



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.



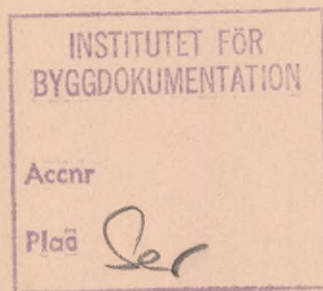
Rapport

R92:1988

Kallfjärrvärme från stenbrott i Kågeröd

**Utvärdering av ett
experimentbyggnadsprojekt**

**Bengt-Olof Hecktor
Nils Ingvar Ekholm**



Byggeforskningsrådet

R92:1988

KALFJÄRRVÄRME FRÅN STENBROTT
I KÅGERÖD

Utvärdering av ett experimentbyggnadsprojekt

Bengt-Olof Hecktor
Nils Ingvar Ekholm

Denna rapport hänför sig till forsknings-
anslag 810752-4 från Statens råd för byggnads-
forskning till K-Konsult i Kalmar.

REFERAT

Föreliggande utredning syftar till att redovisa teknik och energianalys samt ekonomi för ett projekt med så kallad kallfjärrvärme.

Projektet omfattar värmeförsörjning av en skola och ett ålderdomshem med närliggande servicecenter inklusive 28 marklägenheter. De båda anläggningarna försörjdes ursprungligen med värme från var sin oljeeldad panncentral. Projektet innebär att centralerna kompletterats med ett antal värmepumpar där energin till förångarna tas ur vatten från ett nedlagt stenbrott, vilket är beläget drygt 1 km från panncentralerna. Energin i vattnet växlas över till en brine vid stenbrottet och transporteras sedan i oisolerade PEH-rör till panncentralerna.

I rapporten redovisas systemets uppbyggnad, drifterfarenheter under 2 års drift, samt en årslång mätning av effekt, energianvändning samt värmefaktor för systemet. Dessutom görs en ekonomisk analys.

Drifterfarenheterna har varit synnerligen goda med mer än 99 % drifttillgänglighet. Systemets totala värmefaktor har varit 2,30. Behovet av tillsatsenergi har varit obetydligt. Ekonomin beror till stor del på gällande förutsättningar för beräkning av kapitalkostnaden, men även priset på energiråvarorna el och olja har stor betydelse. Med nuvarande energipriser och kapitalkostnaden beräknad på sedvanligt sätt är anläggningen ej helt konkurrenskraftig mot andra alternativ. En relativt måttlig höjning av oljepriset vid oförändrat elpris kan dock snabbt göra installationen lönsam. Vid installation av systemet i nybyggnadsområden finns förutsättningar för lönsamhet även med nu gällande energipriser.

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

Denna skrift är tryckt på miljövänligt, oblekt papper.

R92:1988

ISBN 91-540-4950-4

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

INNEHÅLL

	SAMMANFATTNING.....	4
1	PROJEKTET.....	8
1.1	Förhistoria.....	8
1.2	Verkligt utförande.....	10
2.	INSTALLATIONEN.....	11
2.1	Tekniska data för befintliga anläggningar före ombyggnad.....	11
2.1.1	Åsgårdens ålderdomshem med servicecenter.....	11
2.1.2	Kågeröds centralskola.....	12
2.2	Tekniska data för systemet efter ombyggnad.....	12
2.2.1	Vattentag, värmeväxlare och pumpstation.....	13
2.2.2	Kulvertledning.....	18
2.2.3	Åsgårdens panncentral.....	19
2.2.4	Undercentral i Åsgårdens servicecenter.....	23
2.2.5	Centralskolans panncentral	
3	DRIFT OCH DRIFTSTÖRNINGAR.....	24
3.1	Idrifttagning.....	24
3.2	Driftstörningar.....	24
3.3	Sammanfattande synpunkter på driften.....	25
4	MÄTUTRUSTNING OCH MÄTNINGAR.....	26
5	MÄT- OCH BERÄKNINGSRESULTAT.....	29
5.1	Åsgården med servicecenter och marklägenheter.....	29
5.1.1	Effekt och energi.....	29
5.1.2	Värmefaktor.....	31
5.2	Centralskolan.....	31
5.2.1	Effekt och energi.....	31
5.2.2	Värmefaktor.....	32
5.3	Totala systemet	33
5.3.1	Effekt och energi.....	33
5.3.2	Värmefaktor och pannverkningsgrad.	34
6	EKONOMISK UTVÄRDERING.....	35
6.1	Anläggningskostnad.....	35
6.2	Bedömning av ekonomin i jämförelse med oljeeldning.....	35
6.2.1	Kapitalkostnad.....	36
6.2.2	Service- och underhållskostnad....	36
6.2.3	Kostnad för tillförd energi.....	37
6.2.4	Total kostnadskillnad.....	38
6.3	Sammanfattande synpunkter på ekonomin.....	40

SAMMANFATTNING

Under våren 1981 genomfördes en utredning angående möjligheten att utnyttja spillvärme från en livsmedelsindustri för uppvärmning av Åsgårdens ålderdomshem och av Kågeröds centralskola i Kågeröd.

Vid industrin fanns ca 370 kW spillvärme i form av vatten med temperaturen 42 oC. I projektets ursprungliga form skulle energin växlas ned till varmvatten med temperaturen 20 oC och transporteras i oisolerade markförlagda plaströr till de befintliga panncentralerna belägna ca 1 km från industrin. Energin skulle därefter med värmepump höjas till en temperatur som var användbar på befintligt värme- och tappvarmvattensystem. Frågor som då ej var helt klarlagda var bla eventuella förlägningsproblem för ledningen samt storleken av värmeförlusterna under transporten till värmeförbrukarna. Bla för att utvärdera dessa osäkerheter beviljade BFR experimentbyggnadslån samt bidrag för utvärdering av systemet. Projektet kom dock aldrig till utförande i denna form eftersom enighet om leveransvillkoren för spillvärmens ej kunde nås.

Projektet togs emellertid upp på nytt i december 1984 men då med vatten från ett nedlagt, vattenfyllt stenbrott som energikälla. Stenbrottet låg i omedelbar närhet av den ursprungliga värmekällan, vilket ansågs vara en fördel om förhållandena för en spillvärmeliverans skulle förändras i positiv riktning i framtiden. Beviljat experimentbyggnadslån och bidrag ställdes till förfogande av BFR även med den nya utformning som projektet fick.

I sin nya utformning kom anläggningen att bestå av följande huvuddelar:

- Vattentag, värmeväxlare och pumpstation.
- Kulvertledning för transport av stenbrottsvärmens till ålderdomshemmet respektive skolan.
- Värmepumpsinstallationer vid ålderdomshemmet och skolan.

Stenbrottets vattenvolym beräknades till omkring 220-250 000 m³. Vattnet från stenbrottet pumpas medelst 2 dränkbara pumpar upp till en värmeväxlar- och pumpstation som är belägen på bergkanten ca 7 m ovanför vattenytan. Pumparna är upphängda höj- och sänkbara under en flotte. Under tiden början av maj - mitten december är pumparna placerade på 15 m djup nära botten och under övrig tid 1-2 m under vattenytan. Därmed utnyttjas det varmaste vattnet i största utsträckning.

De två pumparna är termostatstyrda och styrs dels efter energibehovet via brinetemperaturen i transportsystemet, dels efter vattentemperaturen vid pumparnas inlopp.

I den kombinerade värmväxlar- och pumpstationen växlas energin från stenbrottet över till en brinelösning med vilken energin transporteras till Åsgården och skolan genom en transportledning av oisolerade PEH-rör. Kulvertledningen har en längd av 1 085 m och är utförd med parallella fram- och returledningar med 140 mm inre diameter. Totala rörlängden är därmed 2 170 m. Transportpumparna är placerade i det nämnda pumphuset.

Ledningsdragningen är utförd så att kulverten först passerar Åsgården. Via en avgrening tas erforderligt brineflöde in till pannrummet och en undercentral. Grenledningen delas sedan inom Åsgården i 3 parallella ledningar som sammanlagt förser 5 värmepumpar med energi till deras förångare. I var och en av brineledningarna finns en cirkulationspump som håller flödet genom förångaren konstant. Efter energiuttaget i värmepumparna vid Åsgården återförs uttaget brineflöde till framledningen i riktning mot skolan. Brinens temperatur är vid maxlast ca 2 oC lägre vid skolan än vid Åsgården beroende på den uttagna energin. Inkopplingen i skolan är utförd lika den i Åsgården.

Med den beskrivna kopplingen fås i stort sett konstant flöde genom kulvertledningen medan däremot temperaturen i ledningen varierar. Vid maximalt effektuttag är brinens temperatur ca -1,5 oC i returledningen före inträdet i värmväxlaren och stiger i växlaren till ca +3,5 oC. Sommartid kan brinetemperaturen vara +12 till +16 oC.

I Åsgårdens panncentral finns 3 värmepumpar vardera med 70 kW avgiven effekt för värmesystemet och en pump med 35 kW effekt för tappvarmvattnet. Uppvärmningssystemet har dessutom försetts med en vattenackumulator med 500 liters volym.

Tappvarmvattnet för 28 marklägenheter samt servicedel med bla samlingslokaler, matsal mm till Åsgården har haft egen varmvattenberedning från en undercentral till Åsgårdens panncentral. Tappvarmvattnet har tidigare producerats medelst oshuntat vatten från det gemensamma värmesystemet. Detta oshuntade vatten har nu ersatts med vatten från ytterligare en värmepump med 35 kW värmeeffekt, placerad i undercentralen. Effektbehovet för Åsgården har baserats på tidigare energiförbrukning, och beräknats till ca 400 kW.

Skolans effektbehov har beräknats till ca 210 kW. För uppvärmningssystemet installerades 1 värmepump med 120 kW avgiven effekt och för tappvarmvattnet en värmepump med 20 kW effekt. Dessutom installerades 2 varmvattenackumulatörer som buffert på uppvärmningssystemet.

Anläggningen togs i drift i mars 1986. Uppförandet gick i stort sett som planerat fränsett viss försening av kulvertarbetena. Orsaken till förseningen var ej tekniska problem utan berodde på utdragna förhandlingar gällande markutnyttjande för ledningen.

Under en kortare uppstartnings- och intrimningsperiod fanns en del driftstörningar som snabbt rättades till. Problemen var föroreningar i ledningarna som satte igen växlare och förångare, samt vissa elektriska fel. Vid ett par tillfällen frös vattnet vid passagen genom värmeväxlaren. Frysningen orsakades av för stort tryckfall genom en flödesmätare som installerats för projektets utvärdering. Mätaren demonterades. Utöver dessa problem upptäcktes ett mindre läckage på en förångare. Felet kunde snabbt ha reparerats, men leverantören valde att byta hela pumpen, vilket gav ett veckolångt avbrott i tappvarmvattenproduktionen vid Åsgårdens servicecenter. Ovan redovisade problem hänför sig så gott som uteslutande till intrimningsperioden och kan genomgående anses vara bagatellartade.

Drifttillgängligheten för hela installationen har således varit utomordentligt god efter det att de redovisade störningarna åtgärdats. Tillgängligheten har varit över 99 % från det att föroreningarna var eliminerade hösten 1986 fram till och med maj 1988.

En årslång energianalys av systemet har utförts från och med vecka 05 år 1987 till och med vecka 04 år 1988. Mätningarna har bland annat utförts med totalt 14 speciellt kalibrerade värmemängdsmätare och ett flertal gångtidsmätare. Avläsningarna har utförts en gång per vecka, och registrerade värden utgörs därmed av veckomedelvärden.

