



Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek och är fritt att använda. Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.



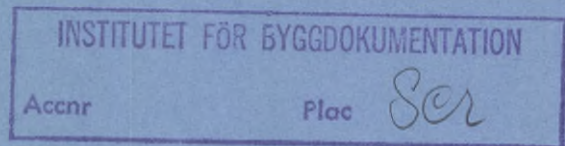
**Rapport**

**R146:1983**

**Lagring av ytvattenvärme  
i sandakvifer för Fjärrvärme-  
system i Klippan**

**Förprojektering**

**Ann Emmelin  
Hans Hydén  
Leif Lemmeke**



**Bygghforskningsrådet**

R146:1983

LAGRING AV YTVATTENVÄRME I SANDAKVIFER FÖR  
FJÄRRVÄRMESYSTEM I KLIPPAN

Förprojektering

Ann Emmelin  
Hans Hydén  
Leif Lemmeke

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag  
810713-5 från Statens råd för byggnadsforskning  
till Vattenbyggnadsbyrån AB, Stockholm.

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

R146:1983

ISBN 91-540-4043-4

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

LiberTryck Stockholm 1983

## INNEHÅLL

### SAMMANFATTNING

1	INLEDNING .....	1
1.1	Bakgrund .....	1
1.2	Syfte och mål .....	2
1.3	Genomförande .....	2
2	RÖNNEÅ SOM VÄRMEKÄLLA .....	5
2.1	Avrinningsområde och vattenföringar .....	5
2.2	Åvattnets temperatur .....	5
2.3	Tillgänglig laddtemperatur .....	6
2.4	Vattenkvalitet .....	7
2.5	Planerade vattenuttag .....	7
3	HYDROGEOLOGISKA FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR VÄRMELAGER .....	8
3.1	Hydrogeologiska förhållanden .....	8
3.2	Hydraulisk analys .....	8
3.3	Grundvattenkvalitet .....	12
3.4	Principutformning av värmelager .....	13
3.5	Hydraulisk kapacitet .....	14
4	DATORSIMULERING AV VÄRMELAGER .....	16
4.1	Datorprogrammet .....	16
4.2	Modell av det planerade lagret .....	16
4.3	Driftstrategi .....	19
5	VÄRMEFÖRSÖRJNINGSSYSTEM .....	24
5.1	Beskrivning av värmeproduktions- systemet .....	24
5.2	Dimensionering av värmepumpsystemet .....	25
5.3	Pumpstation och överföringsledningar .....	27
5.4	Värmeväxlaranläggning .....	27
5.5	Grundvattenbrunnar .....	28
5.6	Vattenbehandlingsanläggning .....	29
5.7	Värmecentral med värmepump .....	30
5.8	Fjärrvärmesystem .....	30
6	EKONOMISK ANALYS .....	32
6.1	Investeringskostnader .....	32
6.2	Finansiering .....	32
6.3	Värmeproduktionskostnader .....	32
6.3.1	Kapitalkostnader .....	32
6.3.2	Driftkostnader .....	33
6.3.3	Årskostnader .....	33
7	TILLSTÅNDSFRÅGOR .....	35
7.1	Planerad verksamhet .....	35
7.2	Lagstiftning .....	35
7.3	Ansökningsförfarande .....	36
8	FORTSATT HANDLÄGGNING .....	38
8.1	Handläggningsförfarande .....	38
8.2	Tidplan .....	39

### REFERENSER

## BILAGOR

- Bilaga 2.1 Ytvattenkvalitet, Rönneå, tabell
- Bilaga 3.1 Siktkurvor från jordprov tagna vid punkterna P4, P5, P6 och P8
- Bilaga 3.2 Provpumpningsresultat, avsänkningar och beräknad transmissivitet, tabell och diagram
- Bilaga 3.3 Grundvattenkvalitet, tabell
- Bilaga 3.4 Beräknade grundvattenytor inom lagerområdet
- Bilaga 5.1 Värmepumpanläggning, principschema

## SAMMANFATTNING

En förprojektering har utförts av ett säsongsvärmelager i grundvatten för det planerade fjärrvärmenätet i Klippans tätort. Värmelagret skall tillsammans med ytvatten från Rönneå användas som värmekälla för en värmepump. Lagret laddas sommartid med värme från ån via värmeväxlare.

Avsikten är att värmepumpanläggningen i princip ska täcka fjärrvärmenätets baslast och i en första etapp ska en värmepumpeffekt av 2 MW byggas ut. Värmepumpanläggningen beräknas kunna producera ca 16 GWh/år med en värmefaktor på 2,8.

Anläggningskostnaden är beräknad till 12 Mkr. Kostnaden för värmeproduktion med värmepumpanläggningen vid full utbyggnad av fjärrvärmenätet understiger 0,2 kr/kWh vid realränta 5 % och 15 års avskrivningstid.

Föreliggande rapport avses utgöra underlag för detaljprojektering och byggande av anläggningen som beräknas kunna tas i drift under hösten 1984.





## 1.1 Bakgrund

Sedan 1979 har VBB tillsammans med Klippans kommun och en större lokal industri, Extraco AB, med stöd från Nämnden för energiproduktionsforskning, NE, arbetat med ett projekt för värmelagring i grundvatten, se Hydén, Lemmeke (1980) och (1981). Projektet avsåg ursprungligen att klarlägga möjligheterna för utnyttjande av industriell spillvärme för uppvärmning av befintlig och planerad bebyggelse belägen inom Stidsvig-Ö Ljungby-området nära industrin. Då spillvärmen, som avleddes med industrins kylvatten, endast är tillgänglig sommartid erfordras någon billig form för säsongslagring av värme. Projektet koncentrerades därför på att praktiskt belysa möjligheterna för säsongslagring i grundvatten av lågvärdig värme, dvs värme vid relativt låga temperaturer omkring 20-40°C.

Som ett led i detta arbete framtogs bl a en allmänt tillämpbar principlösning för inbördes placering och drift av uttags- och infiltrationsbrunnar, vilken ger möjlighet att styra och sammanhålla den inlagrade värmen samt kompensera för eventuella naturliga grundvattenflöden inom lagringsområdet. Vidare utvecklades en allmänt användbar datormodell för analys och beskrivning av de hydrauliska och termiska processerna i och kring ett värmelager, Pinder m fl (1980).

Parallellt med detta utvecklingsarbete har VBB framtagit principförslag till det ovan beskrivna förfarandet för kombinerat utnyttjande av yt- och grundvatten som värmekälla. Förslaget, som har publicerats med stöd från BFR, Lemmeke (1981), bygger - i stället för på användning av industriell spillvärme - på tillvaratagande av "naturlig" värme genom indirekt utnyttjande av solinstrålningen. I BFR-rapporten redogörs också för de begränsningar som normalt gör sig gällande vid separat användning av olika värmekällor.

För att klarlägga i vilken omfattning lokala hydrogeologiska förutsättningar medger tillämpning av den föreslagna principlösningen med kombinerat utnyttjande av yt- och grundvatten som värmekälla för stora värmepumpar, har en potentialstudie, Hydén, Emmelin (1983) utförts. Studien har omfattat en länsvis genomgång av möjligheterna för värmeuttag och värmelagring i anslutning till samtliga medelstora och stora samhällen inom landet. Härvid har på restriktiva grunder över 200 samhällen lokaliserats där metoden beräknas kunna komma till användning. Den samlade försörjningspotentialen för dessa anläggningar beräknas motsvara en oljeanvändning på omkring 1½ miljon m<sup>3</sup>/år eller omkring 18 % av Sveriges samlade oljeanvändning för byggnadsuppvärmning.

Under tiden som utvecklingsarbetet pågått har förutsättningarna för ett värmelagringsprojekt i Stidsvig förändrats. Spillvärmertilgången har minskat genom interna åtgärder inom fabriken och den planerade nybyggelsen av bostäder har skjutits på framtiden.

Under tiden har också beslut fattats om en utbyggnad av fjärrvärmeförsörjning i Klippans tätort. Värmeunderlaget har härvid beräknats motsvara en värmeproduktions-effekt av 24 MW. Värmecentralen planeras förläggas i anslutning till en nedlagd kommunal grundvattentäkt där förutsättningar finns att direkt installera en grundvattenvärmepump med ca 1 MW värmeeffekt. Genom att tillämpa det ovan nämnda förfarandet med kombinerat utnyttjande av vatten från Rönneå och grundvatten som värmekälla skulle värmepumpens storlek kunna ökas till 2-4 MW.

Mot bakgrund av nämnda förhållanden har det varit naturligt att den tredje etappen i detta utvecklingsprojekt avseende värmelagring i grundvatten i Klippans kommun, omfattande en förprojektering av en anläggning finansierad med medel från BFR, som tillämpningsexempel valt anläggningen i tätorten. Förprojekteringen avser en första utbyggnadsetapp innefattande en värmepump-anläggning med 2 MW värmeeffekt. I en senare utbyggnadsetapp kan tillkomma ytterligare 1 MW värmepumpeffekt och vissa installationer dimensioneras för detta redan i första etappen.

## 1.2 Syfte och mål

Projektet har syftat till att genom en förprojektering dimensionera en anläggning av aktuellt slag, ta fram underlag för teknisk detaljutformning, göra tillförlitliga lönsamhetsberäkningar och förbereda legalisering.

Målet med projektet har varit att det redovisade resultatet ska kunna utgöra underlag för detaljprojektering och byggande av en värmeproduktionsanläggning av aktuellt slag.

## 1.3 Genomförande

Det värmetekniska underlaget för arbetet har varit utförd fjärrvärmeutredning, VBB (1982).

I denna har förutsättningarna för etablering av fjärrvärme inom Klippans tätort närmare studerats. Härvid har konstaterats att underlag finns för utbyggnad av ett fjärrvärmenät med en anslutningseffekt på ca 30 MW. Det föreslagna fjärrvärmenätet har dimensionerats och kostnadsberäknats för dels konventionellt normaltempererat utförande (120/70°C system), dels

lågtempererat utförande (95/65°C system). Merkostnaden för lågtemperaturutförandet, som ger möjlighet för värmeproduktion med värmepump på ekonomiskt gynnsammare villkor, har härigenom visats vara av begränsad storlek, mindre än 10 % av totala kostnaden för anläggande av distributionsnätet. Den angivna anslutningseffekten beräknas motsvara en värmeproduktionseffekt på 24 MW.

En översiktlig bedömning av de hydrogeologiska förhållandena visade att det borde vara möjligt att anlägga ett lagersystem som kan försörja en värmepump med ca 3 MW värmeeffekt och kontinuerlig drift under hela året. Den naturliga grundvattentillgången räcker för ca 1 MW avgiven värmeeffekt. Värmelagret utgörs av ett grundvattenmagasin i en sandformation som är underlagrad av lera. De vattenförande lagrens mäktighet är ca 5 m. Befintlig vattentäkt har en kapacitet av ca 30 l/s.

Inledningsvis har inventerats befintliga anläggningar (brunnar, ledningar, vattenverk etc) så att möjligheterna att utnyttja dessa i ett etappvis utbyggt lagersystem klarlagts.

Värdering av värmekällan, Rönneå, med hänsyn till vattenföring, temperatur och vattenkvalitet har utförts.

Ett fullt utbyggt värmelager kommer troligtvis att innefatta brunnar både norr och söder om vattenverksområdet för tillförsel och uttag av vatten i lagret. Möjligheterna att anlägga nödvändiga brunnar och samlingsledningar med hänsyn till nuvarande och planerad markanvändning har värderats.

Några befintliga brunnar har provpumpats för att fastställa brunnarnas och grundvattenmagasinets hydrauliska egenskaper.

Kompletterande provborrningar med jordprovtagning har genomförts så att verifiering erhållits av möjligheterna att anlägga de brunnar som krävs i ett fullt utbyggt lagersystem. Borrningarna har även givit underlag för projektering av dessa brunnar.

Utgående från de data som erhållits vid inventeringsarbetet enligt ovan har gjorts en termohydraulisk analys av värmelagret med hjälp av en matematisk modell. Lämplig fördelning av infiltration och uttag av vatten i lagret under olika driftfaser har bestämts och grundvattenstånd under olika driftförhållanden beräknats.

Utgående från de förutsättningar som värmeunderlaget för fjärrvärmenätet samt de hydrogeologiska förhållandena ger har gjorts en förprojektering av värmelager och värmepumpcentral som en del i den planerade värmeproduktionsanläggningen.

En ekonomisk kalkyl av värmeproduktionskostnaden i föreslagen anläggning har utförts.

En värdering av anläggningen har gjorts med hänsyn till försörjningssäkerhet och miljöpåverkan som underlag för ansökningar om tillståndsprövning.

## 2 RÖNNEÅ SOM VÄRMEKÄLLA

## 2.1 Avrinningsområde och vattenföringar

Rönneå har sitt tilllopp i Västra Ringsjön och rinner i huvudsakligen nordvästlig riktning mot utloppet i havet i Ängelholm. Ån passerar därvid tätorterna Ljungbyhed och Klippan. Ett uppskattningsvis 2 000 km<sup>2</sup> stort och långsmalt område avvattnas av ån. Ungefär halva avrinningsområdet är beläget uppströms Klippan.

Som underlag för bedömning av ån som värmekälla har utnyttjats data från rapport till Rönneåns vattenvårds-kommitté, Enell (1981), samt mätningar av vattenföring och vattentemperatur företagna under perioden februari 1981 till januari 1983. Mätningar har därvid skett vid 2 stationer, Forsmöllan som är belägen ca 1 km uppströms och Stackarpsbro belägen ca 1 km nedströms det planerade intaget.

Vattenföringen kan uppvisa stora skillnader mellan olika år. De karakteristiska vattenföringarna vid Forsmöllan är:

Högsta högvattenföring	77 m <sup>3</sup> /s
Normal högvattenföring	48 m <sup>3</sup> /s
Medelvattenföring	10 m <sup>3</sup> /s
Normal lågvattenföring	2,2 m <sup>3</sup> /s
Lägsta lågvattenföring	0,16 m <sup>3</sup> /s

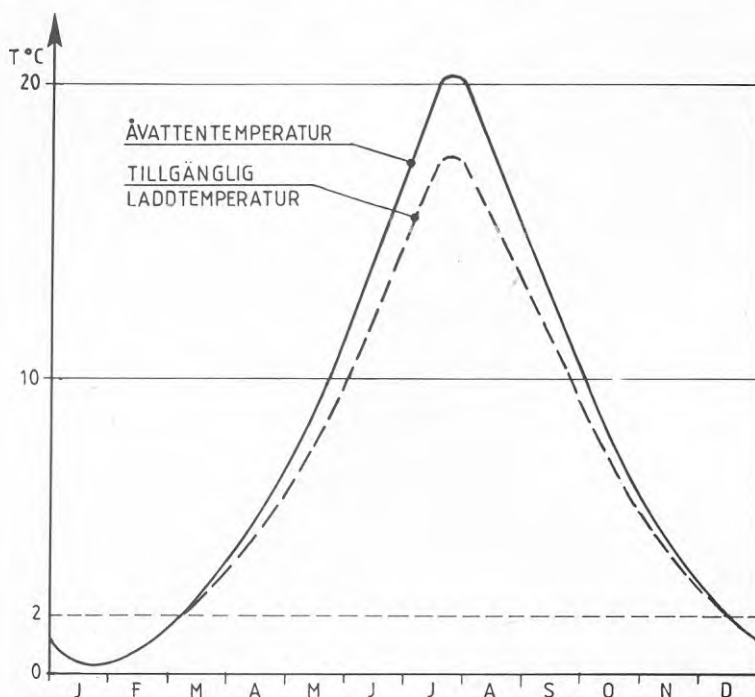
Under observationsperioden varierar vattenföringen mellan 1,5 m<sup>3</sup>/s och 33 m<sup>3</sup>/s, lågvattenföringen uppmätt juli 1981. Lägsta vattenföring 1982 uppmättes i september till 2,5 m<sup>3</sup>/s. På basis av de två mätåren kan vattenföringen under lågvattenmånaderna juni-september sägas ligga runt 3 m<sup>3</sup>/s. Under mars-april och oktober-december kan vår- och höstflod förväntas.

## 2.2 Ävattnets temperatur

En jämförelse visar att temperaturerna vid Stackarpsbro tidvis ligger någon grad högre än vid Forsmöllan. Skillnaden kan förklaras av det varmvattenutsläpp som görs från Klippans pappersbruk. Bruket är beläget mellan mätstationerna, men nedströms det planerade intaget. Mätningarna vid Forsmöllan har därför använts.

Under mätperioden föreligger sommartid relativt god överensstämmelse mellan uppmätt lufttemperatur och temperaturen under normalår (mätvärden från Ljungbyhed). Uppmätt maxtemperatur ligger 1981 något under normaltemperaturen, 1982 något över. En normalårskurva för vattentemperaturen, Figur 2.1, har uppskattats genom anpassning av de 2 årens mätvärden med hänsyn

till avvikelse från normal lufttemperatur. Ån för varmest vatten under juni-september med en topp under andra halvan av juli på drygt 20°C.



Figur 2.1 Åvattentemperatur och tillgänglig laddtemperatur, normalår.

(Förutsatt att värmeväxlaren överför 85 % av temperaturdifferensen yt - grundvatten och temperaturen på ingående grundvatten är +2°C).

### 2.3 Tillgänglig laddtemperatur

I den föreslagna anläggningen förutsätts en värmeväxling ske från åvatten till grundvatten innan energin lagras in i akviferen. Vid värmeväxlingen kommer någon eller några grader att tappas. Förlustens storlek beror dels på skillnaden mellan yt- och grundvattnets ingående temperaturer, dels på värmeväxlarens egenskaper, främst dess yta. I denna förprojektering görs ingen optimering av värmeväxlaren. Istället antas lika stora yt- som grundvattenflöden samt att 85 % av temperaturskillnaden överförs. Tillgänglig maximal

laddtemperatur blir då ca 17,5°C om den ingående grundvattentemperaturen är 2°C. I själva verket kommer laddtemperaturerna att vara något högre eftersom det grundvatten som uppfordras ur akviferen tidvis har en betydligt högre temperatur. Tillgänglig laddtemperaturs årsvariation visas i Figur 2.1.

