



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

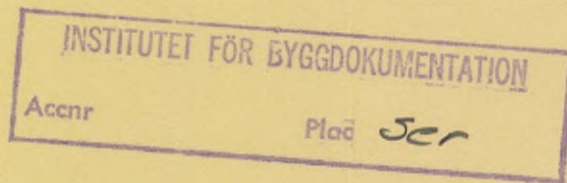
R58:1984

**Energi ur grundvatten vid
Bommersvik**

Beskrivning av värmepumpanläggning

**Lars O Ericsson
Margareta Gefwert
Lena Lindgren**

K
A/N



Byggforskningsrådet

R58:1984

ENERGI UR GRUNDVATTEN VID BOMMERSVIK
Beskrivning av värmepumpanläggning

Lars O Ericsson
Margareta Gefwert
Lena Lindgren

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
801128-7 från Statens råd för byggnadsforskning
till VIAK AB, Vällingby.

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

R58:1984

ISBN 91-540-4140-6

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Liber Tryck Stockholm 1984

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

		Sida
	FÖRORD	4
1	BAKGRUND	5
2	BEFINTLIGT VÄRMESYSTEM	6
2.1	Värmesystemets uppbyggnad	6
2.2	Effekt- och energibehov	7
3	VÄRMEPUMPINSTALLATION	7
3.1	Principlösning	7
3.2	Driftdata	8
4	VÄRMEKÄLLA	10
4.1	Grundvattenmagasin	10
4.2	Distribution av grundvatten	14
5	INVESTERINGAR	15
6	FÖRVÄNTAT EKONOMISKT UTFALL	15
7	MÄTNING OCH UTFÄRDNING	16
8	LITTERATURREFERENSER	16

FÖRORD

I framtiden kommer det delvis att vara möjligt att tillgodose landets behov av bostadsuppvärmning med energi ur grundvatten. Detta kan göras med hjälp av värmepump i såväl stor som liten skala beroende på de lokala hydrogeologiska förutsättningarna.

Ett flertal mindre anläggningar för uppvärmning av enskilda villor har de senaste åren projekterats och byggts. För anläggningar i storleksordningen 100-1000 kW saknas emellertid en bredare erfarenhet inom landet.

Föreliggande rapport redovisar en värmepumpsanläggning som tagits i drift i februari 1983 vid Stiftelsen Förbundsskolan Bommersvik, Södertälje kommun. Anläggningen är att betrakta som medelstor när det gäller energi ur grundvatten. Den maximala effekten är 330 kW ut från värmepumpen. Vid en sådan effekt hanteras ett grundvattenflöde om ca 11 l/s.

Projektet har finansierats med experimentbyggnadslån från Byggforskningsrådet.

Projekteringen har genomförts av VIAK AB, Vällingby och BPA Byggproduktion AB i Södertälje har som generalentreprenör utfört anläggningsarbetena. Industriell värmeteknik i Tranås har levererat värmepumpen och brunnsentreprenaden har genomförts av Akva-Terra AB, Örebro.

En utvärdering av anläggningen sker inom ramen för ett speciellt forskningsprojekt av VIAK AB samt en referensgrupp med representanter för SGU, Statens Vattenfallsverk samt Miljö- och hälsovårdsförvaltningen i Södertälje. Denna delrapport skall om ca två år alltså följas av en slutrapport där drifterfarenheter och ekonomiskt utfall presenteras.

Projektledare är geohydrolog Torgny Agerstrand, VIAK. Förbundsskolan Bommersvik representeras av föreståndare Roger Möller samt Harry Nyberg och Erik Mattsson.

Civilingenjörerna Margareta Gefwert, Lena Lindgren och Lars O Ericsson har svarat för huvuddelen av projekteringsarbetet samt utformat och skrivit denna rapport.

Vällingby 1983-05-01

VIAK AB

1 BAKGRUND

Stiftelsen Förbundsskolan Bommersvik vid sjön Yngern är belägen inom Södertälje kommun, 10 km nordväst om samhället Järna. (Se figur 1.1.) Kursgården utgörs av ca 15 byggnader med varierande funktion och storlek. Inom området finns övernattningshotell, restaurangbyggnad, undervisningslokaler, motionslokaler, barnstuga, bastu, enskilda bostadshus m m. Från en värmecentral svarar ett lokalt kulvertnät för distribution av värmevatten till radiatorer och värmebatterier.