Ur mätningar och beräkningar kan bland annat utläsas:

- Värmepumparna har haft en mycket god energitäckning och har täckt 97,7 % respektive 97,6 % av det totala energibehovet för Åsgården respektive Centralskolan.
- Gemensamma värmefaktorn för gruppen av värmepumpar på Åsgården respektive skolan har tidvis varit över 3 och aldrig under 2,3 räknat som veckomedelvärde. I drivenergin har då inräknats energibehovet för de lokala cirkulationspumparna på brinekretsen.
- Totala värmefaktorn över året, med energin för uppfodringspumpar i stenbrottet och kulvertpumpar inräknad i drivenergin, har beräknats till 2,30.
- Oljepannorna har varit i drift mindre än 100 respektive 70 timmar under året i Åsgården och skolan.
- Som en bieffekt av mätningarna har uppmärksamats att effektförbrukningen för att varmhålla tappvarmvattnet på VVC-kretsen är förhållandevis hög, omkring 5 kW, såväl på Åsgården som på skolan.

Ekonomi beror till stor del på gällande förutsättningar för beräkning av kapitalkostnaden, men priset på energiråvarorna el och olja har givetvis stor betydelse. Med hjälp av figurerna 6.1a-b kan vissa enkla ekonomiska bedömningar göras. Med nuvarande energipriser och kapitalkostnaden beräknad på sedvan-

ligt sätt är anläggningen ej helt konkurrenskraftig mot oljeeldning. En relativt måttlig höjning av oljepriset vid oförändrat elpris kan dock snabbt göra anläggningen lönsam. Vid installation av systemet i nybyggnadsområden finns förutsättningar för lönsamhet även med nu gällande energipriser.

1 PROJEKTET

1.1 Förhistoria

På uppdrag av Svalövs Kommun genomförde K-Konsult i Lund under våren 1981 en utredning angående möjligheten att utnyttja spillvärme från Söderåsens Ost och Investment AB för att värma upp Åsgårdens ålderdomshem samt Kågeröds centralskola i Kågeröd.

Av utredningen framgår att ca 370 kW överskottsvärme kylades bort kontinuerligt i fabriken kyltorn under tiden måndag 06.00 till fredag 22.00. Processvattnet till kyltornet höll därvid temperaturen +42 oC och returvattnets temperatur var +28 oC.

Grundtanken var att överskottsenergin skulle växlas över till en kulvertledning via värmeväxlare och därefter transporteras till de båda värmeförbrukarna ålderdomshemmet och skolan i form av lågtempererat vatten. Avsikten var att energin därefter medelst värmepump skulle höjas till en sådan temperatur att den kunde matas in på förbrukarnas befintliga vattenburna uppvärmnings- och tappvarmvattensystem.

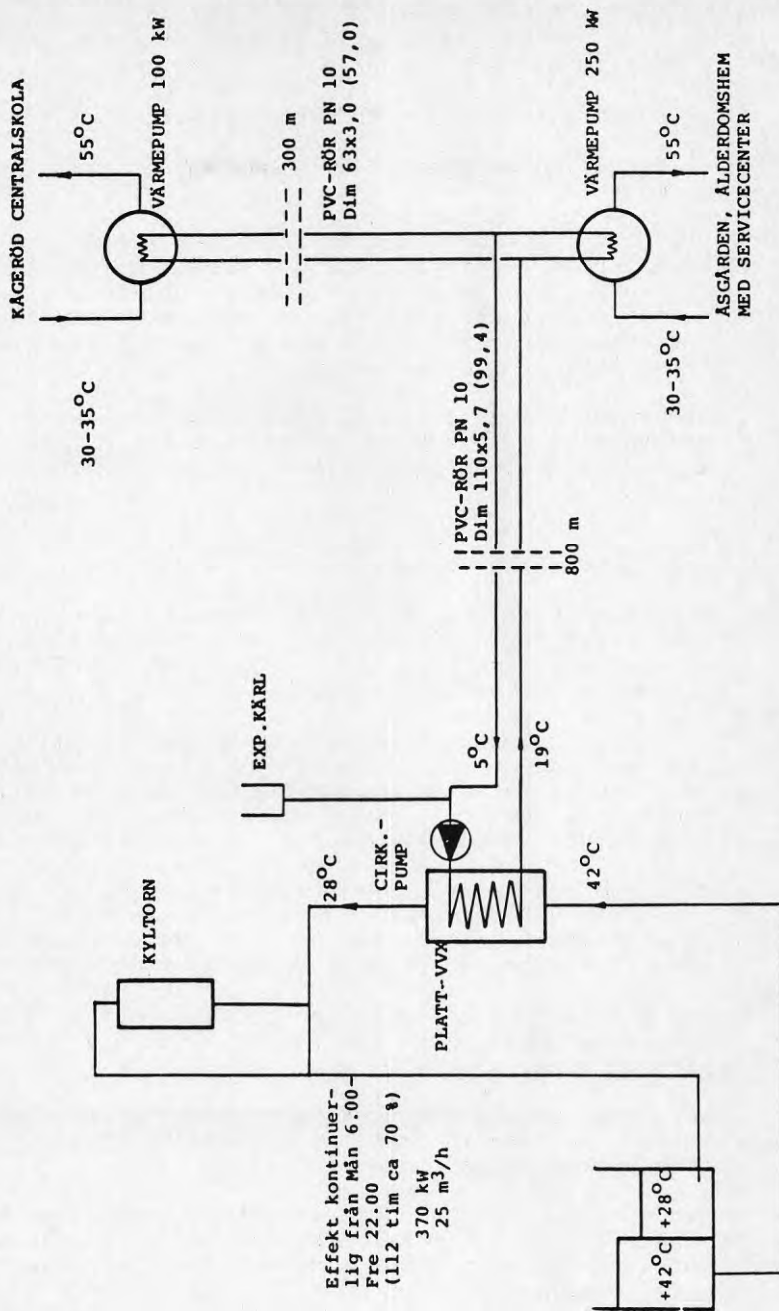
Tre utförandeformer diskuterades enligt följande:

- Med isolerade kulvertledningar i form av konventionella fjärrvärmeledningar bedömdes det vara möjligt att hålla framledningstemperaturen vid ca +35 oC och returtemperatur vid ca +18 oC. Anläggningkostnaden för detta utförande bedömdes dock vara så hög att projektet blev klart olönsamt.
- Andra beräkningar visade att ett utförande med oisolerade rör och ovannämnd temperaturnivå skulle medföra alltför stora värmeförluster för att vara av intresse.
- Ett intressant alternativ bedömdes däremot vara att utföra kulvertledningen av oisolerade plaströr och med temperaturnivån ca +20 oC i framledning och ca +5 oC i returledningen enligt figur 1.1.

Alternativet bedömdes ha följande för- och nackdelar:

Fördelar:

- Låg anläggningkostnad för kulvertledningen.
- Möjlighet att ersätta spillvärmekällan med alternativ energikälla, såsom närliggande vattendrag eller jordvärme för den händelse att spillvärmekällans kapacitet skulle minska oplanerat i framtiden. Således liten risk för framtida kapitalförstöring.
- Tänkbart med viss lagring av energi i marken i kulvertledningens närhet.



FIGUR 1.1 PRINCIPSKISS AV URSPRUNGLIGEN PLANERAT UTFÖRANDE

Nackdelar:

- Viss förlust av spillvärme från framledningen till omgivande mark.
- Lägre värmefaktor för värmepumparna.
- Begränsad erfarenhet av kulvertledningar av plastmaterial.

Projektet bedömdes vara av allmänt intresse och innehålla en stor del risktagande, varför medel söktes från BFR för genomförandet. Medel ställdes också till förfogande av BFR i september 1981, dels som experimentbyggnadslån för utförandet, och dels som bidrag för utvärdering av projektet.

Projektet kom dock aldrig till utförande i ovan angiven form, i första hand beroende på att enighet ej kunde nås om leveransvillkoren för spillvärmens.

1.2 Verkligt utförande

Projektet togs upp på nytt år 1984 men då ej med Söderåsens Ost och investment AB som leverantör av spillvärmens. Avsikten var istället att ta värme från vattnet i ett nedlagt stenbrott.

I det nya utförandet passerade kulvertledningen relativt nära den ursprungligen tilltänkta värmekällan. Om därför förutsättningarna för leverans av spillvärme skulle bli mera positiva i framtiden så kan en sådan leverans tas emot utan större investeringskostnad.

Efter förfrågan från Svalövs Kommun meddelade BFR i januari 1985 att det tidigare beviljade experimentbyggnadslånet fortfarande var tillgängligt och fick utnyttjas även med projektets förändrade utformning.

Den ändrade utformningen innebar även att utvärderingsprogrammet måste anpassas till de nya förutsättningarna.

Det ursprungliga mätprogrammet var relativt enkelt och avsåg i huvudsak uppmätning av kulvertförluster och totalverkningsgrad under 1 driftår.

Med den nya utformningen var mätning enbart av kulvertförluster och totalverkningsgrad av begränsat intresse. Däremot erhöles nu möjlighet att även få detaljerad information om anläggningens effekt- och energibehov, värmefaktor och drifttider för värmepumpar mm.

För att genomföra mätningarna i det nya utförandet krävdes utökning av såväl mätutrustning som övriga resurser. Detta behov tillgodosågs av BFR genom ett tilläggsanslag.

2. INSTALLATIONEN

2.1 Tekniska data för befintliga anläggningar före ombyggnaden

För de båda befintliga värmecentralerna gällde nedan angivna grunddata före ombyggnaden.

2.1.1 Åsgårdens ålderdomshem med servicecenter.

Pannor:

2 oljepannor á 280 kW

1 elpanna á 90 kW

Elpannan togs i drift 1981 och har körts på ordinarie abonnemang.

Erforderligt varmvattenbehov tillgododdsågs med två varmvattenvärmda separata förrådsberedare. En av beredarna är placerad i pannrummet och försörjer ålderdomshemmet. Den andra beredaren är placerad i en separat undercentral som försörjer servicedelen och 28 marklägenheter med värme och tappvarmvatten. Lägenheterna förvaltas av Stiftelsen Svalövsbostäder. Flertalet av lägenheterna bebos av pensionärer.

Energiförbrukningen har varit enligt följande under de senaste åren:

Tid	Förbrukning olja Eol m ³	Tid	Förbrukning elenergi MWh	% graddagar av normalår
jan 1982	55,6	juni 82		96
jan 1983	52,6	juni 83	495	91
jan 1984	29,4	juni 84	552	94,8
jan 1985	55,0	juni 85	637	110,7
jan 1986				

Baserat på dessa siffror har normalårsförbrukningen vid fortsatt drift med olja och el beräknats till 50-55 m³ olja samt 600 MWh el.

Vid antagen 75 % verkningsgrad för oljepannan motsvarar detta ett nettoenergibehov av ca 1 000 MWh. Med en antagen utnyttjningstid av 2 500 timmar beräknas effektbehovet till ca 400 kW.

2.1.2 Kågeröds Centralskola.

Pannor:

1 oljepanna á 180 kW

1 elpanna á 120 kW

Elpannan togs i drift 1983 och har körts på Sydkrafts tidstariff D 26.

Varmvattenbehovet tillgodosågs med en vattenvärmd förrådsberedare.

Energiförbrukningen har varit enligt följande under de senaste åren:

Tid	Årlig förbrukning olja Eo 1 m ³	elenergi MWh	% graddagar av normalår
jan 1983			
jan 1984	34,5	88	91
jan 1985	18,9	266	94,8
jan 1986	13,0	283	110,7

Årligt nettoenergibehov beräknat enligt ovan blir därmed ca 385 MWh och nettoeffektbehovet vid antagen utnyttjningstid 1 800 timmar ca 210 kW.

