuttag från ytvattnet erhålls då viss värmereserv som säkerhet mot särskilt kalla vinterperioder. Vid direkt uppladdning med ytvatten eller eventuellt havsvatten kan en temperatursänkning på 10°C på det vatten som sedan uttas vid urladdningen påräknas, jfr kapitel 3. Erforderlig lagringsvolym omfattande både kornmaterial och vatten beräknas härmed till 150 à 200 000 m³ per MW värmeeffekt. Med en lagertjocklek på exempelvis 15 à 20 m erfordras en yta av storleken 1 ha per MW. För erhållande av erforderlig värmepumpeffekt erfordras vidare en uttagskapacitet av storleken 16 l/s per MW värmeeffekt. Vid lämpliga uttagsförhållanden kan detta antas ungefär motsvara ett brunnspar för uttag och återinfiltration per MW värmepumpeffekt.

Lokaliseringen av värmelagret bör ske med hänsyn till lokala hydrogeologiska förutsättningar. Härvid bör även eftersträvas en placering i närheten av vattendrag e d samt samhället som skall försörjas. Ur ekonomisk synpunkt är det dock möjligt tillåta betydande överföringsavstånd. Sålunda kan avstånd mellan vattendrag, värmelager och bebyggelse på upp till ett par mil tolereras för större anläggningar, jfr avsnitt 5.3.



Figur 4.2 Principschema för värmeförsörjningsanläggning

För cirkulation av yt- och grundvattnet åtgår en mindre mängd pumpenergi som normalt vill motsvara 5 å 10 % av elenergin till värmepumparna.

4.3 Drift av systemet

4.3.1 Uppladdning

Under sommaren sker uppladdning av värmelagret, se avsn 3.1. Uttag av ytvatten från vattendraget beräknas då ske med ett flöde av ca 20 l/s per MW värmepumpeffekt under en period på ca 4 månader. Uttaget kan i stor utsträckning anpassas till uppkommande torrperioder med lågvattenföring eller liknande förhållanden. Efter nerkyllning i värmeväxlaranläggningen återförs ytvattnet till recipienten.

I samband med uppladdningen uttas en mindre mängd uppvärmt grundvatten till värmepumpanläggningen för produktion av tappvarmvatten. Anläggningen kan då med fördel drivas så att värmekällans temperatur endast sänks ett fåtal grader. Förhållandena illustreras på fig 4.2.

4.3.2 Urladdning

Det varma grundvattnet uttas från värmelagret som värmekälla för värmepumparna. Efter användning återförs det nerkylda vattnet till grundvattenmagasinet. På fig 4.2 visas driftförhållandena under vintern schematiskt. Här anges även bedömda drifttemperaturer för vinterförhållanden.

Med hjälp av värmepumpanläggningen höjs temperaturen på returvattnet från fjärrvärmesystemet så långt detta är möjligt. Eftervärmning kan sedan ske med hetgasvärmare, där den heta gasen från värmepumparnas kompressorer utnyttjas. Slutligen höjs temperaturen till den erforderliga framledningstemperaturen med hjälp av pannanläggningen.

4.4 Utbyggnad av systemet

I det följande ges synpunkter på lämplig strategi för utbyggnad av en värmeförsörjningsanläggning av föreslagen typ. Givetvis bör en utbyggnad dock i varje enskilt fall anpassas till de lokala förutsättningarna.

Utbyggnaden av värmeförsörjningssystemet påbörjas med anläggande av fjärrvärmesystem inom befintliga bostadsområden, där värmetätheten är störst. Under ett kort övergångsskede kan en sammanbindning

av befintliga pannanläggningar bjuda på vissa fördelar genom reduktion av "tomgångsförluster". Eventuellt kan även utbyte av nerslitna pannanläggningar undvikas på detta sätt.

Denna första etapp av värmedistributionssystemet bör snarast kompletteras med en huvudledning till planerat värmeverk samt anläggande av en första etapp av värmeproduktionsanläggningen. Denna etapp skall omfatta värmepump och ett par brunnar. Under ett övergångsskede kan eventuellt en större befintlig pannanläggning inom området svara för erforderlig höjning av fjärrvärmemetemperaturen.

Sedan denna första del av värmeförsörjningsanläggningen etablerats kan anläggningen utbyggas inom befintliga områden och planerad nybebyggelse kan anslutas efter hand. Härvid ökas produktionsanläggningens kapacitet successivt genom komplettering med nya värmepumpaggregat och nya brunnar. I samband härmed erfordras även etablering av ny pannanläggning.

Under ett inledningsskede kan uttag av grundvatten ske utan att den termiska balansen i grundvattenmagasinet återställs. Sedan detta pågått en tid bör dock brunnsanläggningen kompletteras med utrustning för värmelagring. Detta fordrar anordningar för intag och utsläpp av ytvatten samt särskild värmväxlaranläggning. Denna komplettering kommer att medföra en viss förbättring av driftekonomin genom att temperaturnivån på värmekällan kan höjas.

I takt med utbyggnaden av anläggningen kan åtgärder vidtas för att ytterligare förbättra driftekonomin. Detta kan i första hand ske genom optimering av driften och i andra hand genom anslutning av olika värmeproducerande anläggningar, se avsnitt 5.4 resp kapitel 9.

5. EKONOMISKA FÖRHÅLLANDEN

5.1 Anläggningskostnader

Illustration av de ekonomiska förhållandena för det föreslagna värmeförsörjningssystemet sker enklast med hjälp av ett exempel för en tänkt anläggning av storleken 10 MW. Härvid räknas med en värmepumpseffekt på 5 MW och en oljepannanläggning med en effekt på 10 MW. Vidare förutsätts att värmelagret är beläget relativt nära värmeverket, dvs inom ett avstånd på högst ett par km.

Anläggningskostnaderna för en dylik värmeförsörjningsanläggning har beräknats överslagsmässigt och sammanställts nedan. I sammanställningen har ej medtagits kostnader för undercentraler och installationer i fastigheterna. Angivna kostnader omfattar projektering, kontroll och diverse men ej mervärdeskatt. Den upptagna posten "Övrigt" avser inledande undersökningar, juridisk behandling, marklösen, anslutningsavgifter o d.

Anläggningsdel	Värme- prod. Mkr	Värme- distr. Mkr	Totalt Mkr
Värmecentral	8,6 - 10,6	-	8,6 - 10,6
Värmelager	1,2 - 1,6	-	1,2 - 1,6
Värmeväxlaranl.	0,6 - 0,8	-	0,6 - 0,8
Fjärrvärmenä	-	9,0 - 12,0	9,0 - 12,0
Övrigt	0,6 - 1,0	-	0,6 - 1,0
Summa	11,0 - 13,0	9,0 - 12,0	20,0 - 25,0

Totala anläggningskostnaden uppgår sålunda till 20-25 miljoner kr eller 2,0-2,5 miljoner kr per MW. För denna bör speciellt observeras att kostnaderna för värmelagret och värmeväxlaranläggningen endast svarar för knappt 10 % av totalinvesteringen. Det är dessa anläggningar som möjliggör tillhandahållandet av en värmekälla som håller "sommartemperaturer" året om.

5.2 Årskostnader

Kapitalkostnaderna beräknas överslagsmässigt för en annuitet på 15 % motsvarande en marknadsränta på 14 % och en avskrivningstid för anläggningarna på i medel 20 år.

Driftkostnaderna omfattar kostnader för underhåll, skötsel och energi. Energikostnaderna beräknas i första hand för en fullastdrifttid av 2000 h/år motsvarande en värmeproduktion om 20 GWh/år. Kostnaden för elkraft omfattar taxans fasta och rörliga

del samt energiskatt och förutsätts uppgå till 20 öre/kWh. För täckning av topplaster avses eldningsolja 1 med ett pris av 1700 kr/m³ komma till användning.

	Värme- prod. Mkr/år	Värme- distr. Mkr/år	Total Mkr/år
Kapital- kostn (15 %)	1,65-1,95	1,35-1,80	3,00-3,75
Underhåll (1 %)	0,11-0,13	0,09-0,12	0,20-0,25
Skötsel	0,14-0,16	0,02-0,04	0,16-0,20
Elleverans 6,4-5,7 GWh/ år	1,28-1,14	-	1,28-1,14
Olja, 250- 500 m ³ /år	0,42-0,85	-	0,42-0,85
Summa	3,60-4,23	1,46-1,96	5,06-6,19

Totalkostnaden för produktion av den samlade energimängden, 20 GWh/år uppgår sålunda till 5,0-6,2 miljoner kr/år vilket ger ett energipris på 25-31 öre/kWh. Denna kostnad fördelas med 18-21 öre/kWh på värmeproduktionen och 7-10 öre/kWh på värmedistributionen.

Ovan angivet värde, 20 GWh/år, representerar en försiktig bedömning av den samlade energiförbrukningen. Om denna blir högre än antaget medför detta en sänkning av energipriset. En ökning till 30 GWh/år motsvarande en fullastdrifttid om 3000 h/år medför sålunda att energipriset sänks från 25-31 öre/kWh till 20-24 öre/kWh. Produktionskostnaden minskar härvid till 15-17 öre/kWh och distributionskostnaden till 5-7 öre/kWh.

Det bör framhållas att den ovan redovisade beräkningen utgör en finansieringskalkyl baserad på nominell ränta. Om i stället kalkylen kompenseras för inflationen och baseras på en realränta av 4 % fås en annuitet på 7,4 % vilket innebär att kapitalkostnaderna halveras. Energipriset beräknas då vid en årsförbrukning av 20 GWh bli 18-21 öre/kWh, varav 14-16 öre/kWh hänförs till produktionen och resterande 4-5 öre/kWh till distributionen. Vid en produktion av 30 GWh/år fås motsvarande ett leveranspris på 15-18 öre/kWh, varav produktionskostnaden utgör 12-14 öre/kWh och distributionskostnaden 3-4 öre/kWh. Enhetspriserna bedöms med hänsyn till försörjningssystemets struktur ej vara nämnvärt beroende av försörjningssystemets storlek. Speciellt torde detta gälla produktionspriset. För större anläggningar kan en mindre reduktion dock förväntas liksom en mindre höjning kan förutses för mindre anläggningar.

För värdering av de ovan angivna energipriserna kan lämpligen jämföras med kostnaderna för konventionell oljeeldning. Härvid kan angivna leveranskostnader jämföras med kostnaderna för eldning med lätt eldningsolja i mindre, lokala pannanläggningar med en verkningsgrad på 75-80 %. Den rena produktionskostnaden blir då ca 22 öre/kWh. För ny bebyggelse liksom på sikt för befintlig bebyggelse tillkommer dock kapitalkostnader m m för pannanläggning o d. Dessa bedöms vara av storleken 2-3 öre/kWh, vilket ger en total kostnad på ca 25 öre/kWh.

Inom områden där fjärrvärme redan är utbyggd kan jämförelsen i princip baseras på produktionskostnaderna. Vid eldning av tung eldningsolja fås med ett pris av 1400 kr/m³ och en pannverkningsgrad på 90 % ett produktionspris på ca 16 öre/kWh. För jämförelse med de ovan angivna kostnaderna för det föreslagna systemet bör dock observeras att dessa inkluderar kostnader för kapital m m för pannanläggningen, vilka bedöms vara ca 2 öre/kWh.

Sammanfattningsvis kan konstateras att utifrån en kortsiktig bedömning baserad på en marknadsmässig förräntning av investerat kapital framstår det föreslagna värmeförsörjningssystemet som konkurrenskraftigt jämfört med konventionell oljeeldning. Anläggas en mer långsiktig värdering baserad på en realräntekalkyl varvid inflationen beaktas framstår det föreslagna försörjningssystemet som klart lönsamt. Beaktas vidare att energipriserna kan förväntas öka kraftigare än den allmänna inflationen kommer lönsamheten för systemet att förbättras ytterligare.

5.3 Anläggningarnas lägesberoende

Vid beräkning av kostnaderna ovan har förutsatts att de lokala förhållandena medger att yt- eller havsvatten i erforderlig omfattning samt geologiska formationer lämpade för värmelagringen finns i närheten av samhället som skall försörjas. Om dessa förutsättningar ej är uppfyllda kan det bli nödvändigt att sammankoppla anläggningens olika delar, ytvattenintag, värmelager och värmeverk, med långa överföringsledningar.