#### 2.4 Vattenkvalitet

Kontrollprogrammet för Rönneå omfattar regelbundna mätningar av vattenkvaliteten. Pga den höga produktiviteten i Ringsjöarna är både pH och alkalinitet höga i Rönneå. Även fosfor- och kvävehalterna är höga, också beroende på utläckage från omgivande jordbruksmarker och utsläpp av otillräckligt renat avloppsvatten. Konduktiviteten uppgår till ca 30 mS/m som medelvärde för åren 1978-80. I Bilaga 2.1 redovisas årsmedelvärden (1978-80) för mätningarna.

#### 2.5 Planerade vattenuttag

Vattenuttag ur ån ska göras dels för laddning av lagret sommartid, dels för direkt värmeförsörjning under den period av året ytvattnet är tillräckligt varmt, dvs minst överstiger ca 2°C.

Uttagets storlek beror av en mängd faktorer. Önskvärt är att ladda lagret under en så kort period som möjligt då ytvattnet är som varmast, begränsande är lagrets hydrauliska kapacitet. Ytvattenflödet som direkt utnyttjas som värmekälla bestäms av önskad effekt från värmepumpen och det maximala förångarflödet.

Det planerade lagret laddas med konstant flöde 40 l/s under 4 månader. Urladdning sker under en något längre tidsperiod (4,5 månader) och under resterande del av året utgör ytvattnet kompletterande värmekälla till värmepumpen. Vår och höst kommer flödet till förångaren uppgå till maximala 100 l/s, under sommaren när ytvattnet är som varmast blir förångarflödet 30 l/s.

Det totala ytvattenuttaget kommer således med ovan beskrivet driftsätt att variera mellan 100 l/s och 70 l/s. Sedan vattnet temperatursänkts återförs det till Rönneå.

### 3.1 Hydrogeologiska förhållanden

Platsen för föreslaget värmelager är vid kommunens gamla grundvattentäkt söder om järnvägen och Klippans centrala delar, se Figur 3.1. Området utgörs av obebyggd, odlad mark.

Av tidigare utredningar framgår att tillrinningsområdet för den nedlagda grundvattentäkten är ca 1 km<sup>2</sup>. Pga den begränsade naturliga grundvattentillgången infiltrerades ytvatten från Rönneå. Vattenverkets kapacitet var ca 30 l/s.

De vattenförande lagren utgörs av sand och grus som överlagrar en tät botten av lera. Berggrunden ligger på stort djup. Nivån för lerans överyta inom vattentäktsområdet såsom den framkommit vid tidigare undersökningar, framgår av Figur 3.2, som även visar grundvattennivåer uppmätta under våren 1983.

Av Figur 3.2 framgår att de vattenförande lagrens mäktighet är ca 5 m. Grundvattenytan ligger normalt ca 2 m under markytan. Lokal dränering av grundvattnet i södra delen av tätorten synes medföra att grundvattenavrinningen sker från vattentäktsområdet mot norr. En viss avrinning av grundvatten sker även söderut mot Rönneå.

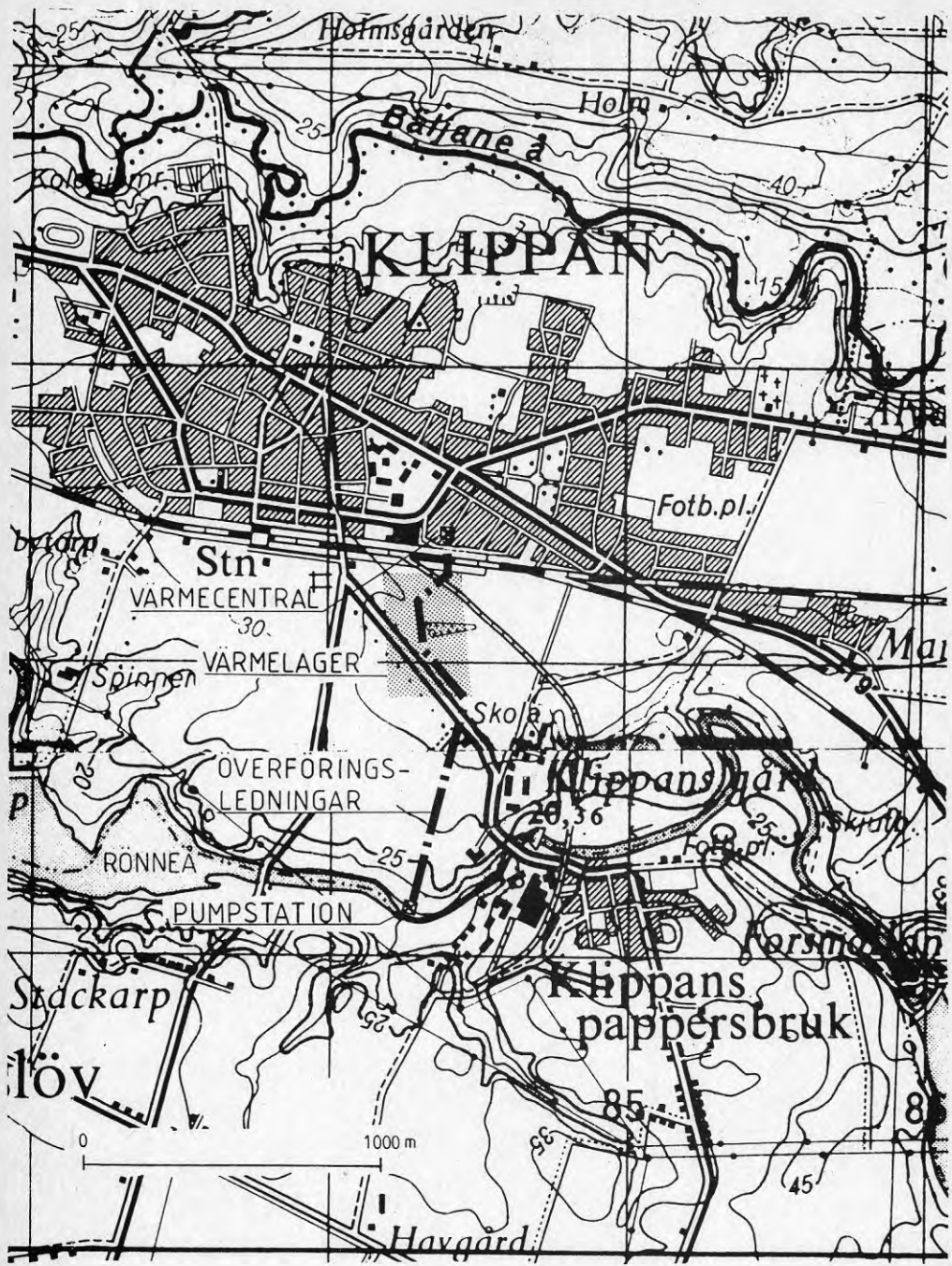
För att närmare klargöra de vattenförande lagrens uppbyggnad gjordes rekognosceringsborrningar till lerbotten i åtta punkter (P1-P8), se Figur 3.2, med kontinuerlig provtagning för siktanalys. I borrhålen kvarlämnades rör för grundvattenståndsobservationer. En geologisk sektion genom borrhämlarna visas i Figur 3.3. Siktkurvor för representativa prover redovisas i Bilaga 3.1. Borrningarna bekräftar i stort den tidigare bilden av de vattenförande lagrens utbredning inom vattentäktsområdet. Magasinet förefaller tämligen homogent och består av mellansand - sand, på några ställen något grusig - grusig. Det överlagrande, ej vattenförande lagret utgörs av något finare material. Avlagringens mäktighet ökar något mot söder, där den vattenförande delen uppgår till drygt 7 m i borrhämlpunkt P8.

Siktanalyserna antyder ett karakteristiskt värde på de vattenförande lagrens hydrauliska konduktivitet av ca  $0,5-1,0 \times 10^{-3}$  m/s.

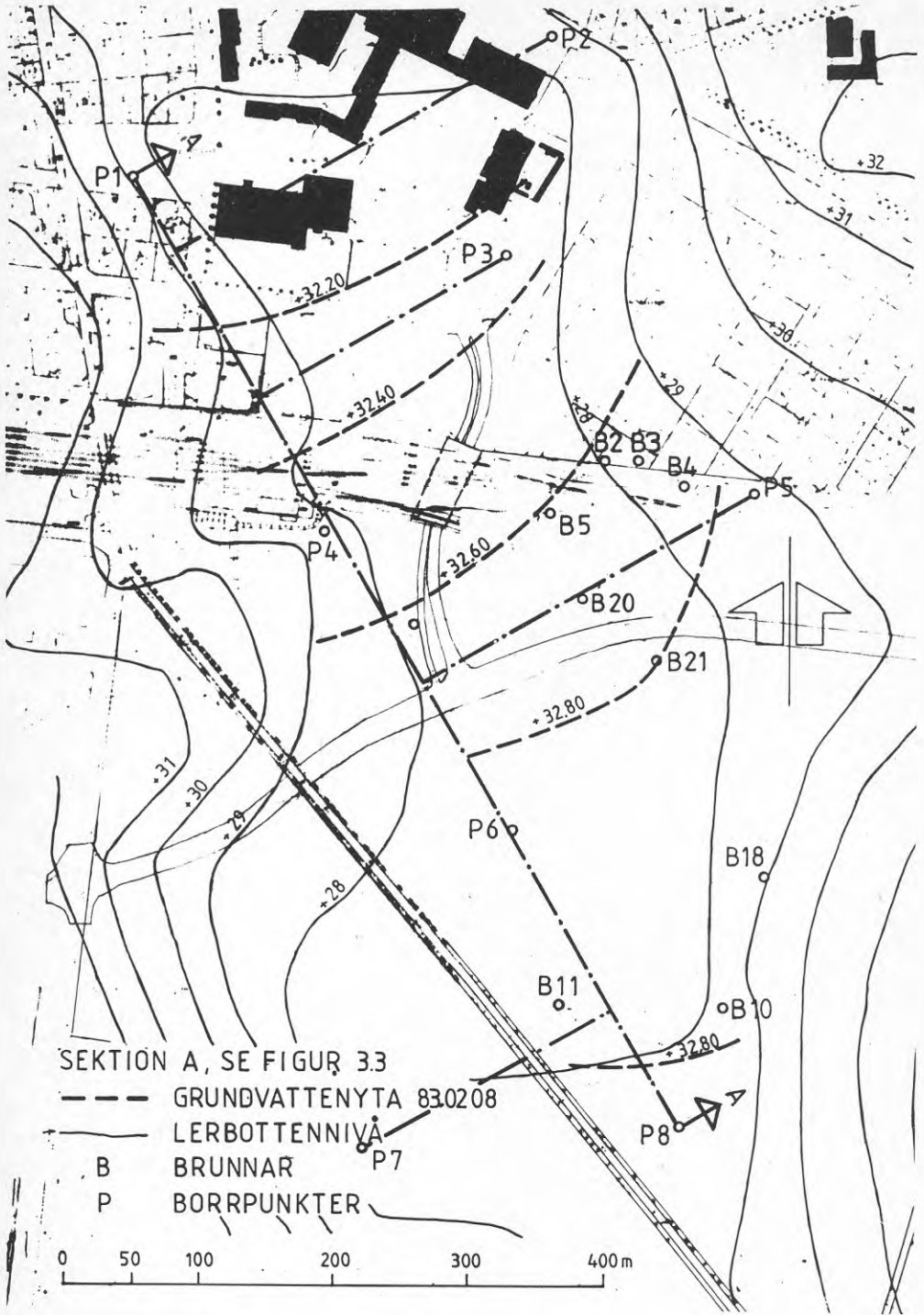
### 3.2 Hydraulisk analys

För att närmare fastställa grundvattenmagasinets hydrau-

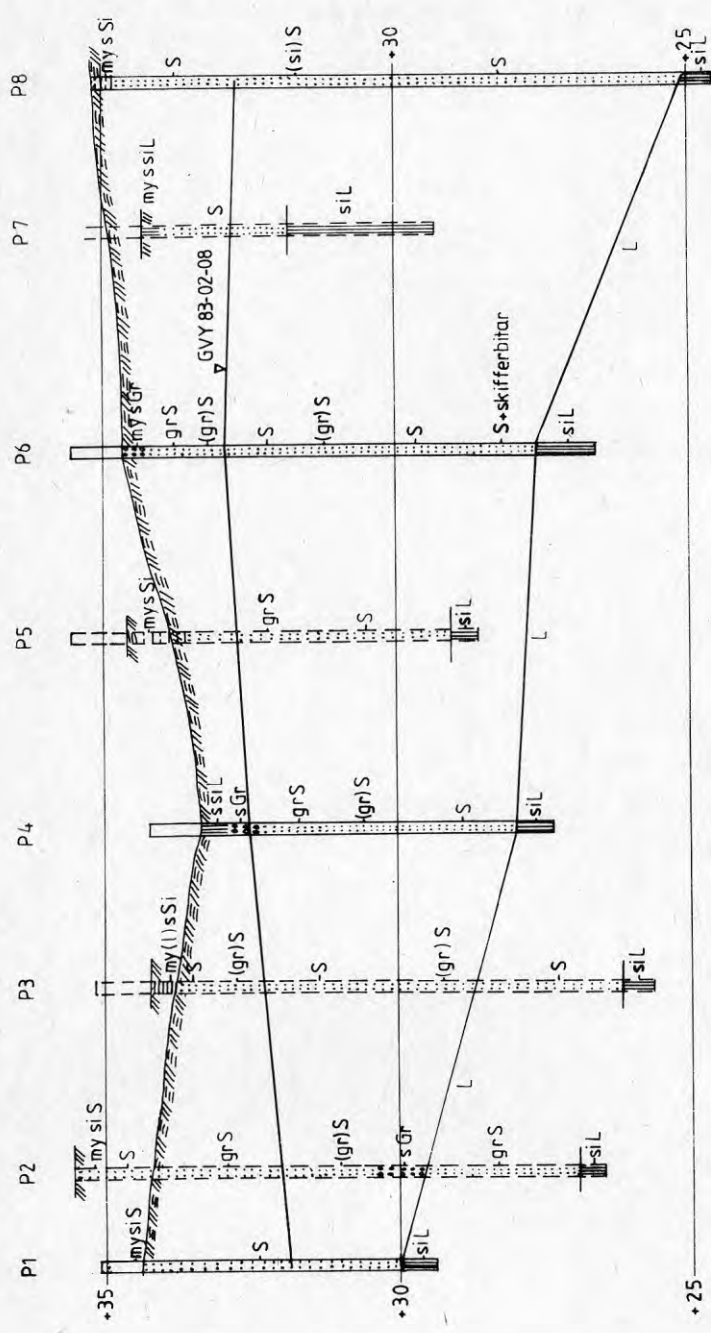




Figur 3.1 Översiktsplan  
Lagerlokalisering



Figur 3.2 Geohydrologisk plan



Figur 3.3 Sektion A  
Sammanställning av borrhningar och provtagningar  
Plan se Figur 3.2

liska egenskaper utfördes två provpumpningar. Vid dessa utnyttjades vattenverkets gamla brunnar som uttagsbrunnar och även som kompletterande observationspunkter för grundvattennivån. Brunnarna är på planen Figur 3.2 markerade med B.

Vid den första provpumpningen gjordes ett konstant uttag på drygt 9 l/s under tiden 8-15 februari i brunnen B3. Avsänkningen, liksom återhämtningen under 1 vecka mättes och utvärderades med Theis och Jacobs metoder. Efter ca 1 dygn gjorde sig inverkan av negativa hydrauliska gränser tydligt märkbar. Utvärderingen grundar sig därför på data från det första dygnet. En sammanställning av provpumpningsresultat och utvärdering redovisas i Bilaga 3.2.

Utvärderingen tyder på en transmissivitet mellan  $4 \times 10^{-3}$  och  $17 \times 10^{-3}$  m<sup>2</sup>/s vilket motsvarar en hydraulisk konduktivitet mellan  $1 \times 10^{-3}$  och  $3 \times 10^{-3}$  m/s, dvs något högre värden än det som indikeras av siktanalyserna.

Den andra provpumpningen gjordes under en vecka i april i brunnen B22. Pga för klena dimensioner hos avbördningsledningarna och en allmänt sjunkande tendens hos grundvattennivån kunde dock ej ett tillräckligt stort uttag göras för att möjliggöra en säker utvärdering.

Grundvattnets magasinskoefficient (effektiva porositet) var pga stor spridning svår att direkt bestämma från provpumpningsdata. Överslagsmässigt har den beräknats till knappt 10 %. Den totala porositeten uppskattas till 15 %.

### 3.3 Grundvattenkvalitet

Som underlag för värdering av grundvattenkvaliteten föreligger dels en äldre analys från tiden då grundvattenmagasinet utnyttjades som vattentäkt, dels en nyare analys som uttagits i samband med provpumpningen av brunn B3, Bilaga 3.3. Härav framgår att grundvattnet är medelhårt. Vattnet har vidare tämligen lågt pH, låg grumlighet och hög halt av aggressiv kolsyra. Järn- och manganhalten är dessutom låg. Uppgift föreligger dock om att järnhalten kan variera inom vattentäktområdet.

I samband med den ovan nämnda provpumpningen utfördes också en bestämning av syrehalten i grundvattnet. Enligt denna uppgick syrehalten till 5,8 mg/l, vilket bekräftar att det ytligt belägna grundvattenmagasinet står i direkt kontakt med luften.

Med hänsyn till den höga halten aggressiv kolsyra i kombination med hög syrehalt bedöms grundvattnet

ha hög korrosivitet mot vanliga konstruktionsmetaller. Däremot bör grundvattnet ej ha någon benägenhet att förorsaka kalkutfällningar.