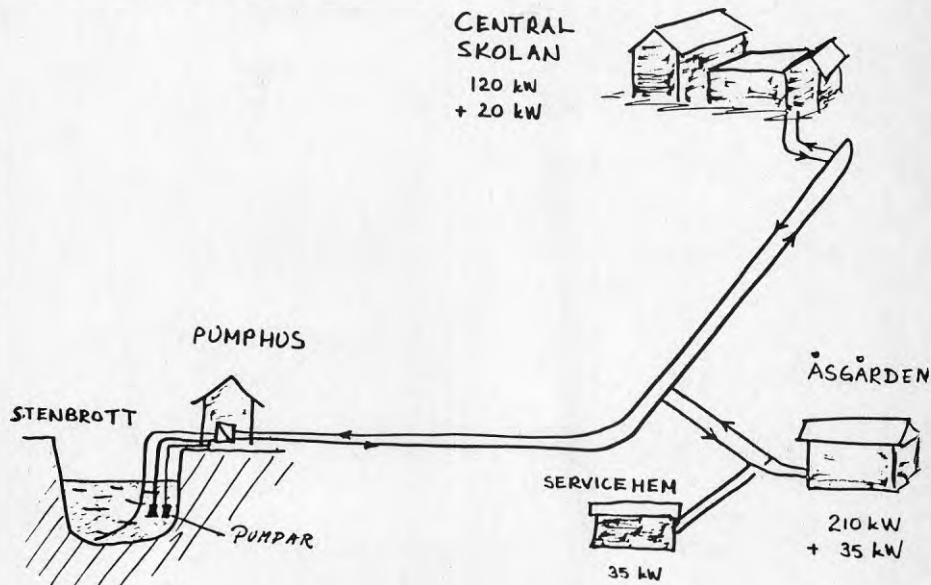
2.2 Tekniska data för systemet efter ombyggnad

Entreprenadarbetena kan indelas i två huvuddelar, dels mark- byggnads- och ledningsarbeten, dels leverans och installation av utrustning för omvandling av "stenbrottsvärmen" till användbar energi.

Den först nämnda huvuddelen har utförts i tekniska kontorets regi. En betydande del av det direkta anläggningsarbetet utfördes av kommunens anställda personal medan vissa delar lades ut på lokala entreprenörer.

Den sistnämnda huvuddelen, som omfattar i princip all teknisk utrustning exklusive markförlagda rör, upphandlades från EST Energisparteknik AB i Bjärred som har delar av sin tillverkning förlagd inom kommunens gränser.

Färdigställandet av anläggningen var planerat till hösten 1985. En försening uppstod dock så att idrifttagning kunde ske först under mars 1986. Orsaken till förseningen var främst att förhandlingar med markägaren om kulvertsträckningen drog ut på tiden. Problemet löstes så småningom genom en ny kulvertsträckning över mark med annan ägare.

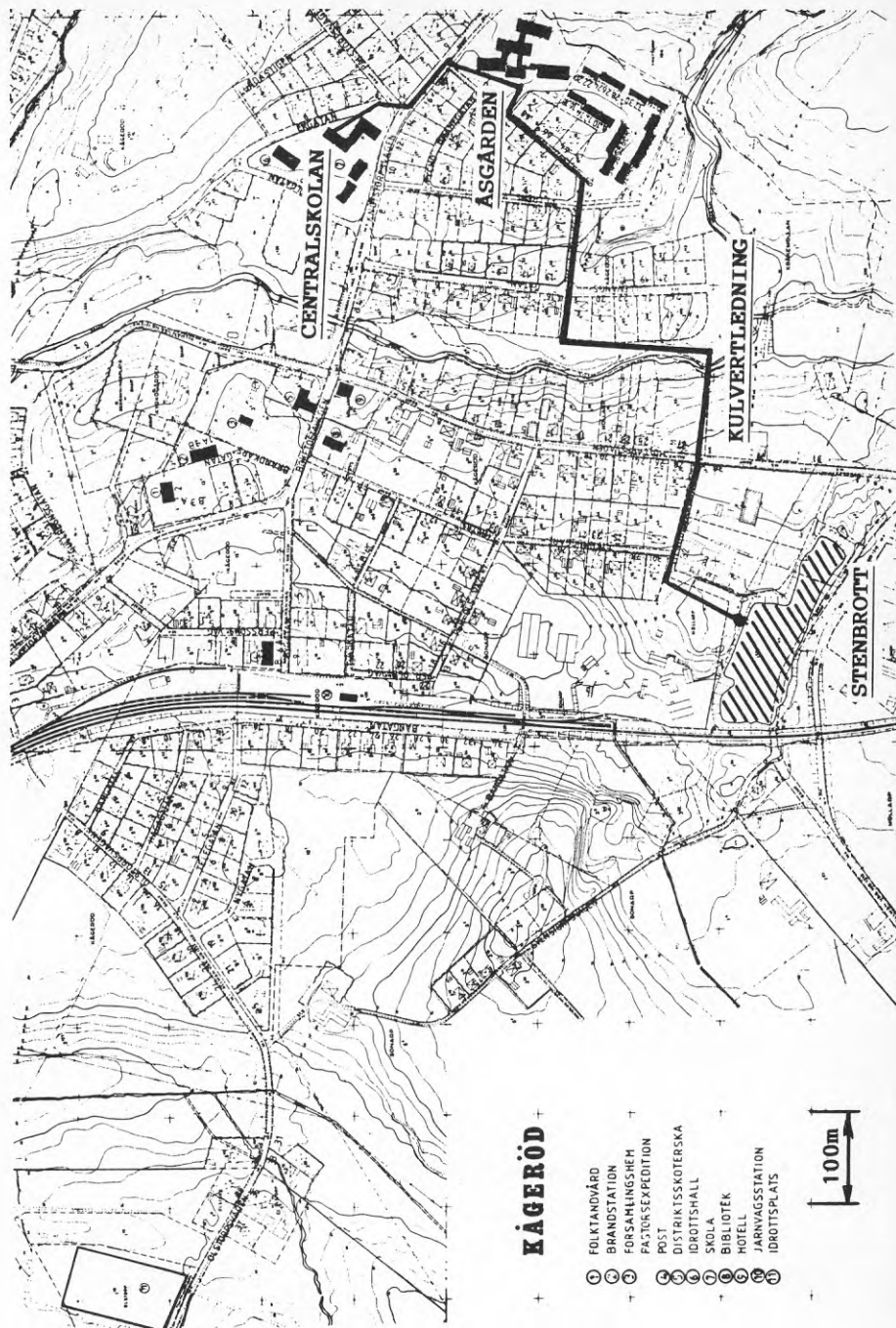


FIGUR 2.1 PRINCIPSKISS ÖVER DISTRIBUTIONSSYSTEMET

Systemets principuppbyggnad visas i figur 2.1. Från stenbrottet pumpas vatten upp till en värmeväxlare där energin överförs till en brinelösning som via kulvertledningen transporterar energin till de båda mottagarna Åsgården och Centralskolan. Energin transformeras där upp till användbar temperatur i ett antal värmepumpar och matas in på tappvarmvattenkretsar och uppvärmningssystem. En kortfattad beskrivning av det totala systemets huvuddelar lämnas i det följande.

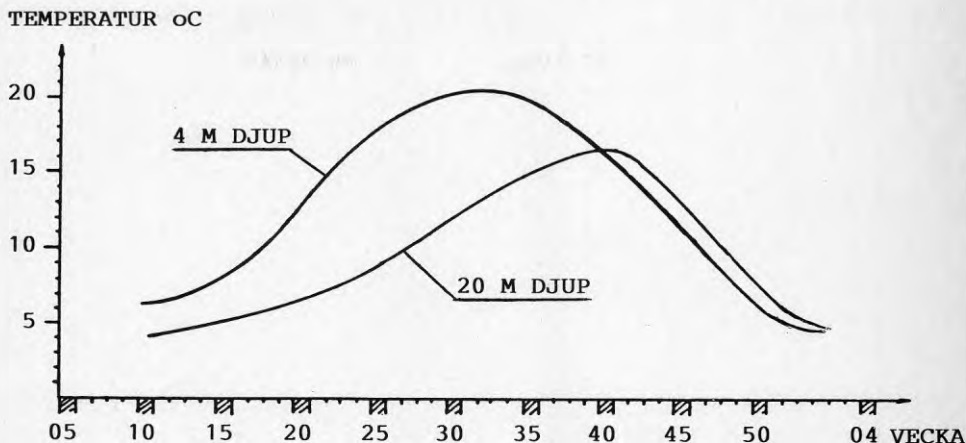
2.2.1 Vattentag, värmeväxlare och pumpstation.

Det vattenfyllda stenbrottets yta är ca 12 000 m² och djupet är 18 - 20 m. Vattenvolymen har beräknats till 220 - 250 000 m³. Se även figur 2.2. Stenbrottet saknar såväl synligt till- som frånflöde. Detta innebär att vattennivån kommunicerar med grundvattennivån. Någon nivåvariation av betydelse hos vattenytan har ej noterats.



FIGUR 2.2 KARTA ÖVER KÄGERÖD

Temperaturmätningar har genomförts vid ett flertal tillfällen. I Figur 2.3 visas uppmätt temperaturförlopp på 4 respektive 20 m djup över året.



FIGUR 2.3 VATTENTEMPERATUREN I STENBROTTET ÖVER ÅRET

Vattnet från stenbrottet pumpas medelst två dränkbara pumpar upp till en pump- och värmväxlarstation inrymd i en egen ny byggnad i fortsättningen benämnd pump-huset. Byggnaden är belägen på bergskanten ovanför brottet ca 7 m ovanför vattenytan.

De dränkbara pumparna har följande data:

Pump 1.

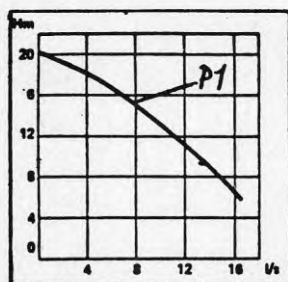
Flygts BIBO 2 BS 2066

Kapacitet: Se pumpdiagram, figur 2.4a.

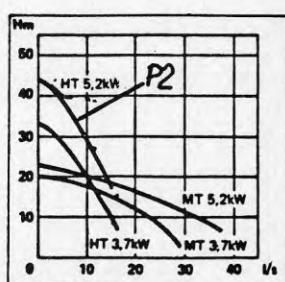
Pump 2.

Flygts BIBO 3 BS 2102

Kapacitet: Se pumpdiagram, figur 2.4b.



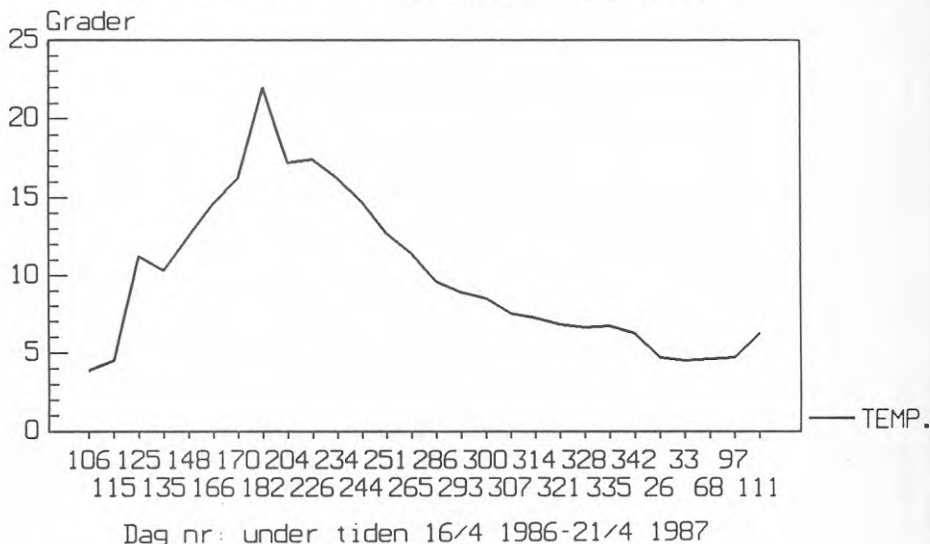
FIGUR 2.4a PUMP 1



FIGUR 2.4b PUMP 2

FIGUR 2.4 PUMPKURVA FÖR DRÄNKBARA PUMPAR

Pumparna är upphängda hög- och sänkbara under en flotte som är placerad omkring 2 m från land. Pumparnas höjdläge ändras med ett enkelt handspel. Under tiden ca 1 maj - 15 december tas vattnet från 1-2 m djup och under övrig tid från ca 15 meters djup. Med detta förfarande har vattentemperaturen på utnyttjat vatten varierat över året enligt figur 2.5.



