



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

R129:1979

**Värmepumpning från sjö
för värmeförsörjning av
kontorshus**

Förstudie

Thore Abrahamsson

Fredrik Norin

Holger Strååt

TEKNISKA HOGSKOLAN I LUND
SEKTIONEN FOR VAG- OCH VATTEN
BIBLIOTEKET

Byggforskningen

R129:1979

VÄRMEPUMPNING FRÅN SJÖ FÖR
VÄRMEFÖRSÖRJNING AV KONTORSHUS

Förstudie

Thore Abrahamsson
Fredrik Norin
Holger Strååt

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 781591-7
från Statens råd för byggnadsforskning till Centrala bygg-
nadskommittén i Arvika kommun.

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

R129:1979

ISBN 91-540- 3130-3

Statens råd för bygnadsforskning, Stockholm

LiberTryck Stockholm 1979 958066

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

FÖRORD	5
SAMMANFATTNING	7
INLEDNING	9
TEKNISKA FÖRUTSÄTTNINGAR	11
Allmänt	11
Ventilationsbehov	11
Effektbehov	11
Energiförbrukning	12
VÄRMEFÖRSÖRJNINGSSALTERNATIV	13
VÄRMEUPPTAGARE I VIKEN	15
Allmänt	15
Materialval	15
Förläggning	15
Dimensionering	16
Utformning	16
RÖRKULVERT	18
KÖLDBÄRARE	19
VÄRMEPUMP	20
RESERVSYSYSTEM	23
KOSTNADER	24
SLUTSATSER	28
LITTERATUR	29
FIGURBILAGA	30

FÖRORD

Statens Råd för Byggnadsforskning har gett Arvika kommun ett anslag för en förstudie som avser möjligheterna att pumpa värme till ett kontorshus från en närliggande sjö. Arbetet har letts av Thore Abrahamsson vid RNK Installationskonsult AB i Göteborg, vilket företag också stått för utredningsarbetet.

SAMMANFATTNING

Arvika kommun skall bland annat uppföra en ny förvaltningsbyggnad vid Kyrkeviken, en sjö i anslutning till Glafsforden.

Byggnadernas läge och sjöns djup och bottenförhållanden gör den tänkbar och intressant som värmekälla för en värmepump.

Denna förstudie visar, att erforderlig värmeeffekt är cirka 160 kW för värme och 20 kW för varmvattenberedning. Energibehovet har beräknats till 440 MWh respektive 77 MWh per år. Genom återluftkörning och regenerativ värmeåtervinning samt intern värmeavgivning blir energibehovet för ventilationsluften försumbart.

Det konstateras vidare att en värmepump dimensionerad för effektbehovet vid -12°C ute är lämplig. För resterande behov installeras en oljepanna. I dennas varmvattenkrets ansluts vidare en elpanna som reserv. Pannans anslutningseffekt är lika hög som värmepumpens, medan oljepannan dimensioneras så att 80 % av det totala effektbehovet täcks.

Värmepumpen har två köldmediekretsar med en sammanlagd anslutningseffekt på ungefär 50 kW.

Värmeupptagaren görs med PEL-rör och läggs med samlingsrör parallella med strandkanten på mellan 1 och 3 meters djup. Anslutningar utförs så att olika storlekar och utformningar lätt kan kopplas in. Vidare installeras ventiler så att flödesriktningen kan vändas varigenom risken för isbildning minskas.

Energibehovet beräknas minska från 646 till 118 MWh per år. Här avser den första siffran den förbrukade oljans energiinnehåll.

Investeringskostnaden ökar med 710.000:-- kronor varav 200.000:-- kronor orsakas av ökade projekteringskostnader. Årskostnaderna beräknas öka med knappt 50.000:-- kronor, varav hälften hänförs till projekteringsdelen.

I Arvika kommun finns ett flertal industrier och institutioner med anknytning till värmepumpbranschen. Detta och behovet av utprovning av värmeupptagare bedöms som tunga skäl att utforma anläggningen för test av olika komponenter. Därför bör också utförande med dieselmotordrift övervägas och utrymme härför reserveras. Dieselmotorn ger två fördelar; dels innebär den en 14 % lägre oljeförbrukning jämfört med om den konventionella värmepumpens elenergi genereras med olja, dels kan med samma specifika uttag värmeupptagarens yta minskas med cirka 30 %.