Figur 1.1 Bommersvik ligger mellan Järna och Nykvarn i Södertälje kommun.

Längs väg 509 sträcker sig från Bommersvik och norrut Turingeåsen, vilken utgör en grundvattentillgång med goda uttagsmöjligheter.

Vid Bommersvik visade det sig mycket lämpligt att installera en värmepump i det befintliga värmesystemet. Efter en provpumpning av grundvattenmagasinet, då värmekällan kvantifierades, detaljprojekterades anläggningen. Under sommaren och hösten 1982 byggdes värmepumpsystemet och efter ett intrimningskede togs värmepumpen i drift i februari 1983. Det kontinuerliga grundvattenuttaget är reglerat enligt vattendom vid Vattendomstolen, Stockholms tingsrätt.

I denna rapport redovisas det befintliga värmesystemet, värmepumpsinstallationen och grundvattenresursen. Vidare framgår ett förväntat ekonomiskt utfall som dock ej kan preciseras förrän efter ett antal års drift. Därför sker en viss uppföljning enligt ett program som presenteras sist i rapporten.

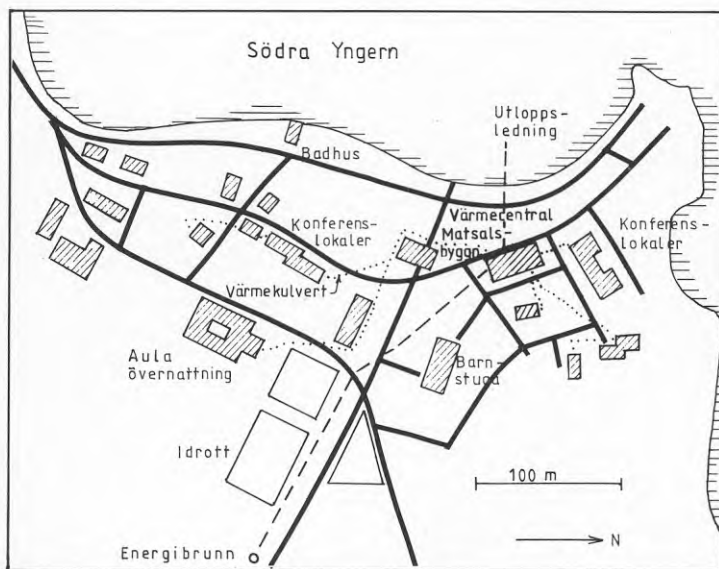
2 BEFINTLIGT VÄRMESYSTEM

2.1 Värmesystemets uppbyggnad

Kursgårdens olika byggnader får sin värme från en gemensam värmecentral belägen i matsalsbyggnaden, se figur 2.1. Två oljepannor om knappt 750 kW vardera har hittills ombesörjt energitillförseln. Värmevattnet, vars framledningstemperatur har hållits konstant 90°C året runt, distribueras i ett ca 800 m långt kulvertnät (tvårörs) till nio undercentraler ute i området. Några undercentraler försörjer flera byggnader med värme.

I undercentralerna shuntas värmevattnet till radiator- och ventilationsgrupper. Även tappvarmvattnet bereds i respektive undercentral. Radiatorsystemet är dimensionerat för 80-60°C.

Ventilationen drivs antingen kontinuerligt eller intermittent. Den intermittenta ventilationen finns i vissa föreläsningssalar. Den startas manuellt genom att en knapp trycks in och stängs av automatiskt efter nittio minuter. Flera byggnader saknar helt ventilation. Tappvarmvattnet bereds i såväl förråds- som genomströmningsberedare.



Figur 2.1 Plan över Bommersvik. Distributionssystem för grundvatten och värme.

2.2 Effekt- och energibehov

Oljeförbrukningen har varierat något från år till år men har uppgått till ca 300 m³/år. Med en årsmedelverkningsgrad på pannanläggningen av 70% motsvarar detta en energianvändning av 2100 MWh/år och med ett energipris om 2100 kr per m³ olja en energikostnad på 630 000 kr/år. Effektbehovet för uppvärmning och tappvarmvatten har uppskattats till 1 MW.

3 VÄRMEPUMPINSTALLATION

3.1 Principlösning

Värmepumpen har anslutits på den samlade returledningen i serie med pannorna och före dessa, se figur 3.1.