FIGUR 2.5 VATTENTEMPERATUR FRÅN STENBROTTET

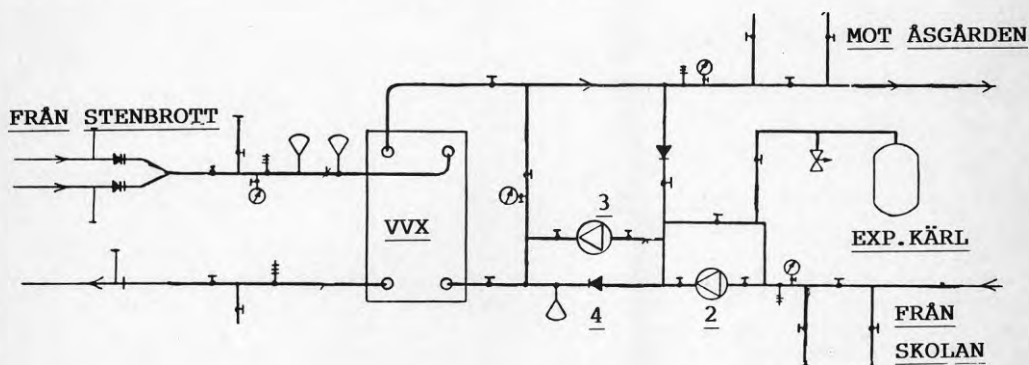
Vattnet transporteras i en för varje pump separat ledning, dimension 110/99,4 mm, från stenbrottet till pumphuset. Ledningarna som är försedda med back- och vakuumventiler är sammankopplade inne i pumphuset före värmeväxlaren. Dessa ventiler ombesörjer dels att ej använd ledning är tom så att vatten ej fryser, dels att vatten ej går baklänges när endast en pump är i drift. Värmeväxlaren är en plattvärmeväxlare med 49,6 m² yta. Returvattnet från växlaren återförs till stenbrottet genom ett PEH-rör 160/141,8 mm till en plats på botten omkring 10 m från pumparna.

De dränkbara pumparna är i drift enligt följande:

- Vid vattentemperatur lägre än ca +4 oC från stenbrottet är båda pumparna i drift.
- Vid vattentemperatur +4 oC - +6 oC är pump 2, den stor pumpen, i drift.
- När vattentemperaturen från stenbrottet går över +6 oC växlar pumparna så att den mindre pumpen, pump 1, går i drift. När brinetemperaturen i slingan går upp till ca +14 oC går den dränkbara pumpen ur drift, men startar återigen när brine-

temperaturen sjunker till ca +12 oC. Det kan nämnas att det har visat sig att sommartid är den dränkbara pumpen i drift endast omkring 1 timme/dygn.

I kulvertledningen cirkuleras ständigt en brinelösning medelst två brinepumpar. Principen framgår av skissen, figur 2.6.



FIGUR 2.5 FLÖDESSCHEMA FÖR VÄRMEVÄXLARE MED BRINEPUMPAR

Brinepump 1 (pos 2 i figuren) är ständigt i drift. Flödet leds då förbi brinepump 2 (pos 3) via en backventil (pos 4) och genom värmväxlaren. Detta flöde är tillräckligt under större delen av året. Vid tider då energibehovet blir större tas även brinepump 2 i drift, varvid strömningshastigheten genom värmväxlaren ökar, och därmed ökar även värmeöverföringen. Med båda brinepumparna idrift erhålles endast en mindre ökning av flödet genom kulvertledningen. Brinepumpen 2 styrs av samma termostat som ombesörjer att de dränkbara pumparna 1 och 2 är i samtidig drift vid låg vattentemperatur från stenbrottet. Brinepump 2 är således endast i drift när vattentemperaturen från stenbrottet är lägre än ca +4 oC.

Tryckhållningen av brinesystemet sker med slutet expansionskärl med 600 l volym.

Brinen utgörs av vatten med ca 15 % tillsats av Brinol A.

Brinol A har följande sammansättning:

BESTÅNDSDEL	VIKTS %
etanol	85,4
metanol	4,5
metyletylketon	2,3
metylisobutylketon	1,8
monopropylenglykol	6,0

Brinoltillsatsen ger ett frostskydd ner till ca -5 oC.

Systemet rymmer totalt ca 35 m3 brinelösning.

2.2.2 Kulvertledning.

Kulvertledningen mellan byggnaden för värmeväxlare och distributionspumpar och värmemottagarna har en längd av 1085 m. Sträckningen framgår av tidigare visad figur 2.2. Ledningen utgörs av svetsade oisolerade PEH-rör dimension 160/141,8 mm. Rören är förlagda på 1 m djup med 300-400 mm centrumavstånd mellan fram- och returledning. Totalt är således nedlagt 2 170 m rör. Någon värmeisolering finns ej mellan ledningarna. Rören har lagts i sandbädd på konventionellt sätt. Längs sträckan finns 2 avstängningsventiler samt automatiska avluftare på höjdpunkterna. Svetsningen utfördes av lokal entreprenör varefter ledningen provtrycktes med luft. Förläggningen skedde utan speciella problem.

Ledningsdragningen är så gjord att brinen först kommer till Åsgården. Via en avgrening tas erforderligt brineflöde in till pannrummet och undercentralen. Grenledningen delar sig sedan inne i Åsgården i 3 parallella ledningar. I var och en av dessa ledningar finns en cirkulationspump som förser en grupp av värmepumpar med erforderligt flöde. Efter energiuttag i värmepumparna, dvs efter temperatursänkning återförs det avtappade brineflödet till framledningen.

Motivet för detta inkopplingsätt på brinekretsen är följande:

- Ett konstant flöde önskas genom respektive värmepump när denna är i drift.
- När respektive värmepump ej är i drift är cirkulationspumpen stoppad vilket sparar pumpenergi.

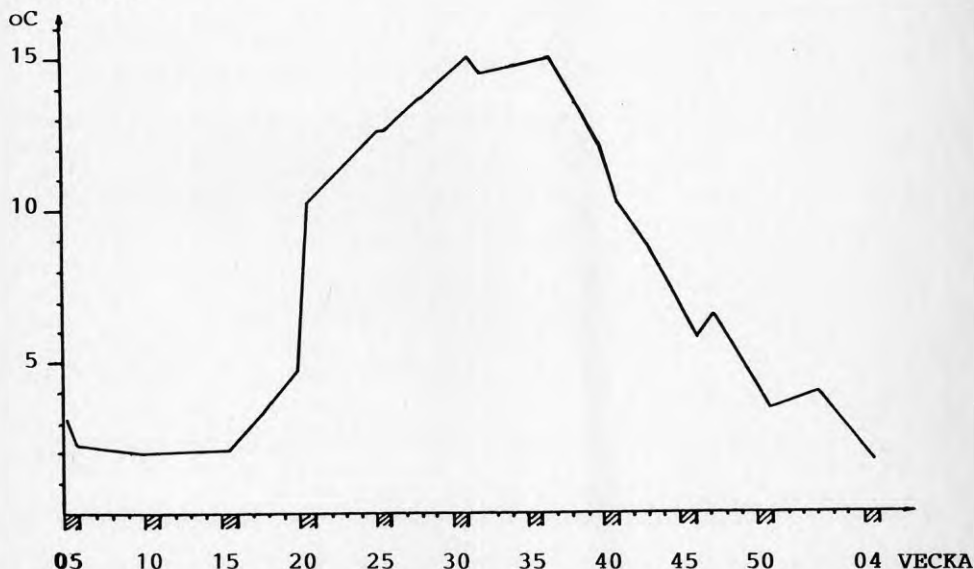
Inkopplingen på brinekretsen vid skolan är utförd principiellt lika som vid Åsgården. Antalet brinepumpar i skolan är dock endast 2.

Med det beskrivna systemet fås i stort sett konstant

flöde i den markförlagda kulvertledningen medan där-
emot temperaturnivån varierar.

Brinens temperatur när den når Åsgården varierar över
året enligt figur 2.7. Vid maximal last är brinens
temperatur omkring 2 oC lägre vid skolan än vid
Åsgården beroende på att den avkylda brinen återförs
till framledningen enligt ovan.

TEMPERATUR



FIGUR 2.7 BRINETEMPERATUR I FRAMLEDNINGEN VID ÅSGÅRDEN

Brinens returtemperatur före värmeväxlaren i pumphuset
är vid maxlast vintertid ca -1,5 oC, vilket ger en
temperaturstegring i värmeväxlaren på ca 3,5 oC.

2.2.3 Åsgårdens panncentral.

För byggnadsuppvärmningen installerades 3 värmepumpar
vardera med effekten 70 kW samt en ackumulatortank med
500 liters volym. Värmepumparna arbetar i sekvens och
går in en efter en allteftersom effektbehov före-
ligger. Därmed tjänstgör ackumulatorn som buffert för
de enskilda värmepumparna alltefter som dessa går i
drift. Valet av ett system med flera värmepumpar moti-
verades av drifttillgänglighet, standardstorlekar på
pumpar och önskan att begränsa startströmmen.

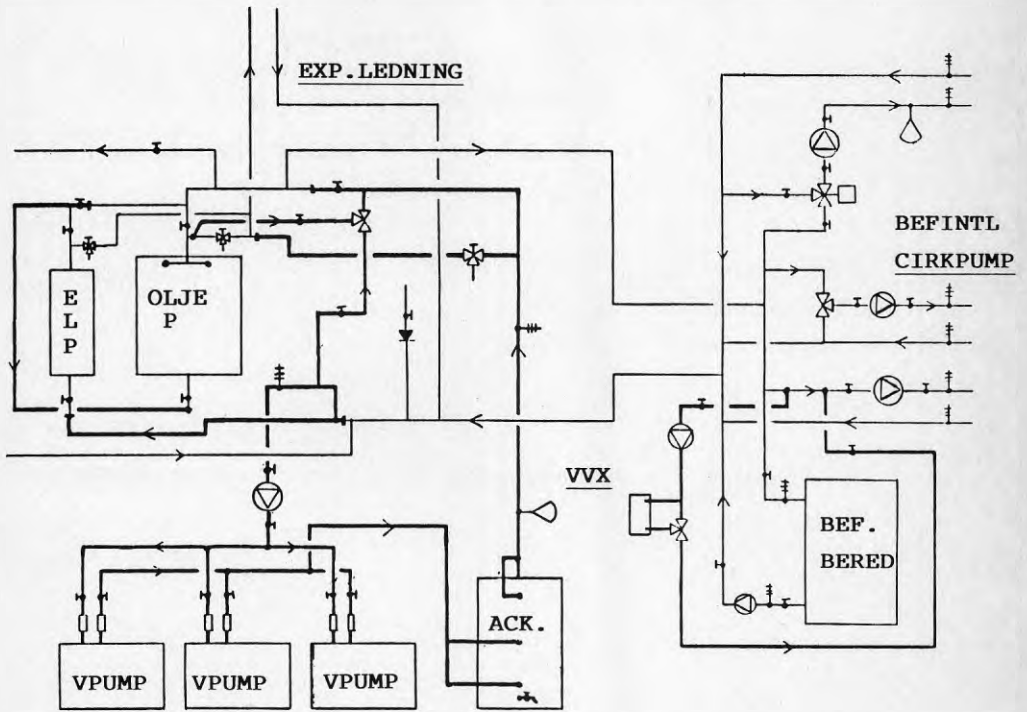
För att ge plats för de nytillkommande komponenterna
demonterades en av de befintliga oljepannorna. Pannan
var tillverkad 1966 och i mycket dåligt skick.

Av flödesschemat, figur 2.8, se nästa sida, framgår att värmevattnet från värmepumparna normalt passerar ackumulatorn innan det distribueras ut i byggnaderna. Om värmepumparnas effekt ej räcker till för att täcka värmebehovet kan kompletterande effekt erhållas från såväl oljepanna som elpanna, varvid elpannan kan köras parallellt eller i serie med oljepannan. Den temperatur som skall produceras av värmepumparna styrs via en reglercentral. Reglercentralen styr därvid returtemperaturen till värmepumparna efter utomhustemperaturen. För att klara värmebehovet vid lägsta utomhustemperatur krävs att värmesystemets framledningstemperatur kan gå upp till ca 70 oC. Denna temperatur klaras med R 500 som köldmedium i värmepumparna.