INLEDNING

Arvika kommun skall bland annat uppföra en ny förvaltningsbyggnad inom kvarteret Styvern i Arvika. Som framgår av figur 1 (figurbilaga) ligger kvarteret nära Kyrkeviken, i centrala stadens södra del. Hela projektet omfattar tre byggnadsetapper, I den första etappen ingår ombyggnad av befintligt stadshus och polishus samt utbyggnad av en förvaltningsbyggnad (Hus A) och en cafeteria (figur 2 och 3). Projekteringen för denna etapp skall starta snarast så att byggstart kan ske under 1979. Den andra och tredje etappen gäller Hus B respektive C, vilka ligger längre fram i tiden. Utöver det aktuella projektet planeras också ett bibliotek i kvarteret Pilen V om Styvern.

Föreliggande studie gäller värmeförsörjningen för den första etappen i kv Styvern. Hänsyn skall dock vid projekteringen tas till de fortsatta utbyggnadsplanerna.

Anläggningens läge vid Kyrkeviken har föranlett kommunen att närmare studera värmeförsörjning med hjälp av en värmepump som hämtar energi från Kyrkeviken, en sjö med cirka 2,5 km diameter och direkt knuten till Glafs fjorden via en 3,5 meter djup farled. Sjöns största djup är 16 meter. Stränderna mot Arvika är relativt grunda och långsträckta med stora vasspartier. Botten av sjön är vid stränderna gyttjig och relativt fri från stenar.

Den sporadiska båttrafik som förekommer i denna del av sjön utgörs enligt uppgift från hamnkaptenen i huvudsak av fritidsbåtar. En del mindre tankbåtar som kan ta sig genom sundet in i Kyrkeviken angör hamnen väster om den intressanta delen. (Figur 1).

Ett flertal tidigare utredningar avseende sjöar och hav som värmekällor för värmepumpsanläggningar (Davin m.fl. samt Bäckström. Se litteraturförteckning) ligger bland annat till grund för bedömningen av Kyrkevikens lämplighet. I nämnda rapporter konstateras

- att temperatur med säkerhet ej överstiger cirka 2°C på aktuella djup
- att pumpning av sjövatten därför ej är lämplig med hänsyn till frysrisk
- att temperaturen i bottensedimenten oftast är några grader högre än vattentemperaturen invid botten
- att lägsta temperaturen i regel uppträder i anslutning till isläggningen
- att ett indirekt system med kalciumkloridlösning som köldbärare och med slingor förlagda på sjöbotten kan vara lämpligt

Mätningar har ej utförts i Kyrkeviken. Mycket tyder dock på att temperaturförhållandena skall vara likvärdiga med de mätningar som redovisats i nämnda byggforskningsrapporter.

Kyrkeviken ligger relativt centralt i förhållande till Arvika centrum och det planerade nya Stadshuset. Strandförhållandena tyder på att en placering av en värmeväxlare helt eller delvis i bottensediment relativt enkelt kan utföras. Det är även möjligt att placera rör på större djup och i fritt vatten för jämförande provning.

Mot bakgrund av byggforskningens anslagsäskande (komplettering för 1979 - 80 pkt 3.4.3) synes objektet vara mycket intressant ur experimentsynpunkt.

Som ytterligare skäl att förlägga en sådan anläggning till Arvika kan anföras att kommunen blivit något av en centralort för kylindustri och angränsande tillverkningsområden.

I Arvika är således bland annat följande företag etablerade:

- AB Thermia-verken, tillverkning av bland annat ytjordvärmepumpar
- Ero-Frys AB, tillverkning av kyl- och frysskåp samt kommersiella kylmöbler
- Finnebäcks Kyl AB, tillverkning av prefabricerade kylelement
- AMU-Center, med bland annat kylmontörsutbildning
- Volvo BM, med erfarenhet av dieselmotordrift

Att förlägga ett provobjekt i Arvika kan därför tillmätas avsevärda fördelar med hänsyn till kunnande på platsen, möjlighet till forskning och utveckling samt möjligheter till studiebesök.