För att det befintliga värmesystemet skulle bli anpassat till värmepumpdrift har viss modifiering av detta utförts.

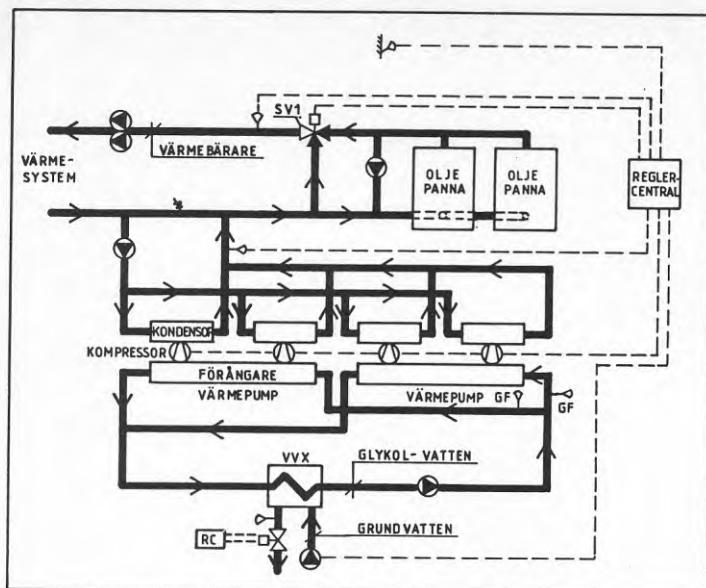
Primärnätets höga framledningstemperatur och därmed också höga returtemperatur var framförallt besvärande. Att hela året gå ut med en konstant, hög temperatur trots att det under större delen av året ej erfordrades, var dessutom stort energislöseri. Framledningstemperaturen är därför nu styrd via en utegivare så att temperaturen ut från värmecentralen aldrig är högre än vad det momentana effektbehovet kräver.

Värmevattnets retur in till oljepannorna bör inte understiga ca 60°C för att inte pannorna skall utsättas för korrosionsrisk. Genom en utekompenserad framledningstemperatur kommer emellertid returtemperaturen under stora delar av året att betydligt understiga 60°C. Detta problem har lösts genom att en s k huvudshuntanordning har installerats (SV1 i figur 3.1) och genom en intern panncirkulationskrets. Det i värmepumpen uppvärmda värmevattnet shuntas ut i nätet igen och endast vid behov spetsar pannorna med hett vatten. För övrigt har inga andra åtgärder vidtagits inne i värmecentralen.

I undercentralerna har trevägsventilerna för radiatorkretsarna behållits. Trevägsventilerna för ventilationen har ändrats till tvåvägsventiler. Detta för att förhindra att varmt vatten endast cirkulerar runt i shuntgruppen med en förhöjd returtemperatur som följd när ventilationen inte utnyttjas.

Värmepumpen har placerats i garaget i matsalsbyggnaden, se figur 2.1. Utrymmet har ljudisolerats med akustikplattor i taket och garageportarna har tätats. För att förhindra fortplantning av stömljud och vibrationer har värmepumpen placerats på fjädrar och kompensatorer har installerats mellan värmepump och den varma sidans röranslutningar.

I en undercentral har varmvattenberedningen kompletterats med eleftervärmning.



Figur 3.1 Princip för värmepumpens inkoppling i värmesystemet.

3.2 Driftdata

Värmepumpens effektstorlek begränsas av grundvattentillgången. Ur grundvattnet kan knappt 200 kW utvinnas enligt den genomförda provpumpningen. Grundvattnet tillåts inte att kylas mer än ner till $+2^{\circ}\text{C}$ för att frysriskerna skall elimineras. Den termiska effekten uppgår till ca 300 kW.

Värmepumpen som har levererats av Industriell Värmeteknik AB i Tranås är uppdelad på två aggregat om drygt 150 kW termisk effekt vardera. Varje aggregat består av två kolvkompressorer med separata köldmediakretsar. Köldmediet utgörs av R 12 och värmepumpen kan leverera värmevatten med en maximal temperatur av ca 70°C .

Fördelen med fyra kompressorer är att systemet är lätt att effektreglera med god verkningsgrad. Stora fördelar uppnås också från service- och driftsäkerhetssynpunkt. Om en kompressor faller ur eller behöver gås igenom kan de övriga tre fortfarande fungera helt tillfredsställande och den tillförda effekten reduceras endast med en fjärdedel.