För att åstadkomma cirkulation i försörjningssystemets olika delar utförs dessa som dubbla ledningar. För utförande av dessa kan rör och rördelar avsedda för vanliga vattenledningar användas. Dessa kan eventuellt förses med markisolering för att minska temperaturförlusterna vid överföringen.

För illustration av betydelsen för kostnaderna av anläggningsdelarnas lokalisering i förhållande till varandra antas att den samlade överföringssträckan behöver ökas med 10 km för den ovan be-

skrivna 10 MW's anläggningen. Härvid bedöms anläggningskostnaderna under normala lägningsförhållanden öka med ca 8 miljoner kr. Detta innebär att både anläggnings- och kapitalkostnader för värmeproduktionen ökar med 60-70 %. För den ovan redovisade finansieringskalkylen medför detta att årskostnaderna och enhetskostnaderna för värmeproduktionen ökar med ca 30 %. Detta motsvarar en ökning av produktionskostnaden med 4-6 öre/kWh. Om realräntekalkylen tillämpas beräknas ökningen av produktionskostnaden till endast 2-3 öre/kWh. För större anläggningar blir ökningen av produktionspriset mindre.

De ovan beskrivna förhållandena bör dock i varje särskilt fall värderas utifrån lokala förutsättningar. Särskilda lägningsförhållanden med exempelvis förekomst av berg kan medföra att kostnaderna blir högre än ovan angivet. Sammanfattningsvis kan dock konstateras att något beroende på anläggningens storlek bör avstånd på upp till ett par mil mellan den föreslagna värmeförsörjningsanläggningens olika delar kunna accepteras utan att lönsamheten behöver gå förlorad.

5.4 Ekonomisk optimering

Ekonomi för den föreslagna anläggningen kan inom vissa ramar påverkas genom både dimensioneringen och driften av anläggningen. Härvid skall främst eftersträvas att värmepumparnas "temperaturlyft" blir så litet som möjligt. I första hand kan detta ske genom att värmedistributionssystemet på värmepumparnas "varma sida" anpassas för låga temperaturer. Hur långt denna anpassning kan drivas begränsas av kraven från befintliga och planerade installationer och bör i varje särskilt fall värderas på basis av lokala förutsättningar. Härvid skall bl a möjligheterna för förstärkning av befintliga installationer beaktas. I andra hand kan driftekonomin förbättras genom att på värmepumparnas "kalla sida" höja temperaturen på den utgående värmekällan. Detta kan ske på olika sätt under laddnings- och urladdningsfasen.

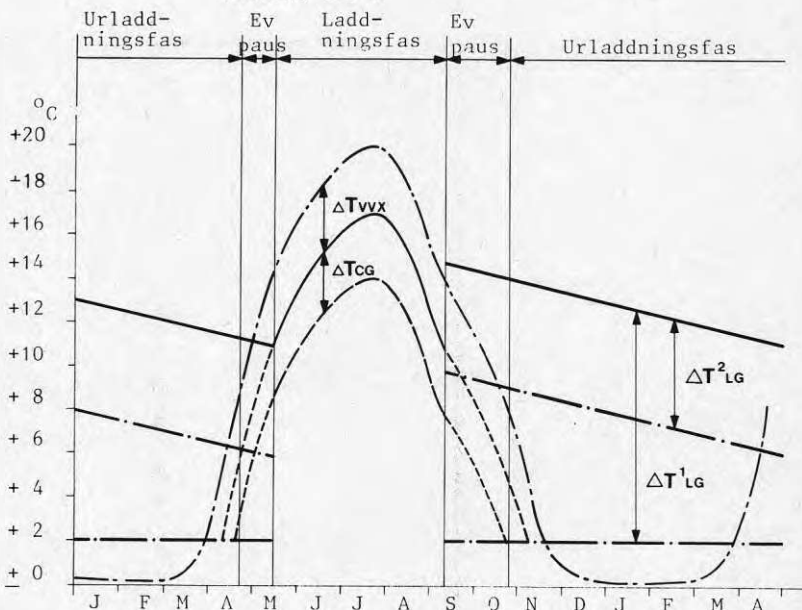
Under laddningsfasen överförs värme genom värmeväxling från ytvatten till grundvatten och större delen av det uppvärmda grundvattnet inlagras i värmelagret. Ett mindre grundvattenflöde cirkuleras dock via värmepumpenläggningen för främst produktion av tappvarmvatten, se fig 4.2. Detta grundvattenflöde, som är av begränsad storlek, kyls endast ett fåtal grader, vilket ger värmepumpenläggningen en relativt hög värmefaktor under laddningsfasen.

Vid uppladdningen av värmelagret är det viktigt att laddningen sker med så höga temperaturer som möjligt. Detta medför att laddningsperioden måste

begränsas till den årstid då ytvattentemperaturen är högst. Laddningsfasen har tidigare förutsatts bli direkt efterföljd av urladdningsfasen. Under denna fas har det grundvatten som uttas från värmelagret förutsatts bli kylt till temperaturer strax ovan fryspunkten eller ca $+2^{\circ}\text{C}$. Härvid räknas med att en värmefaktor på ca 3 kan erhållas. Under en kortare period under hösten fram till dess ytvattentemperaturen sjunkit till omkring $+8^{\circ}\text{C}$ kan emellertid en något högre värmefaktor erhållas genom att fortsatt utnyttja värmen från ytvattnet. Motsvarande driftsförutsättningar erhålls under en kortare period på våren, se fig 5.1. Under dessa två övergångsperioder kan värmelagret i princip tas ur drift.

FÖRKLARINGAR

- · — · — Ytvatten från vattendrag
- · — · — Cirk. grundvatten från värmväxlare
- · — · — " " " värmepump
- — — — Lagrat grundvatten från värmelager
- · — · — " " " värmepump
- ΔT_{Vvx} Förlust i värmväxlare
- ΔT_{CG} Nerkyllning i värmepump av cirk. grundvatten
- ΔT^1_{LG} Nerkyllning i värmepump av lagrat grundvatten, alt 1
- ΔT^2_{LG} Nerkyllning i värmepump av lagrat grundvatten, alt 2



Figur 5.1 Temperaturvariationer för olika driftsätt

Vid dimensionering av värmelagret gäller att lagrets storlek bestäms av det samlade värmebehovet som erhålls under urladdningsfasen. Genom att utnyttja ytvattnet som värmekälla under de två pausperioderna kan lagrets storlek begränsas något. Ur ekonomisk synpunkt betyder värmelagrets storlek dock mindre än värmelagringseffekten, som bestäms av kapaciteten av brunnar, ledningar och värmeväxlare. Erforderlig lagringseffekt bestäms normalt av laddningsfasens längd. En reduktion av lagringseffekten kan uppnås med en långdragen laddningsfas, vilket dock medför en sänkning av laddningstemperaturen. Laddningsfasen får därför ej nämnvärt överstiga fyra månader.

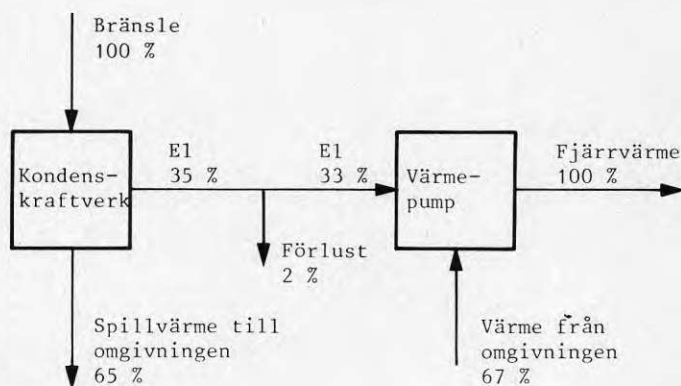
Dimensionering och drift av värmelagret kan i övrigt ske efter två olika principer. Antingen kan temperaturen på det lagrade grundvattnet vid användningen sänkas så långt det är praktiskt möjligt, dvs ca 10°C, eller temperaturen kan sänkas i mindre omfattning, exempelvis 5°C. Det senare fallet medför att värmefaktorn för anläggningen kan höjas något. Samtidigt ökas dock de grundvattenmängder som skall hanteras, vilket betyder att både värmelagrets storlek och effekt behöver ökas (dubbleras). Överslagsberäkningar antyder härvid att för dimensionering av värmelagret är det mest ekonomiskt att räkna med att temperaturen på det lagrade grundvattnet sänks så mycket som möjligt vid användningen. Detta innebär att så stor värmemängd som möjligt bör uttas av varje hanterad m³ grundvatten.

Under ett utbyggnadsskede, där värmebehovet ännu ej är utvecklat till den storlek som värmelagret är dimensionerat för, kan det emellertid mycket väl vara ekonomiskt att ladda lagret fullt och utnyttja överskottsvärmen för att tidvis bara sänka temperaturen delvis. För att uppnå ekonomiskt optimala förhållanden finns sålunda ett betydande utrymme för att både vid dimensionering och drift få en anpassning till lokala förutsättningar.

6. ENERGITEKNISKA ÖVERVÄGANDEN

6.1 Eldrift

De i avsnitt 5.2 ovan framställda slutsatserna beträffande det föreslagna värmeförsörjningssystemets lönsamhet bygger på ett relativt lågt elpris, vilket speglar den aktuella situationen i Sverige. För värdering av betydelsen av ändrade prisrelationer mellan olika energislag fordras ett klarläggande av energibalansen i det samlade energiförsörjningssystemet vari värmepumpen ingår. Elförsörjningssystemet omfattar emellertid produktionsanläggningar av skilda slag: vattenkraft-, kärnkraft-, mottrycks- och kondenskraftverk. I en situation där brist på elkraft kan befaras uppkomma bör det dock vara mest relevant förutsätta att elkraft som skall utnyttjas för värmeproduktion produceras i kondenskraftverk. På fig 6.1 illustreras energibalansen för ett dylikt försörjningssystem där värmepumpanläggningen drivs med elkraft från ett större centralt kondenskraftverk.



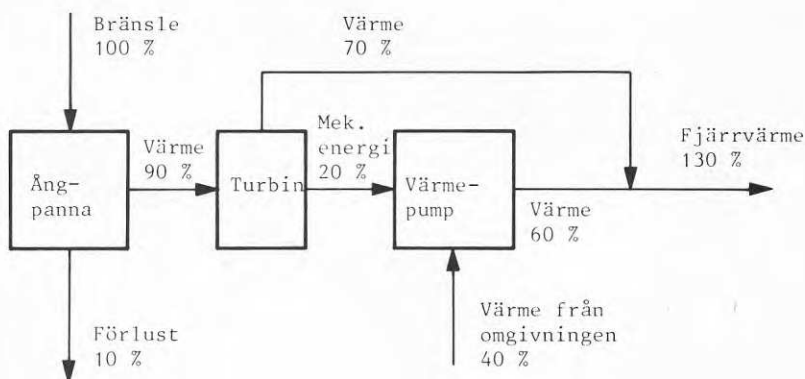
Figur 6.1 Energibalans för eldriven värmepump

Vid tillförsel till kondenskraftverket av en bränslemängd med ett energiinnehåll på 100 % kommer elproduktionen endast att utgöra ca 35 % medan resterande ca 65 % utgörs av värme som bortleds med kylvatten till omgivningen. Den producerade elkraften kan överföras över långa avstånd och med avdrag för smärre överföringsförluster användas som drivkraft för värmepumparna. Med en värmefaktor på ca 3 kommer en eltillförsel på ca 33 % att ge en värmeproduktion på ca 100 % varvid 67 % av energin tillgodogörs från omgivningen.

Den värmemängd som kommer till användning motsvarar sålunda energiinnehållet i bränslet som tillförs kraftverket. Denna utnyttjningsgrad är endast 10-25 % bättre än vad som kan uppnås genom eldning av bränslen i större lokala pannanläggningar. Vid jämförelse av dessa två värmeförsörjningslösningarna kan eventuella prisskillnader på de bränslen som kan utnyttjas i stora centrala kraftverk och lokala värmeverk emellertid vara av avgörande betydelse. Härtill kommer att lokaliseringen av det centrala kraftverket kan ske mera fritt, vilket med hänsyn till bränsleförsörjning, miljö och säkerhet kan bjuda på stora fördelar. Även behovet för utbyggnad av eldistributionsnätet kan dock behöva beaktas.

6.2 Turbindrift

I den mån utnyttjande av exempelvis lokala bränsletillgångar anses värdefullt kan detta med fördel koordineras med det föreslagna värmeförsörjningssystemet. Detta kan ske genom att bränslet används för drift av turbiner som driver värmepumparnas kompressorer. Energibalansen för ett dylikt system illustreras i fig 6.2.