TEKNISKA FÖRUTSÄTTNINGAR

Allmänt

För byggnaderna i den första etappen gäller följande volymer och kontorsytor:

Byggnad	Volym m ³	Kontorsyta m ²	Källaryta m ²
Stadshus	3 500	810	--
Polishus	2 800	690	230
Hus A och Cafeteria	12 000	3 000	700

Ventilationsbehov

Med utgångspunkt från kraven på luftkvalitet och energihushållning (SBN 75) har följande ute- och totalluftflöden beräknats:

Byggnad	Totalluftflöde m ³ /s (m ³ /h)	Min utluftflöde m ³ /s (m ³ /h)
Stadshus	1,95 (7 000)	0,27 (1 000)
Polishus	1,55 (5 600)	0,23 (850)
Hus A och Cafeteria	6,7 (24 000)	1,8 (6 500)
Totalt	10,2 (36 600)	2,3 (8 350)

Effektbehov

För ventilationen förutsätts att frånluften förses med rekuperativ eller regenerativ värmeåtervinning som i kombination med återluftsföring vintertid medför att effektbehovet blir mycket litet. Nedan angivna effekter avser uppvärmning av ventilationsluften till rumstemperaturen. Vid dimensioneringen förutsätts att erforderlig effekt över +18° tillgodoses via belysning och personer etc samt via radiatorer.

Följande effektbehov vid den dimensionerande utetemperaturer -22°C har beräknats.

Byggnad	Ventilation (kW)	Transmission (kW)	Varmvatten (kW)
Stadshus	7	52	--
Polishus	6	39	--
Hus A + Cafeteria	24	67	--
Totalt	37	158	30

För stadshuset och polishuset har det förutsatts att tilläggsisolering ej sker. Om så görs innebär detta en minskning av det totala effektbehovet med drygt 50 kW. Den fortsatta behandlingen förutsätter att tilläggsisolering ej utförs.

De inledningsvis nämnda etapperna 2 och 3 i projektet innebär ett ytterligare effektbehov av i storleksordningen 75 kW enligt nuvarande planer.

Energiförbrukning

Fördelningen av energiförbrukningen har gjorts med hjälp av meteorologisk statistik (VVS-handboken, Tabeller och diagram).

För ventilationen har härvid förutsatts drifttid 5 dagar per vecka och 10 timmar per dygn.

Varmvattenförbrukningen har bedömts från egna erfarenheter för liknande projekt.

Transmissionsvärdena förutsätter som tidigare nämnts att tilläggsisolering ej utförs på stadshuset och polishuset.

Månad	Genomsnittlig utetemp. (°C)	Energiförbrukning MWh			
		Transm.	Vent.	Varmvatten	Totalt
Januari	- 5,5	69	-	7	76
Februari	- 5,0	71	-	7	78
Mars	- 1,8	59	-	7	66
April	+ 3,5	44	0	7	51
Maj	+ 9,8	28	0	7	35
Juni	+ 14,5	0	0	7	7
Juli	+ 17,0	0	0	0	0
Augusti	+ 15,5	0	0	7	7
September	+ 11,0	19	0	7	26
Oktober	+ 5,4	39	0	7	46
November	+ 1,0	51	0	7	58
December	- 2,5	60	-	7	67
Året	+ 5,2	440	-	77	517

VÄRMEFÖRSÖRJNINGSAJTERNATIV

Som jämförelse används en konventionell värmeförsörjning vilket för det aktuella projektet innebär en panncentral som fullt utbyggd skall ha en effekt av cirka 300 kW.

Den beräknade oljeförbrukningen är $70 \text{ m}^3/\text{år}$ för etapp 1.

Radiatorerna tänks dimensionerade för ett värmebärarsystem med temperaturerna 80/60°C.

Före värmepumpsystemet har en ismaskin med placering i byggnaderna eller ute i Kyrkeviken övervägts. Dessa lösningar har emellertid funnits mindre lämpliga än en värmepumptagande rörvärmväxlare placerad på botten av sjön eller i sedimenten. En tungt vägande orsak är att det idag inte finns någon anläggning för utprovning av sådana värmepumptagare trots ett stort intresse. Vidare synes som framgått av inledningen förutsättningarna för olika test vara mycket goda.