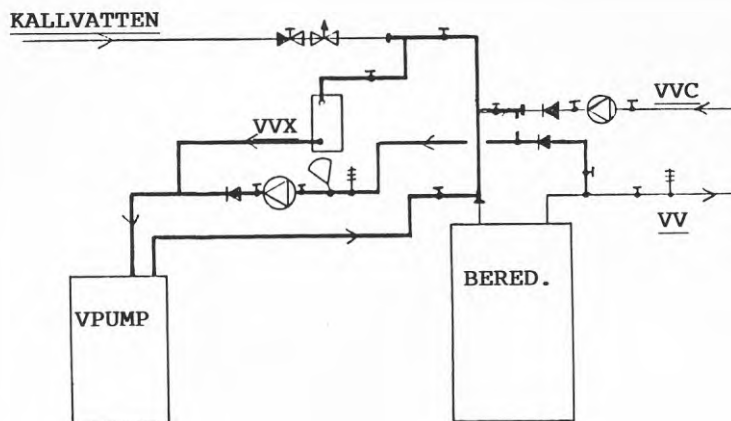
Tappvarmvattnet uppvärmdes tidigare medelst pannvattnet som cirkulerade genom såväl uppvärmningssystem som varmvattenberedare. Nu installerades en separat värmepump med 35 kW effekt enbart för tappvarmvattnet. Innan kallvattnet kommer in i värmepumpen förvärms det dock i en värmeväxlare som matas från värmesystemet. Motivet för detta är att värmefaktorn är högre för värmepumparna på värmesystemet. Totalt sett blir värmefaktorn därför högre ju mindre del av energin som produceras med värmepumpen för tappvarmvattnet. Köldmediet vid beredning av tappvarmvatten är genomgående R 22.

Uppvärmningssystem och tappvarmvattensystem arbetar således nu i stort sett oberoende av varandra i motsats till tidigare. Genom omställning av ett antal ventiler finns dock fortfarande möjlighet att värma tappvarmvattnet uteslutande från pannkretsen. Detta kan vara aktuellt i händelse av haveri på värmepumpen. Inkopplingen av värmepumpen på tappvarmvattensidan framgår av flödesschemat, figur 2.9.

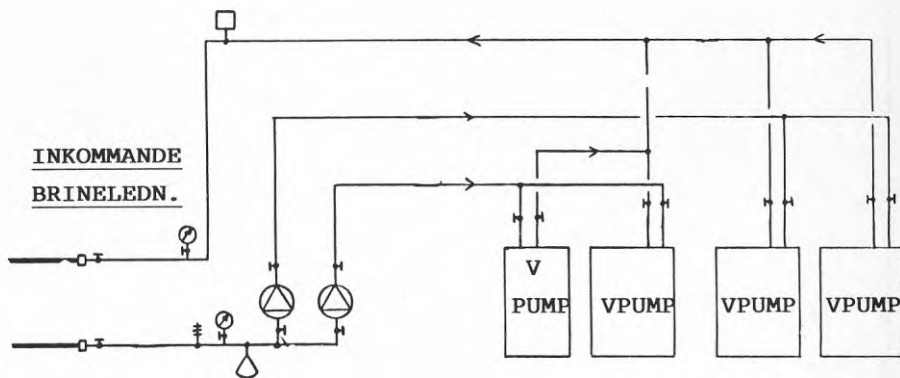
I flödesschema, figur 2.10 visas brinekretsen för samtliga 4 värmepumpar i panncentralen. För figur 2.09-2.10 se nästa uppslag.



FIGUR 2.8 FLÖDESSCHEMA FÖR VÄRMEKRETS ÅSGÅRDEN



FIGUR 2.9 FLÖDESSCHEMA FÖR TAPPVARMVATTEN ÅSGÅRDEN



FIGUR 2.10 FLÖDESSCHEMA FÖR BRINEKRETS ÅSGÅRDEN

2.2.4 Undercentral i Åsgårdens servicecenter.

Undercentralen som försörjer servicedelen och stiftelsens bostäder har tidigare matats från panncentralen i Åsgården. För att tillgodose behovet av värme och tappvarmvatten finns dels shuntgrupper för värmesystemet, dels en tappvarmvattenberedare som före installationen av värmepumpen värmdes via oshuntat vatten.

För värmning av tappvarmvatten monterades även här en värmepump med 35 kW effekt. Inkopplingen är utförd principiellt lika som i pannrummet.

2.2.5 Centralskolans panncentral.

För byggnadsuppvärmningen installerades en värmepump med effekten 120 kW samt två ackumulatortankar, vardera med 500 liters volym.

Akkumulatorvolymen är i detta fallet dubbelt så stor som vid Åsgården. Detta motiveras av att värmepumpens effekt, 120 kW, är i stort sett den dubbla jämfört med den enskilda pumpen på 70 kW i Åsgården.

Inkopplingen på värmesystemet är i princip lika som vid Åsgårdens panncentral. Värmesystemets dimensionering medger att temperaturen i värmesystemets framledning kan begränsas till ca 60 °C vid max effektbehov. Därmed kan R 22 användas som köldmedium.

Liksom vid Åsgården värms även här tappvarmvattnet med separat värmepump, i detta fall en pump med 20 kW värmeeffekt. Inkopplingen är i princip lika tidigare redovisad inkoppling med förvärmning av tappvarmvattnet från uppvärmningssystemet.

3 DRIFT OCH DRIFTSTÖRNINGAR

3.1 Idrifttagning

Anläggningen var klar att tas i drift i mars 1986. Uppförandet gick i stort sett som planerat, frånsett viss försening av kulvertarbetena. Orsaken till förseningen var inte av teknisk art utan orsakades som tidigare nämnts främst av utdragna förhandlingar gällande markutnyttjande för kulvertledningen.

3.2 Driftstörningar

Under en kortare uppstartnings och intrimningsperiod fanns en del driftstörningar som dock snabbt rättades till. De huvudsakliga problemen var föroreningar i kulvertledningarna samt vissa elektriska fel.

Föroreningarna i kulvertledningarna satte igen såväl värmeväxlare som förångare. De visade sig i huvudsak bestå av plastspån från kapning och fasnig av PEH-rören vid rörlägningsarbetena. Förutom plastspån fanns även en del sand som kommit in i rören vid mon- taget. Problemet löstes genom upprepade renspolningar under de 2 första driftmånaderna och har sedan ej återkommit.

En typ av elektriskt fel bestod i att installerade automatsäkringar löste ut vid upprepade tillfällen. Problemet åtgärdades genom att dessa säkringar ersattes med konventionella smältsäkringar. Felet har där- efter ej återkommit.

En annan typ av elektriskt fel var att manöversäk- ringar löste ut till synes omotiverat med ojämna mellanrum, och utan något kvarstående fel. Så småning- om upptäcktes att fukt kondenserade ut i vissa flödes- vakter, men normalt torkade upp innan felet konstaterades. Flödesvakterna var monterade som extra säkerhet och var ej nödvändiga för driften varför de kopplades bort. Problemet har därefter ej återkommit.

Frysningar i värmeväxlaren har förekommit vid samman- lagt 3 tillfällen. Vid 2 tillfällen var orsaken otill- räckligt flöde på vattensidan. Det låga flödet berodde på för stort tryckfall i mätkretsen, se vidare avsnitt 4. Den tredje frysningen orsakades av skadegörelse vid ett inbrott i pumphuset.

Ett mindre läckage konstaterades på förångaren till värmepumpen i Åsgårdens servicedel första veckan i februari 1987. Felet skulle utan svårighet snabbt kunnat åtgärdas på plats, men leverantören valde att byta ut värmepumpen. Detta medförde ett driftavbrott på ca en vecka för tappvarmvattenproduktionen.

Några problem av betydelse utöver ovan redovisade har ej visat sig fram till nuvarande tidpunkt, dvs maj 1988.

3.3 Sammanfattande synpunkter på driften

Ovan redovisade problem hänför sig så gott som helt till intrimningsperioden och uppfattas som bagatellartade. Värmepumparnas och hela installationens drifttillgänglighet har således varit utomordentligt god efter det att de redovisade störningarna åtgärdats.

Antalet stilleståndstimmar har i och för sig ej noterats men drifttillgängligheten har varit klart över 99 % från det att föroreningarna i systemet var eliminerade under hösten 1986 och fram till och med maj 1988.

4 MÄTUTRUSTNING OCH MÄTNINGAR

I den planerade mätstrategin ingick att mäta ett antal parametrar för att kunna beräkna följande:

För Åsgårdens ålderdomshem med servicecenter samt Kågeröds centralskola:

- Energiproduktion med värmepumpar.
- Energiproduktion med el.
- Energiproduktion med olja.
- Energi- och effektbehov för uppvärmning.
- Energi och effektbehov för tappvarmvatten.
- Värmefaktor för värmepumpar.

För stenbrottet:

- Uttagen energi och effekt.

För värmeöverföringssystemet:

- Ledningsförluster från respektive värmetillförsel till den oisolerade plastledningen.

För hela projektet:

- Energibalans och årsvärmefaktor för värmepumparna.

För att möjliggöra dessa beräkningar installerades mätutrustning enligt bifogad principskiss figur 4.1.

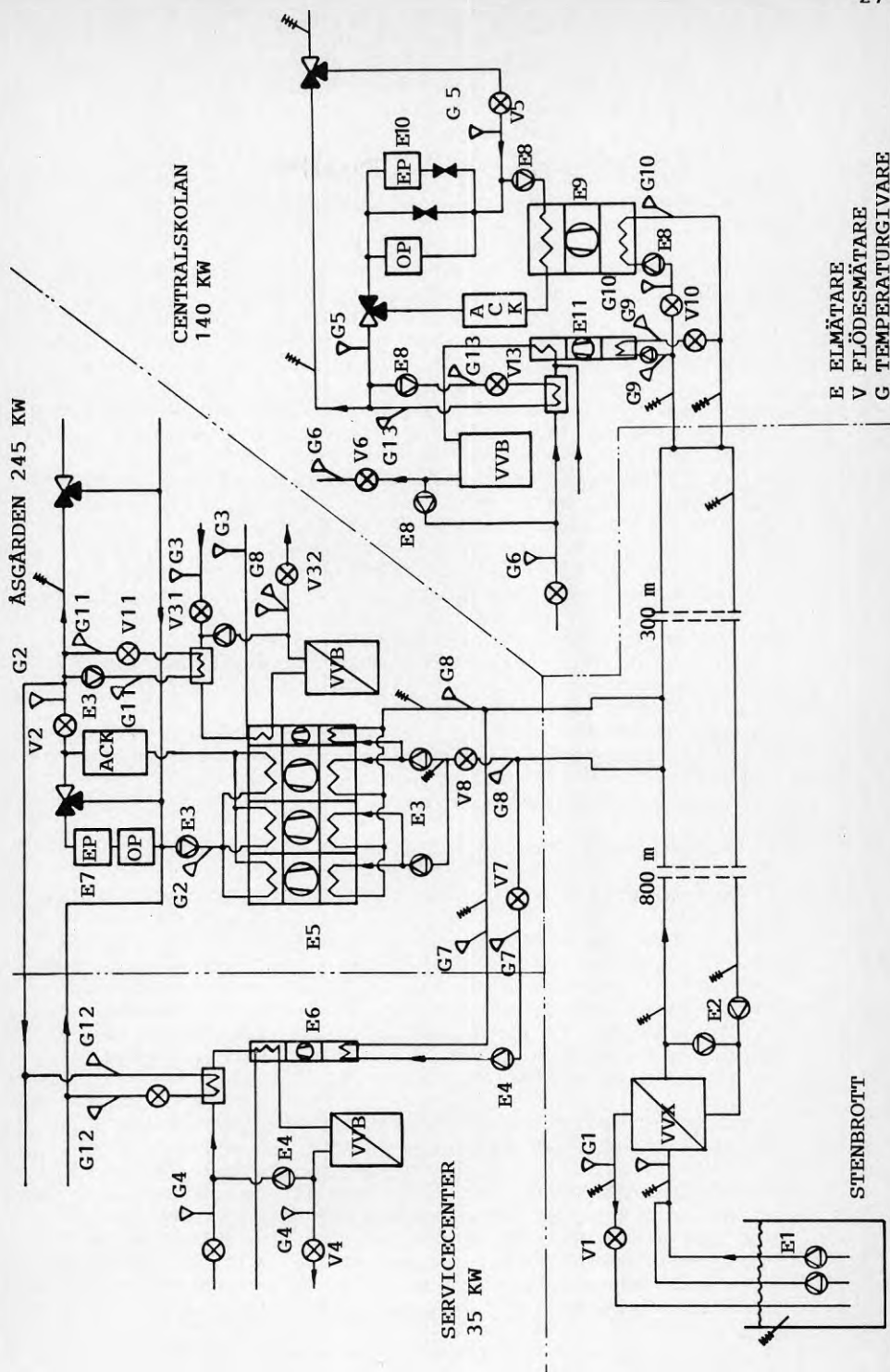
Av figuren framgår bla att i mätutrustningen ingår:

- 14 värmemängdsmätare
- 14 elmätare
- 7 drifttidsmätare

Mätutrustningen, som genomgående var av hög klass, inköptes genom Malmö Energiverk, mättekniska avdelningen, som även svarade för montage, kalibrering och intrimning av utrustningen. Malmö Energiverk, som är auktoriserad provplats för värmemängdsmätare, lade ner ett omfattande kontroll- och kalibreringsarbete på utrustningen.