Figur 6.2 Energibalans för bränsle driven värmepump

Bränsle med ett energiinnehåll motsvarande 100 % tillförs en ångpannanläggning. Den producerade ångan används för drift av en turbinanläggning. I dylika lokala anläggningar kan dock endast en mindre del av energin, omkring 20 %, omvandlas till mekanisk energi. Större delen av energin, ca 70 %, avgår i form av värme, som dock kan nyttiggöras i fjärrvärmesystemet. Resterande del, ca 10 %, utgörs av förluster. Den mekaniska energin, som används för drift av värmepumparna, medför att ca 40 % värme kan upptas från omgivningen och ca 60 % avges till fjärrvärmesystemet. Totalt kan sålunda ca 130 % värme tillföras fjärrvärmesystemet.

Genom användning av turbindrivna värmepumpar kan bränslet sålunda utnyttjas på effektivare sätt. Härvid erhålls från samma mängd bränsle ett värmetillskott som är 50-60 % högre än vad som erhålls vid direkt eldning i konventionella pannanläggningar med en verkningsgrad på 80-90 %.

7. MILJÖASPEKTER

7.1 Allmänt

De konsekvenser som ett införande av det föreslagna värmeförsörjningssystemet kommer att få för miljön bör värderas i förhållande till den påverkan på miljön som åstadkommes med en alternativ värmeförsörjningsanläggning. Det föreslagna systemet är avsett att i första hand betjäna befintlig bebyggelse. Oberoende av om värmeförsörjningen sker medelst fjärrvärme eller ej, kommer införandet av ett nytt försörjningssystem i de flesta fallen att innebära att den lokala eldningen av oljeprodukter kraftigt begränsas. Närmiljön kommer sålunda att förbättras genom minskat utsläpp av förbränningsprodukter. Även andra fördelar som exempelvis undvikande av besvärande bränsletransporter kan nämnas.

Vid eldrift av värmepumparna behöver elproduktionen dock ökas. Den ökade elproduktionen kan medföra att miljöbelastningen kring elkraftverket kommer att öka något. Denna belastning bör dock vara avsevärt mindre än den avlastning som sker av närmiljön.

7.2 Ytvatten

Den värme som med det föreslagna försörjningssystemet uttас från omgivningen för att tjäna som värmekälla för värmepumparna uttас från ytvatten eller havsvatten. Härvid uttас ett visst delflöde som efter nerkylning i värmeväxlaren återförs till recipienten. Den något lägre temperaturen på det utsläppta vattnet kan under vissa förhållanden tänkas medföra viss påverkan på miljön, varvid främst faunan skulle kunna beröras.

Utsläpp av nerkylt vatten i havet kommer normalt att medföra en snabb uppblandning med övrigt havsvatten. Härvid sker en temperaturutjämning som medför att eventuell inverkan på miljön blir av ganska marginell karaktär. Under perioder med lugna strömningsförhållanden i havet samt i sjöar kan dock utsläppspolymer bildas, där temperaturutjämningen till betydande del kan ske på liknande sätt som nedan beskrivs för vattendrag. Detta kan tänkas få inverkan på badförhållandena, vilket kan motivera att ett dylikt havs- eller sjöutsläpp bör lokaliseras med beaktande av etablerade badplatser.

Det vatten som används som värmekälla nerkyls ett visst antal grader, exempelvis 10°C, som illustreras på fig 4.2. Vid utsläpp av det nerkylda

vattnet i vattendrag kan normalt räknas med fullständig inblandning över en ganska kort inblandningssträcka. Efter denna fås då en resulterande temperatursänkning som bestäms av förhållandet mellan det samlade momentana flödet i vattendraget och det uttagna delflödet. Normalt vill denna temperatursänkning endast komma att uppgå till ett fåtal grader. Härfter sker en successiv temperaturhöjning mot den ursprungliga naturliga temperaturen i vattendraget. Denna höjning bestäms till helt övervägande del av värmeutbytet mellan vattnet och luften, vilket innebär att temperaturhöjningen sker i proportion till vattenytans storlek.

Värmeutbytet kan anses ske relativt snabbt. Exempelvis kommer ett vattendrag med ett medeldjup på 2 m efter en nerkylning på några grader att ha återhämtat hälften av denna temperaturförlust efter ca 40 timmars strömning. Vid en strömningshastighet av 0,1 m/s motsvarar detta strömning över en sträcka på ca 15 km. Efter strömning över ytterligare en sträcka av denna storleksordning kommer omkring 75 % av den ursprungliga temperatursänkningen att ha återhämtats. Det är sålunda väl möjligt att utnyttja ett och samma vattendrag för värmeuttag till flera försörjningsanläggningar blott dessa är belägna på tillräckligt avstånd från varandra.

Den påverkan på faunan som ett värmeuttag kan medföra kommer sålunda att vara av lokal karaktär. Värmeuttag för uppladdning av ett värmelager är i övrigt koncentrerat till årets varmaste del och sammanfaller därför endast i begränsad omfattning med faunans normala tillväxtperiod. Eventuell påverkan på faunan förväntas därför bli av ganska begränsad omfattning. Värmeuttag under en eventuell driftpaus för värmelagret under våren, jfr fig 5.1, kommer däremot att sammanfalla med en normal tillväxtperiod. Under denna fas skall värmeuttaget emellertid endast täcka det momentana värmebehovet och är därför lågt. Samtidigt kommer vattenföringen i vattendragen normalt att vara ganska stor. Temperatursänkningen strax nedströms utsläppet av det nerkylda vattnet blir sålunda avsevärt lägre än under laddningsfasen.

7.3 Grundvatten

Den föreslagna metoden för värmelagring, se avsnitt 3.1, bygger på att hydraulisk balans kontinuerligt upprätthålls i grundvattenmagasinet samt att termisk balans upprätthålls på årsbasis. Upprätthållandet av den hydrauliska balansen innebär att lika mycket vatten ständigt tillförs magasinet som det uttas från det. Detta medför att tryckskillnader och nivåförändringar av grundvattenytan är begränsade till värmelagret och området närmast kring detta.

Detta torde ej ha betydelse för miljön men kan medföra att skadeverkningar för andra intressen kan undvikas, se kapitel 10.

Upprätthållandet av den termiska balansen innebär att den värme som under en årscykel tillförs värmelagret motsvarar den värmemängd som bortleds från lagret. Bortledningen av värme sker i huvudsak genom väremttag för tillförsel till värmepumparna. En mindre del av den tillförda värmen går emellertid förlorad genom värmeutbyte med omgivningen. Dessa värmeförluster kan möjligen medföra viss påverkan på miljön.

Värmeutbytet mellan värmelagret och omgivningen sker dels genom värmedispersion till följd av blandning genom ojämn hastighetsfördelning i grundvattnet, dels genom värmeledning i horisontell och vertikal riktning. Samma processer styr värmeutbytet mellan lagrets varma, centrala del och dess kalla perifera del, se fig 3.1. Värmedispersionen samt den horisontella värmeledningen till det omgivande grundvattenmagasinet sker från värmelagrets kalla del, vilket medför en viss nerkylning av omgivningen och en viss uppvärmning av lagrets kallare del. Där grundvattenmagasinet är influerat av en naturlig grundvattenströmning kommer värmeutbytet att vara störst på nedströmssidan av värmelagret. Med en effektiv styrning av vattenflödena till och från lagret kommer värmeutbytet och därmed temperatursänkningen kring värmelagret att bli ganska begränsat. Sålunda kan temperatursänkningen nedströms värmelagret på ett avstånd från detta, som motsvarar lagrets dimensioner ej förväntas överstiga 1 à 2°C. På större avstånd från lagret minskar påverkningen snabbt. Temperaturförändringarna i grundvattenmagasinet torde därför vara utan miljömässig betydelse.

Värmeledningen i vertikalled sker dels genom de täckande markskikten dels mot de underliggande formationerna. Värmeströmningen genom de täckande markskikten är dominerande medan strömningen mot de underliggande formationerna är av mindre storlek. Värmeförlusterna till följd av strömningen mot undergrunden är därför också relativt små och utan betydelse för miljöförhållandena.

Värmeströmningen genom de täckande skikten är beroende av temperaturdifferensen mellan grundvattenmagasinet och markytan samt de täckande marklagrens tjocklek och värmeledningsegenskaper. Under sommaren är markytans temperatur högre än temperaturen i både den kalla och den varma delen av värmelagret, och värmeströmningen kommer då att vara riktad nedåt över hela lagret. Under vintern är markytan kallare än både lagrets kalla och varma del, vilket medför att strömningen då kommer att vara riktad uppåt. Under vår och höst kommer strömningen att vara uppåtriktad över lagrets

varma, centrala del, men nedåtriktad över dess kalla, perifera del.

Värmeeströmningarna resulterar på årsbasis i att en viss värmemängd bortleds från värmelagrets centrala del och en något mindre del tillförs dess perifera del. Dessa värmeomsättningar minskar med ökande tjocklek på de täckande skikten. Även vid en tjocklek på ett fåtal meter kommer de naturliga temperaturgradienterna i markskikten dock endast att ändras i ganska ringa omfattning. Ändringarna är exempelvis avsevärt mindre än de förändringar som uppkommer vid användning av ytjordvärmsystem. Den påverkan på miljön som kan uppkomma till följd av värmelagringen kan därför också bara bli av mycket begränsad omfattning.

8. MARKANSPRÅK

8.1 Markbehov

Markarbeten för en värmeproduktionsanläggning av föreslagen typ omfattar mark för anläggande av värmeverk, värmväxlaranläggning, värmelager och överföringsledningar. Markbehoven härför kan jämföras med behovet för ett bränsleeldat värmeverk av motsvarande storlek. För värmedistributionen, som förutsätts ske medelst fjärrvärme, är markbehoven oberoende av vilket sätt värmeproduktionen sker på.

Den föreslagna metoden för värmeförsörjning kräver avsevärt mindre bränslemängder än en försörjning som helt eller till större delen baseras på bränsleeldning. Ytbehovet för lagring och hantering av bränsle blir därför också betydligt mindre. För något större anläggningar kan användning av den föreslagna metoden medföra att föreskriven beredskapslagring av oljeprodukter kan undvikas. För stora anläggningar kan det eventuellt också vara fördelaktigare att som komplement till värmepumparna välja ett något dyrare men mera lätthanterligt (flytande) bränsle i stället för ett billigare mera svårhanterligt (fast) bränsle som skulle kunna användas i en rent bränsleeldad anläggning. I detta fall kan även utrymme för deponering av slagg o d undvikas.

Markbehovet för ett värmeverk med värmepumpar blir sålunda mindre än behovet för ett bränsleeldat verk. Härtill kommer att det värmepumpbaserade verket kan vara lättare att lokalisera i direkt anslutning till den bebyggelse som skall försörjas, då besvärande bränsletransporter och rökgasutsläpp blir avsevärt mindre. Problemet med buller från värmepumpanläggningen bör dock observeras.

Ytbehovet för värmväxlaranläggningen är relativt litet. Anläggningen kan placeras i anslutning till ytvattenintaget eller värmelagret. Om möjligt bör anläggningen ur skötsel- och underhållssynpunkt lokaliseras i anslutning till värmeverket.

Värmelagret upptar ganska stora ytor, vilka kan variera från några hektar och upp till någon kvadratkilometer. Värmelagret kommer dock normalt ej att utgöra något hinder för eventuell annan verksamhet inom lagringsområdet. Ytbehovet för lagret är sålunda begränsat till ett antal brunnsområden, varje på ett tiotal m², samt till mark för framdragningsledning till brunnarna. Brunnplacering och ledningsdragning kan i stor utsträckning anpassas till eventuella krav från annan verksamhet. Exempelvis är det väl möjligt att lokalisera värmelagret under befintlig eller planerad bebyggelse.

Mellan ytvattenintag, värmelager och värmeverk skall överföringsledningar framdras. Överföringen kan behöva ske över ganska långa sträckor, vilket medför att omfattande markarealer berörs. Ledningsdragningen kan dock liksom för vanliga vattenledningar ske med beaktande av befintliga och fasta anläggningar m m.

Överföringsledningarna behöver därför ej utgöra hinder för den normala verksamheten inom berörda områden. Däremot kan det normalt ej undvikas att intrånget under lägningsarbetenas utförande och i samband med eventuella reparationsarbeten medför störningar för den normala verksamheten.