Av figur 4 framgår den principiella uppbyggnaden av anläggningen.

Följande dimensioneringsfall för värmepumpen har undersökts.

Alternativ	Temperatur, °C		
	Värmebärare vid utetem. -22°C		Dimensionerande utetem. för värmepump
	Fram	Retur	
1	55	40	-17
2	55	40	-12
3	50	40	-12

Det resterande effektbehovet liksom behov av reserv täcks av ett värmevattensystem med en elpanna kompletterad med en oljepanna. Elpannans effekt anpassas till anslutningseffekten för värmepumpen och oljepannan ger tilläggskapacitet så att 80 % av det totala värmebehovet vid dimensionerande utetemperatur täcks. Elpannan tänks styrd så att anslutningseffekten ej påverkas.

Varmvattnets effektbehov täcks genom värmväxlare före kondensatorerna så att överhettningvärmet utnyttjas. Även varmvattnet förses med ett reservaggregat.

Genom återluftkörning och värmeåtervinning bedöms det ej vara nödvändigt att ordna ett värmesystem för ventilationsluften. Eventuellt kan elektriska värmebatterier installeras.

Möjlighet finns att omkoppla utrustningen så att den kan utnyttjas som kylanläggning sommartid. Denna omkoppling skulle innebära att uppvärmningen av bottensedimenten påskyndas, vilket speciellt vid förläggning djupare i sedimenten är gynnsamt. Utformningen av sådan omkoppling kan utföras enligt olika alternativ. Av dessa alternativ kan nämnas inkoppling av värmeväxlare mellan köld- och värmebärarsystemet. Detta medför kylning under relativt långa tider utan nyttjande av kylkompressoreffekt.

Vi har i denna utredning ej vidare berört konsekvenserna av kylomkoppling då kylning ej är planerad och då sådan påverkar hela byggnadens värmeförsörjning.

För ytterligare energibesparing och minskning av eleffektuttag den kallaste årstiden har även en dieselmotordriven öppen kompressor för värmepumpen övervägts. Kylkompressorn måste då utbytas till öppen typ med tätning för axelgenomföring och direktdrivas av drivmotorn.

Dieselmotorn är vätskekyld och kylvatteneffekten kan tillvaratas i värmesystemet. Då en stor del av den tillförda bränsleenergin bortgår i avgaserna, kan värmeväxlare för återvinning installeras.

Med kylvatten- och avgasåtervinning kopplad i serie med värmepumpens kondensator höjs utgående värmebäraretemperaturen cirka 5°C. Detta är positivt ur ekonomisk synpunkt och kan dessutom förenkla varmvattenberedningen.

I figur 7 redovisas en jämförelse mellan den relativa energiförbrukningen vid elektriskt driven kompressor och den vid dieselmotordrift. Det förutsätts att elkraften genereras i ett oljekraftverk med verkningsgraden 35 %. Som framgår innebär den dieseldrivna värmepumpen en cirka 14 % mindre oljeförbrukning än den eldrivna samtidigt blir belastningen på värmekällan avsevärt lägre. Det kan påpekas att ett motsvarande diagram för värmning med oljepanna innebär en tillförsel av oljeenergi med 125 % varav 25 % utgör rökgasförluster (verkningsgrad 80 %).

Även en motor av Stirling typ är tänkbar i dessa sammanhang. Några större värmepumpar med Stirling eller dieselmotor har ännu ej tagits i drift även om utveckling pågår.

För detta projekt har vissa kostnadsbedömningar gjorts (se Kostnader) men någon djupare analys har inte ingått.

VÄRMEUPPTAGARE I VIKEN

Allmänt

Som nämnts i inledningen har man i ett flertal utredningar konstaterat att praktiska erfarenheter från värmeupptagare i sjö eller hav i stort sett saknas. Ett av huvudsyftena med anläggningen skulle därför vara att skaffa sådana erfarenheter och också att möjliggöra framtida försök med olika system.