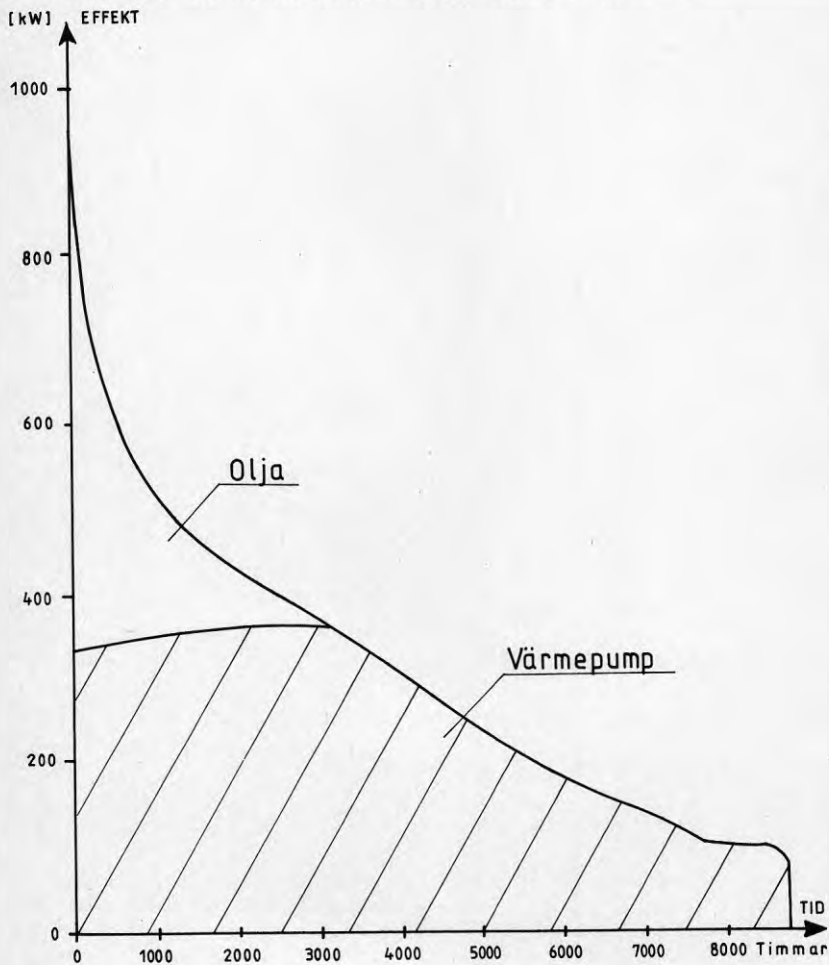
Grundvattnet är mycket korrosionbenäget enligt den kemiska vattenanalysen. Därför pumpas inte vattnet direkt in i förångaren utan värmeväxlas i en plattvärmväxlare, varvid värmen överförs till förångaren via en mellankrets av glykolblandat vatten.

Följande driftdata uppnås vid en utgående värmevattentemperatur om 70°C och en utgående grundvattentemperatur om 2°C .

Energibalans, MWh/år:

	Enbart olja	Olja + värmepump
Olja	2100	600
El	-	650
Grundvattenvärme	-	850
Summa	2100	2100

Effektbehovets varaktighetsdiagram framgår av figur 3.2.



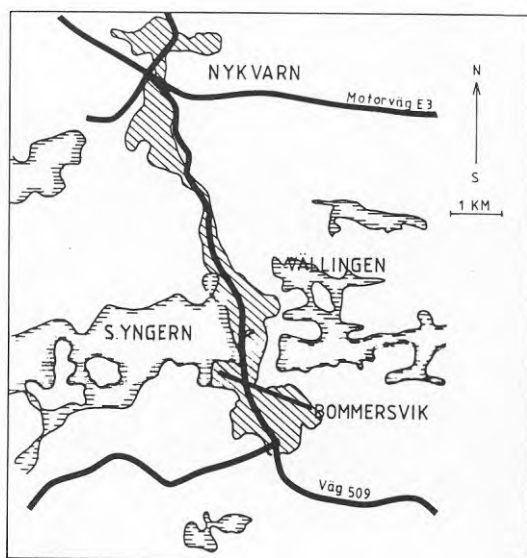
Figur 3.2 Varaktighetsdiagram med värmepumpens effekttäckning.