8.2 Intressekonflikter

Förutom de ovan beskrivna markfrågorna kan etableringen av värmelagret även medföra konkurrens med andra intressen, som anknyter till utnyttjande av samma geologiska formationer som är lämpliga för värmelagring. Dessa intressen utgörs främst av vattentäktsintressen samt sand- och grustäktsintressen.

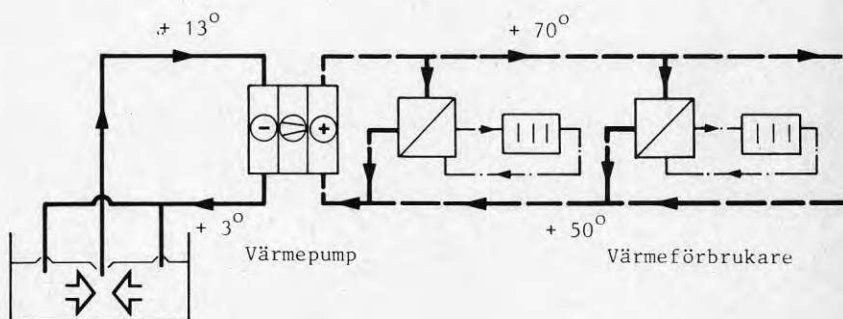
Värmelagret kan i princip placeras ganska nära en vattentäkt utan att den termiska påverkan behöver få någon praktisk betydelse, jfr avsn 7.3. Normalt bör etablering av ett värmelager dock ej ske inom skyddsområden för vattentäkter.

Brytning av sand och grus kan i princip förenas med värmelagringen. Härvid fordras dock att utbrytningen begränsas till formationerna ovan grundvattenytan, samt att återfyllning med lämpligt material sker efter utbrytningen så att erforderlig, isolerande täckning ovan grundvattenytan erhålls. Detta medför dock krav av både ekonomisk och tidsmässig karaktär, vilka kan vara svåra att tillfredsställa.

Lokaliseringen av värmelagret bör därför planeras med hänsyn till övriga intressen som anknyter till utnyttjande av mark och vatten. Härvid bör dock de stora värden av både ekonomisk och kvalitativ karaktär, vilka kan vinnas genom värmelagringen, beaktas.

9.1 Värmedistribution

Vid beskrivningen i avsnitt 4.1 av det föreslagna värmeförsörjningssystemet har förutsatts att värmedistributionen sker medelst fjärrvärmenät. Detta innebär att värmen distribueras från en gemensam, centralt placerad värmepumpanläggning vid en hög temperaturnivå motsvarande temperaturen på värmepumpanläggningens varma sida. Förhållandet illustreras på fig. 9.1. Eventuellt kan distributionstemperaturen höjas ytterligare med hjälp av tillsatsvärme.

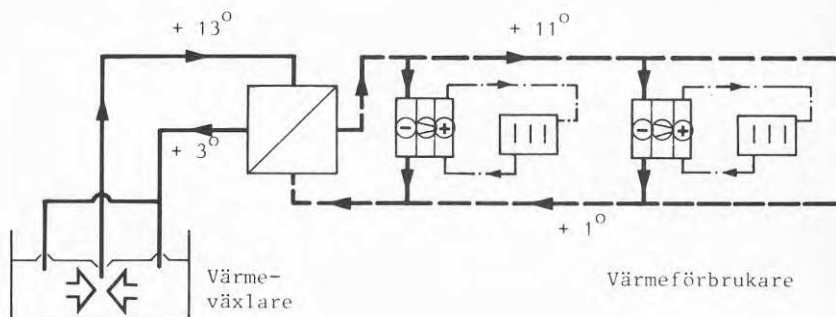


Figur 9.1 Värmedistribution vid hög temperaturnivå

Denna form för temperaturdistribution är lämpad för tätare bebyggelse med värmetetthet högre än 30 à 50 GWh/km².år. För glesare bebyggelse ökar kostnaderna för fjärrvärmenätet emellertid kraftigt, vilket medför att den föreslagna lösningen ej blir lönsam jämförd med värmeförsörjningslösningar baserade på direktverkande el och individuella oljepannor. Den föreslagna metoden för värmeförsörjning kan emellertid även göras lönsam för glesare bebyggelse genom att minska kostnaderna för distributionssystemet.

Detta kan ske genom att distribuera värmekällan till ett flertal lokalt placerade värmepumpar på sätt som illustreras på fig. 9.2. Distributionen sker härvid vid låg temperaturnivå motsvarande temperaturen på värmepumparnas kalla sida. Värmedistributionen sker på detta sätt i dubbla ledningar, vilka kan utföras av rör och rördelar avsedda för vanliga vattenledningar. För att minska temperaturförlusterna från dessa ledningar bör isolering utföras på lämpligt sätt med markisoleringsskivor.

Kostnaderna för dylika ledningar kan överslagsmässigt bedömas uppgå till 30-40 % av motsvarande kostnader för fjärrvärmeledningar. Vid förekomst av berg och omfattande återställningsarbeten kan denna kostnadsrelation dock förskjutas.



Figur 9.2 Värmedistribution vid låg temperaturnivå

Utbyggnad av försörjningssystem med värmedistribution vid låg temperaturnivå kan sålunda ske inom områden med glesbebyggelse, varvid systemet kan förväntas vara lönsamt för områden med värmätäthet i storleksordningen 10-40 GWh/km².år. Med hänsyn till betydelsen av övriga lokala förhållanden är det dock ej möjligt att närmare precisera en nedre gräns för värmätätheten, där den föreslagna lösningen är lönsam jämförd med individuella lösningar.

Vid värderingen av lämplig utformning av ett värmeförsörjningssystem för ett större område av mera sammansatt karaktär skall möjligheterna för att utnyttja olika distributionsformer beaktas. Sålunda kan det mycket väl vara fördelaktigt att utnyttja samma värmelager för att försörja både tätbebyggda delområden med fjärrvärme och glesbebyggda delområden med vatten för drift av lokalt placerade värmepumpar. För flera samhällen som är belägna på begränsat avstånd från varandra kan det vidare vara lämpligt att utnyttja ett gemensamt värmelager och via överföringsledningar leverera värmen vid låg temperaturnivå till respektive samhälle där den sedan får distribueras på lämpligaste sätt.

9.2 Systemkoordinering

Det föreslagna värmeförsörjningssystemet kan enkelt koordineras med andra befintliga eller planerade värmeförsörjningsanläggningar, där värmedistributionen sker medelst fjärrvärmenät. Värmepumpsanläggningen kan härvid inkopplas på olika sätt. Inkopplingen kan sålunda ske centralt i anslutning till annan värmeproduktionsanläggning. Där värmepumpsanläggningen är avsedd svara för mindre bidrag till värmeförsörjningen i ett större system kan inkoppling ske till fjärrvärmenätets returledning. Härvid kan inkopplingspunkten väljas mera fritt i anslutning till huvudledningssystemet. Inkopplingen kan även ske lokalt för försörjning av delområden med distributionsnät och installationer anpassade för låga temperaturer.

Vid koordineringen med andra värmeproduktionsanläggningar bör det eftersträvas att låta värmepumpsanläggningen svara för så stor del av försörjningssystemets baslast som möjligt. Genom att på detta sätt öka fullastdrifftiden kan ekonomin för värmepumpsanläggningen förbättras. Om exempelvis fullastdrifftiden ökas från 2000-3000 h/år, som förutsatt i avsnitt 5.2, till 5000-6000 h/år kan produktionskostnaden reduceras från 12-16 öre/kWh till 10-12 öre/kWh (realräntekalkyl).

Koordineringen kan även medföra andra fördelar genom att värmelagret kan utnyttjas för belastningsutjämning, tillvaratagande av spillvärme m m. Vid koordinering med exempelvis en förbränningsanläggning för avfall kan producerad överskottsvärme från sommarperioden lagras till senare på året, då den kan utnyttjas. Värmelagret kan även utnyttjas för korttidslagring, till exempel för att undvika att hålla en avfallsförbränningsanläggning i drift under helger.

Utnyttjande av värmelagret för dylika ändamål kommer normalt att medföra att värme behöver lagras vid en hög temperaturnivå. Detta fordrar att speciella åtgärder vidtas. Vidare aktualiserar högtemperaturlagringen vissa tekniska frågor (stabilitet av temperaturfronten, utlösning av salter från mineralerna m m) som ej är av betydelse för den tidigare beskrivna lagringen vid låga temperaturnivåer.

9.3 Systemkomplettering

För att förbättra värmeförsörjningsanläggningens funktion kan ett flertal olika åtgärder vidtas för att tillföra anläggningen värmeenergi. Detta kan ske genom att höja temperaturen på både värmepumparnas kalla och varma sida. Temperaturhöjningen kan härvid ske genom utnyttjande av solinstrålningen eller tillvaratagande av spillvärme.

På värmepumparnas kalla sida kan solinstrålningen enklast utnyttjas genom att leda ytvattnet genom grunda soldammar, varvid vattentemperaturen kan höjas någon eller några grader. Genom att övertäcka bassängerna kan avdunstningsförlusterna reduceras och ytvattnets temperatur höjas ytterligare några grader. Temperaturen kan ytterligare höjas med hjälp av lågtemperatursolfångare. Med hänsyn till eventuella föroreningar i ytvattnet kan dessa behöva monteras i anslutning till grundvattnets cirkulationskrets.

På värmepumparnas varma sida kan solfångare för högre temperaturer anslutas. Dessa bör dock inkopplas i direkt anslutning till bebyggelsens installationer. Värmeproduktionen från dessa solfångare bör primärt utnyttjas lokalt för täckning av respektive hus eget värmebehov. Eventuellt värmeöverskott kan beroende på temperaturen tillföras fjärrvärmesystemets framlopps- eller returledning. Om det samlade värmebehovet tidvis helt skulle bli täckt på detta sätt kan värmeöverskottet överföras till värmelagret. Ur ekonomisk synpunkt är detta dock knappast eftersträvansvärt.

9.4 Driftsförhållanden

I avsnitt 5.4 har närmare beskrivits hur driften av den föreslagna värmeproduktionsanläggningen kan optimeras. Även om belastningarna på anläggningen kan utvisa kortvariga variationer kan anläggningens drift dock planeras utifrån relativt enkla principer baserade på säsongmässigt skiftande driftsfaser.

Om de ovan beskrivna koordineringarna och kompletteringarna med andra värmeproduktionssystem realiseras ändras driftförutsättningarna för den föreslagna anläggningen så att det kan bli nödvändigt att beakta kortvariga förändringar i värmeproduktionen från olika anläggningar. Detta kan innebära att säsongmässiga driftvariationer kommer att överlagras av kortvariga, exempelvis veckovisa, driftvariationer. Under vissa perioder skulle det sålunda kunna bli aktuellt att på veckobasis skifta mellan uppladdning och urladdning av värmelagret eller vidtaga andra åtgärder. Dylika förhållanden kan komma att ställa stora krav på driften av anläggningen om denna skall ske optimalt.

10. JURIDISKA FÖRHÅLLANDEN

10.1 Lagstiftning

En redogörelse för den lagstiftning som kan komma att tillämpas vid etableringen av ett värmelager i grundvattenmagasin lämnas i det följande och i avsnitt 10.2 ges förslag till ansökningsförfarande.

Vid värderingen av dessa förhållanden bör framhållas att den föreslagna användningen av grundvattenresurserna av naturliga skäl ej har förutsetts vid upprättandet av gällande lagar. Dessutom saknas prövning av motsvarande fall, som skulle kunna betraktas som prejudicerande. Tillämpning av gällande lagstiftning är därför ej entydig i alla avseenden. I det följande ges dock en översiktlig värdering av de juridiska förhållandena så långt detta är möjligt med ledning av gällande lagstiftning.