Materialval

Vid materialval måste hänsyn tas till en mängd faktorer, bland vilka kan nämnas

- Korrosionsbeständighet
- Hållfasthet mot mekaniska påkänningar
- Tryckhållfasthet
- Algbeväxning
- Flödesmotstånd
- Temperaturegenskaper
- Köldbärare samt
- Kostnader

I denna utredning har två rörtyper granskats, nämligen plast-rör (PEL) och utvändigt förzinkade, obehandlade stålrör.

Stålrören har en större mekanisk hållfasthet så att till exempel bottenförhållandena vad avser stenar m m är av liten betydelse. De är relativt okänsliga för ispåfrysning och kan läggas utan speciell förankring i bottensedimenten. Värmeövergångstalet är bättre än för plaströren. Däremot har de ur korrosionssynvinkel svagheter. Om en saltlösning används som köldbärare måste denna förses med kontrollerade inhibitorer.

Plaströren har bättre kemiska egenskaper och är lättare att hantera vid utläggning. De kan levereras i godtyckliga längder men kräver någon form av förankring. Kostnaden har bedömts vara cirka 50.000:-- kronor lägre. Trots riskerna för mekaniska påkänningar bland annat vid eventuell isbildning, har fördelarna bedömts störst för plaströren. Möjligheterna att prova andra material i framtiden kvarstår.

Förläggning

Vid studium av kartan över Arvika (figur 1) och Kyrkeviken synes en förläggning utanför järnvägsbanvallen vara mycket lämplig.

Fördelar är:

Relativt långgrundt

Dyig vassbotten

Lätt åtkomlig från strandkant för mätning m m

Relativt skyddad del av Kyrkeviken, som med enkla medel kan förbättras ytterligare

Platsen är relativt närbelägen byggnadsobjektet, även om kulvertering under vator m m kan medföra problem.

Enligt hamnkaptenen föreligger ingen risk för störningar på grund av båttrafik

Dimensionering

Vid dimensioneringen måste hänsyn tas till rörmotstånd, värmeöverföring och hållfasthet. Härtill kommer osäkra faktorer som verkliga temperaturnivåer, effekt av beläggningar och algbeväxning, grad av isbildning m m. Många av dessa faktorer är sådana som behöver undersökas praktiskt.

Beräkningar kombinerade med bedömningar med utgångspunkt från erfarenheter från bland annat isbanor har resulterat i att rördimensionen valts till 25/20,4 mm.

Med hänsyn till nämnda osäkra faktorer bedöms en dimensionering baserad på värmeövergångskoefficienten $35 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ räknat på rörens ytteryta ge tillfredsställande säkerhet. Vidare antas en logaritmisk medeltemperaturdifferens av 3,6 grader (omgivningstemperatur 0°C och köldbärartemperaturer $-6/-2^\circ\text{C}$).

Upptagaren är uppbyggd av 100 meter långa parallella rörslingor, vilka under nämnda förutsättningar ger en effekt av vardera 1000 W.

För de olika dimensioneringsalternativen erhålls följande antal rörslingor, varvid en överdimensionering på ytan av cirka 20 % lagts in.

Alternativ	Max effekt (kW)	Antal slingor å 100 m
1	99	120
2	89	110
3	91	110

Utformning

Värmeupptagaren utgörs enligt ovan av ett antal parallellkoppade, 100 meter långa rör med dimensionen 25/20,4 mm.

Rörslingorna kan läggas på ett flertal olika sätt. Utformningen skall vara sådan att utläggningen blir så enkel som möjligt och att inspektion av främst skarvar underlättas. Vidare vore det önskvärt att studera förläggningar på olika djup i och ovanpå bottensedimenten.

I figur 5 har några alternativ skisserats. Genom att dra ut kulverten parallellt med strandlinjen underlättas framtida försök med nya värmeupptagare. Om en uppdelning görs på två (eller flera) avstängbara sektioner kan eventuella skador bemästras lättare. Alternativ 2 i figur 5 har bedömts som den lämpligaste utformningen. Den innebär att samlings- och fördelningsrör läggs några meter ut i vattnet. 55 å 60 st 100 meter långa rörslingor läggs ut i vattnet för vardera sektionen. Genom bottnens lutning och med ordentlig förankring torde problem med utluftning bli minimala.