För att minska grundvattnets korrosivitet kan Klippans äldre och nu avställda vattenverk utnyttjas. Vattnet kan därvid behandlas genom luftning (i luftningstrappa), alkalisering och snabbfiltrering. Efter luftningen bedöms vattnets halt av aggressiv kolsyra bli reducerad från ca 68 mg/l till 25 à 35 mg/l. Ytterligare reduktion av kolsyrahalten kan ske genom dosering av natronlut, soda eller kalkvatten. Vid denna behandling synes det lämpligt att reducera resthalten aggressiv kolsyra till 5 à 10 mg/l. Vid denna kolsyrahalt bedöms vattnet fortfarande ej ha någon tendens att ge kalkutfällningar i brunnarna i samband med återinfiltrationen i grunden.

Av det ovanstående framgår att grundvattnets järn- och manganhalt är låg. Emedan detta konstaterande grundar sig på ett par enstaka analyser är det angeläget att genomföra speciella provtagningar och analyser för att klarlägga vilka variationer som förekommer i vattnets kvalitet varvid följande parametrar bör ägnas störst intresse: pH, kalcium, vätekarbonat, grumlighet, susp ämnen, järn, mangan, fri kolsyra och aggressiv kolsyra.

Oberoende av förekommande variationer i renvattnets kvalitet bör man genom behandlingen i vattenverket genomgående kunna räkna med att såväl järn- som manganhalt kan hållas under 0,05 mg/l efter snabbfiltrering. Detta innebär att risken för besvärande utfällningar av järn- och manganslam under återinfiltrationen i brunnarna bör vara liten. Vid en tillförsel av 10 l/s (864 m<sup>3</sup>/d) per brunn och en antagen maximal utfällning i brunnarna av 0,04 g järn- och manganslam per m<sup>3</sup> vatten blir den avskilda slammängden i brunnarna 35 g/d, dvs ca 1 kg/mån. Detta visar att brunnarna dock bör utformas så att de vid behov kan renpumpas eller på annat sätt rengöras från slamutfällningar.

#### 3.4 Principutformning av värmelager

Lagret utformas som ett system av pulserande celler. Varje cell består av en centrumbrunn och ett antal perifera randbrunnar. Vid laddning av magasinet infiltreras varmt vatten i centrum samtidigt som motsvarande vattenmängd tas ut ur periferibrunnarna. En värmefront kommer att röra sig från centrum ut mot periferin då det kalla vattnet trängs undan och det fasta materialet värms upp. Vid uttag av den inlagrade energin tas det varma vattnet från centrumbrunnen för att efter avkylning i värmepumpen återföras till akviferen via periferibrunnarna.

Med hänsyn till de vattenförande lagrens mäktighet och utbredning bör för ett maximalt utnyttjande av tillgänglig lagervolym de i lagersystemet ingående brunnarna i princip placeras enligt Figur 3.4. Med denna brunnsformation erhålls två celler med en volym på tillsammans ca 700 000 m<sup>3</sup>. Det exakta läget för randbrunnarna bör fastställas med hjälp av enkla borrhningar.

### 3.5 Hydraulisk kapacitet

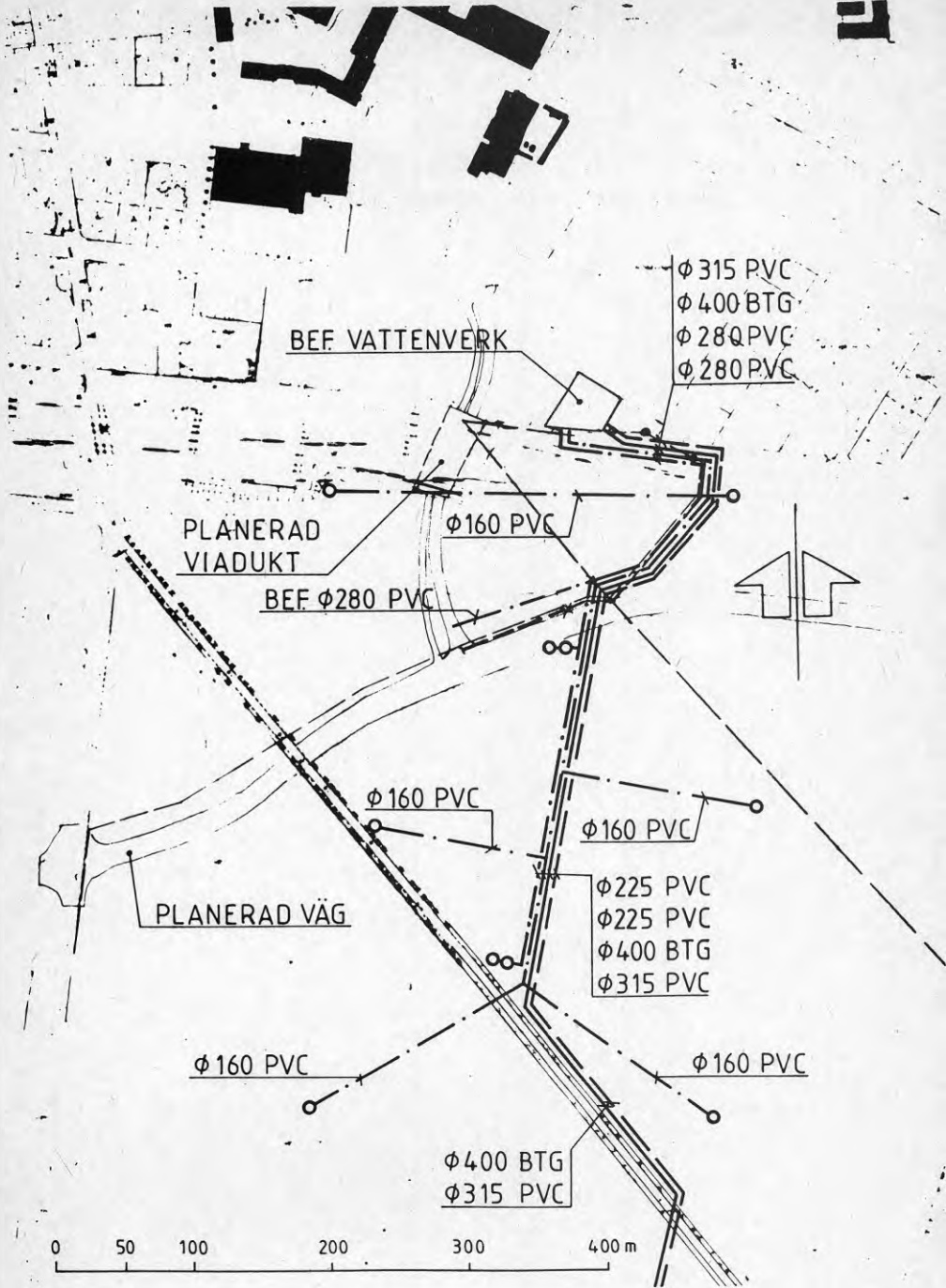
Av största betydelse för lagrets kapacitet och möjligheten att göra jämna effektuttag är storleken på infiltrations- och uttagsflödena. Dessa bestäms av magasinets hydrauliska kapacitet och begränsas av magasinets och täckande jordlagers mäktighet.

För att uppskatta möjliga flöden har beräkningar gjorts av grundvattenytans form vid olika flöden och k-värdena  $1 \times 10^{-3}$  resp  $2 \times 10^{-3}$ . Avgörande blir höjningen resp sänkningen i centrum av lagret där flödena är störst. Rimliga flöden kan ej uppnås med enbart en centrumbrunn i varje cell. Antalet celler och därmed brunnar skulle då bli alltför stort. Genom att i stället anlägga två eller fler centrumbrunnar intill varandra kan tillräckliga flöden cirkuleras utan att möjligheterna för avsänkning resp höjning av grundvattenytan överskrids.

Varje grupp av centrumbrunnar måste uppnå en kapacitet av 20-30 l/s för att ge underlag för en värmepumpeffekt av ca 1 MW och bör därför utformas i grupper om minst 2 brunnar.

Med k-värdet  $1 \times 10^{-3}$  och två brunnar är ett uttagsflöde på knappt 20 l/s och cell möjligt, medan laddflödet bör vara betydligt mindre än 20 l/s eftersom man annars riskerar att vatten läcker ut i markskikten vid centrumbrunnarna.

Är k-värdet  $2 \times 10^{-3}$  ökar med två brunnar urladdningsflödet till ca 30 l/s medan laddflödet ej nämnvärt bör överstiga 20 l/s. Beräknade grundvattenytor redovisas i Bilaga 3.4.



Figur 3.4 Föreslagen brunnsplacering och ledningsdragning

#### 4.1 Datorprogrammet

Vid simulering av lagrets verkningssätt och beräkningar av möjligt uttagbara energimängder har ett datorprogram utvecklat vid Institutionen för matematisk fysik i Lund använts, Hellström, Bennet & Claesson (1982).

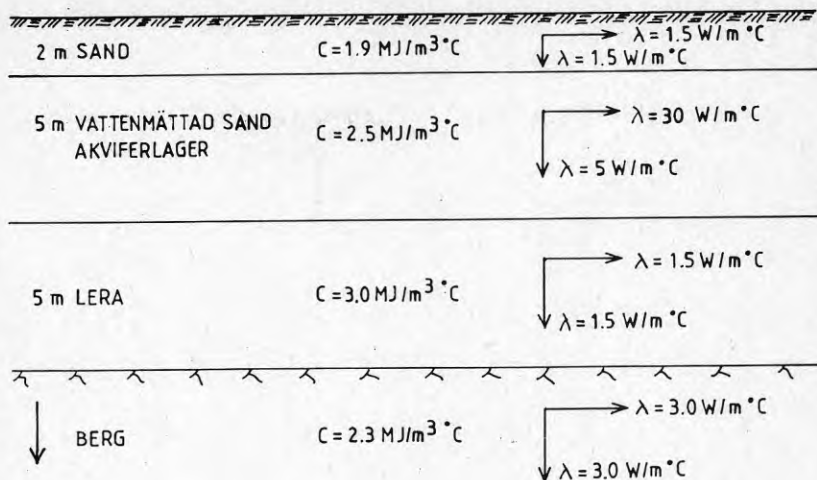
Programmet förutsätter ett cylinderformat lager med konstant mäktighet och en brunn i centrum. Lagret är begränsat av en "kransbrunn" som sträcker sig längs hela periferin. Programmet kräver förhållandevis litet datortid och är därmed billigt att använda. Den använda beräkningsmodellen ger dock för något hög verkningsgrad vilket beror på modellens exakta cylinderform som har mindre kontaktyta mot omgivningen än vad som praktiskt kan uppnås och som därför ger lägre värmeförluster i sidled än ett verkligt lager med samma volym. Programmet har dock ansetts ge tillfredsställande noggrannhet med hänsyn till de osäkerheter som för övrigt föreligger vad avser t ex lagrets och omgivningens termiska egenskaper. Vid beräkningarna har ej heller hänsyn tagits till isolerande snötäcke och den begränsning av förlusterna som kan tillgodoräknas då ett flertal celler ligger intill varandra.

Modellen förutsätter att det naturliga grundvattenflödet är försumbart jämfört med det genom pumpning inducerade flödet. Villkoret kan anses väl uppfyllt i den tilltänkta lagervolymen, som utgörs av en från omgivningen relativt väl avgränsad akvifer med små tryckgradienter. Det andra villkoret är att temperaturskillnaden mellan uppvärmt och avkyld grundvatten ej får vara så stor att värmefrontens tippning påverkar det radiella flödesmönstret. Detta villkor är också uppfyllt med de låga laddtemperaturer som är aktuella i Klippan.

#### 4.2 Modell av det planerade lagret

Det planerade lagret har en volym på totalt ca 700 000 m<sup>3</sup>. Lagret kan indelas i två lika stora celler liggande bredvid varandra. Varje cell består av två eller flera intill varandra belägna centrumbrunnar omgivna av fyra randbrunnar. Vid simuleringen studeras en sådan cell. Den idealiserade cirkulära cellen får en radie på 150 m. I centrum befinner sig en centrumbrunn och i "kransbrunnen" kan ett längs hela periferin jämnt fördelat uttag (eller infiltration) göras. Lagrets och omgivningens jordlagerföljd och termiska egenskaper framgår av Figur 4.1.



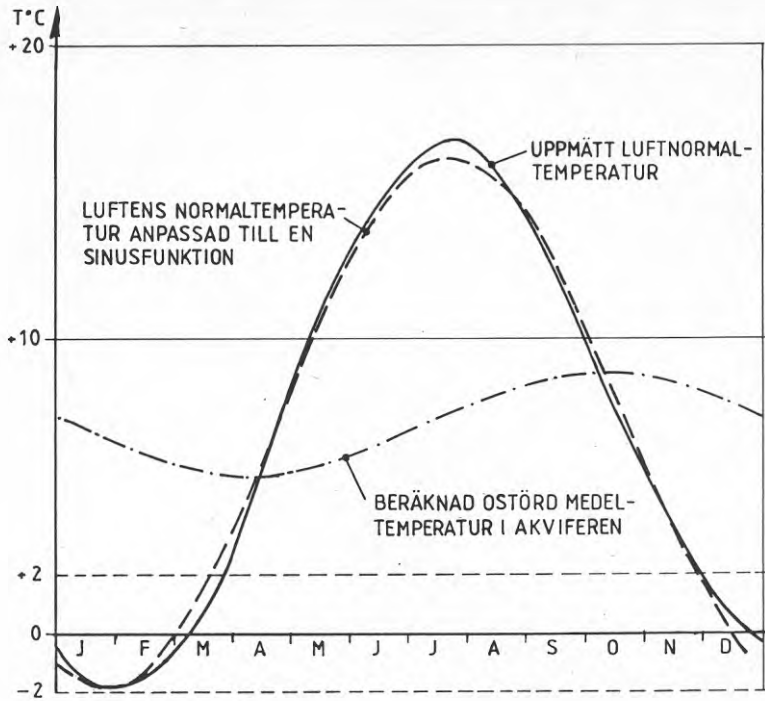


Figur 4.1 Modellens jordlagerföljd och termiska egenskaper

Vid beräkningar av akviferens värmekapacitet  $C$ , har utgått från vattnets värmekapacitet  $4.18 \times 10^6 \text{ J/m}^3\text{°C}$  samt värmekapaciteten för kompakt stenmaterial  $2.26 \times 10^6 \text{ J/m}^3\text{°C}$ . Den totala porositeten hos akviferen har enligt tidigare uppskattats till 15 %. För leran som utgör akviferens täta botten har porositeten satts till 40 %.

Värdena på termisk konduktivitet  $\lambda$ , är generella. Konduktivitetsvärdena i själva akviferen är dock justerade för den dispersion som sker vid vattenströmning i inhomogena material. Dispersionen är förutom heterogeniteten även beroende av strömningshastigheten. Eftersom flödet i akviferen är huvudsakligen horisontellt, skiljer sig därför de justerade värdena i radiell och vertikal led. Som grundvärde har använts konduktiviteten  $3.0 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$  i en sandakvifer med stillastående vatten. De framräknade värdena motsvarar en radiell dispersionslängd på ca 2-2.5 m, dvs förutsätter relativt homogent material.

De naturliga temperaturförhållandena i marken varierar pga lufttemperaturens variation. Lufttemperaturens årsvariation kan matematiskt approximeras som en sinusfunktion. Svängningen fortplantar sig nedåt i marken under successiv dämpning. I Figur 4.2 visas akviferens naturliga medeltemperatur under normala temperaturförhållanden tillsammans med uteluftens temperatur. Sinuskurvan för lufttemperaturen är en anpassning till normalmånadsmedelvärden från Ljungbyhed.



Figur 4.2 Ostörd medeltemperatur i akviferen samt lufttemperatur, normalår.

Analys av provpumpningsdata visar att ett urladdningsflöde på ca 30 l/s och cell är möjligt. Laddningsflödet bör dock ej överstiga 20 l/s och cell. Om flödena överskrids kan grundvattenytan runt infiltrationspunkterna lokalt stiga till en oacceptabelt hög nivå i de täckande markskikten.

Tillgängliga laddtemperaturer bestäms av temperaturen i Rönneå, (se kapitel 2), förlusterna vid värmeväxlingen från åvatten till grundvatten samt av vald tidsperiod för laddningen.

Uttagbar effekt och energi beror även på när uttagen sker, och hur långa viloperioderna är. Ju längre lagringstid, desto större värmeförluster. Som referens-temperatur vid energiberäkningarna har satts +2°C, dvs värmepumpen förutsätts utnyttja all energi i grundvattnet ner till +2°C.

### 4.3 Driftstrategi

Målsättningen är att ett så högt som möjligt och jämnt effektuttag ska kunna göras från lagret under den tid ytvattnet är för kallt för att kunna användas som värmekälla. Hela den period lagret ej utnyttjas för effektuttag bör ett lika stort effektuttag kunna ske direkt från ytvattnet. Värme-pumpen dimensioneras efter detta effektuttag, för att gå med full effekt hela året och ta en konstant andel av, eller hela, baslasten. Baslasten är för det planerade fjärrvärm nätet 2 MW vilket motsvarar ca 1,3 MW kyleffekt.

Med ett laddflöde på 20 l/s och cell krävs en laddtid på 4 månader för att värmefronten ska nå lagrets periferi 150 m från laddpunkten. Vid simuleringarna har därför först utgåtts från laddning av lagret under månaderna juni-september när temperaturen i Rönne å är som högst, 11-20°C. Laddflödet kommer därvid med förlusten i värmeväxlaren att ha temperaturen ca 9-17°C. Lagret kommer således att matas med en värmevåg med en topp på 17°C.

Under lagringen kommer temperaturen i lagret att jämnas ut, samtidigt som en sänkning sker pga förlusterna till omgivningen. Vid urladdningsperiodens början kommer därför temperaturen i lagret att variera mellan ca 9 och 13°C med den högsta temperaturen på ca 100 meters avstånd från centrum. Eftersom värmeförlusterna till omgivningen är betydande kommer "toppen" av den inmatade värmevågen ej att fås igen vid urladdningen. Med ett jämnt effektuttag under tiden 15 nov-1 april (4,5 månader) som målsättning blir den uttagbara kyl-effekten ca 0,5 MW/cell. Effekten motsvarar ett energi-uttag på 1,6 GWh/4,5 månader. Flödet kommer successivt att behöva ökas, medan temperaturen successivt sjunker. Vid urladdningsperiodens början kan påräknas temperaturer på ca 11°C, som mot slutet av perioden sjunker till 5-6°C. Begränsande för möjligt konstant effekt-uttag är de låga vårtemperaturerna i kombination med begränsade uttagsflöden med de givna förutsättningarna.