Den föreslagna metoden bygger på att grundvatten uttas från ett grundvattenmagasin och antingen uppvärms eller nerkyls, varefter det återinfiltre-ras i grundvattenmagasinet. Som huvudregel gäller härvid att behovet av prövning enligt vattenlagen (VL) avgörs av om andra intressen kan förväntas lida skada till följd av uttaget (VL 2 kap., 47 §). Speciellt gäller att prövning är obligatorisk för anläggande av grundvattentäkt för uttag av mer än 300 m³/d. Vidare gäller motsvarande bestämmelser för infiltration av grundvatten, där infiltrationen bedrivs i syfte att öka uttagsmöjligheterna (VL 2 kap, 61 §). I det aktuella fallet, där den uttagna vattenmängden ej är avsedd att bortledas är det dock tveksamt om "uttag" enligt vattenlagens mening äger rum, varför prövning ej skulle behöva vara obligatorisk. Prövning vid vattendomstolen skulle dock kunna begäras av annan part än huvudmannen för anläggningen med hänvisning till att andra vattenintressen kommer att bli lidande. Härtill kommer att utförandet av intags- och utsläppsanordningar för ytvattnet skall prövas enligt vattenlagens bestämmelser angående byggande i vatten (VL 2 kap). Prövning av värmelagringsförfarandet och dess inverkan på grundvattnet bör då också begäras av huvudmannen. Denna skall omfatta uttag och infiltration för både uppladdning och urladdning av magasinet.

Ett villkor för att prövningen kan komma till stånd är att sökande äger dispositionsrätten till den mark uttagsbrunnarna skall förläggas på. Denna rätt bör även omfatta marken för infiltrationsanläggningarna.

I detta sammanhang bör även nämnas att en ny vattenlag är planerad. Tidigare upprättat förslag är

dock fortfarande under bearbetning och någon proposition har ännu ej lagts. Den nya lagen kan ev medföra att användning av vattenresurserna för energiförsörjning kommer att prioriteras lägre än användning för normala vattenförsörjningsändamål.

Prövningsskyldighet enligt miljöskyddslagen (ML) är ej direkt föreskriven för verksamhet av aktuellt slag. Värmelagringen, som medför avgivning av värme till omgivningen, kan emellertid betraktas som miljöfarlig verksamhet och provning kan då komma att begäras av annan part än huvudmannen för värmeförsörjningsanläggningen. Ur allmän rätts-säkerhetssynpunkt får det därför anses vara tillrådligt att huvudmannen själv begär provning hos Koncessionsnämnden för Miljöskydd för att få fastställt villkoren för verksamheten. I ansökningen kan då bl a hänvisas till föreskriven provningsskyldighet beträffande utsläpp av kylvatten (ML 3 §). Provningsen bör förutom själva värmelagret även omfatta värmecentralen med hänsyn till emissionerna härifrån.

Regeringen skall enligt 136a § byggnadslagen pröva tillkomsten och lokaliseringen av industriell eller liknande verksamhet, som är av väsentlig betydelse för hushållningen bl a med energi eller med landets samlade mark- och vattentillgångar. Prövningsskyldighet föreligger för nyanläggning av ett antal verksamhetsslag, som närmare preciseras i lagen. Dessa omfattar dock ej anläggning för verksamhet av aktuellt slag. Enligt lagen kan dock annan typ av verksamhet än den som uttryckligen preciseras i lagtexten bli föremål för provning, om denna verksamhet i väsentlig omfattning bedöms beröra hushållningen med ovan nämnda resurser. Beslut om dylik provning fattas i varje enskilt fall av regeringen.

Vid provningen får regeringen endast medge tillstånd till verksamheten, om berörd kommun tillstyrker detta. Kommunen har alltså vetorätt i fråga om lokaliseringen och har därigenom möjlighet att ställa egna villkor för den planerade verksamheten.

Lagen ger vidare regeringen rätt att förena tillståndet dels med särskilda villkor för tillgodose-
ende av allmänna intressen, dels med skyldighet för sökande att fullfölja ärendet hos Koncessionsnämnden för Miljöskydd genom ansökan i enlighet med miljöskyddslagen. Fullföljande av ärendet innebär härvid att sedan regeringen fattat sitt beslut kan Koncessionsnämnden ej avstyrka verksamheten utan endast förknippa den med vissa villkor till skydd för miljön. Regeringen kan dessutom begära att få pröva kommunens detaljplan för aktuellt område.

Oberoende av om provning hos regeringen blir aktuell eller ej måste verksamheten prövas enligt

övrig gällande lagstiftning. Sålunda är andra av byggnadslagens bestämmelser tillämpliga. Bl a får det påräknas att upprättande av detaljplan erfordras liksom byggnadslov för de planerade anläggningarna behövs. Även bestämmelser i naturvårdslagen, fornminneslagen m m kan behöva beaktas.

Det bör härvid noteras att förslag till ny plan- och bygglag har upprättats. I förslaget betonas hänsynstagandet till hushållningen med energi och vatten. Detta kan tillgodoses genom införande av bestämmelser angående utnyttjande av mark och vatten i marköversikt och områdesplan samt utfärdande av markförordnande.

10.2 Ansökan

Klarläggande av huruvida prövning enligt 136a § byggnadslagen erfordras för verksamhet av aktuellt slag kan enklast ske genom underhandskontakt med bostadsdepartementet. Härigenom kan besked erhållas, som i realiteten är väl förankrat hos regeringen, men dock ej är formellt bindande. I de fall beslut om prövning fattas lämnas i anslutning till svaret på förfrågan vanligen en förteckning över vilka uppgifter, som skall finnas i ansökningshandlingarna.

För tidsvinnande samt för att underlätta prövningsförfarandet bör prövning enligt vattenlagen, miljöskyddslagen och vid behov 136a § byggnadslagen ske parallellt. Detaljplanefrågan bör dessutom drivas så att regeringen - om så skulle bli föreskrivet - kan pröva detaljplanen samtidigt med prövningen av lokaliseringsansökningen.

Prövningen av lokaliseringsansökningar tar under normala förhållanden omkring 8 månader. Prövning vid vattendomstol av med lokaliseringen sammanhängande ärende kan förväntas fordra en tidrymd av samma storlek. I vissa fall kan behandlingen av olika förhållanden av mer komplicerad eller ovanlig karaktär dock medföra att prövningen tar ytterligare viss tid i anspråk. Ansökningshandlingar bör därför inlämnas minst ett år innan större ekonomiska åtaganden görs beträffande anläggningsarbetena.

11. ILLUSTRATIONSEXEMPEL

11.1 Värmebehov

För illustration av den presenterade lösningen till storskalig värmeförsörjning redovisas nedan ett förslag till anläggning för försörjning av centrala delen av Lomma tätort i Lomma kommun, Malmöhus län. Anläggningen är avsedd att betjäna befintlig och planerad bebyggelse för bostäder, service och industri.

Den samlade anslutningseffekten beräknas uppgå till 10 MW. Denna effekt är fördelad med hälften inom områden med befintlig bebyggelse mot norr och öster och hälften inom områden för planerad bebyggelse mot söder och väster, se fig. 11.1. Värmetätheten för den befintliga bebyggelsen är 55-75 GWh/km².år. Motsvarande värde för den planerade bebyggelsen är 25-45 GWh/km².år. Utbyggnaden av den planerade centrumbebyggelsen beräknas sträcka sig över en längre period.

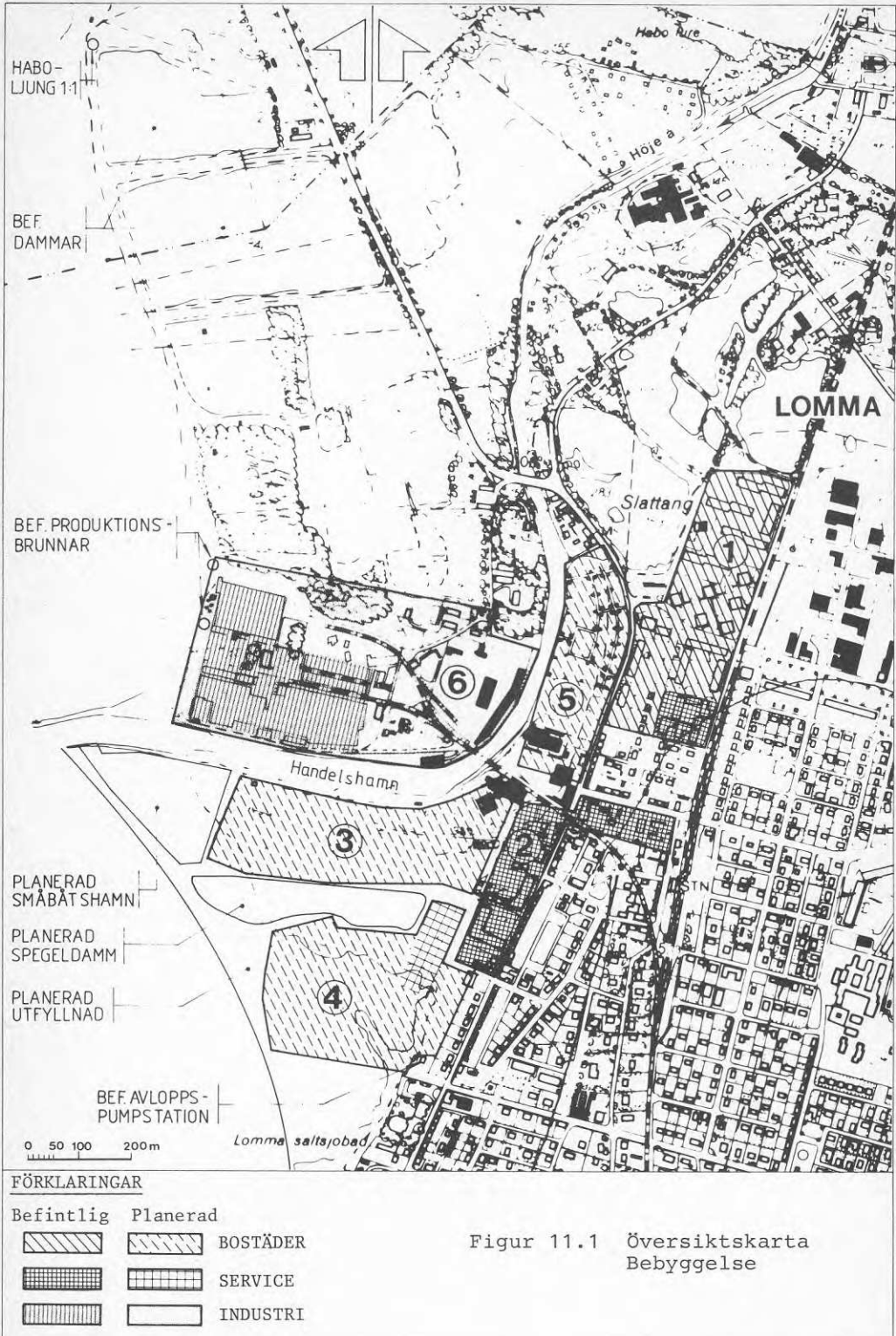
Det totala nettovärmebehovet för berörd bebyggelse uppskattas till 25 GWh/år. Värmebehovet för befintlig bebyggelse täcks förutom genom förbränning av lätt eldningsolja i enskilda och mindre pannanläggningar. Om det som ett alternativ till den föreslagna lösningen antas att även den planerade bebyggelsen skulle uppvärmas på samma sätt som den befintliga fås en oljeförbrukning om ca 3 200 m³/år. Denna förbrukning motsvarar i aktuellt prisläge en kostnad av 5 å 6 miljoner kr/år.

11.2 Värmeförsörjningssystem

11.2.1 Hydrogeologiska förutsättningar

Lomma är beläget centralt över Alnarpsströmmen, som är den grundvattenström vilken avrinner mot Öresund i den södra Alnarpsdalen. Denna utgörs av en dalsänka i kalkberggrunden som sträcker sig från Hakens udde på Skånes sydkust över Ven och vidare mot norra Själland, se fig 11.2.

Alnarpsströmmen utgör den viktigaste grundvattentillgången inom Malmö-Lund-regionen och utnyttjas i stor skala för vattenförsörjningsändamål. Grundvattemagasinet geologiska uppbyggnad liksom dess geohydrologiska egenskaper och strömningsförhållanden är väl kända bl a genom de omfattande undersökningar som utförts på uppdrag av Samarbetskommittén för Alnarpsströmmen, Winqvist m fl (1969) och Leander m fl (1979). Alnarpsdalen, vartill grundvattenströmningen är koncentrerad, utgörs av en gravsänka med brant lutande sidor, vilken bildats genom förkastningar i kalkberggrunden, se fig 11.3.