Energiverkets kontroll visade att ett antal av mätarna hade felvisning som var större än uppgiven tolerans, dvs i detta fall felvisning större än 1 % av mätområdet. Detta medförde en försening av mätningarna eftersom viss del av utrustningen fick returneras och ersättas med ny, som därefter fick genomgå ytterligare kontroll.

Efter det att mätningarna påbörjats uppmärksammades även att viss komplettering av mätutrustningen var



FIGUR 4.1 MÄTPUNKTER VÄRMEPUMPANLÄGGNING I KÅGERÖD

nödvändig. Sålunda konstaterades tidigt att värmeförbrukningen på cirkulationsledningen för tappvarmvattnet var betydande. Detta medförde att temperaturgivare måste flyttas och ytterligare vattenmätare monteras. Orsakerna till den stora värmeförbrukningen på VVC-ledningen visade sig vara dels stor värmeförlust till omgivningen och dels att lägenheterna i Åsgården hade värmeelementet i badrummet inkopplat så att det värmdes av VVC-vattnet.

Efter idrifttagning konstaterades även att en värmemängdsmätare i skolans panncentral måste bytas till större dimension på grund av onormalt stort flöde genom kretsen. Dessutom var det nödvändigt med smärre kompletteringar och flyttning av givare och mätare.

Det visade sig även vara ogenomförbart att beräkna värmetransporten mellan kulvertrör och omgivande mark. Orsaken härtill var att anläggningen utfördes med stort flöde och liten temperaturskillnad mellan fram- och returledningen. Skillnaden i temperatur mellan fram- och returledning är så liten som 3,5 oC vid max maxeffekten och minskar proportionellt mot effekten. En ändring av brinetemperaturen med 0,1 oC under transporten från exempelvis skolan till värmeväxlaren i pumpstationen innebär därmed att värmetransporten mellan brine och mark på denna sträcka är 3 % av maxeffekten. Vid de mätningar som genomfördes uppmättes temperaturdifferenser på upp till +- 0,2 oC, vilket kunde indikera upp till ca 6 % värmetransport. Samtidigt gäller dock att mätfelel vid dessa mätningar tveklöst kan vara lika stora som den uppmätta temperaturdifferensen. Därmed ansågs det ej meningsfullt att fortsätta med dessa mätningar.

I januari 1987 erhöles en kraftig påfrysning i värmeväxlaren i pumphuset. Påfrysningen berodde på att flödet på primärsidan, dvs stembrottssidan, var otillräckligt vid det extrema väderleksförhållande som rådde. Det otillräckliga flödet berodde i sin tur på att tryckfallet genom anslutningsledningarna till den induktiva flödesmätaren var relativt stort samt att flödet genom de dränkbara pumparna sjunker snabbt med ökat motstånd, se även pumpkurvorna figur 2.4. Påfrysningen resulterade i att mätaren måste demonteras varför denna mätning ej kunde fullföljas.

Sammanfattningsvis gäller således att det ej var möjligt att direkt mäta den effekt som upptogs från stembrottet och ej heller värmetransporten mellan kulvertledning och mark. Däremot mättes planenligt den effekt som togs ut från brinen såväl vid Åsgården som vid skolan. Mätningarna gav därmed klart besked om "gratiseffektens" storlek men endast en indikation på att värmetransporten mellan brine och mark ej var av större betydelse.

Övriga mätningar kunde genomföras utan nämnvärda problem och med tillfredsställande noggrannhet.

5. MÄT- OCH BERÄKNINGSRESULTAT

Som tidigare nämnts uppstod inledningsvis vissa problem med mätningarna med otillfredsställande mätnoggrannhet hos köpt utrustning. Dessutom erfordrades tidigare nämnd komplettering och byte av mätare till annat flödesområde.

Delar av mätningarna, bla totalenergibalansen kunde genomföras från november 1986 varefter mätningarnas omfattning ökade succesivt. Från och med vecka 3 år 1987 var mätutrustningen helt komplett och registrering av samtliga mätparametrar påbörjades med de undantag som redovisats ovan.

Avläsning av samtliga mätare och instrument gjordes planenligt varje måndag. Vid något enstaka tillfälle, i samband med semester, blev intervallet mellan avläsningarna längre, vilket även framgår av nedan redovisade diagram. Avlästa parametrar har bearbetats veckovis och sammantaget över året. Den redovisade mätperioden sträcker sig från vecka 5 år 1987 till och med vecka 4 år 1988. Resultaten redovisas och kommenteras i det följande.

5.1 Åsgården med servicecenter och marklägenheter

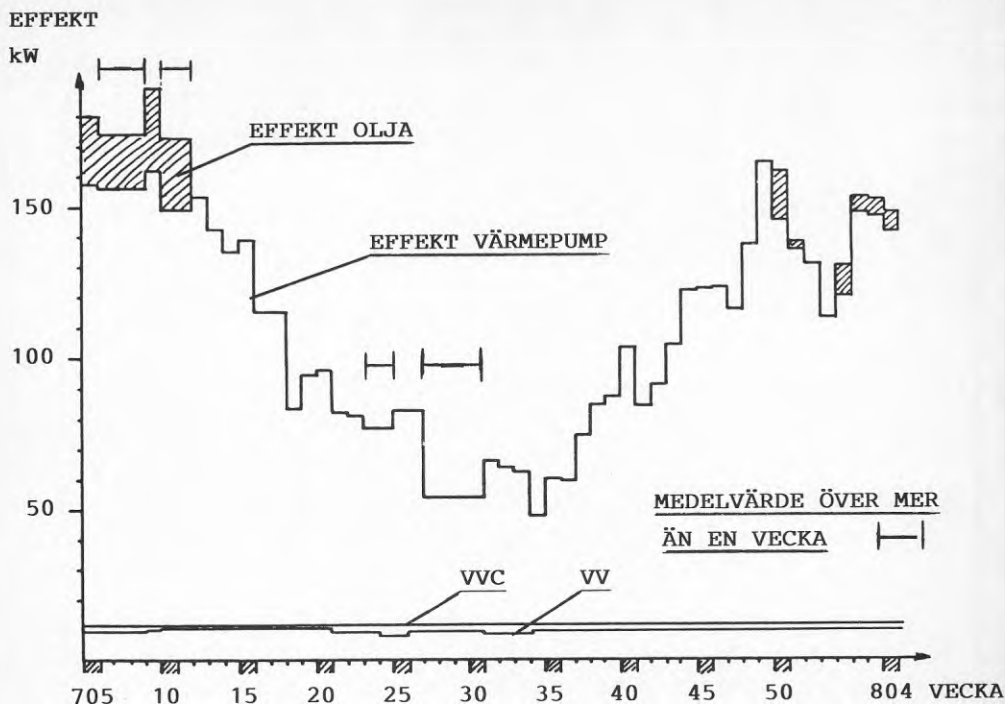
5.1.1 Effekt och energi

Som figur 5.1 redovisas den veckovisa medeleffekten såväl totalt som enskilt för de utnyttjade energislagen. Av figuren kan även utläsas för vilket ändamål energin har använts.

Energien har under året producerats uteslutande med värmepumparna och oljepannan. Elpannan har således överhuvudtaget ej varit i drift.

Av den totala energimängden 958,3 MWh har 935,9 MWh producerats med värmepumpar. Energitäckningen med värmepumparna har således varit 99,7 %. Sammanlagd drifttid för oljepannan har under det år mätningarna genomförs varit endast ca 100 timmar. Drifttiden har varit koncentrerad till veckorna 705-712 samt 750-804.

Maximalt utnyttjad effekt räknat som veckomedelvärde har varit totalt 190 kW. Jämfört med i avsnitt 2 beräknat maximalt effektbehov förefaller detta något lågt. Förklaringen är sannolikt att effektopparna som bestämmer max effektbehov normalt är kortvariga varför dygnsmedelvärdet blir avsevärt högre än veckomedelvärdet. Dessutom bidrar varmvattenackumulatortill till att utjämna effektbehovet.



FIGUR 5.1 EFFEKTBEHOV FÖR ÅSGÅRDEN MED SERVICECENTER
(VECKOMEDELVÄRDEN)

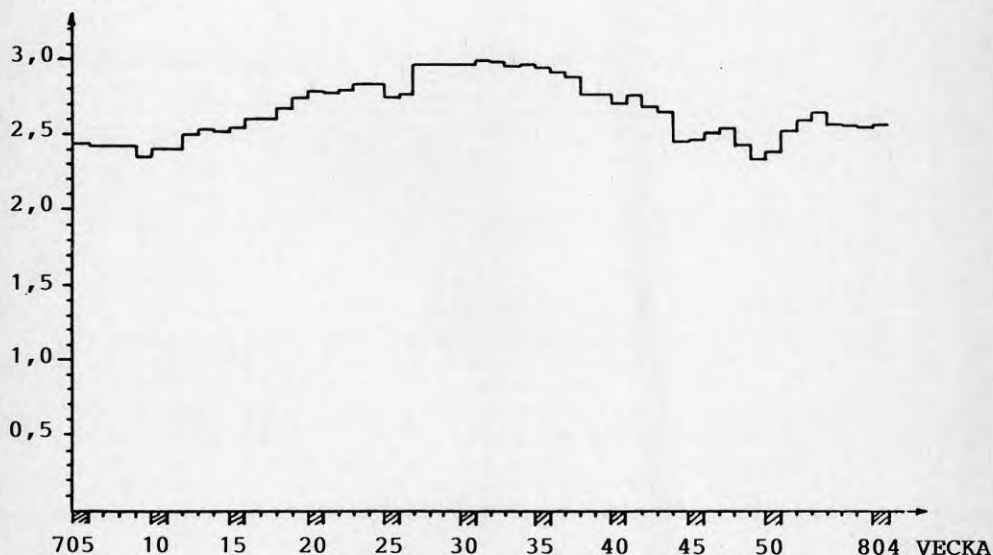
Av figuren framgår att energin huvudsakligen används för uppvärmning av byggnaden. Även sommartid är värmeförbrukningen stor för detta ändamål. Orsaken härtill är en önskan att hålla en relativt hög inomhustemperatur med hänsyn till att lägenheter och lokaler huvudsakligen utnyttjas av pensionärer. Man har därvid bedömt att denna ökning av komforten kostar förhållandevis lite eftersom större delen av energin är gratisenergi.