För att undersöka möjligheten till högre effektuttag har simuleringar gjorts där tiden för laddningen och laddperiodens längd varierats. En möjlighet är förvärmning, dvs mer vatten pumpas igenom lagret än som krävs för att värmefronten ska nå lagrets periferi. Denna förvärmning ger vid simulering ett visst positivt utslag. Under hösten märks inga skillnader i uttagen temperatur men under våren erhålls några tiondels graders höjning. Denna höjning får avvägas mot den kostnad som rundpumpningen av vatten under förvärmningsperioden medför.

Förvärmningen kan påbörjas då temperaturen på laddvattnet är högre än centrumtemperaturen i det tömda lagret, vilket inträffar i början av maj. När lagret tömts på våren kommer dess centrum att ha en temperatur på ca 5-6°C, medan temperaturen i periferin är 2°C.

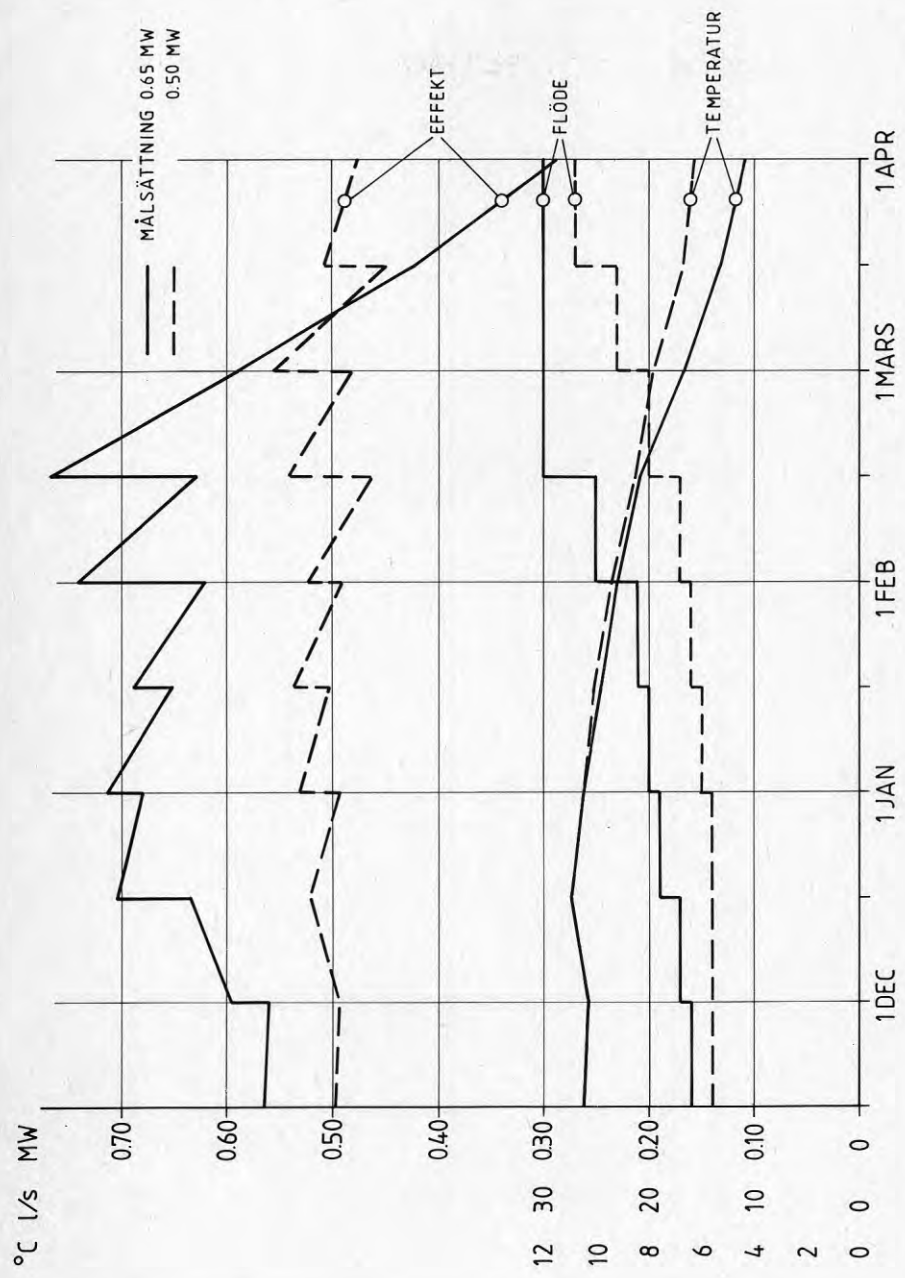
Genom att infiltrera varmt vatten i centrum kommer den 6-gradiga zonen att vandra ut mot periferin. Nyttan av denna förvärmning består främst i den uppvärmning av akviferens lerbotten som härigenom sker, vilket minskar värmeförlusterna vid den följande "verkliga" laddningen. Temperatur, flödes- och effektuttag vid urladdning av lagret visas i Figur 4.3.

Laddperioden kan med bibehållen längd förskjutas i tiden. Senareläggs laddningen till juli-oktober kommer värmevågens topp att befinna sig längre ut mot periferin jämfört med laddning juni-september. På så vis skulle det varmaste vattnet, "vågens topp", kunna sparas till våren då de låga temperaturerna annars utgör en begränsning. Laddning i oktober gör dock att en stor del av lagervolymen kommer att upptas av från början kallt vatten. Den längre lagringstiden för värmetoppen gör att förlusterna hinner bli så stora att toppen försvinner. Senareläggningen kräver således stora uttagsflöden både under vår och höst, dvs den innebär att lagervolymen utnyttjas dåligt och ej räcker till.

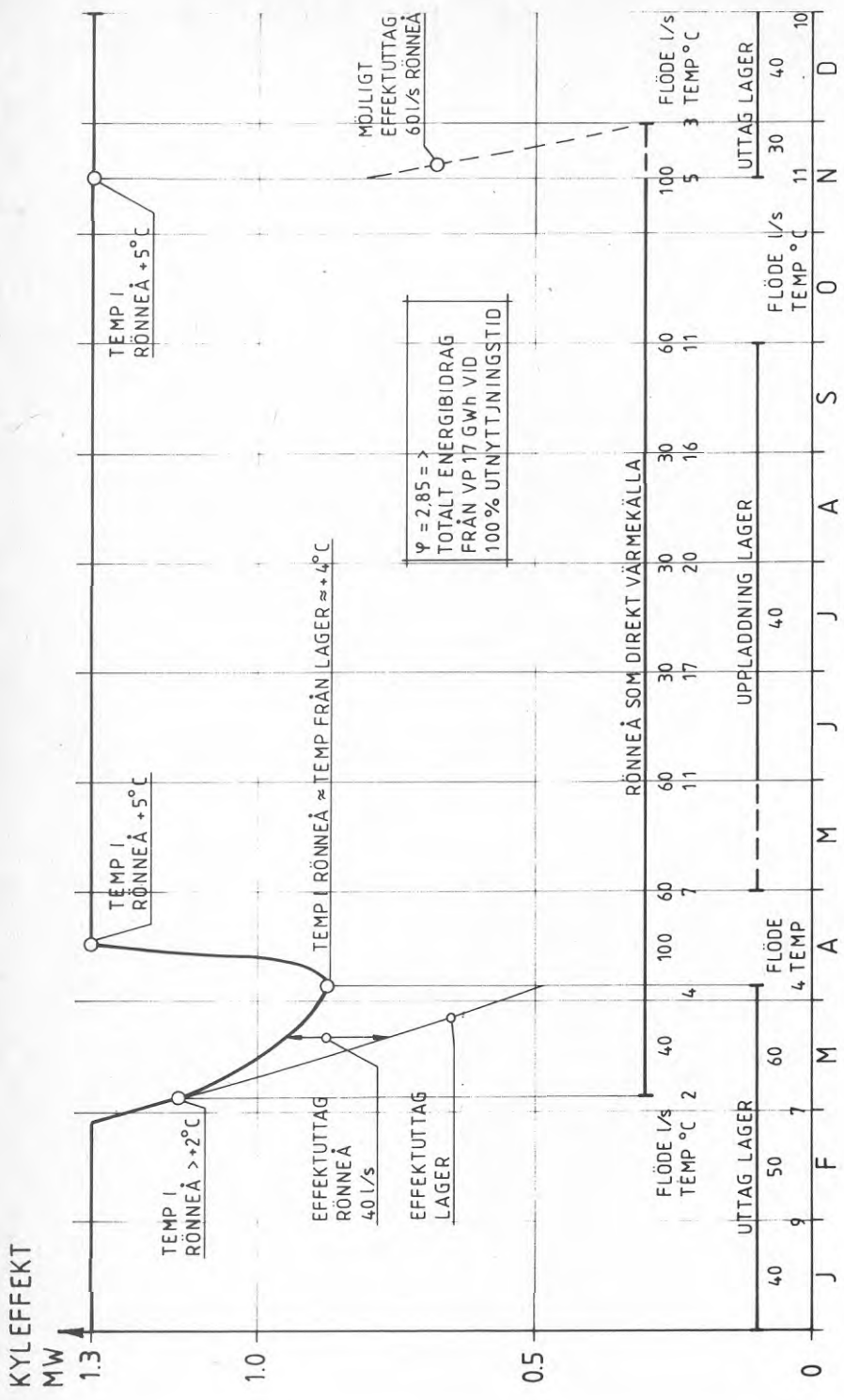
Förläggs laddningsperioden istället till maj-augusti kan dock ett nästan lika stort konstant effektuttag göras som om laddningen hade skett juni-september, trots att den totalt inlagrade energimängden skiljer sig med nästan 10 %. Detta beror på att värmetoppen med sin stora drivande temperaturskillnad till omgivningen kan tas till vara innan förlusterna hunnit utjämna densamma. Förlusterna från värmetoppen kommer att värma upp omgivningen närmast uttagsbrunnen. Tack vare denna uppvärmning begränsas förlusterna från det vatten som tas ut i slutet av uttagsperioden, dvs möjligheterna att göra ett jämnt effektuttag gynnas.

Skall värmepumpen täcka hela baslasten krävs kyleffekten 0,65 MW/cell. Simuleringar visar att det med de begränsade flödena är möjligt att få ut denna effekt till slutet av februari, dvs årets kallaste månader, då belastningen på fjärrvärmenätet är störts, täcks in, se Figur 4.3. Från slutet av februari sjunker temperaturen på uttaget grundvatten markant för att i början av april vara 4°C, vilket motsvarar kyleffekten 0,25 MW/cell. Under perioden fram tills dess ytvattnet är tillräckligt varmt för att ge full effekt går således ej värmepumpen med full kapacitet. Kapaciteten kan dock höjas om Rönneå används som kompletterande värmekälla så snart temperaturen överstiger +2°C. Möjlighet finns även att under november komplettera uttagen från lagret med ytvatten. I Figur 4.4 visas schematiskt principen för samkörningen av ytvatten och grundvatten till värmepumpen.

Om värmepumpen dimensioneras för kyleffekten 1,3 MW och värmefaktorn förutsätts vara 2,85 blir det årliga



Figur 4.3 Urladdning av akviferlager. Resultat av datorsimuleringar. Temperatur, flöde och effekt.



Figur 4.4 Samkörning av akviferlager och ytvatten till värmepumpanläggning. Schematisk beskrivning.

energibidraget 17 GWh, dvs 3,5 GWh mer än om värmepumpen dimensioneras för 1,0 MW (förutsatt 100 % tillgänglighet). Storleken på det överskjutande energibidraget kan motivera att värmepumpen dimensioneras så att den under en kortare del av året ej ger full effekt.

Skillnaden mellan möjliga effektuttag de första säsongerna jämfört med påföljande säsonger kommer ej att vara stor. Detta beror delvis på det täckande markskiktets ringa mäktighet, förlusterna uppåt blir de samma år från år. Marken under och runt lagret kommer däremot att successivt värmas upp genom förluster från lagret. Samtidigt sker dock en balanserande successiv avkylning beroende på att man de första åren kan tillgodogöra sig den ostörda naturligt höga grundvattentemperaturen, dvs ett visst passivt uttag sker.

### 5.1 Beskrivning av värmeproduktionsystemet

Klippans kommun har som nämnts i kap. 1 fattat beslut om införande av fjärrvärme i Klippans tätort och i samband med utbyggnaden av den första etappen skall en värmepumpanläggning med en värmeeffekt på ca 2 MW etableras. För erhållande av en lämplig värmekälla för värmepumpen skall värme uttas från Rönneå under den varma årstiden och säsongslagras i grundvatten på det sätt som närmare beskrivits i kap. 3. I det följande redogörs närmare för utformningen och funktionen av värmepumpsystemet med tillhörande anläggningar för erhållande av värmekällan.

Den planerade 1:a utbyggnadsetappen illustreras schematiskt i Bilaga 5.1. Under sommaren pumpas vatten från en pumpstation vid Rönneå med tre installerade pumpheter till det nerlagda vattenverket i södra utkanten av Klippan, där värmepumpanläggningen skall installeras. En del av det uppfordrade ytvattnet tillförs värmepumpen som värmekälla, medan den resterande delen tillförs en värmeväxlare. I värmeväxlaren överförs värme till grundvattnet. Sedan ytvattnet kylts ner i värmepumpen resp värmeväxlaren rinner det i en självfallsledning tillbaka till Rönneå.

Grundvatten uttas under sommaren från ett antal brunnar som placeras perifert kring värmelagret, se Figur 3.4. Från brunnarna pumpas grundvattnet till vattenverket, där vattnet kan behandlas i befintlig luftnings- och filtreringsanläggning. Vattnet uppsamlas i en befintlig lågreservoar och pumpas härifrån via värmeväxlaren ut till 4 st centralt placerade brunnar. Utpumpningen beräknas kunna ske med hjälp av befintlig hydrofor- och pumputrustning. I centralbrunnarna infiltreras det uppvärmda grundvattnet, varvid värmelagret uppladdas.

Under vintern drivs värmepumpen med det uppvärmda grundvattnet som värmekälla. Det varma grundvattnet uttas då från centralbrunnarna till vattenverket, där det direkt tillförs värmepumpen. Efter nerkyllning i denna kan vattnet behandlas och uppsamlas i lågreservoaren. Härifrån utpumpas det sedan till de perifert belägna brunnarna, där det infiltreras. Härvid urladdas värmelagret.

Då värmelagret är begränsat till sin storlek bör urladdningen begränsas till årets kallaste period (4½-5 månader). Likaså bör uppladdningen av värmelagret begränsas till årets varmaste period, så att det inlagrade grundvattnet håller så hög temperatur som möjligt. För



lagrets del medför detta att driftpauser uppkommer under vår och höst med en samlad varaktighet på 2-3½ månad. Under dessa perioder drivs värmepumpen med ytvatten från Rönneå som värmekälla.

## 5.2 Dimensionering av värmepumpsystemet

Värmepumpen beräknas få en värmefaktor på ca 2,8, jfr kapitel 5.7. Detta innebär att 2/3 av värmeeffekten eller ca 1,3 MW tillförs med värmekällan medan resterande ca 0,7 MW tillförs i form av drivenergi till värmepumpens kompressor. Då temperaturen på värmekällan varierar under året får flödet som överförs till värmepumpens förångare anpassas härtill. Av denna anledning skall finnas shuntmöjlighet på värmepumpens förångarsida.

Under sommaren (juni-september) sker tillförsel av åvatten till värmeväxlaranläggningen för laddning av lagret samtidigt med att tillförsel sker till värmepumpen. Åvattentemperaturen varierar då mellan 11 och 20°C. Över värmeväxlaren cirkuleras ett konstant flöde på ca 40 l/s motsvarande storleken på flödet i grundvattenkretsen. I värmeväxlaren kyls åvattnet till 3 à 9°C samtidigt med att grundvattnet värms från 4 à 8°C till 10 à 17°C.

Den resterande delen av det uppfordrade åvattnet tillförs värmepumpens förångare. För att den samlade elförbrukningen för drift av värmepumpen och uppföring av åvattnet skall bli så låg som möjligt är det normalt fördelaktigast att utnyttja hela den installerade pumpkapaciteten på ca 100 l/s. Förångaren tillförs då ett flöde på ca 60 l/s som kyls ca 5°C. Under perioder med höga åtemperaturer kan det dock vara ekonomiskt fördelaktigt att reducera flödet. Vid bortkoppling av en av pumparna i pumpstationen minskas tillflödet till värmepumpen till ca 30 l/s och vattnet kyls då ca 10°C.

Under vår och höst vilar brunnar och värmeväxlare och värmepumpen drivs med åvattnet som värmekälla. Dimensioneras förångaren för ett flöde på 100 l/s och en temperatursänkning ner till 2°C kan åvattnet ge full effekt så länge temperaturen är högre än ca 5°C, dvs från omkring 15 april till omkring 15 november. Under den varmare delen av dessa perioder kan det eventuellt också vara lämpligt att stoppa en av åvattenpumparna. Flödet minskas då till ca 70 l/s och motsvarande temperatursänkning blir ca 4,5°C.

Under vinterperioden från mitten av november till slutet av mars utnyttjas grundvattnet som värmekälla. För ett maximalt utnyttjande av den begränsade lager-

kapaciteten sänks temperaturen på allt uttaget grundvatten så långt det är tekniskt möjligt, dvs till 2°C. I början av denna period uppgår temperaturen på det uttagna grundvattnet till ca 11°C och erforderligt uttag är då ca 30 l/s. Värmeförlusterna till omgivningen medför dock att temperaturen på grundvattnet sjunker successivt och flödet behöver då ökas i takt härmed. Både vattenbehandlingsanläggningens kapacitet och kapaciteten hos brunnarna är dock av betydelse för hur mycket flödet kan ökas.