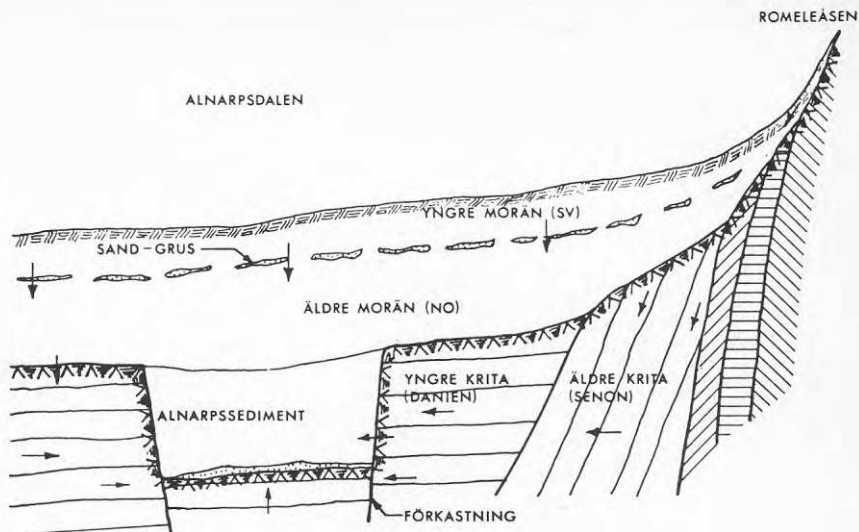


Figur 11.2 Översiktskarta

Gravsänkan, vars botten är belägen kring nivån - 60 m NN, är utfylld med sediment av växlande sammansättning. Närmast gravsänkans botten finns normalt grövre sediment (grus och sand), vilka täcks av mera finkornigt material (mo, mjåla och lera). De grövre sedimenten är inom större delen av Alnarpsdalen av begränsad mäktighet. Inom dessa delar är möjligheterna för uttag av grundvatten därför störst i kalkbergets övre del, som genomkorsas av talrika sprickor. Spricksystemet domineras av horisontella sprickor (jfr fig. 11.3), vilka endast i begränsad omfattning står i förbindelse med varandra genom tunna vertikala sprickor.

I Lommatrakten skiljer sig Alnarpsdalens sediment från den normala lagerföljden genom att de grövre kornfraktionerna närmast sänkans botten når ansevärd mäktighet. Vid kusten norr om Lomma har sålunda i en saltobservationsbrunn registrerats ett drygt 20 m tjockt skikt av mellan- och grovsand på 42-64 m djup. Detta sandskikt erbjuder goda möjligheter för värmelagring i stor skala.

Tilltagande uttag av grundvatten från Alnarpsströmmen har medfört avsänkning av trycknivån i Alnarpsdalen, vilket ökat risken för inträngning av saltvatten från Öresund. I de mera genomsläppliga sedi-



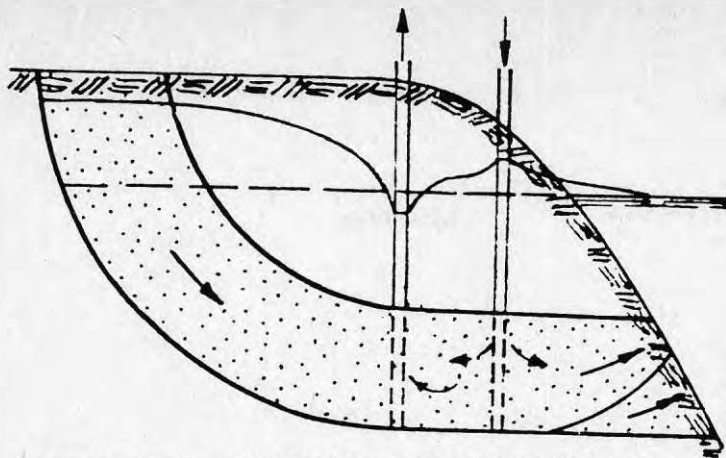
Figur 11.3 Typsektion genom Alnarpsdalen - Romeleåsen enl Mohrén

mentskikten utgörs gränsen mellan saltvattnet och det framträngande sötvattnet av en mera markerad front. I kalkberget står sprickorna på olika nivåer växelvis i förbindelse med sundets saltvatten och Alnarpsströmmens sötvatten. Saltvatteninträngningen är därför av komplex karaktär i kalkberget.

Genom lämplig placering av uttags- och infiltrationsbrunnar längs med kusten kan infiltrationen ske på sådant sätt att en konstgjord barriär mot saltvatteninträngningen byggs upp på sätt som illustreras schematiskt på fig. 11.4. Även om denna barriär endast blir av lokal betydelse medför den förbättrade förutsättningar för utvinning av grundvatten för vattenförsörjningsändamål.

11.2.2 Värmeproduktion

Ur ekonomisk synpunkt är det ofördelaktigt att dimensionera värmepumpanläggningen för hela effekten. En optimal lösning bedöms innebära att värmepumpen dimensioneras för 50 % av total-effekten eller 5 MW. Enligt fig. 4.1 kan värmepumparna då svara för ca 90 % av energibehovet (22,5 GWh/år). Vid behov behöver resterande del av effekten täckas från en pannanläggning. Denna föreslås bli dimensionerad för resterande effekt 5 MW. Vid ett ev värmepumphaveri kan pannanläggningarna i befintlig bebyggelse då utnyttjas som reserv.



Figur 11.4 Artificiell vattenbarriär mot saltvatteninträngning

Med gällande priser på olika energislag anses det fördelaktigast driva värmepumparna med elkraft. Förberedelse för annan typ av drift, exempelvis dieseldrift kan dock övervägas. Med valda distributionstemperaturer beräknas värmefaktorn för värmepumparna som årsmedel bli ca 3,0. Elförbrukningen blir härmed ca 7,5 GWh/år. Förångareffekten blir ca 3,3 MW.

Som bränsle för pannorna bedöms det lämpligt använda olja under de närmaste åren. Med en pannverkningsgrad på 80 % beräknas oljeförbrukningen uppgå till 315 m³/år. På sikt kan flytande, kolbaserat bränsle komma till användning. Även användning av fast bränsle kan dock bli aktuellt och värmeverket bör planeras med hänsyn härtill.

Lokaliseringen av värmeverket bör ske i anslutning till befintligt industrispår och handelshamn. Det på fig. 11.5 föreslagna läget är även fördelaktigt genom den centrala placeringen mellan bebyggelsen och värmelagret. Vidare anses förläggningen inom industriområdet vara fördelaktig ur miljö- och säkerhetssynpunkt.

Ur drifts- och underhållssynpunkt föreslås även att intags- och utsläppsanordningar samt värmväxlare för ytvattnet från Höje å placeras inom värmeverksområdet, se fig. 11.5. Värmeförsörjningsanläggningens principiella utförande framgår av fig. 11.6.



Figur 11.5 Förslag till värmeförsörjningsanläggning

11.2.3 Värmelagring

Värmelagret dimensioneras för lagring av energi för ett helt år. Vid direkt uppladdning med ytvatten från Höje å kan en temperatursänkning på 10°C på det vatten som sedan uttas vid urladdningen påräknas, se avsnitt 3.3. Erforderlig lagringsvolym beräknas härmed till nära 2 miljoner m³. Med en lagertjocklek på 15 à 20 m erfordras en yta av storleken 300x 400 m². Med en brunnskapacitet av 25 à 30 l/s blir effekten ca 1,2 MW per brunnspar. Härmed erfordras 3 brunnspar för täckning av förångareffekten, ca 3,3 MW. Värmelagret föreslås därför bli utförd med 3 centralbrunnar. För effektiv styrning av lagringen bör dock 4 hörnbrunnar väljas. För cirkulation av grundvattnet åtgår en mindre mängd pumpenergi, ca 0,5 GWh/år.

Värmelagret föreslås efter närmare undersökning bli placerat norr om industriområdet, se fig. 11.5. Värmelagret anses ej utgöra något hinder för eventuell annan planerad verksamhet inom området. Brunnsplacering och ledningsdragning kan dock behöva ske med hänsyn till dylik verksamhet.

Genom utnyttjande av soldammar för extra uppvärmning av ytvattnet kan det lagrade grundvattnets temperatur höjas. Detta medför sedan viss förbättring av driftekonomin genom minskat elbehov för drift av värmepumparna. Med den på fig. 11.5 visade soldammen fås relativt långa ledningar till värmväxlaranläggningen. Eventuellt kan dock närmare befintliga dammar användas för ändamålet.

11.2.4 Värmedistribution

Den bebyggelse som föreslås bli betjänad av värmeförsörjningsanläggningen karakteriseras av att befintliga byggnader är koncentrerade mot norr och öster, medan den planerade bebyggelsen är samlad mot söder och väster. Detta möjliggör att två separata värmeförsörjningssystem för skilda behov kan anläggas utan nämnvärda extra kostnader. Installationerna i befintlig bebyggelse torde kräva att fjärrvärmesystemet här dimensioneras på konventionellt sätt för temperaturer 120°/70° i fram- resp returledningen. Troligen kan dessa dock sänkas något till exempelvis 100°/60°. Uppvärmningssystemen för den planerade bebyggelsen bör däremot utföras för lågtemperaturanvändning som gynnar användning av värmepump.

De två fjärrvärmesystemen som bör drivas vid olika temperaturnivåer, föreslås bli anslutna till var sin värmepumpanläggning. Genom olika kopplingar mellan värmepumpanläggningarna och fjärrvärmesystemen kan gynnsamma driftförhållanden erhållas, jfr följande avsnitt 11.3.

Drifttemperaturerna i värmeförsörjningssystemet bestäms under den kalla årstiden av uppvärmningsbehovet. Under den varma årstiden är däremot tappvarmvattnet bestämmande för valet av temperaturnivå. Utgående vattentemperatur från undercentralerna i lågtemperatursystemet har då förutsatts hållas på 55°C. Detta fordrar en framledningstemperatur i fjärrvärmesystemet på ca 60°C. I den normaltempererade delen av systemet räknas med lite högre temperaturer. Något lägre drifttemperaturer bör dock kunna accepteras varmed driftekonomin kan förbättras något.

11.3 Drift av systemet

11.3.1 Driftförhållandena vintertid

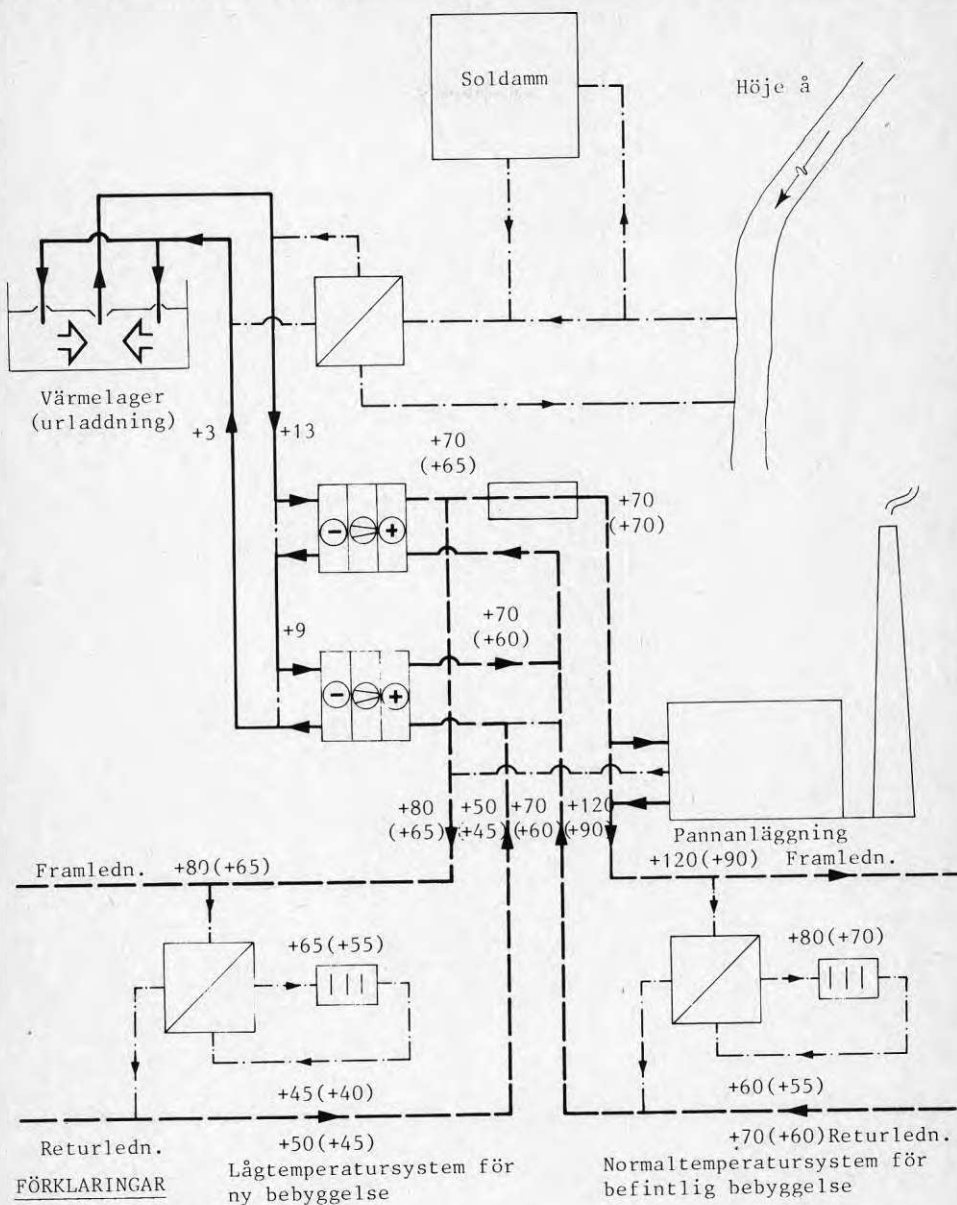
På fig. 11.6 visas driftsförhållandena under vintern schematiskt. Här anges även överslagsmässigt bedömda driftstemperaturer för "normala" vinterförhållanden.