4 VÄRMEKÄLLA

Inför en detaljprojektering av ett objekt med denna storlek krävs att en provpumpning av grundvattenmagasinet genomförs och analyseras. Detta för att fastställa värmekällans förutsättningar, d v s bedöma grundvattentillgången som energiresurs. Vidare är det, med tanke på materialval i värmepumpens förångare, viktigt att känna till grundvattnets kemiska sammansättning.

4.1 Grundvattenmagasin

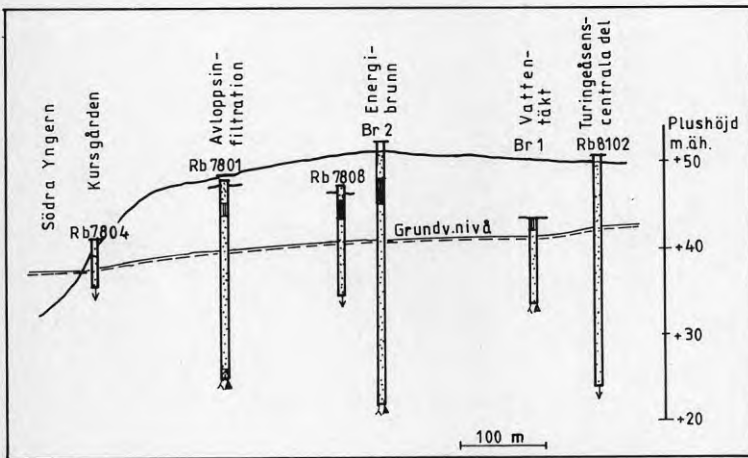
Bommersviksområdet är beläget på de yttre delarna av Turingeåsen, som sträcker sig i nord-nordvästlig riktning mot samhället Nykvarn. I det aktuella området mellan sjöarna S Yngern och Vällingen brer isälvsediment ut sig i en komplex israndbildning. Se figur 4.1.



Figur 4.1 Kursgården Bommersvik är belägen mellan sjöarna S Yngern och Vällingen på en israndbildning.

De geologiska förhållandena framgår av profilen i figur 4.2. Matjordslagret underlagras av svallsediment som består av siltiga till sandiga jordarter. Dessa jordarter bildades när landisens äldre bildningar (Turingeåsen) genom landhöjningen bearbetades av vågorna och omlagrades. Svallsedimenten varierar i mäktighet mellan 0,5-3,0 m och uppvisar ibland tunna linser av lera. Under svallsedimenten följer en gråbrun glacial lera av varvig karaktär, som successivt övergår i grövre fraktioner till silt. Glacialernas

överyta i profilen följer huvudsakligen topografin och stupar mot sydväst. Mäktigheten är ca 1-3 m. Isälvsedimenten underlagrar i sin tur de glaciala finsedimenten till varierande djup. Vid den nyanlagda energibrunnen (Br 2) är den totala jordmäktigheten ca 28 m. I kontakt med berg kan grusig morän förekomma.



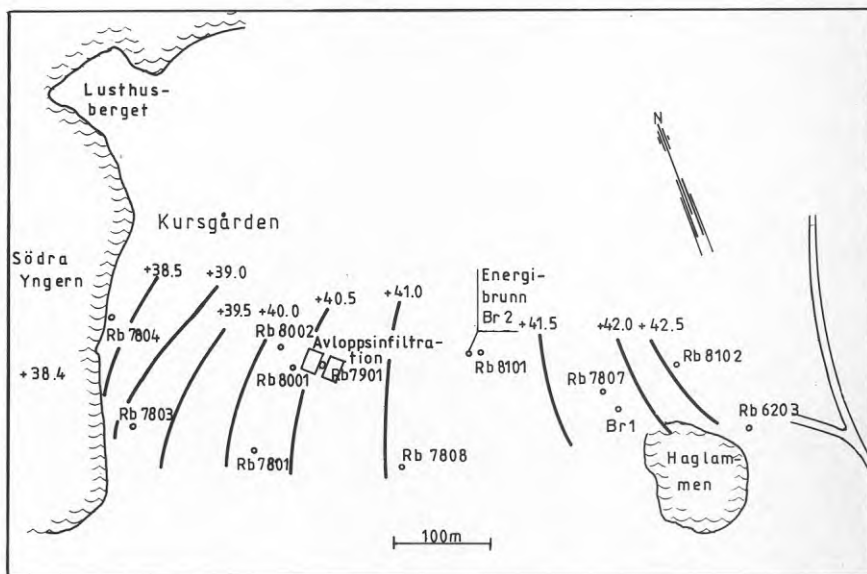
Figur 4.2 Geologisk profil vid Bommersvik