Av figuren kan vidare utläsas att effektbehovet för varmvatten är mycket konstant, ca 10 kW, men relativt litet. Vidare framgår att förbrukningen på VVC-kretsen också är i stort sett konstant över året men förvånansvärt stor, ca 11-12 kW. Som nämnts förses ett antal radiatorer med värme från denna krets, men även med hänsyn härtill är effektbehovet betydande. En viss del av denna effekt nyttiggöres för byggnadsuppvärmningen, men en stor del blir ren förlustvärme eftersom den tillförs på fel plats och vid fel tidpunkt. En allmängiltig slutsats av detta är, att det måste vara ekonomiskt riktigt att förse VVC-ledningar med en mycket god värmeisolering.

5.1.2 Värmefaktor

Den sammanlagda värmefaktorn för värmepumparna redovisas som veckomedelvärde i figur 5.2. Som tillförd drivenergi har därvid räknats elenergi till kylkompressorer och cirkulationspumpar. Den högre värmefaktorn sommarhalvåret beror på den kombinerade effekten av högre brinetemperatur och lägre kondenseringstemperatur för uppvärmningsdelen.

VÄRMEFAKTOR



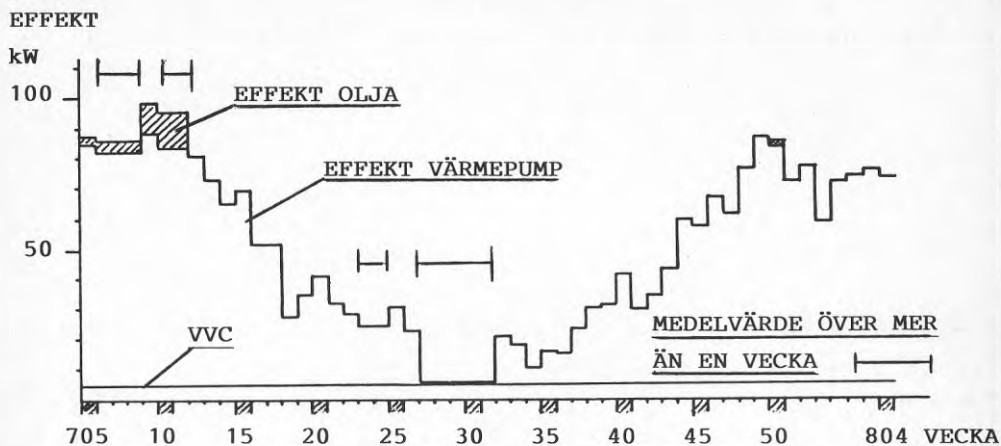
FIGUR 5.2 VÄRMEFAKTOR VID ÅSGÅRDEN

5.2 Centralskolan.

5.2.1 Effekt och energi.

I figur 5.3 redovisas den veckovisa medeleffekten såväl totalt som separat för de utnyttjade energislagen. Ej heller vid skolan har elpannan använts under året utan all produktion har skett med värmepumpar och oljepanna.

Av det totala energibehovet 423,8 MWh har 413,6 MWh producerats med värmepumparna. Energitäckningen med värmepumparna har således varit 97,6 %. Den totala drifttiden för oljepannan har upp gått till ca 70 timmar. Drifttiden har varit koncentrerad till veckorna 705-713 samt v 750.



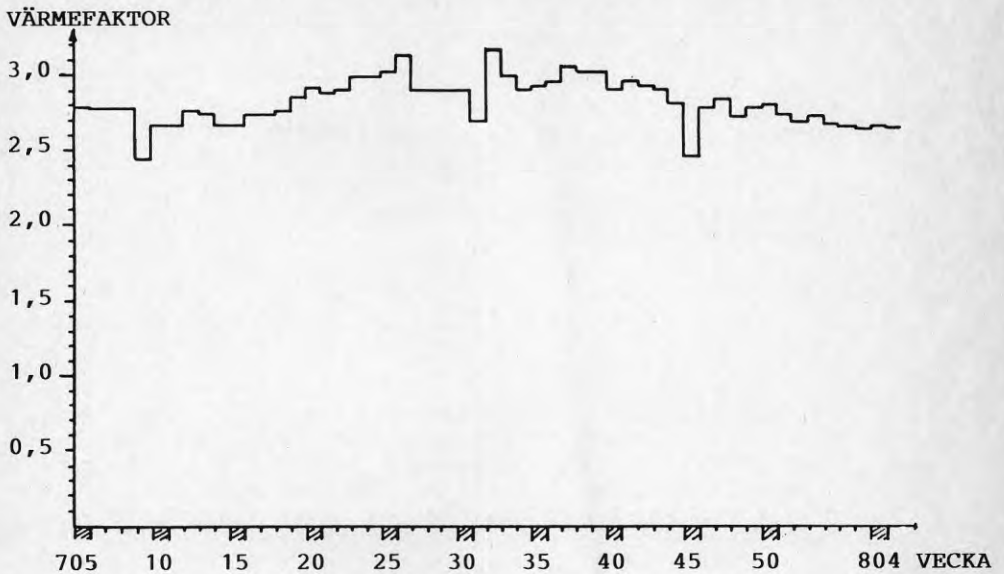
FIGUR 5.3 EFFEKTBEHOV FÖR CENTRALSKOLAN (VECKOMEDELVÄRDEN)

Maximalt utnyttjad effekt räknad som veckomedelvärde har varit totalt 98 kW. Maximalt effektbehov är enligt avsnitt 2. beräknat till 210 kW. Även vid skolan förefaller veckoeffektbehovet vara lågt jämfört med maximalt beräknat effektbehov. Orsakerna härtill är dock sannolikt samma som vid Åsgården, dvs normalt kortvariga effekttoppar och energilagring i ackumulatorvolymen som här är 1 000 liter.

Energien används även vid skolan i huvudsak för uppvärmning av byggnaderna. Effektbehovet för tappvarmvatten är obetydligt, normalt mindre än 1 kW. Liksom vid Åsgården är dock energiförbrukningen för VVC-cirkulationen förvånansvärt stor, ca 5 kW året runt. I skolan finns dessutom inga radiatorer kopplade till VVC-kretsen utan effektbehovet utgörs av rena förluster.

5.2.2 Värmefaktor

Veckomedelvärdet för värmepumparnas värmefaktor framgår av figur 5.4. Värmefaktorn är även i denna installation hög och till och med något högre än vid Åsgården trots en något lägre brinetemperatur. Förklaringen härtill är den lägre kondenseringstemperaturen samt mindre energi till tappvarmvattnet med dess högre kondenseringstemperatur.



FIGUR 5.4 VÄRMEFAKTOR VID CENTRALSKOLAN

5.3 Totala systemet.

5.3.1 Effekt och energi

Utöver vad som ovan redovisats har energiförbrukningen för drift av de dränkbara pumparna i stenbrottet och brinepumparna i pumphuset under året uppgått ganska exakt till 80 MWh.

Baserat på ovan redovisade värden kan därmed följande sammanställning göras för det totala värmepumpsystemet för perioden v 705 - v 804:

Veckomedeleffekt.

Max utnyttjad värmepumpeffekt (veckomedelvärde v 709)	252 kW
Max effektuttag ur stenbrottet (veckomedelvärde v 709)	146 kW
Max eleffekt (Veckomedelvärde v 709)	106 kW

Energiproduktion och förbrukning vecka 705-804.

Energiproduktion med värmepumpar	1349,5 MWh
Energiproduktion med olja	32,6 MWh
SUMMA	1382,1 MWh
Elenergi till värmepumpar med närliggande cirkulationspumpar	506,7 MWh
Elenergi till dränkbara pumpar och kulvertpumpar	80,0 MWh
Energi från stenbrott	762,8 MWh
SUMMA	1349,5 MWh

I energin från stenbrottet ingår även tillskott från respektive förlust till omgivande mark. Dessutom har förutsatts att all pumpenergi överförs till värme i den cirkulerande brinen. Med de semihermetiskt slutna kylkompressorer som används har även förutsatts att 100 % av elenergin till värmepumparna nyttiggörs.

5.3.2 Värmefaktor och pannverkningsgrad.

Värmepumpsystemets totala värmefaktor över året definieras som:

$$\text{Värmefaktor} = \frac{\text{Energiproduktion med värmepumpar}}{\text{Totalt tillförd elenergi}}$$

Systemets totala värmefaktor under den aktuella perioden blir därmed:

$$\text{Värmefaktor} = \frac{1349,5}{506,7 + 80,0} = 2,30$$

Detta får anses vara ett bra värde.

Pannorna har varit i drift endast omkring 10 % av den tid de stått driftberedda och därmed varmhållna under ovan angivna veckor. Verkningsgraden för pannorna har därför varit låg och har här schablonmässigt antagits till 50%. Eftersom energiproduktionen med olja är liten blir ett fel i verkningsgraden av ringa betydelse.

6 EKONOMISK UTVÄRDERING

6.1 Anläggningskostnad

Anläggningskostnaden, exklusive ränta under byggtiden, blev totalt 1 952 200 kr fördelat enligt följande:

Intagningsanordningar för vatten	105,2 kkr
Pumphus	68,4 kkr
Ledning	615,3 kkr
Frostskyddsvätska	27,5 kkr
Värmepumpar	1 022,6 kkr
Elinstallation	113,2 kkr
	<hr/>
SUMMA	1 952,2 kkr

6.2 Bedömning av ekonomin i jämförelse med oljeeldning.

Projektet i Kågeröd har finansierats med experimentbyggnadslån från BFR, statsbidrag samt interna medel från Svalövs kommun. En lönsamhetsberäkning baserad på dessa specifika förhållanden blir av begränsat intresse, varför vi valt att göra en enkel men mera allmängiltig ekonomisk bedömning.

Ekonomin i ett projekt kan strängt taget beräknas först när det genomlöpt sin livscykel. Skälet härtill är att kostnaderna ofta beror av ett flertal faktorer som ändras språngvis och på ett i förväg obekant sätt under projektets livstid.

En bedömning av lönsamheten hos denna typ av projekt kan dock göras på flera olika sätt och med olika antaganden och förutsättningar om framtida förändring av ingående kostnadsposter. Värdet av mera djupgående funderingar kring framtida prisutveckling kan dock starkt ifrågasättas, om man betraktar den prissättning som rått på energiråvaror under senare år. Som bekant stämmer verkligheten dåligt med de prognoser och uttalanden om framtida energipriser som gjordes i början av 1980-talet.

Vi har därför valt att endast göra en jämförande bedömning av ekonomin mellan oljeeldning och värmepumpsdrift under ett enda driftår. Bedömningen begränsas till att omfatta endast de större poster som skiljer fortsatt 100 % oljeeldning från värmepumpsdrift med topp- och reserveffekt med olja. De poster som studeras i fortsättningen är kapitalkostnad, kostnad för service och underhåll samt kostnad för tillförd energi. Elpannedrift bedöms med hänsyn till kärnkraftavvecklingen endast kunna användas som komplement under lågbelastningstider i framtiden och beaktas ej.

6.2.1 Kapitalkostnad

Den nu byggda anläggningen har en livslängd som varierar mellan 10 och 25 år för olika anläggningsdelar. En rimlig genomsnittlig livslängd bedöms vara 15-20 år.

Investeringar av denna typ kan i dag till stor del finansieras med mer eller mindre subventionerade lån med relativt lång amorteringstid. Räntesatserna kan variera från ca 4 % och uppåt. Amorteringstider upp till 30 år är ej ovanliga och lånen kan vara såväl raka som annuitetslån. Även skatteaspekter kan ha en viss betydelse vid bedömningen av kapitalkostnadens storlek.

Vid fortsatt oljeeldning erfordras också en nyinvestering för att hålla anläggningen i drift under ytterligare 15 år. De största enskilda posterna är byte av pannor och oljebrännare. Andra poster är byte av automatik, pumpar mm. En del av dessa investeringar erfordras även vid värmepumpinstallationen, eftersom oljepannorna där måste finnas kvar i brukbart skick för topp- och reserveffekt. Merinvesteringarna för att hålla anläggningen i skick för 100 % oljeeldning istället för enbart reserv- och toppeffekt bedöms vara 300 kkr.