Driften av värmepumpanläggningarna baseras på att det "kalla" returvattnet från lågtemperatursystemet tillförs värmepumpanläggning 1. Med denna höjs temperaturen till nivån för returvattnet från det normaltempererade systemet. Bägge returvattnen tillförs sedan värmepumpanläggning 2. Temperaturen höjs här till nivån för framledningstemperaturen i lågtemperatursystemet. Eftervärmning kan sedan ske med hetgasvärmare, där den heta gasen från värmepumparnas kompressorer utnyttjas. Slutligen höjs temperaturen till den normaltempererade framledningen med hjälp av pannanläggningen. Vid behov kan detta även ske för tillförseln till lågtemperatursystemet.

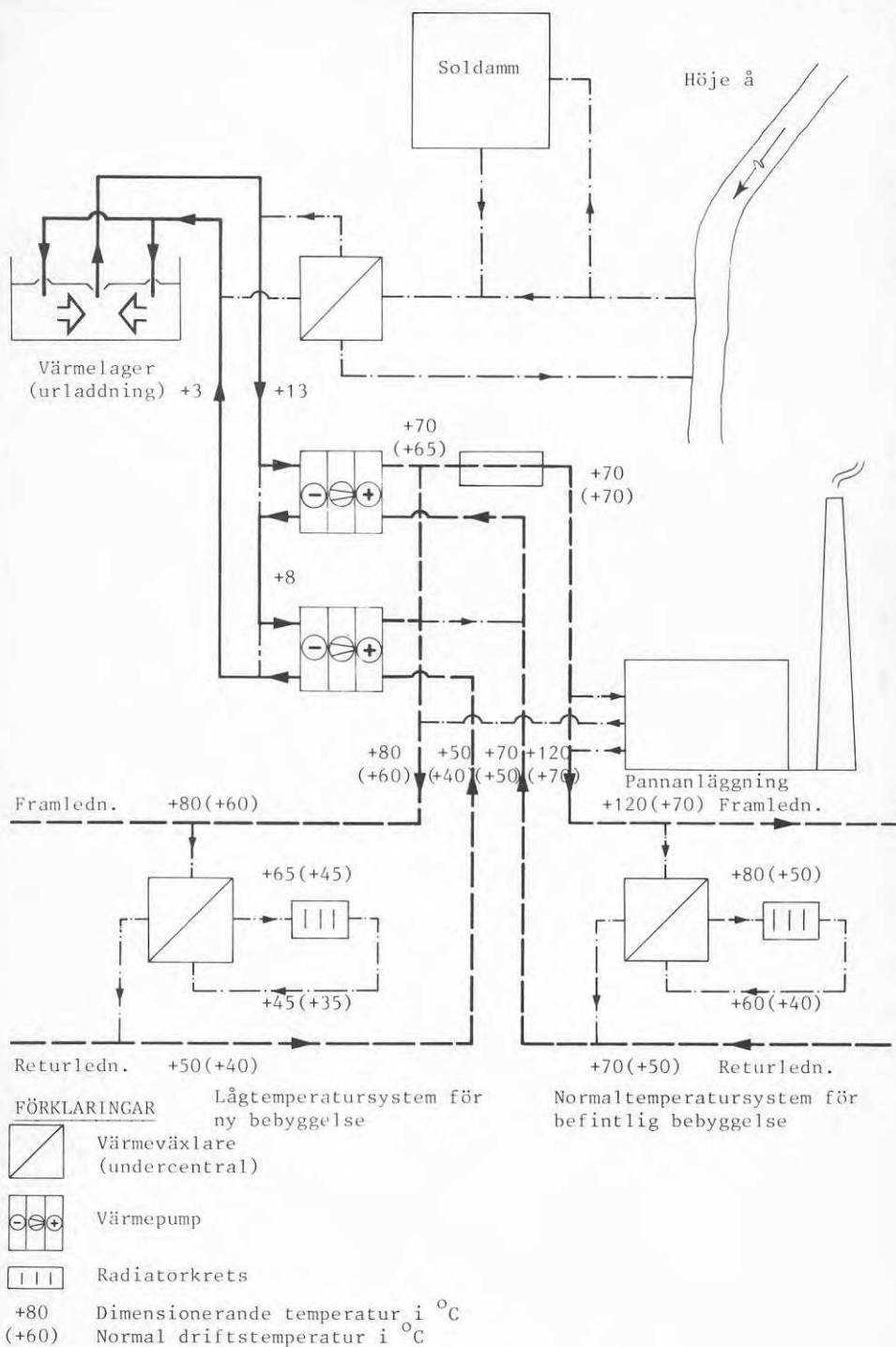
Det varma grundvattnet som uttas från värmelagret som värmekälla för värmepumparna tillförs först anläggning 2. Efter nerkyllning ca 4°C i denna anläggning vidareförs vattnet till anläggning 1 där det kyls ytterligare ca 6°C. Genom detta förfaringssätt kan värmepumparna drivas optimalt med "temperaturlyft" av samma storlek i de bägge anläggningarna.

11.3.2 Driftförhållandena under vår och höst

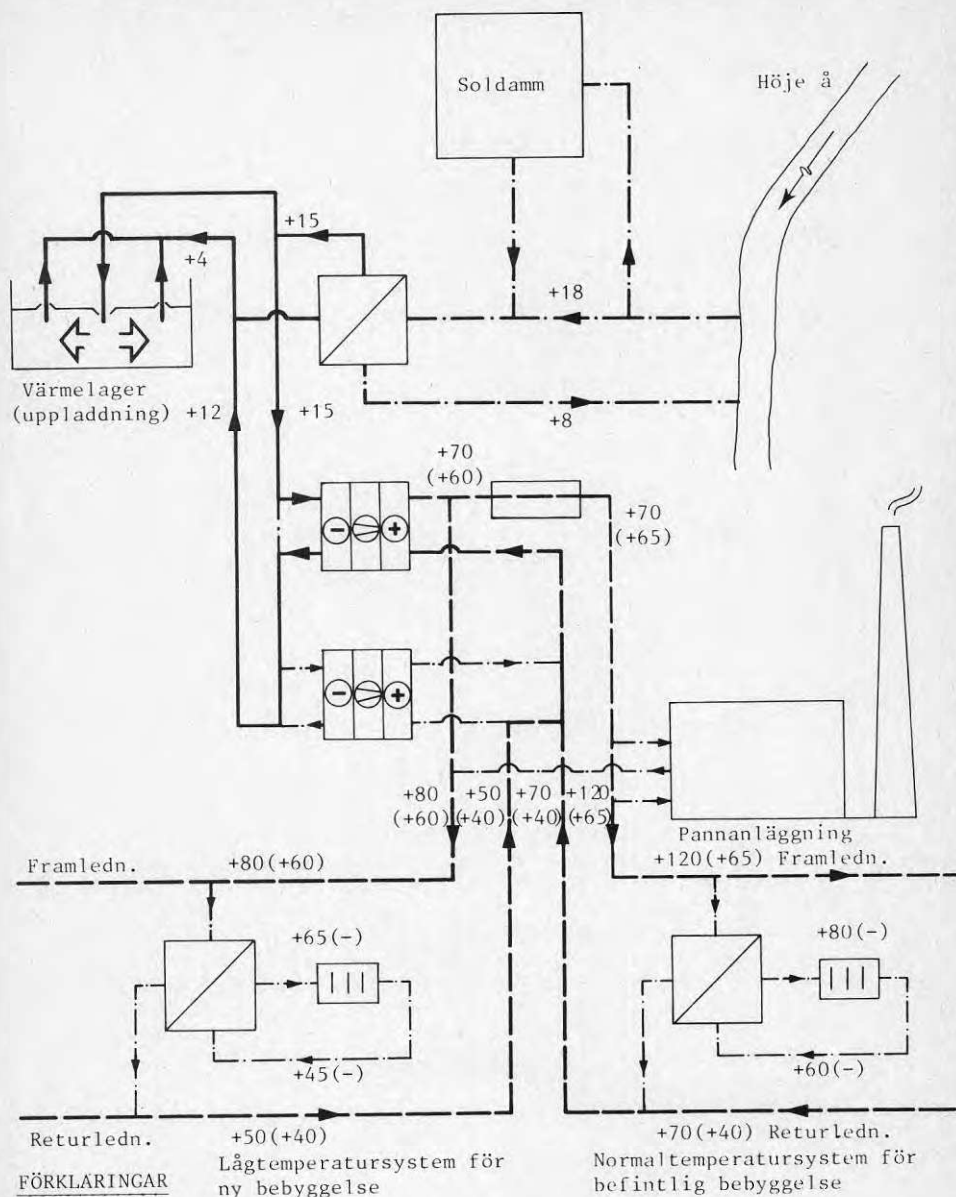
Under vår och höst är uppvärmningsbehovet begränsat. Temperaturnivåerna i de två systemen bör då sänkas så långt detta är möjligt. Om installationerna i befintlig bebyggelse medger en kraftig sänkning av temperaturerna i det normaltempererade nätet kan värmepumpanläggningarna drivas på principiellt samma sätt som under vinterförhållandena. Om däremot en betydligt högre framledningstemperatur krävs i det normaltempererade nätet än i det lågtemperera-



Figur 11.6 Värmeförsörjningsanläggning
Driftsförhållandena vintertid



Figur 11.7 Värmeförsörjningsanläggning
Driftsförhållandena under vår och höst



Figur 11.8 Värmeförsörjningsanläggning
Driftsförhållandena sommartid

de bör de två ledningssystemen drivas separat från var sin värmepumpanläggning på sätt som illustreras på fig. 11.7. Härvid kan undvikas att framledningstemperaturen i det lågtempererade nätet höjs onödigt mycket eller att pannanläggningen behöver tas i drift för slutjustering av temperaturen i det normaltempererade systemet.

11.3.3 Driftförhållandena sommartid

Under sommarhalvåret drivs fjärrvärmesystemen för produktion av tappvarmvatten. Driften bör kunna ske med nära nog samma temperatur i de två ledningssystemen. Eftervärmning av vattnet till det normaltempererade systemet kan dock ske med hetgasvärmaren. Då värmebehovet är litet drivs enbart den ena av värmepumpanläggningarna.

Under sommaren sker samtidigt uppladdning av värmelagret. Uttaget av ytvatten från Höje å beräknas då under en 4-månaders period uppgå till ca 120 l/s. Detta motsvarar omkring 20 % av normalt vattenflöde i ån under torrperioder. I samband med uppladdningen uttas uppvärmt grundvatten för drift av värmepump-anläggningen. Denna kan då med fördel drivas så att värmekällans temperatur endast sänks ett fåtal grader. Förhållandena illustreras på fig. 11.8.