Vattenbehandlingsanläggningens normala kapacitet uppgår till 40 l/s. Ett flöde av denna storlek erfordras redan när temperaturen på det uttagna grundvattnet sjunker något under 10°C. Detta bedöms inträffa under januari månad. Eventuellt kan en viss överbelastning av vattenbehandlingsanläggningen accepteras under den efterföljande perioden. I annat fall får den över-skjutande delen av grundvattenflödet ledas förbi behandlingsanläggningen, jfr avsnitt 5.6 nedan. Randbrunnarnas infiltrationskapacitet förutsätts vidare vara begränsad till 60 l/s. Detta uttag erfordras när grundvattentemperaturen sjunker till nära 7°C, vilket beräknas ske under slutet av februari. Om uttaget då begränsas till 60 l/s och temperaturen fortsätter att sjunka till 4°C i enlighet med simuleringsresultaten reduceras förångareffekten till ca 0.5 MW. Motsvarande kondensoreffekt beräknas till ca 0.75 MW. För att undvika denna kapacitetsreduktion finns dock möjlighet att vidtaga olika åtgärder.

T ex kan ett tillskott av naturligt grundvatten på nära 50 l/s uttas utanför lagerområdet för passiv användning. För att undvika att också behöva öka antalet randbrunnar fordras att det överskjutande flödet avleds på annat sätt. Detta sker enklast genom utsläpp till Rönneå. Denna lösning medför sålunda att den hydrauliska balansen i värmelagret störs. För att klarlägga om detta är acceptabelt och på vilket sätt man bäst kan kompensera för den borttagna vattenmängden fordras dock en mer ingående undersökning.

Under mars månad ökar temperaturen i Rönneå normalt från ca 2°C till ca 4°C. Det finns därför möjlighet att hämta ett värmetillskott därifrån under speciellt senare delen av månaden då temperaturerna i lagret är som lägst. Om ett flöde av storleken 60 l/s cirkuleras via värmelagret finns möjlighet att internt i vattenverket cirkulera ytterligare 40 l/s via värmväx-laranläggningen utan att förångarens hydrauliska kapacitet på 100 l/s överskrids. Kyleffekten understiger på detta sätt ej 0,8 MW.

Under år med normala temperaturvariationer bedöms det vara möjligt att driva värmepumpsystemet på detta

sätt. Under kalla vintrar är det däremot osäkert om temperaturen i ån hinner bli tillräckligt hög under mars månad och maximal värmeeffekt då kan upprätthållas.

### 5.3 Pumpstation och överföringsledningar

För uppföring av ytvattnet från Rönneå till vattenverket etableras en pumpstation strax norr om ån, se översiktskartan, Figur 3.1. Pumpstationen utförs med pumpgrop och en enkel överbyggnad. Stationen förbereds för utbyggnad till dubbla kapaciteten.

Höjdskillnaden mellan ån och vattenverket är ca 25 m. Den maximala pumpkapaciteten, som erfordras i första etappen uppgår till 100 l/s. Lämpligen installeras då 3 st dränkbara pumpar med en kapacitet på 35 l/s x 40 mVP. Pumparna kopplas in efter behov. Då alla tre pumpar beräknas vara i drift omkring 4 månader under året bör en reservpump finnas tillgänglig. Denna behöver dock först monteras när driftproblem uppkommer på någon av de normala pumparna.

Till pumpgropen ansluts en intagsledning från ån. Intagsledningen förses med intagssil. Denna monteras under en flotte så att det åvatten som finns strax under ytan och är minst förorenat kan utnyttjas oberoende av vattenståndsvariationerna i ån.

I pumpstationen monteras en självrensande trycksil för avskiljning av fasta föroreningar i det uttagna ytvattnet. Det avskiljda rensat återförs till ån. Dimensioneringen av trycksilens silelement m m bör föregås av undersökningar av åvattnets kvalitet och förekommande föroreningar.

Erforderlig el- och automatikutrustning installeras också i pumpstationen.

Överföringen av ytvattnet till vattenverket sker i en ca 1 450 m lång tryckledning. Efter användning i vattenverket återförs det nedkylda ytvattnet till ån i en självfallsledning. Utsläppet anordnas något nedströms intaget. De två ledningarna kan läggas i samma rörgrav. Avståndet mellan ledningarna bör dock vara så stort att någon nämnvärd värmeöverföring ej sker.

### 5.4 Värmeväxlaranläggning

För värmeväxling av Rönneåns vatten mot grundvattnet uppförs en värmeväxlarcentral i anslutning till värme-pumpcentralen.

Värmeväxlarcentralen föreslås uppbyggd av en plattvärmeväxlare i rostfritt, syrafast stål som är lättillgänglig för inspektion och manuell rengöring. Värmeväxlaren skall dimensioneras för att klara laddeffekten för akviferlagret, vilket innebär att minst 85 % av temperaturskillnaden mellan det varma och kalla mediet ska överföras. Vid dimensioneringen bör hänsyn tas till försmutsning av värmeväxlarytorna, vilket avsevärt kan reducera värmeövergångstalen.

För att förhindra att värmeväxlaren sätter igen med föroreningar som passerat grovsilningen vid pumpstationen anläggs en trycksil innan ytvattnet når plattvärmeväxlaren. Trycksilen föreslås självrensande för att reducera underhållet av centralen.

För att motverka problem med avlagringar och mikrobiologisk påväxt på de värmeöverförande ytorna bör man överväga att genomföra en intermittert dosering av exempelvis kloreringsmedel.

### 5.5 Grundvattenbrunnar

De i lagersystemet ingående brunnarna avses omfatta 4 st centralbrunnar och 6 st randbrunnar, vilka i princip placeras enligt Figur 3.4. Centralbrunnarna resp randbrunnarna anslutes med var sitt ledningssystem till vattenverket.

Samtliga brunnar skall användas för både uttag och infiltration. Varje brunn förses därför med rörinledning och ventiler för manuell omkoppling mellan pumpning och infiltration. På ledningen monteras reglerventil för manuell inställning av önskat flöde. Dessutom förses pumpen med automatik för nivåstyrning. För reglering av tillflödet vid infiltration förses brunnen med inställbar flottöranordning eller motsvarande automatikutrustning.

Beroende på den naturliga grundvattenytans ringa djup under markytan är infiltrationsmöjligheterna begränsade. Varje brunn beräknas dock kunna dimensioneras för infiltration av 10 l/s. Randbrunnarna dimensioneras vidare för ett uttag av samma storlek. Centralbrunnarna dimensioneras däremot för uttag av 15 l/s. Detta innebär att lagrets samlade laddningskapacitet begränsas till 40 l/s medan den samlade urladdningskapaciteten uppgår till 60 l/s, jfr avsnitt 5.2. Brunnarna kan utföras antingen som sänkbrunnar med 2 à 3 m diameter eller som grusfilterbrunnar med 1 à 1,5 m diameter. Brunnarna slutgiltiga utformning och dimensionering måste baseras på resultaten av kompletterande geologiska undersökningar.

## 5.6 Vattenbehandlingsanläggning

Som framgår av avsnitt 3.3 är grundvattnet korrosivt samt innehåller små mängder av järn- och mangan, vilket motiverar att vattnet behandlas i kommunens nedlagda vattenverk. Behandlingen omfattar luftning, alkalisering och snabbfiltrering. Ur hydraulisk synpunkt är främst filteranläggningen begränsande för behandlingskapaciteten.

Filteranläggningen består av 3 filterbäddar med en samlad filteryta på ca 21 m<sup>2</sup>. Enligt föreliggande uppgifter har ett flöde av storleken drygt 30 l/s tidigare behandlats i verket, vilket ger en filterhastighet på drygt 5 m/h. Filterhastigheten bedöms dock kunna ökas till ca 7 m/h, vilket möjliggör behandling av ett grundvattenflöde av storleken 40 l/s. Detta innebär att allt vatten som tillförs lagret under laddningsfasen kan behandlas. Detta är även möjligt under större delen av urladdningsfasen. Under senare del av denna fas behöver grundvattenflödet dock ökas så mycket att en del av flödet får ledas förbi filtret. Detta bör dock vara acceptabelt med hänsyn till att allt vatten som tillförts lagret under den föregående laddningen har undergått behandling.

I samband med vattenbehandlingen och det efterföljande uppehållet i vattenverkets lågreservoar kan ett värmeutbyte ske mellan vattnet och luften. Under laddningsperioden är åvattnet något varmare än luften. För att grundvattnet som tillförs värmelagret skall få så hög temperatur som möjligt fordras då att vattenbehandlingen av det uttagna grundvattnet sker först. Uppvärmningen i värmeväxlaren sker sedan strax innan grundvattnet återförs till lagret.

Under urladdningsperioden är luften kallare än det uttagna grundvattnet. För att undvika onödiga värmeförluster fordras därför att detta vatten direkt tillförs värmepumpens förångare och först härefter överförs till behandlingsanläggningen.

Som beskrivits i avsnitt 3.3 bör reduktionen av grundvattnets kolsyrainnehåll ej drivas så långt att risken för utfällningar ökar påtagligt. Detta medför att grundvattnet även efter behandlingen kommer att bibehålla en del av sin aggressiva förmåga. Sedan detta vatten återförts till värmelagret sker viss uppblandning med naturligt grundvatten och infiltrerat markvatten, varvid aggressiviteten åter kan öka något. För att undvika korrosionsproblem skall förångare, värmeväxlare och rörinredning i vattenverket och brunnarna utföras av lämpligt material. För de anläggningsdelar som är i kontakt med grundvattnet bedöms det nödvändigt använda rostfritt, syrafast stål, SIS 2343.

Det samlade tillflödet från värmelagret till behandlingsanläggningen regleras automatiskt med en strypventil som kan inställas på önskat flöde. Det behandlade vattnet uppsamlas i lågreservoaren och pumpas därifrån tillbaka till lagret. Utpumpningen sker medelst hydroforanläggning eller med hjälp av varvtalsreglering och styrs av vattennivån i reservoaren. Reservoaren används för uttagning av spolvatten för spolning av filtren. Om värmepumpen skall arbeta intermittent under laddningsfasen kan reservoaren också utnyttjas för utjämning av tillförseln till brunnarna. Detta ställer då speciella krav på styrutrustningen.

#### 5.7 Värmecentral med värmepump

Värmepumpen planeras bli installerad i en mindre tillbyggnad till vattenverket. Värmepumpen förutsättes höja temperaturen på den utgående värmebäraren till 65-70°C. Detta beräknas ge en värmefaktor på ca 2,8 för värmepumpen med tillhörande elmotor och kringutrustning. Värdet kan dock variera något beroende på bl a värmekällans temperatur. Förångaren bör dimensioneras för ett köldbärareflöde på ca 100 l/s. Dessutom skall de ovan angivna korrosionsriskerna beaktas.

I vattenverket, som kommer att fungera som värmecentral, planeras också en elpanna bli installerad och i anslutning här till en ackumulator. Ackumulatoren kommer att utnyttjas för korttidslagring vid hög temperaturnivå, dvs vid sådana temperaturer att den lagrade värmen direkt kan tillföras fjärrvärmenätet. Detta ger möjlighet till att utnyttja skillnader i eltaxan mellan dag och natt samt till att köra värmepumpen intermittent vid full last i stället för kontinuerligt vid delast, vilket ger bättre driftekonomi.

Under urladdningsfasen kan möjligheterna för intermittent drift av värmepumpen eventuellt begränsas något av den disponibla reservoarvolymen, då en jämn tillförsel av grundvatten till infiltrationsbrunnarna bör eftersträvas. Detta torde dock endast ha praktisk betydelse under fjärrvärmesystemets inledande uppbyggnadsskede.

#### 5.8 Fjärrvärmesystem

I en tidigare upprättad fjärrvärmeutredning, VBB (1982), har förutsättningarna för etablering av fjärrvärme inom Klippans tätort närmare studerats. Härvid har konstaterats att underlag finns för utbyggnad av ett fjärrvärmenät med en anslutningseffekt på ca 30 MW och kommunen har fattat principbeslut om fjärrvärmeutbyggnaden.

Den angivna anslutningseffekten beräknas motsvara en värmeproduktionseffekt på 24 MW. Ett fjärrvärmeverk med denna kapacitet planeras bli uppfört i samhällets sydöstra del strax söder om vattenverket på andra sidan järnvägen, se figur 3.1. Den kompletterande värmeproduktionen kommer att samordnas med värmepumpproduktionen och olika alternativa produktionslösningar är f n under övervägande.

För det fullt utbyggda fjärrvärmesystemet beräknas den samlade värmeproduktionen inkl förluster från fjärrvärmenätet bli 63 GWh/år. Värmepumpen, som i princip kommer att svara för baslasten i systemet, skulle då kunna drivas med en utnyttjningstid på ca 8 000 h/år, vilket skulle ge ett produktionstillskott på ca 16 GWh/år (ca 25 % av produktionen). Till följd av de låga temperaturerna under senare delen av urladdningsperioden sjunker värmepumpens produktionstillskott till ca 15,5 GWh/år. Värmepumpen bedöms kunna bidra med detta maximala tillskott redan när fjärrvärmesystemet byggts ut för en anslutningseffekt på 15-20 MW.

I den första utbyggnadsetappen beräknas bebyggelse med endast ca 5 MW värmeeffekt bli ansluten. Värmepumpen beräknas då ensam kunna svara för värmeproduktionen under större delen av året. Under en kortare period på ca 1 500 h/år fordras dock ett kompletterande värmestillskott. Detta tillskott planeras erhållas från dels en befintlig oljepannanläggning, som är installerad i en skol- och badanläggning ca 250 m nordväst om vattenverket, dels den nya elpannan. Pannanläggningarna beräknas också svara för erforderlig höjning av framledningstemperaturen.

I denna första etapp bedöms det totala produktionsbehovet uppgå till ca 10 GWh/år. Av dessa skulle värmepumpen kunna svara för ca 9 GWh/år. Begränsningarna mht värmekällan under senare delen av urladdningsperioden bedöms ej vara av nämnvärd betydelse i detta sammanhang. Däremot kan kraven på erforderlig framledningstemperatur eventuellt få viss betydelse liksom även begränsningar i elsystemets kapacitet kan behöva beaktas. I det följande förutsätts därför att värmepumpens produktionstillskott i första utbyggnadsetappen blir reducerad till 8,5 GWh/år.

## 6.1 Investeringskostnader

För värmepumpsystemet med samtliga tillhörande anläggningar för tillhandahållande av värmekällan beräknas investeringskostnaderna enligt följande:

Brunnar	1,50 Mkr
Yttre ledningar och pumpstation	2,50 "
Värmeväxlare m m	0,60 "
Värmepump	2,40 "
Byggnader m m	0,80 "
Akkumulator	1,50 "
El och automatik	0,70 "
Diverse	<u>2,00"</u>
Totalt	12,00 Mkr

Angivna kostnader avser 1983 års kostnadsläge och är exkl mervärdeskatt.

Som framgår beräknas totalkostnaden för värmepumpsystemet till 12,0 Mkr.

## 6.2 Finansiering

Klippans kommun har hos Oljeersättningsfonden ansökt om stöd för det beskrivna värmepumpsystemet och har med hänvisning till värmelagrets betydelse för det samlade systemets funktion anhållit om att anläggningen betraktas som en prototyp och demonstrationsanläggning. Enligt erhållit förhandsbesked från fonden kan stöd med 25 % i bidrag och 50 % i lån påräknas. Till grund för fondens beräkning av stödet ligger då ovan nämnda investeringskostnad på 12,0 Mkr. Resterande 25 % av investeringskostnaden beräknas bli finansierad på normala villkor med hjälp av banklån och eget kapital.

## 6.3 Värmeproduktionskostnader

## 6.3.1 Kapitalkostnader

Anläggningarna som ingår i försörjningssystemet förutsätts i medel kunna avskrivas över 15 år. Om hela investeringen finansieras på marknadsmässiga villkor bedöms detta medföra en räntekostnad på 15 % per år. Detta motsvarar en annuitet på 17,1 % per år, vilket i löpande penningvärde ger en kapitalkostnad på 2,05 Mkr/år. Hänsyn har då ej tagits till den försämring av penningvärdet som förväntas ske under avskrivningsperioden.



Beaktas inflationen bedöms kapitalkostnaderna i fast penningvärde kunna beräknas för en realränta på 5 % per år. Detta ger en annuitet på 9,6 % per år, vilket motsvarar en kapitalkostnad på 1,15 Mkr/år. Om det beaktas att 25 % av investeringen finansieras med statligt bidrag reduceras kommunens kapitalkostnader i samma omfattning. I löpande penningvärde blir kapitalkostnaden då 1,54 Mkr/år och i fast penningvärde 0,86 Mkr/år.

### 6.3.2 Driftkostnader

Beräknade driftkostnader för värmepumpsystemet dels under första utbyggnadsetappen, dels efter full utbyggnad av fjärrvärmenätet redovisas nedan. Elpriset har härvid förutsatts uppgå till 25 öre/kWh.