Merinvesteringen för värmepumpdriften blir därmed enligt ovan ca 1 650 kkr exkl. ränta under byggtiden. Med beaktande av kostnad för ränta och projektering mm avrundas merinvesteringen till 1 750 kkr. Beräknad enligt annuitetsprincipen blir den årliga kapitalkostnaden för detta belopp enligt nedan:

Räntesats	Avskrivningstid					
	10 år		15 år		20 år	
%	Annuitet	Kostnad	Annuitet	Kostnad	Annuitet	Kostnad
		kk		kk		kk
5	0,130	228	0,096	168	0,082	144
7,5	0,146	256	0,113	198	0,098	172
10	0,163	285	0,131	229	0,117	205
12,5	0,181	317	0,151	264	0,138	242
15	0,199	348	0,171	299	0,160	280

6.2.2 Service- och underhållskostnad

I överslagskalkyler är det vanligt att ange årlig service- och underhållskostnad som en procentsats av investeringskostnaden. För kulvertledningarna används normalt 1-1,5 %. Kulverten är okomplicerad varför 1 % används vid beräkningarna. För värmepumpinstallationer är motsvarande procentsats 2,5-3,5 %. Här används 3 %. Den årliga underhållskostnaden för värmepumpsanläggningen beräknas därmed till 42 kkr.

Vid fortsatt 100 % oljeeldning finns service- och underhållskostnader utöver vad som erfordras för att använda panncentralerna för topp- och reserveffekt. Sålunda krävs tex sotning i en helt annan omfattning när pannorna är i kontinuerlig drift. Utan djupare studier av detaljkostnaderna uppskattas kostnaderna till 10 kkr.

Merkostnaden för service och underhåll beräknas därmed till 32 kkr per år i alternativet med värmepump.

6.2.3 Kostnad för tillförd energi

Beräkningen kan begränsas till att endast omfatta kostnaden för den energi som produceras med värmepumparna och samma energimängd producerad med olja. Resterande energimängd produceras i båda fallen med olja.

Totalt producerad energimängd uppgår till 1 382,1 MWh under provperioden. Av dessa MWh har 1 349,5 MWh producerats med värmepumpen och resterande 32,6 MWh med olja. Antalet graddagar har under mätperioden varit 99,8 % av normalårets. Under ett normalår beräknas därmed energiproduktionen med värmepumparna vara 1 352 MWh, vilket avrundas till 1 350 MWh.

Värmepump.

För varje med värmepump producerad MWh åtgår 0,435 MWh elenergi eftersom totala värmefaktorn är 2,30.

Vid elpriset E kr/MWh blir därmed årlig kostnad för tillförd energi

$$\frac{E * 0,435 * 1\ 350}{1\ 000} = E * 0,587 \text{ kkr}$$

Oljeeldning.

Pannverkningsgraden vid oljeeldning har tidigare bedömts vara 75 % räknat som årsmedelverkningsgrad. Energiinnehållet i eldningsolja Eo1 är 10,0 MWh/m³.

Vid oljepriset B kr/m³ olja blir årlig kostnad för tillförd energi

$$\frac{B * 1\ 350}{0,75 * 1\ 000 * 10} = B * 0,180 \text{ kkr}$$

6.2.4 Total kostnadsskillnad

Årlig merkostnad för kapital samt service och underhåll för värmepumpsalternativet i förhållande till 100 % oljeeldning redovisas i figur 6.1a. Merkostnaden visas som funktion av räntesats och avskrivningstid.

Ur figur 6.1b kan utläsas årlig kostnad för inköp av el vid varierande elpris för att med värmepumpen producera 1 350 MWh/år. Vidare kan utläsas oljekostnaden vid varierande oljepris för produktion av samma energimängd, 1 350 MWh/år, med olja.

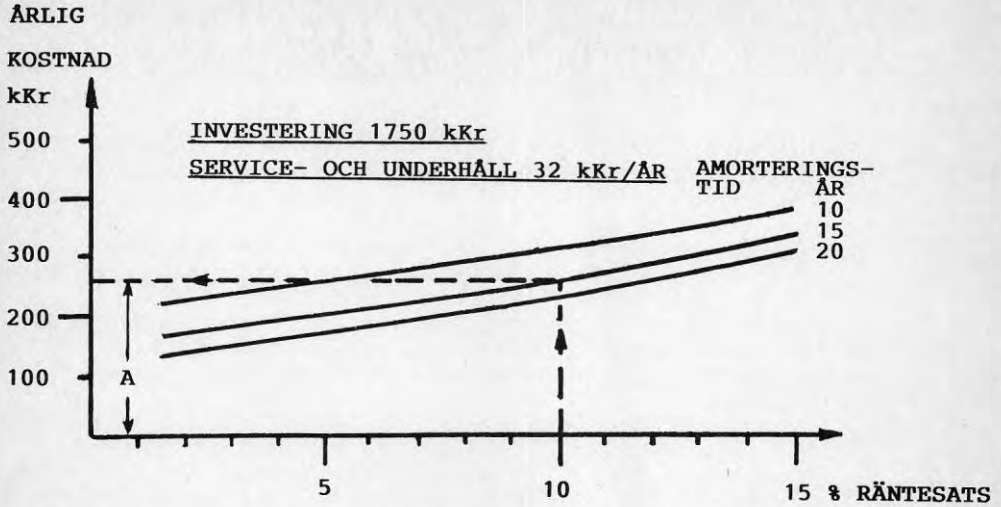
Informationen i figurerna kan sammanfattas enligt följande:

- Om skillnaden i kostnad mellan olja och el enligt figur 6.1b är större än kostnaden för kapital mm i figur 6.1a, så är värmepumpanläggningen lönsam.

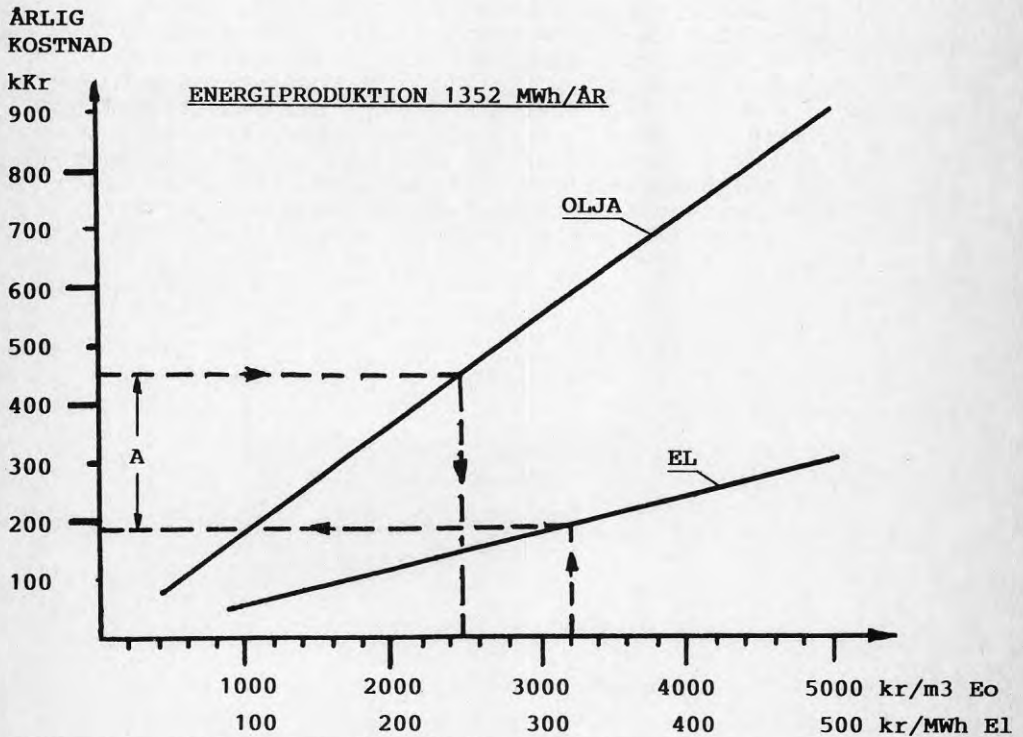
Med figurerna kan man således enkelt bedöma hur varierande avskrivningstid, räntesats och energipriser påverkar lönsamheten under enstaka år.

I figurerna har inritats ett exempel med 15 års avskrivningstid, 10 % ränta och elpris 320 kr/MWh. Merkostnaden för kapital samt service- och underhåll blir 261 kkr vid värmepumpanläggningen (A i figur 6.1a). Kostnaden för elenergi blir 188 kkr. Summan av dessa belopp, dvs 449 kkr, blir vad oljeenergin minst måste kosta för att oljealternativet ej skall ge lägre årskostnad. Av figur 6.1b kan därmed utläsas att oljepriset måste vara lägst 2 420 kr/m³ för att värmepump-anläggningen skall vara ekonomiskt lönsam under de antagna förutsättningarna.

Om spillvärmekällan och kulvertledningen är så dimensionerade att ytterligare abonnenter kan anslutas finns möjlighet att få lönsamhet vid något lägre oljepris. I Kågeröd finns exempelvis möjlighet att till ledningen ansluta en idrottshall och en byggnad med samlingslokaler, barnbespisning mm. Den sammanlagda värmeeffekten för dessa byggnader är ca 150 kW. Påverkan på kostnaderna kan överslagsmässigt sägas motsvara att anläggningskostnaden för kulvertledningen enligt ovan hade varit ca 150 kkr lägre. Kapitalkostnaden hade då blivit ca 8,5 % lägre. I exemplet ovan hade värmepumpsalternativet då haft samma kostnad som oljealternativet vid oljepriset ca 2 380 kr/m³.



FIGUR 6.1A KOSTNAD FÖR KAPITAL SAMT SERVICE OCH UNDERHÅLL



FIGUR 6.1B KOSTNAD FÖR OLJA RESPEKTIVE ELENERGI

6.3 Sammanfattande synpunkter på ekonomin.

Den ovan redovisade anläggningen bör ur ekonomisk synpunkt kunna ses som ett relativt normalt utförande av en anläggning för kallfjärrvärme i befintlig bebyggelse.

Av det föregående framgår att lönsamheten beror av kapitalkostnadens storlek, men även av prisnivån på olja och el.

Kapitalkostnaden blir olika stor om systemet installeras i nybyggnadsområde eller i ett område med befintlig panncentral. I det förstnämnda fallet blir den alternativa anläggningskostnaden för en ny panncentral relativt hög vilket ger lägre merkostnad för kallfjärrvärmens än i alternativet med befintlig värme-central.

En avgörande faktor för kapitalkostnaden är dessutom de förutsättningar som används för beräkning av denna kostnad. Om investeringen exempelvis kan finansieras med statlig belåning på förmånliga villkor skall kalkylen givetvis baseras på detta förhållande. Man bör dock beakta att det ej är korrekt att räkna den årliga kapitalkostnaden som annuiteten för ett lån vars amorteringstid är längre än investeringens livslängd.

En sammanfattande ekonomisk bedömning är att en anläggning av typ "Stenbrottsvärme i Kågeröd" ej är fullt konkurrenskraftig mot andra alternativ med dagens energipriser. Samtidigt kan dock konstateras att en relativt måttlig ökning av oljepriset vid oförändrat elpris kan göra installationen lönsam. Ett annat kriterium på lönsamheten fås om handelspolitiska faktorer och miljöaspekter beaktas. Vid installation av systemet i nybyggnadsområden finns förutsättningar för lönsamhet även med nu gällande energipriser.

**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 810752-4
från Statens råd för byggnadsforskning till K-konsult
i Kalmar.**

R92: 1988

ISBN 91-540-4950-4

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6708092

**Abonnemangsgrupp:
Ingår ej i abonnemang**

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

Cirkapris: 33 kr exkl moms