Inom Bommersviksområdet är grundvattnets flödesriktning nordvästlig mot sjön S Yngern (se figur 4.3). Vid brunnen Br 2 ligger grundvattennivån ca 10 m under markytan. I naturligt tillstånd har grundvattnet på en sådan nivå under markytan en konstant temperatur under året.

För att bedöma grundvattenmagasinets hydrauliska egenskaper, grundvattnets kvalitet och temperatur har en provpumpning genomförts under tiden 1981-10-08--1981-10-22. Provpumpningen utfördes i den nyanlagda brunnen Br 2 med ett uttag av i genomsnitt 22,0 l/s (1900 m³/dygn). Vattnet pumpades via en ca 200 m lång ledning till en dräneringskulvert, vilken i sin tur mynnar i sjön S Yngern.

Den geohydrologiska störning som provpumpningen med 22 l/s innebar var förhållandevis stor jämfört med den hydrauliska kapacitet som grundvattenmagasinet besitter.

Grundvattennivån i brunnssområdet ligger i naturligt tillstånd ca 3,25 m över S Yngerns nivå. Vid pumpstopp var nivån vid brunnen ca 0,10 m lägre än S Yngerns nivå och fortfarande avtagande. På sikt erhålls alltså med ett dylikt uttag en avsänkning under sjöns nivå. Detta innebär att en påtvingad infiltration med sjövattnet till grundvattenmagasinet fås med en viss temperaturpåverkan till följd.



Figur 4.3 Grundvattnets flödesbild vid Bommersvik

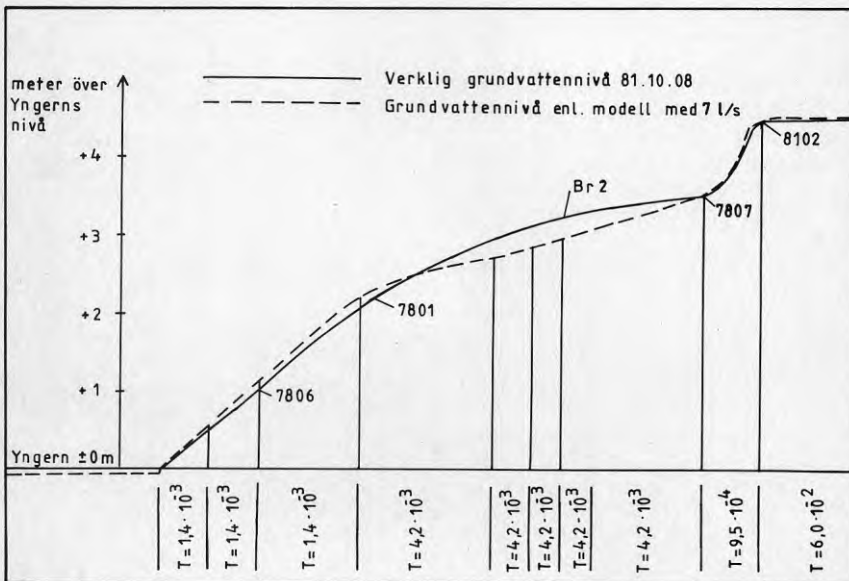
En bedömning av avsänkingsdata har givit att magasinet uppträder som en kanal med en mot söder berggrundsbedingad negativ hydraulisk gräns. Den andra negativa hydrauliska gränsen mot norr är mer svårbestämd, eftersom den ej enkelt framgår i form av berg i dagen. Utifrån en tidigare geohydrologisk undersökning (VIK 1962-09-20) och mätningar av grundvattennivåer i samband därmed, vet man dock att ett annat lägre beläget magasin finns i Turingeåsen mellan Fårviken i Yngern och sjön Byllammen. Det är alltså troligt att grundvattenmagasinets norra begränsning är berggrundsbedingad och belägen i det höjdområde med sand- och grusavlagringar som sträcker sig i östlig riktning från det s k Lusthusberget.