	Etapp 1	Full utbyggnad
Värmeproduktion	8,5 GWh/år	15,5 GWh/år
El för värmepump	0,76 Mkr/år	1,38 Mkr/år
El för övrig utrustning	0,08 "	0,12 "
Kemikalier	0,05 "	0,07 "
Underhåll, 2 %	0,24 "	0,24 "
Tillsyn m m	0,20	0,20 "
Summa	1,3 Mkr/år	2,01 Mkr/år

### 6.3.3 Årskostnader

I löpande penningvärde erhålls följande årskostnader:

Årskostnad:	Etapp 1	Full utbyggnad
Kapitalkostnad	2,05 Mkr/år	2,05 Mkr/år
Driftkostnad	1,33 "	2,01 "
Totalkostnad	3,38 "	4,06 "
Bidrag	0,51 "	0,51 "
Kommunal kostnad	2,87 "	3,55 "

Specifik kostnad:

Totalkostnad	39,8 öre/kWh-	26,2 öre/kWh
Kommunal andel	33,8 "	22,9 "

I fast penningvärde erhålls på motsvarande sätt följande årskostnader:

Årskostnad:	Etapp 1	Full utbyggnad
Kapitalkostnad	1,15 Mkr/år	1,15 Mkr/år
Driftkostnad	<u>1,33 "</u>	<u>2,01 "</u>
Totalkostnad	2,48 "	3,16 "
Bidrag	<u>0,29 "</u>	<u>0,29 "</u>
Kommunal kostnad	2,19 "	2,87 "
Specifik kostnad:		
Totalkostnad	29,2 öre/kWh	20,4 öre/kWh
Kommunal andel	25,2 "	18,5 "

Motsvarande kostnader för värmeproduktion i individuella pannanläggningar med lätt eldningsolja beräknas uppgå till 35-40 öre/kWh. Vid jämförelse med de ovan angivna kostnaderna bör dock beaktas att dessa skall sammanvägas med kostnaderna för övrig fjärrvärmeproduktion och kompletteras med kostnaderna för fjärrvärmedistributionen.

För fjärrvärmeproduktion baserad på fasta bränslen bedöms motsvarande produktionskostnad efter full utbyggnad uppgå till 25-30 öre/kWh i löpande penningvärde och 20-25 öre/kWh i fast penningvärde. Värmepumpslösningen framstår därför som lönsam oberoende av om bidraget beaktas eller ej. Det bör även noteras att värmepumpnanläggningen snabbare kan utnyttjas fullt ut än vad en fastbränsleanläggning kan, vilket bidrar till att förbättra lönsamheten. Härtill kommer att de upptagna investeringskostnaderna för värmepumpsystemet omfattar vissa förberedelser för komplettering med ytterligare ett värmepumpaggregat.

### 7.1 Planerad verksamhet

Den planerade verksamheten omfattar anläggande och drift av anläggningar för uttag, överföring och utsläpp av ytvatten från Rönneå samt uttag, överföring och återinfiltration av grundvatten. Driften av anläggningarna kommer härvid att bedrivas på sådant sätt att hydraulisk balans kontinuerligt upprätthålls i både ytvatten- och grundvattenkretsen, dvs att uttagen hela tiden är lika stora som utsläppet resp återinfiltrationen. Undantag härifrån kan dock bli aktuellt om ett överuttag av grundvatten görs under senare delen av urladdningsfasen och detta avleds till Rönneå, jfr avsnitt 5.2. Det kommer dock att tillses att ett dylikt överuttag kommer att kunna kompenseras av grundvattenbildningen inom området.

Driften medför vidare att en viss värmemängd kommer att uttas från ytvattnet under årets varmare del. En del av denna värmemängd kommer att tillgodogöras direkt för värmeförsörjning medan den resterande delen säsongslagras i grundvatten. Denna del uttas sedan under årets kallare del och används för värmeförsörjning. I samband med värmelagringen sker viss värmeavgivning i form av förluster till omgivningen.

### 7.2 Lagstiftning

Enligt miljöskyddsförordningen, 16 § föreligger anmälningsplikt för bl a sådan verksamhet som omfattar utvinning av värme ur vattendrag med en effekt som överstiger 1 MW eller lagring av värme i grundvatten med en tillförd energimängd överstigande 3 GWh/år. Anmälan skall göras skriftligt till länsstyrelsen i god tid innan verksamheten påbörjas.

Genom denna anmälan kan sökanden förväntas erhålla medgivande till att t v bedriva den planerade verksamheten. Medgivande måste dock kompletteras med sådan prövning som är föreskriven enligt övrig lagstiftning. Medgivande torde ej heller ge erforderligt skydd mot intrång från andra intressenter.

Rätten till utnyttjande av yt- och grundvatten behandlas i vattenlagen. Denna lag har skrivits långt innan utnyttjande av yt- och grundvatten som värmeförsörjningsresurser blev aktuellt och behandlar därför naturligt nog ej de aktuella frågeställningarna. Det är därför också osäkert i vilken omfattning lagen är tillämplig för den aktuella verksamheten.

Enligt vattenlagen (2 kap, 47 §) gäller att uttag av grundvatten, som antingen är större än 300 m<sup>3</sup>/d eller medför risk för att andra intressen kan skadas, skall prövas av vattendomstolen. Motsvarande bestämmelser gäller också för infiltration i grunden om syftet är att öka uttagsmöjligheterna (2 kap, 61 §). Dessa föreskrifter avser dock användning av själva mediet, medan det kan anses vara en tolkningsfråga om enbart utnyttjande av de egenskaper som mediet besitter - exempelvis värmeinnehållet - omfattas av lagen. Det finns därför också viss osäkerhet m h t om vattendomstolen är beredd att uppta ärendet till prövning. För att säkerställa huvudmannens rätt till att utnyttja grundvattentillgångarna kan det dock vara i dennes intresse att få ärendet prövat. Dylik prövning bör kunna begäras med hänvisning till lagens bestämmelser (2 kap, 53 §). En förutsättning för att ärendet skall kunna upptas till prövning är dock att huvudmannen har tillförsäkrat sig dispositionsrätten till den mark på vilken brunnarna skall placeras. Utförande av anläggningsarbeten i vattendrag medför normalt också prövningsskyldighet (2 kap 20 §). Undantaget från dylik skyldighet är dock sådana arbeten som utförs inom huvudmannens eget vattenområde och som ej medför risk för skada på andra intressen.

I detta sammanhang bör noteras att en ny vattenlag är avsedd att träda i kraft till nyår 1984. Denna lag synes dock ej medföra några väsentliga ändringar beträffande verksamhet av aktuellt slag.

Utformningen av anläggningen bör vidare ske med beaktande av aktuella detaljplaner.

### 7.3 Ansökningsförfarande

Anmälan beträffande den planerade verksamheten bör inges till länsstyrelsen innan konstruktionsarbetena påbörjas. Anmälningen skall bifogas en teknisk beskrivning som ger underlag för värdering av miljöeffekterna av verksamheten.

I syfte att söka säkerställa kommunens rätt till att utnyttja grundvattnet bör ansökan härom inges till vattendomstolen. Med hänsyn till osäkerheten kring tolkningen av lagen, synes det ej vara nödvändigt att avvakta resultat av prövningen innan utbyggnaden påbörjas. I ansökningsbedöms det också vara lämpligt att söka få legalisera uttaget och utsläppet av ytvatten. Detta betraktas dock ej som obligatoriskt då kommunen är ägare av hela det markområde inom vilket värmelagret och överföringsledningarna skall placeras. Kommunen har därför också rätt att utnyttja det angränsande vattenområdet i Rönneå. Som underlag för denna

prövning är det lämpligt att redan i planeringsskedet informera Sydkraft, som driver vattenkraftanläggningar både uppströms och nedströms läget för de planerade intags- och utsläppsanordningarna.

Kommunen har upprättat förslag till stadsplan för en del av värmelagringsområdet för framdragning av en ny genomfartsled söder om järnvägen. Brunnar och ledningar får placeras med beaktande härav.

Kommunen avser också att på sikt bebygga övriga delar av lagringsområdet. Detaljplaneförslag härför har dock ännu ej upprättats. I bestämmelserna för aktuella och kommande planförslag kan det övervägas att införa föreskrifter till skydd för värmelagret.

## 8. FORTSATT HANDLÄGGNING

### 8.1 Handläggningsförfarande

Upphandling av värmepump och övrig utrustning pågår för närvarande och beräknas kunna avslutas under sommaren detta år. Upphandlingen sker härvid i form av totalentreprenad, vilket innebär att anläggningen ännu ej detaljprojekterats till alla delar.

För att kunna genomföra detaljprojekteringen av värmelagret fordras bl a att kompletterande fältundersökningar utförs. Dessa undersökningar skall ge underlag för slutgiltig placering och utformning av grundvattenbrunnarna. Som framgår av analyserna av lagrets termiska funktion är det härvid av stor betydelse för vilken värmepumpeffekt, som kan erhållas under urladdningsperiodens slutfas, att lagret blir så stort som möjligt, d v s att randbrunnarna placeras så långt från varandra som möjligt. För att brunnarna skall få tillräcklig kapacitet fordras dock samtidigt att dessa ej placeras för långt ute i kanterna av den lersvacka, som är begränsande för lagret. En noggrann bestämning av brunnskapaciteten är därför också nödvändig, vilket motiverar att försök med ett enskilt brunnspar kommer till utförande innan placering och dimensionering av övriga brunnar slutgiltigt fastställs.

I samband med dessa fältundersökningar bör kompletterande undersökning av grundvattnets kvalitet utföras. Genom att koordinera dessa undersökningar med brunnsförsöken skapas också förutsättningar för bättre värdering av vattenbehandlings omfattning och konsekvenser.

Sedan fältundersökningar och försök utförts kan projekteringen av värmelagret och vattenbehandlingsanläggningen slutföras och anläggningarna etableras. Detta kan ske samtidigt med att värmepump och övriga produktions- och distributionsanläggningar utförs. Utförandet av undersökningarna skall sålunda anpassas till tidplanen för utbyggnaden av det samlade värmeförsörjningssystemet.

I samband med idrifttagningen av försörjningsanläggningen fordras enligt villkoren för Oljeersättningsfondens stöd att en uppföljning av anläggningens drift genomförs. Denna driftuppföljning bör lämpligen omfatta två årscykler. Innan själva uppföljningen påbörjas erfordras att ett särskilt uppföljningsprogram upprättas och att erforderlig mätutrustning installeras. Sedan mätningarna avslutats erfordras också att en särskild utvärdering genomförs för klarläggande av värmepumpsystemets och speciellt värmelagrets funktion och prestanda. Hela detta uppföljningsarbete bör kunna finansieras av Statens råd för byggnadsforskning och

ansökan härom bör inlämnas snarast.

För legalisering av värmesystemet med tillhörande värmelager och övriga anläggningar fordras att anmälan snarast inlämnas till länsstyrelsen. Ansökan till vattendomstolen bör däremot först färdigställas sedan återstående fältundersökningar och fältförsök utförts.

## 8.2 Tidplan

Vid uppläggningsplaneringen av tidplanen för värmepumpsystemet bör tillses att värmelagret samt pumpstation, överföringsledningar och vattenbehandlingsanläggning färdigställs till våren 1984. Uppladdning av lagret kan då ske under sommaren. Värmepumpanläggning med övrig utrustning bör sedan installeras under hösten så att värmeproduktionen kan komma igång innan utgången av 1984. Driftuppföljningen bör sedan pågå fram till sommaren 1986 och utvärderingen genomföras under senare delen av 1986.

## REFERENSER

Enell, Magnus, 1981. Rönneån 1978-1980. Utvärdering av fysikalisk-kemiska och biologiska resultat, samt förslag till modifiering av kontrollprogram.

Hellström, Göran, Bennet, Johan & Claesson, Johan, 1982. Model of Aquifer Storage System, Manual for Computer Code. Inst f matematisk fysik, Lund.

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.

Hydén, Hans & Emmelin, Ann, 1983. Värmelagring i akviferer i Sverige. (Statens råd för byggnadsforskning). Rapport R66:1983.

Lemmeke, Leif, 1981. Storskalig värmeförsörjning med värmepump. (Statens råd för byggnadsforskning). Rapport R126:1981. Stockholm.

Pinder, Georg F, Kinnmark, Ingemar P E & Voss, Clifford I, 1980. GAFETTA A Galerkin Asymmetric Finite Element Thermal Transport Aquifer Model, bilaga till rapport angående NE-projekt 2060 592. (KTH.) Stockholm.

VBB, 1982. Fjärrvärmeutredning för Klippans tätort.



## YTVATTENKVALITET

## BILAGA 2.1

Medelvärden av mätningar i Rönneå utförda 1978-80,  
Enell (1981).

	Forsmöllan	Stackarpsbro
pH	7.55	7.60
Konduktivitet, mS/m	29.6	30.4
Alkalinitet, mekv/l	1.12	1.12
Vattenfärg, mgPt/l	57	58
KMnO <sub>4</sub> , mg/l	43	43
BS <sub>7</sub> , mg/l	4.3	4.3
O <sub>2</sub> , %	94	95
P, µg/l	89	90
N, mg/l	2.45	2.62
Vattenföring, m <sup>3</sup> /s	8.7	8.7

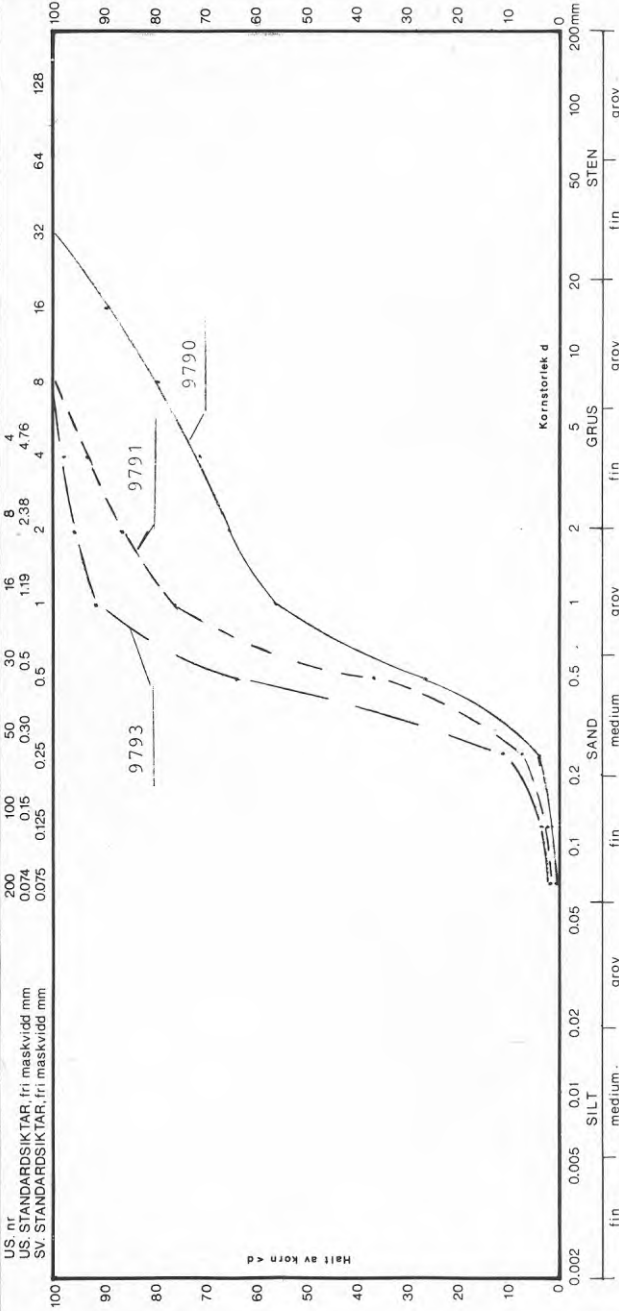
**VBB**

VATTENBYGGNADSBYRÅN  
E6820

BFR - Stidsvig

JORDPROVNINGSBLAD  
KORNFÖRDELNING, PERMEABILITET m.m

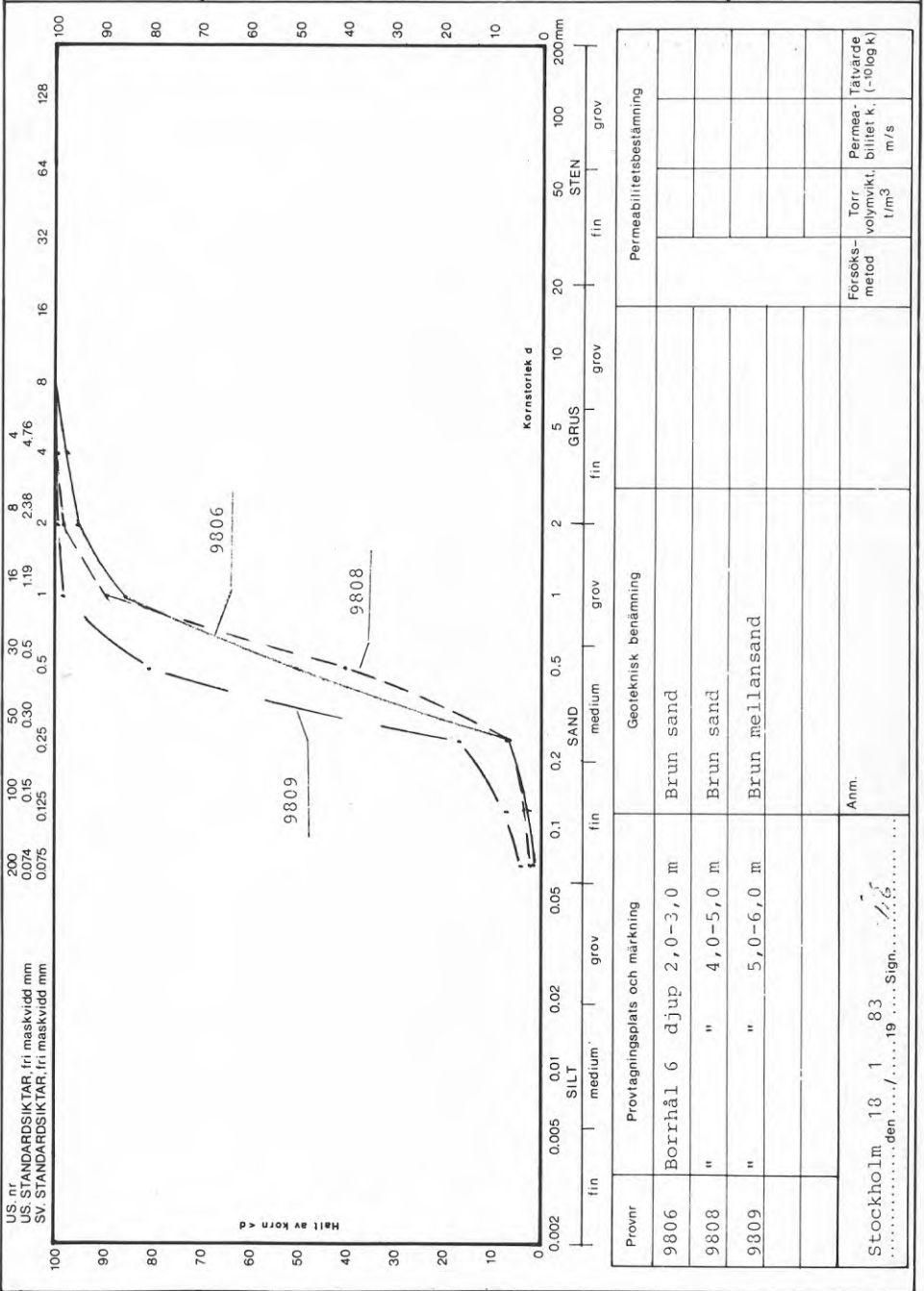
VBB R 500 A



Provrnr	Provtagningsplats och märkning	Geoteknisk benämning	Permeabilitetsbestämning
9790	Borrhål 4 djup 1,0-2,0 m	Brun grusig sand	
9791	" " " 2,0-3,0 m	Brun ngt grusig mellansand	
9793	" " " 4,0-5,0 m	Gråbrun mellansand	
Stockholm, 18 1 83			
.....den...../.....19..... Sgn.....			
		Försöksmetod	Torr volymvikt, t/m <sup>3</sup>
			Permeabilitet k <sub>1</sub> (-log k)
			m/s

Anm.