11.4 Ekonomi

11.4.1 Anläggningskostnader

Anläggningskostnaderna för den föreslagna värmeförsörjningsanläggningen enligt fig. 11.5 har sammanställts nedan. I sammanställningen har ej medtagits kostnader för anslutning av soldamm eller andra åtgärder för framtida förbättring av driftsekonomin. Kostnaderna omfattar ej heller undercentraler och installationer i fastigheterna. Angivna kostnader omfattar projektering, kontroll och diverse men ej mervärdeskatt. Angiven kostnad för fjärrvärmesystemet förutsätter att läggningen inom de nya bebyggelseområdena samordnas med övriga anläggningsarbeten. Den upptagna posten "Övrigt" avser inledande undersökningar, juridisk behandling, marklösen, anslutningsavgifter o d.

Anläggningsdel	Värme- prod. Mkr	Värme- distr. Mkr	Totalt Mkr
Värmecentral	8,0	-	8,0
Värmelager	1,2	-	1,2
Värmeväxlaranläggning	0,6	-	0,6
Fjärrvärmenät	-	10,6	10,6
Övrigt	0,6	-	0,6
Summa	10,4	10,6	21,0

Totala anläggningskostnaden uppgår sålunda till 21 miljoner kr. Härav hänförs hälften till befintlig bebyggelse och hälften till planerad bebyggelse.

11.4.2 Årskostnader

Kapitalkostnaderna beräknas överslagsmässigt för en annuitet på 7,4 % motsvarande en realränta på 4 % och en avskrivningstid för anläggningarna på i medel 20 år.

Driftkostnaderna omfattar kostnader för underhåll, skötsel och energi. Kostnaden för elkraft omfattar taxans fasta och rörliga del samt energiskatt och förutsätts uppgå till 20 öre/kWh.

	Värme- prod. Mkr/år	Värme- distr. Mkr/år	Totalt Mkr/år
Kapitalkostnader (7,4 %)	0,77	0,78	1,55
Underhåll (1 %)	0,10	0,11	0,21
Skötsel	0,14	0,02	0,16
Elleverans, 8,0 GWh/år	1,60	-	1,60
Olja, 315 m ³ /år	0,54	-	0,54
Summa	3,15	0,91	4,06

Totalkostnaden för produktion av den samlade energimängden, 25 GWh/år, uppgår sålunda till 4,06 miljoner kr/år, vilket ger ett energipris på 16,2 öre/kWh. Denna kostnad fördelar sig på 12,6 öre/kWh för värmeproduktionen och 3,6 öre/kWh för värmedistributionen. Genom successiv utbyggnad av värmeförsörjningsanläggningen bör några nämnvärda avvikelser från angivet energipris ej behöva ske under utbyggnadsperioden.

Den angivna produktionskostnaden på 12 à 13 öre/kWh kan jämföras med den rena råenergikostnaden på 22 à 23 öre/kWh, som erhålls vid förbränning av olja (eldningsolja 1) i en pannanläggning med 75-80 % verkningsgrad. Härtill kommer kostnader för kapital,

skötsel och underhåll. Den föreslagna värmeförsörjningslösningen medför en besparing på minst 10 öre/kWh och det föreslagna värmeförsörjningssystemet är sålunda klart lönsamt.

12. TILLÄMPNING

12.1 Potentiella möjligheter

De potentiella möjligheterna för direkt utnyttjande av grundvatten enligt avsnitt 2.4 har värderats för svenska förhållanden. I en inventering av stora grundvattenmagasin för energiutvinning med värmepump har denna försörjningspotential värderats länsvis, Agerstrand m fl (1980). Den samlade disponibla grundvattentillgången har härvid bedömts motsvara basbehovet för försörjning av drygt 180 000 lägenheter. Ungefär hälften av denna tillgång eller basbehovet för omkring 90 000 lägenheter bedöms finnas i de två Skånelänen.

I en annan undersökning av möjligheterna att lagra och utvinna energi ur skånska akviferer har med en antagen grundvattenbildning om ca 50 mm/år beräknats att de teoretiskt uttagbara grundvattenmängderna i Skåne skulle kunna uppgå till ca 15 000 l/s, Kunnos m fl (1980). Med hänsyn till praktiska begränsningar är möjligheterna för uttag i större skala dock begränsade. Gjorda beräkningar har sålunda visat att totalt 7 000 - 10 000 l/s kan uttas från kommunala grundvattentäkter. Med ett försiktigt antagande att 10-15 % av de praktiskt utvinnbara grundvattenmängderna kan disponeras för uppvärmningsändamål konstateras att ca 15 000 lägenheter skall kunna försörjas med uppvärmningsenergi från utvunnet grundvatten. Genom konstgjord infiltration av ytvatten kan mängden tillgängligt grundvatten ökas.

Resultaten från de ovan refererade undersökningarna illustrerar svårigheterna med att närmare bedöma storleken av de grundvattenuttag som kan disponeras för värmeförsörjning. Osäkerheten kring dessa tillgångars storlek torde till stor del kunna hänföras till konkurrens med övriga vattenintressen. Undersökningarna visar dock att tillgångarna är av sådan storlek att de är av betydelse för landets framtida försörjning med energi för uppvärmningsändamål.

De potentiella möjligheterna för storskalig värmeförsörjning genom kombinerat utnyttjande av yt- och grundvatten enligt den föreslagna metoden har ej värderats närmare. Denna försörjningspotential får dock anses vara flera gånger större än den försörjningspotential som finns för direkt utnyttjande av grundvatten som värmekälla. Detta beror främst på att den föreslagna metoden ej är begränsad till utvinning av den mindre värmemängd som på naturligt sätt tillförs grundvattnet och som innebär uttag av stora grundvattenmängder. Vid kombinerat utnyttjande av yt- och grundvatten behöver däremot endast en liten del av grundvatten-

magasinet disponeras. Detta medför också att konkurrensen med övriga vattenintressen ej behöver bli särskilt störande. Den föreslagna metoden för storskalig värmeförsörjning representerar sålunda en potential som inom en relativt nära framtid skulle kunna ge ett väsentligt bidrag till uppvärmningen av landets bebyggelse. I detta sammanhang bör dock framhållas att där det finns förutsättningar för att med värmepump täcka uppvärmningsbehov i mindre skala genom direkt utnyttjande av grundvattnen som värmekälla kan detta ofta vara ekonomiskt fördelaktigt jämfört med tillämpning av den föreslagna metoden.

12.2 Praktiska problem

Den föreslagna metoden för värmeförsörjning bygger på att värmelagring i grundvattnen kan ske på ett kontrollerat sätt. Värmelagring vid höga temperaturer (över 40-50°C) kan ge upphov till konvektionsströmmar som kan medföra oönskad omblandning mellan varmt och kallt vatten. Vidare kan utlösning av salter från mineralkornen ge upphov till utfällningar och beläggningar i brunnar och värmeväxlare. Dessa och andra problem har ännu ej i full utsträckning belysts praktiskt genom försök i större skala. Teoretiska studier och försök av mer orienterande karaktär visar emellertid att dessa problem kan medföra vissa begränsningar för tillämpning av lagringstekniken vad avser höga temperaturer.

För lagring vid låga temperaturer av här aktuell storlek (under 20-30°C) är dessa problem dock obefintliga. Förutom av teoretiska överväganden bekräftas detta av bl a mångåriga erfarenheter från vattenförsörjningsanläggningar baserad på konstgjord infiltration. Vissa andra problem kan dock göra sig gällande vid lågtemperaturlagringen. Sålunda kan önskat läckage från värmelagret, exempelvis via sprickor i den underliggande berggrunden, behöva belysas praktiskt. Vidare kan problem orsakas av vattenkemiska förändringar om luft i större mängd får tillgång till det slutna cirkulationssystemet för grundvattnet. De problem som anknyter till metoden med värmelagring vid låg temperatur bedöms dock ej vara begränsande för teknikens tillämpning, utan endast av viss betydelse för metodens ekonomi.

12.3 Utvecklingsbehov

Betydelsen av de ovan beskrivna praktiska problemen för värmelagringen kan skifta med hänsyn till hydrogeologiska förutsättningar och grundvattenkvalitet. För att få ett fullständigt underlag för planering och dimensionering av värmeförsörjnings-

anläggningar av föreslagen typ fordras därför praktiska erfarenheter från några anläggningar för värmelagring i olika typer av grundvattenmagasin. Vidare erfordras detaljutformning och dimensionering av en eller eventuellt ett par demonstrationsanläggningar samt efterföljande driftuppföljning. Även i samband med den juridiska prövningen av etableringen av de första anläggningarna kan det förväntas att erfarenheter av allmän betydelse för framtida anläggningar kan vinnas.

Innan en värmeförsörjningsanläggning av föreslagen typ kan etableras fordras vissa förundersökningar. Dessa bör omfatta dels en översiktlig studie av systemutformningen, dels fältundersökningar av de geohydrologiska förhållanden. Dessa förundersökningar kan i sämsta fall leda till slutsatsen att de lokala förutsättningarna för etablering av den föreslagna anläggningen är otillräckliga, vilket då normalt kan ske i ett tidigt skede. Förundersökningarna kan sålunda anses representera ett ekonomiskt risktagande. Kostnaderna för förundersökningarna utgör dock normalt endast en mindre del av de besparingar som kan göras under ett enda års drift med den färdiga anläggningen jämfört med fortsatt drift av ett konventionellt oljebaserat uppvärmningssystem.

För att uppnå störst möjliga ekonomiska vinster och minska oljeberoendet finns sålunda anledning att snabbt satsa på en bred utveckling av den föreslagna metodiken. Detta behov förstärks ytterligare av att ett överskott på elkraft, som lämpligen kan utnyttjas som drivenergi till värmepumpar, förväntas komma att finnas under de närmaste åren. En dylik bred satsning bör omfatta en sammanfattande uppföljning av de första projekten som bör utväljas i syfte att ge en allsidig belysning av metodiken. I samband härmed bör metodens potentiella möjligheter kartläggas och bättre utvecklas. Utvecklingsarbetet bör bl a ta sikte på att förbättra driftekonomin genom komplettering med solfångaranläggningar m m. Vidare erfordras en studie av vilka alternativa drivkällor för värmepumparna, som kan komma till användning i framtiden, när ett elöverskott ej längre kan påräknas.

LITTERATUR

- Glas, Lars-Olof, 1978. Värmepumpboken. (Ingenjörsvetenskapliga Förlaget.) Stockholm.
- Johnson, Jacob, 1980. Naturliga variationer hos grundvattnets temperatur i svenska friktionsjordar. (Vannet i Norden.) Nr 1 - 1980, p. 43-59.
- Andersson, Sören m fl, 1978. Värmelagring i naturliga grundvattenmagasin, NE 2060 261. (AIB.) Stockholm.
- Andersson, Sören m fl, 1980. Heat Storage in Natural Ground Water Basins, Stage II, NE 2060 262. (AIB.) Stockholm.
- Hydén, Hans & Lemmeke, Leif, 1980. Värmelagring i grundvatten, NE-projekt 2060 591, etapp 1. (VBB.) Stockholm & Malmö.
- Hydén, Hans & Lemmeke, Leif, 1981. Värmelagring i grundvatten, NE-projekt 2060 592, etapp 2. (VBB.) Stockholm & Malmö.
- Pinder, Georg F, Kinnmark, Ingemar P E & Voss, Clifford I Voss, 1980. GAFETTA A Galerkin Asymmetric Finite Element Thermal Transport Aquifer Model, bilaga till rapport angående NE-projekt 2060 592. (KTH.) Stockholm.
- Winqvist, Gustav, Brinck, Sven & Leander, Bo, 1969. Alnarpsströmmen. Utredning rörande vattentillgång och dess lämpliga utnyttjande. (VBB.) Malmö.
- Leander, Bo, Hydén, Hans & Brinck, Sven, 1979. Alnarpsströmmen. Matematisk modellstudie. (VBB.) Malmö.
- Agerstrand, Torgny & Ericsson, Lars O, 1980. Energi ur grundvatten. Inventering av stora grundvattenmagasin för energiutvinning med värmepump. Slutrapport, NE-projekt 2060 551. (VIAB AB.)
- Kunnos, Gustav, Leander, Bo & Troedson, Ulf, 1980. Skånska akviferer. Möjligheter att lagra och utvinna energi. (Statens råd för byggnadsforskning.) Rapport R106:1980. Stockholm.

**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 810367-3
från Statens råd för byggnadsforskning till VBB AB,
Malmö.**

R126: 1981

ISBN 91-540-3597-X

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr:6700426

**Abonnemangsgrupp:
W. Installationer**

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

Cirkapris: 30 kr exkl moms