Eftersom transmissiviteten T och magasinskoefficienten S varierar avsevärt i längsled i det kanalformiga grundvattenmagasinet ger en utvärdering av provpumpningsdata med s k kanalmodell alltför generaliserade resultat.

En finit elementmodell av typ Geofem G har därför upprättats över grundvattenmagasinet. På grund av att större delen av akviferen är täckt med glaciala finsediment förutsätts att den huvudsakliga grundvattenbildningen i det betraktade magasin-avsnittet sker som tillflöde från Turingeåsens centrala delar och från de vidsträckt glacialfluviala avlagringarna öster och sydost om Bommersvik. Grundvattenbildningsområdet är ca 0,7 km² och den infiltrerade mängden antas vara ca 200 mm/år. Detta ger en medelgrundvattenbildning av ca 4,5 l/s. Förutom detta flöde kan man förutsätta att ca 2,5 l/s tillförs grundvattenmagasinet i dess öppna avsnitt.

Med ett flöde av 7 l/s över den 440 m långa begränsningen (kanalens antagna sektionsbredd) och med valda transmissiviteter erhålls de grundvattennivåer som visas i figur 4.4 för stationära förhållanden. Modellen har god överensstämmelse med nivåerna i naturligt tillstånd.

Med den upprättade grundvattenmodellen gjordes prognoser för avsänkning i magasinet vid stationära förhållanden och olika uttag i brunnen Br 2. För uttag större än 7 l/s ger således modellen ett tillskott av sjövattnet till grundvattenmagasinet, vilket delvis kommer att förändra temperaturförhållandena i akviferen. Med hänsyn till grundvattenbildningen och avsänkingsmöjligheterna i brunnen Br 2 har det beräknats att 10 l/s bör vara den dimensionerande uttagskapaciteten. Man bör observera att den upprättade modellen är ett grovt prognosinstrument och i samband med uppföljningen av anläggningen skall modellen revideras.



Figur 4.4 Grundvattennivåer i verkligheten och nivåer enligt modell (Geofem G)

Vattenanalyser togs vid provpumpningens start och omedelbart före pumpstopp. Inga större förändringar i grundvattnets kemiska sammansättning har skett under pumpningens gång. Grundvatten från brunnen Br 2 har ett pH lika med 6,5 och en låg alkalinitet. Halten HCO_3^- är lika med 18 mg/l. Vidare är vattnet mjukt med 2,3° dH vid pumpstopp. Halten marmoraggresiv kolsyra har bestämts till 15 mg/l. Detta innebär att vattnet är mycket korrosivt, vilket bekräftas av en klassificering enligt Ryznars stabilitetsindex (RSI = 13). Korrosionsrisken har beaktats på så sätt att förångaren kompletterats med en sluten köldmediakrets där värmeväxling sker mot grundvatten.

Under hela provpumpningen var temperaturen 6,8°C i grundvattnet från uttagsbrunnen. Det bedöms att temperaturen för grundvattnet ej kommer att underskrida 6,3°C.

4.2 Distribution av grundvatten

En ny rörbrunn har anlagts vid tillfartsvägen till kursgården. Placeringen av den nya brunnen är vald med hänsyn till flera faktorer. Ett krav har varit att infiltrerat avloppsvatten ej skall kunna tillföras grundvattentäkten för dricksvatten. Vidare bör en distributionsledning till en värmecentral av ekonomiska skäl ej vara för lång. Samtidigt har det varit väsentligt att erhålla goda uttagsmöjligheter och dessa ökar mot Turingeåsens centrala delar.

Brunnen är huvudsakligen utförd enligt ett av VIAK upprättat brunnsprogram (VIAK, 1981). Borrningen är genomförd med en diameter av \varnothing 400 mm till 28,8 m djup. Det rostfria filterröret (kontinuerlig slits) av stål (kvalitet motsvarande SIS 2333) är placerat mellan nivåerna 13,8-25,8 m under markytan med en slitsvidd av 0,5 mm och en yttre diameter av \varnothing 324 mm.