VBB R 500 A

Provrnr	Provtagningsplats och märkning	Geoteknisk benämning	Permeabilitetsbestämning		
9806	Borrhål 6 djup 2,0-3,0 m	Brun sand			
9808	" " 4,0-5,0 m	Brun sand			
9809	" " 5,0-6,0 m	Brun mellansand			
Stockholm 13 1 83			Försöksmetod	Torr- volyvikt, t/m <sup>3</sup>	Permea- bilitet k (-10 log k) m/s
.....den ...../.....19.....					
Anm.					



Provpumpning i B3  
1983-02-08--15

Bilaga 3.2

Obspkt	Avst fr B3 m	Avsänkn e 1 vecka cm	Transmissivitet*	
			Thejs $10^{-3}$ m <sup>2</sup> /s	Jacobs $10^{-3}$ m <sup>2</sup> /s
P1	435	3		
P2	320	4		
P3	185	12	4,1	
P4	240	9		
P5	95	31		
P6	290	10		
P8	500	5		
B2	25	47	16,5	17,0
B3	0	202		
B4	40	54	12,3	14,0
B5	80	23	8,0	
B10	410	7		
B11	410	6		
B18	325	8		
B20	110	23		
B21	150	18		
B22	205	12		
Samtliga punkter			8,0**	

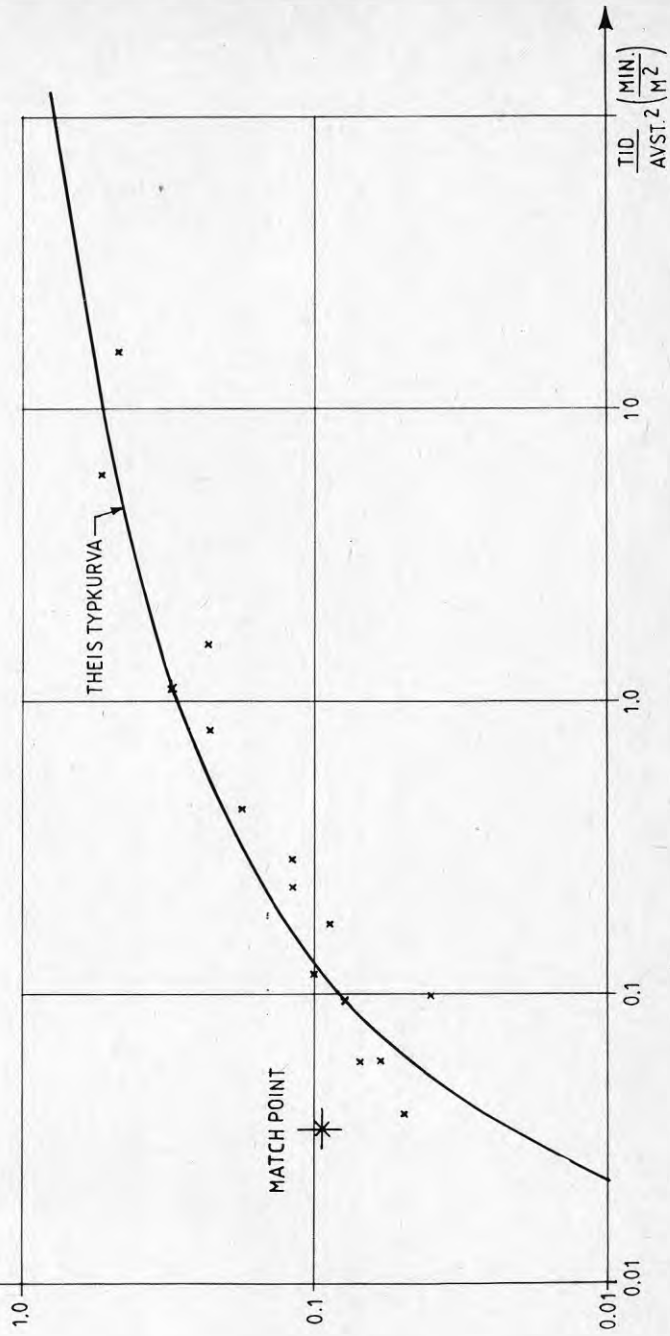
\* Transmissiviteten grundad på avsänkningen under första dygnet efter propumpningsstart

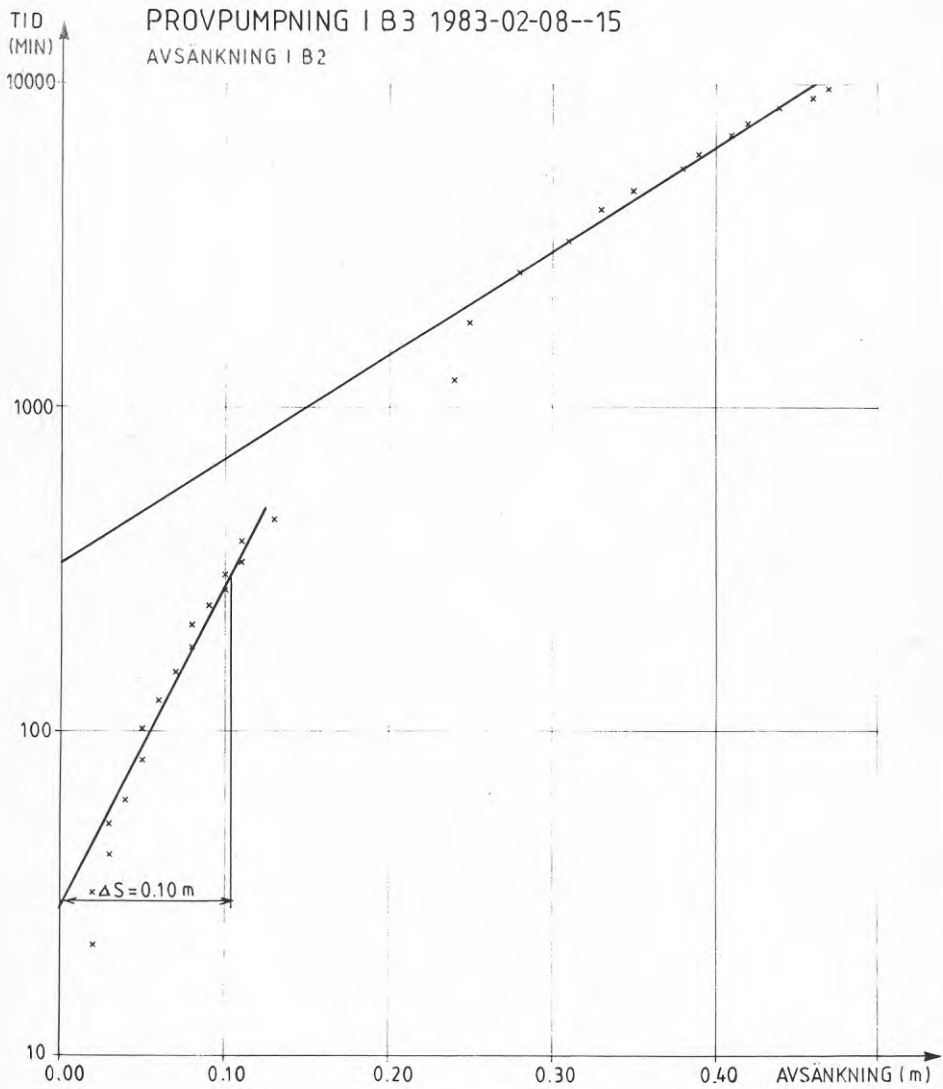
\*\* Transmissiviteten grundad på avsänkningen 7 dygn efter pumpstart

AVSÄNKNING  
(M)

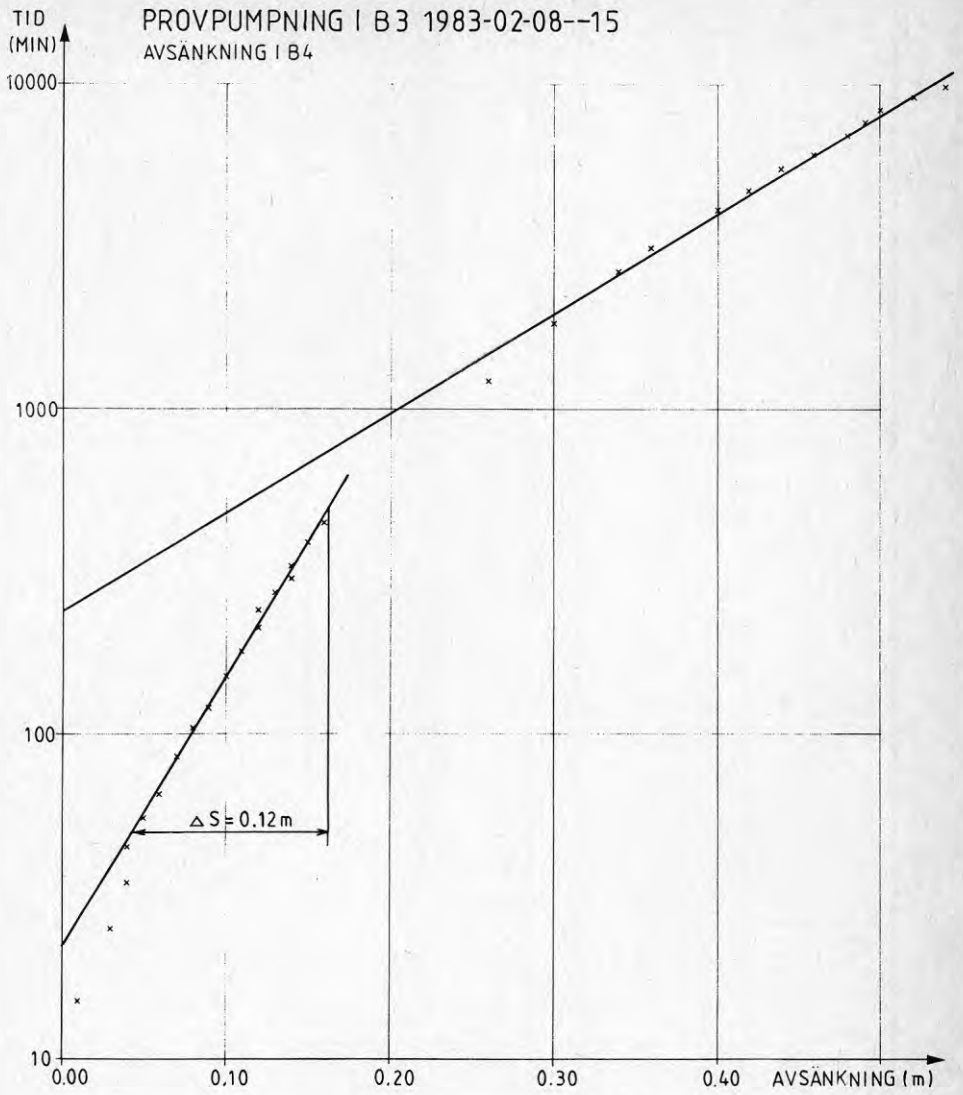
PROVPUMPNING I B3, 1983-02-08--15

AVSÄNKNING =  $F \left( \frac{\text{TID}}{\text{AVSTÄND}^2} \right)$  VID TIDEN 9870 MIN. (~7 DYGN)









Fysikalisk-kemiska analyser  
på grundvatten

Bilaga 3.3

Provtagningsplats		Klippans vattenverk	Brunn B3
Provtagningsdatum		1980-12-16	1983-02-15
Temperatur vid provtagning (enl uppg)		-	8,0
Temperatur vid uppackningen		-	-
Färgvärde	mg/l Pt	<5	5
Grumlighet	FTU	ingen	ingen
Lukt (styrka, art)		ingen	ingen
Smak (styrka, art)		-	-
Bottensats		ingen	ingen
Permanganatförbrukning	mg/l $\text{KMnO}_4$	10	9
Glödgningsrest (beräkn)	mg/l	230	231
Specifik ledningsförmåga	mS/m	36,6	36,3
pH, pot		6,3	5,6
Ammonium	$\text{NH}_4$ mg/l	<0,1	<0,1
Totalhårdhet	mg/lCa	50	45
Totalhårdhet	°dH	7,0	6,3
Järn	Fe mg/l	<0,05	<0,05
Mangan	Mn "	0,06	<0,05
Aluminium	Al "	-	-
Bikarbonat	$\text{HCO}_3$ "	44	14
Klorid	Cl "	32	41
Fluorid	F "	-	-
Sulfat	$\text{SO}_4$ "	55	54
Nitrat	$\text{NO}_3$ "	40	54
Nitrit	$\text{NO}_2$ "	0,05	<0,01
Fosfat	$\text{PO}_4$ "	<0,1	<0,1
Aggressiv kolsyra	$\text{CO}_2$ "	44	68

Analyserna har utförts av K M Laboratorierna AB, Helsingborg

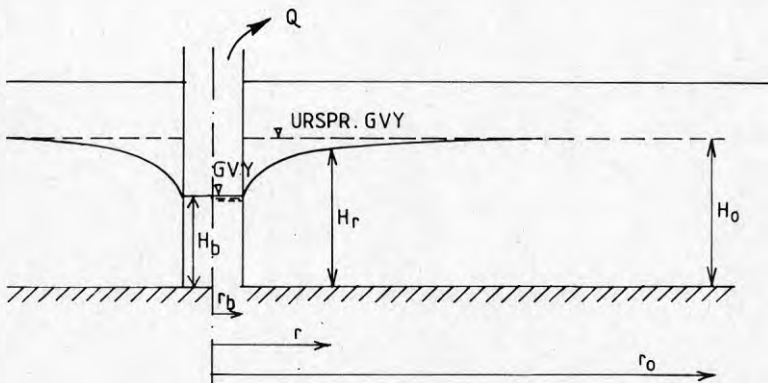
## BERÄKNADE GRUNDVATTENYTOR INOM LAGEROMRÅDET

När lagret laddas och laddas ur ändras grundvattenytans form. Kring infiltrationspunkterna höjs grundvattenytan, runt uttagsbrunnarna bildas sänknings-trattar. Nivåförändringarna beror på akviferens genomsläpplighet och uttagens storlek. Avsänkning runt en brunn är direkt kopplad till brunnens kapacitet (i förekommande fall måste risken för sättningar beaktas), medan maximalt infiltrationsflöde avgörs av tillåten höjning av grundvattenytan med hänsyn till markens utnyttjande och risken för översvämningar.

Genom att anlägga ett flertal mindre brunnar intill varandra istället för en stor kan önskade kapaciteter erhållas samtidigt som den lokala förändringen av grundvattennivån runt uttagsstället minskas. I Klippan där akviferens mäktighet är ca 5 m och överlagrande jordtäckte inskränker sig till ca 2 m är denna möjlighet intressant.

Grundvattenytans form vid stationärt tillstånd har beräknats med konduktivitetvärdena  $1 \times 10^{-3}$  m/s och  $2 \times 10^{-3}$  m/s för några olika driftsfall. Vid beräkningarna har formeln nedan använts:

$$H_b^2 = H_r^2 - \frac{Q}{\pi k} \ln \frac{r}{r_b}$$

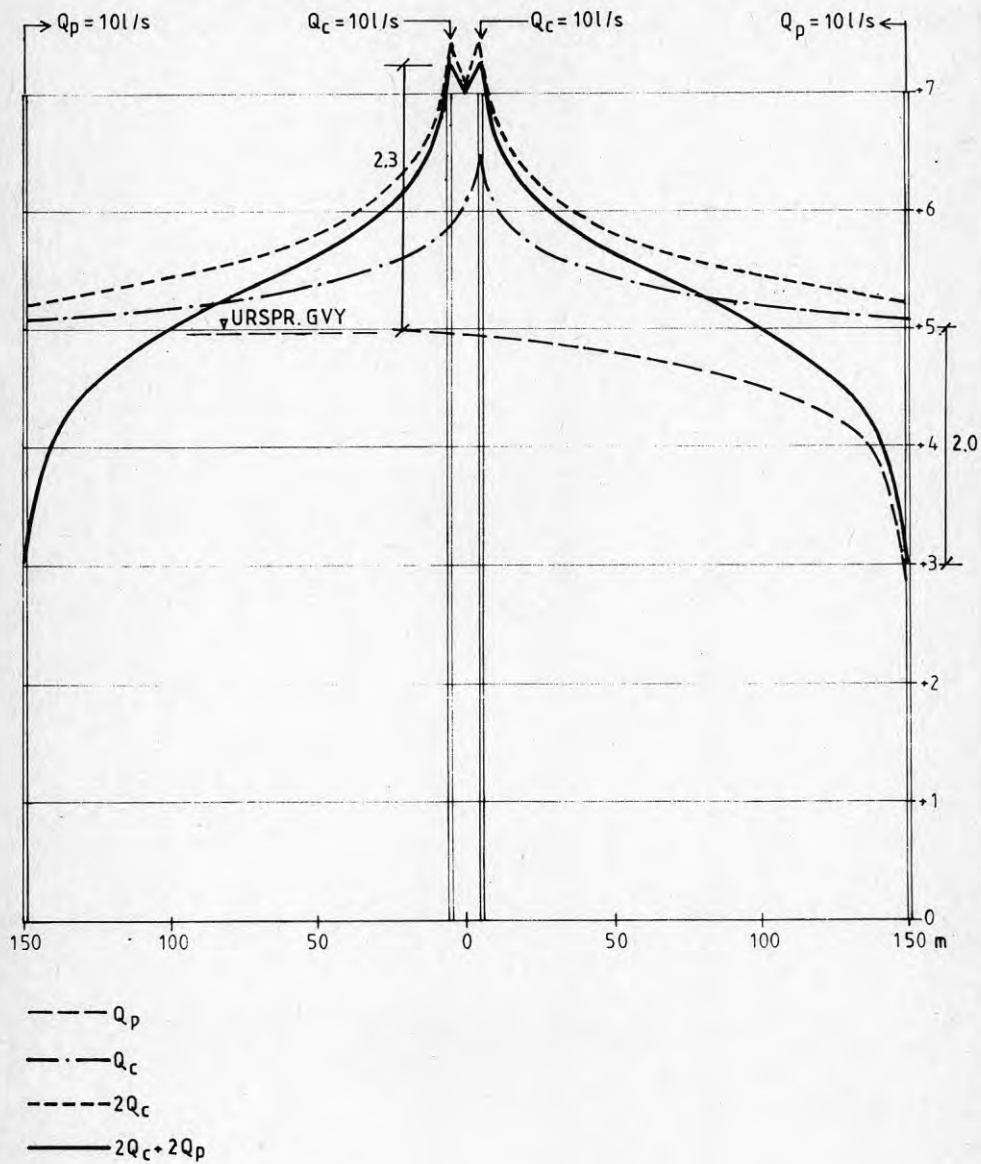


Figur 1 Avsänkning vid pumpning i brunn, beteckningar.

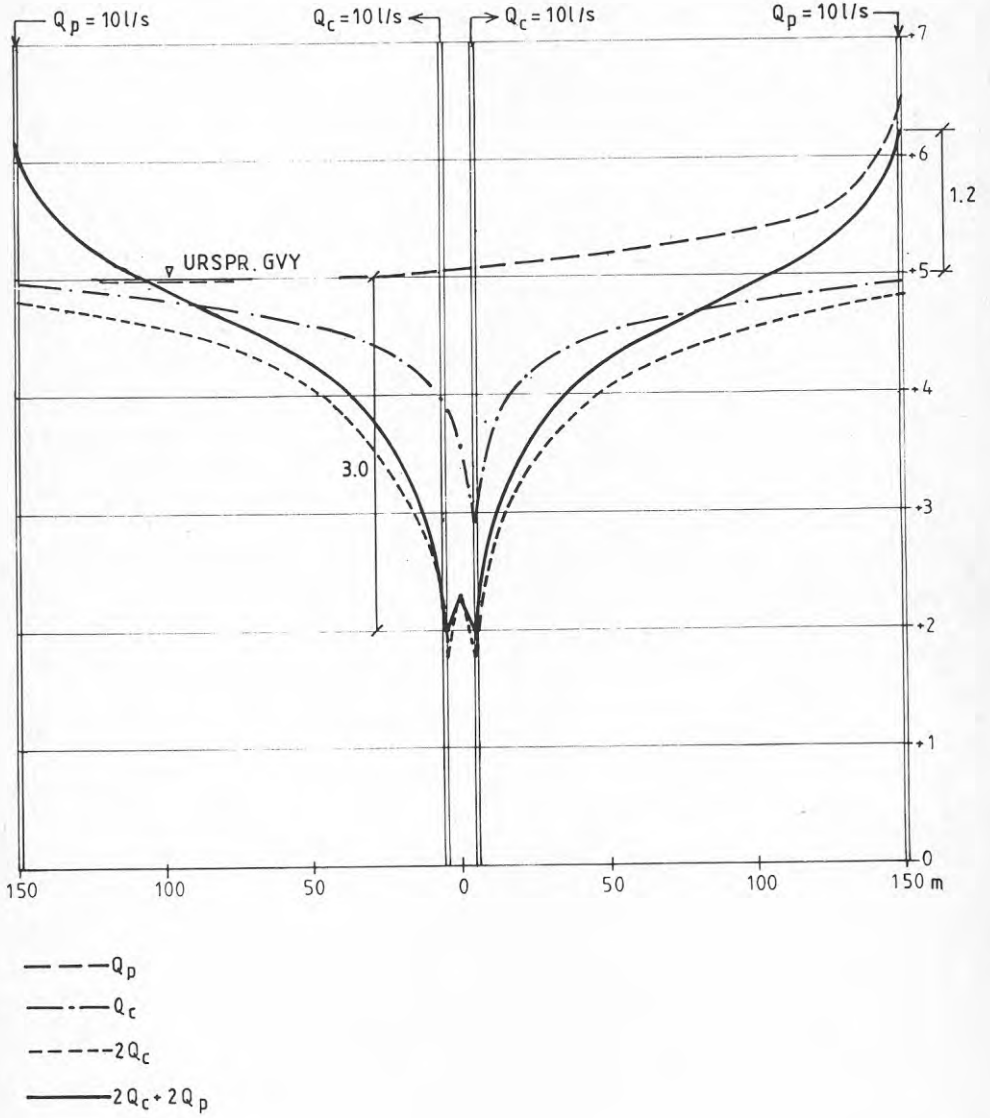
Beteckningarna framgår av Figur 1. Brunnarna förutsätts vara schaktbrunnar med diametern 2 m. Vid beräkningarna har förutsatts att en brunns inverkningsradie  $r_0$  är 200 m. De kapaciteter som erhålls med denna radie är något lägre än de som kan förväntas med planerat brunnssystem där varje uttag kompenseras av en lika stor infiltration på ett avstånd av ca 150 m.

För att erhålla den totala bilden av grundvattenytans förändring har den enskilda brunnarnas inverkan adderats. Beräknade grundvattenytor framgår av Figur 2-5.

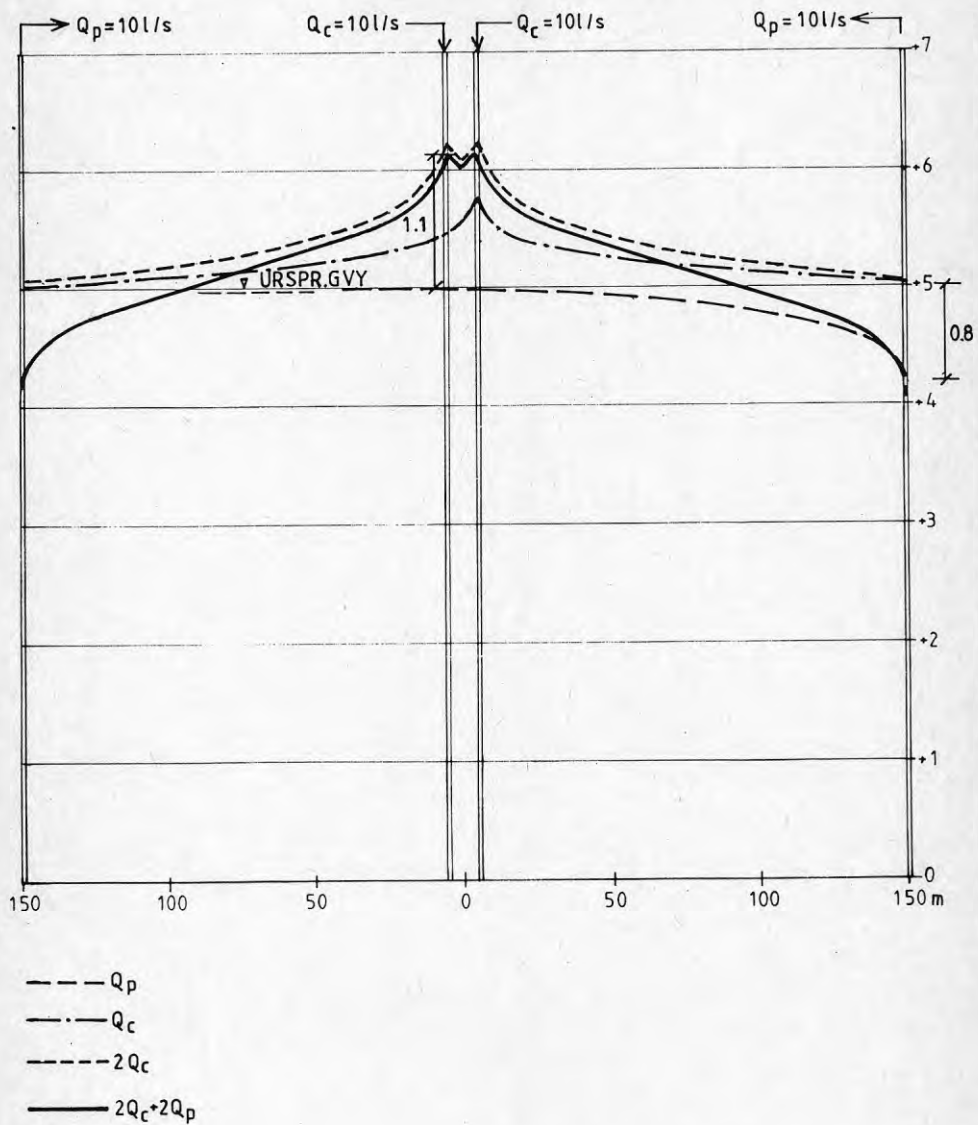
Figur 2 LADDNING  
 $20 \text{ l/s} \leq \xi_3$   
 $k = 10^{-3} \text{ m/s}$



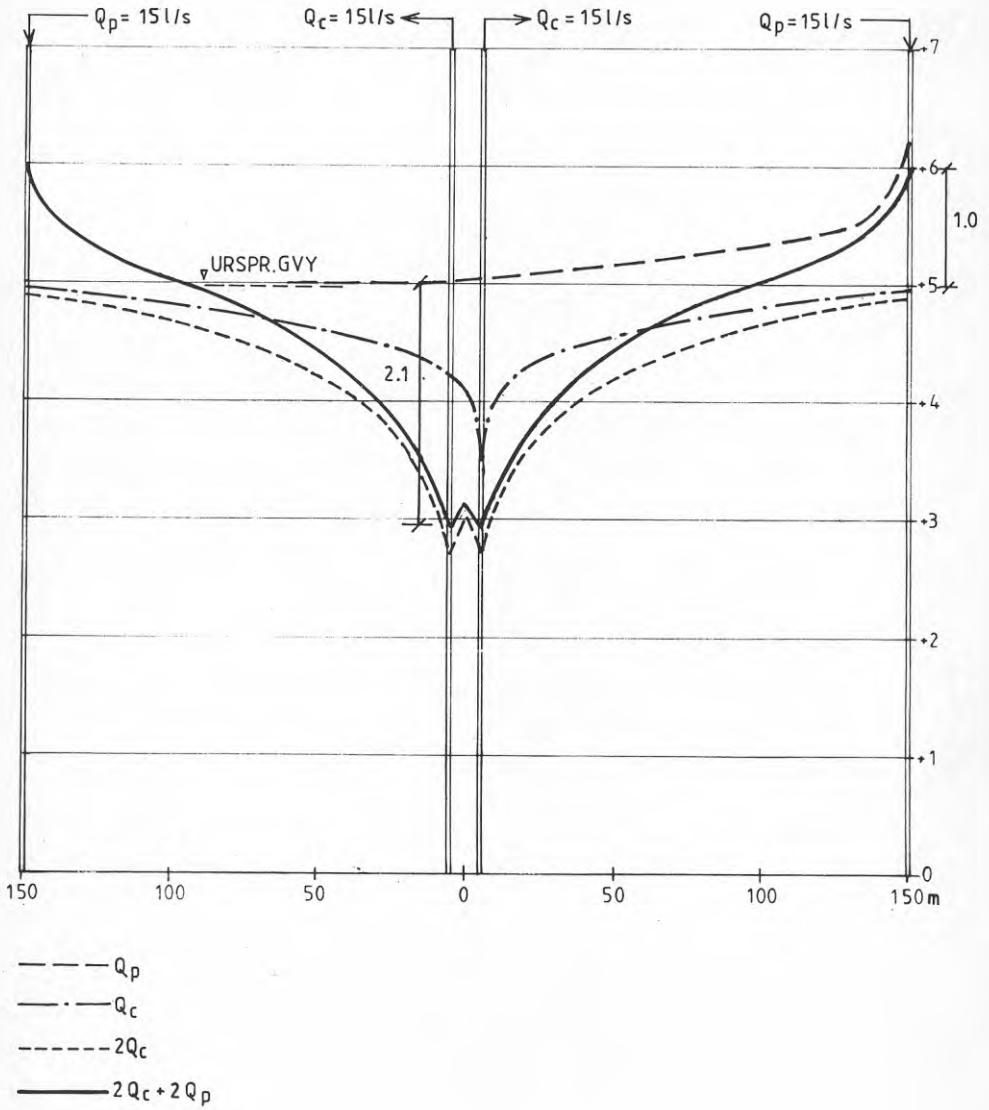
Figur 3 URLADDNING  
 20 l/s  
 $k=10^{-3}$  m/s



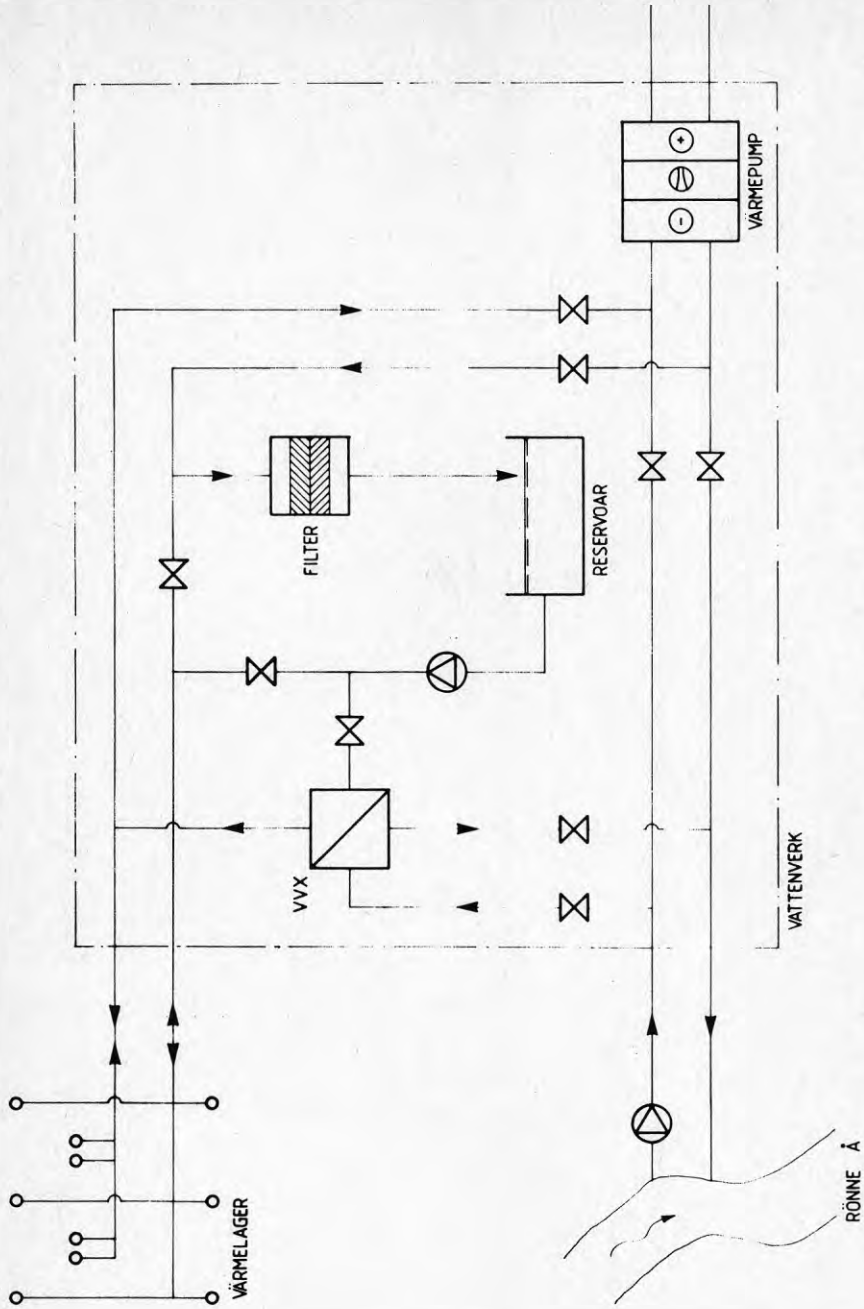
Figur 4 LADDNING  
 20 l/s  
 $k=2 \cdot 10^{-3} \text{m/s}$



Figur 5 URLADDNING  
 30 l/s  
 $k=2 \cdot 10^{-3} \text{m/s}$







VÄRMEPUMPANLÄGGNING  
PRINCIPSCHEMA



**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag  
810713-5 från Statens råd för byggnadsforskning  
till Vattenbyggnadsbyrån AB, Stockholm.**

**R146: 1983**

**ISBN 91-540-4043-4**

**Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm**

**Art.nr: 6700846**

**Abonnemangsgrupp:  
V. Anläggningsteknik**

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

**Cirkapris: 25 kr exkl moms**