Genom att studera initialskedet av provpumpningen har brunnens egenskaper bedömts. Transmissiviteten i brunnens direkta närhet har beräknats till $T = 1,2 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$. Genomsläppligheten i denna del av magasinet är således förhållandevis god. Magasinskoefficienten har beräknats till $S = 1,2 \times 10^{-3}$. Inströmningsmotståndet i form av skinfaktor är litet, d v s lika med noll.

Grundvattnet uppfordras med en dränkbar pump (20 m tryckhöjd vid ca 15 l/s), som placerats i brunnens sumprör. Fram till och med den slutna förångarkretsen sker grundvattendistributionen utan atmosfärskontakt i en ca 350 m lång PVC-ledning \varnothing 160 x 14,6. Detta för att undvika järnutfällningar i systemet. Det är förutom denna åtgärd lämpligt att låta framledningen av vatten ske under ett visst övertryck ty en tryckstegring ger principellt en minskad utfällningsrisk i systemet.

Efter förångaren leds det avkylda vattnet till en utloppsbrunn. Därifrån förs vattnet med självfall till recipienten S Yngern via en utloppsledning i PEH \varnothing 225 x 12,8. Utloppsledningen som är 60 m lång har perforerats med 25 mm hål cc 0,3 m på en sträcka av 30 m. Förankringen av ledningen har skett med vikter.

5 INVESTERINGAR

Eftersom byggherren i nuläget (maj 1983) ej erhållit slutfakturor för samtliga projekterings- och entreprenadinsatser, är följande investering till viss del uppskattad. Avvikelsen är dock marginell.

Den erforderliga investeringen inklusive moms för värmepumpsystemet samt tillhörande arbeten fördelar sig enligt följande:

Värmepump	580 000 kr
VVS-installation	430 000 "
EI-installation	180 000 "
Transformatorstation	85 000 "
Byggnads- och anläggningsarbeten	380 000 "
Grundvattenbrunn	60 000 "
Projektering inkl ansökan om vattendom	250 000 "
Byggkontroll och besiktning	60 000 "
Total investering	<u>2 025 000 kr</u>

6 FÖRVÄNTAT EKONOMISKT UTFALL

Värmepumpen kommer att täcka ca 70% av anläggningens energiförbrukning. Energibalansen är redovisad i kapitel 3.2.

En energikostnadsbalans får vid oljepriset 2100 kr/m³ och elpriset 0,24 kr/kWh följande utseende.

	Enbart olja	Olja + värmepump
Olja	630 000 kr	180 000 kr
EI	-	156 000 "
Totalt	<u>630 000 kr</u>	<u>336 000 kr</u>

Energikostnadsbesparingen uppgår således till 294 000 kr/år.

Enligt kapitel 5 uppgår den totala investeringen till 2 025 000 kr, vilket med ovanstående årsbesparing ger en återbetalningsstid på ca 6,8 år.

7 MÄTNING OCH UTVÄRDERING

Målet med projektet är huvudsakligen att genomföra en

- . kostnadsanalys med avseende på drift och underhåll
- . teknisk systemanalys
- . geohydrologisk analys

I enlighet med ett uppföljningsprogram studeras nu under de första årens drift ett antal parametrar. För energibalansberäkningen mäts följande:

- . värmepumpens elförbrukning
- . värmepumpens och oljepannornas drifttid
- . grundvattnets levererade energi
- . uttagspumpens elförbrukning
- . oljeförbrukningen
- . till kulvertnätet levererad energi

Förutom ovanstående energitekniska parametrar skall mätningar genomföras av mer översiktlig geohydrologisk karaktär. Bland annat studeras:

- . nederbörd, lufttemperatur
- . grundvattennivåer, nivåer i sjöarna S Yngern och Haglammen
- . temperaturen vid avloppsinfiltrationsanläggningen
- . temperatur i markens mättade och omättade zon, olika nivåer, olika punkter

8 LITTERATURREFERENSER

- VIK 1962. Redogörelse för hydrogeologiska undersökningar i Bommersviksområdet, Järna kommun, Stockholm
- VIK 1979. Geohydrologiskt utlåtande angående avloppsinfiltration, Bommersvik
- VIK 1981. Program för utförande av rörbrunn vid Rb 8101P, Bommersvik

**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
801128-7 från Statens råd för byggnadsforskning
till VIAK AB, Vällingby.**

R58: 1984

ISBN 91-540-4140-6

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6704058

**Abonnemangsgrupp:
W. Installationer**

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

Cirkapris: 25 kr exkl moms