Med 0,4 meters delning längs strandlinjen blir den totala arean som täcks cirka 90×55 meter eller knappt 5000 m^2 . Så som slingorna markerats i figur 1 innebär det ett förläggningsdjup på mellan 1 och 3 meter. Plats bör reserveras för utbyggnad och försök med andra utformningar.

Dimensioneringen av rör i kulvert, samlings- och fördelningsrör och slingor är gjord så att flödesfördelningen skall bli jämn.

RÖRKULVERT

Rörkulverten kommer att passera under en gata, en grundvattenled och en järnvägsbro. Viss osäkerhet angående eventuell framtida igenläggning av nuvarande båthamn och en ny genomfartsled.

Förläggningen mellan objekt och järnväg kan förutsättas bli på sådant djup att isolering är onödig.

Förläggning utefter banvallen förutsätts kunna bli öppet och med värmeisolering.

Som rörmaterial används plast typ PFH.

Dimensioneringen av rörkulverten har gjorts med hänsyn till effektbehovet för samtliga tre etapper (300 kW). Med temperaturdifferensen 4 grader och en värmeupptagning från sjön på 200 kW innebär detta att lämplig rördimension blir \varnothing 125. Det är även tänkbart att dimensionera upp kulverten ytterligare med tanke på kommande behov i angränsande kvarter. Hänsyn till dessa har ej tagits här, men det kan påpekas att merkostnaden blir liten i jämförelse med att i en framtid bygga ut kulverten.

I kulvertledningarna läggs ventiler så att flödesriktningen i upptagarslingorna kan vändas. Härigenom kan isbildning motverkas. Styrning kan till exempel ske med yttemperaturgivare i kombination med tidur så att växling sker en gång per dygn vid temperaturer från värmepumpen under 0°C.

KÖLDBÄRARE (BRINE)

Köldbäraren, som pumpcirkuleras genom värmepumpens förångare och rörslingor i sjöbotten, skall ha goda termiska egenskaper, anpassad fryspunkt och vara oskadlig för inåående komponenter. Vi har granskat köldbärarelösningar med natriumklorid, kalciumklorid, etylalkohol och etylenglykol.

Kalciumkloridlösning har vi funnit lämpligast med de speciella fördelarna att den är billig och miljövänlig. Korrosionsangrepp från kalciumklorid är små med hänsyn till användna materialkomponenter samt att anpassade korrosionsinhibitorer tillsätts.

Med saltkoncentrationen 26 vikts-% blir lösningens fryspunkt -30°C , värmekapacitiviteten $2,9 \text{ kJ/kg}$, densiteten $1\,230 \text{ kg/m}^3$ och värmeledningsförmåga cirka $0,53 \text{ W/m }^{\circ}\text{C}$.

VÄRMEPUMP

Värmepumpen bör för ökad driftsäkerhet vara uppdelad på två aggregat. Fler enheter bedöms ej lämpligt med hänsyn bland annat till att verkningsgraden minskar med storleken. Därför väljs ett standardiserat vätskekylaggregat med halvhermetiska, suggaskylade och elmotordrivna kolvkompressorer uppdelade på två köldmediesystem. För varmvattenberedning kan varje system förses med värmeväxlare i hetgasledning (på trycksidan) för upptagning av överhettningssvämnet. Direkt värmeväxling bör kunna accepteras. Förångaren och kondensorn utförs med köldmediet respektive värmebäraren i rörslingor.

Som framgått tidigare har i alternativ 1 värmepumpen dimensionerats så att den täcker hela värmebehovet vid -17°C . I alternativ 2 och 3 är dimensionerande utetemperaturen -12°C . Dessa värden underskrids cirka 110 respektive 200 timmar per år. Som underlag har meteorologisk statistik från Karlstad flygplats använts efter modifiering med hjälp av tillgängliga isotermkartor.

Av figur 6 framgår hur utemperaturen påverkar effektbehovet för de olika dimensioneringsalternativen.

I tabell 1 har den årliga energiförbrukningen räknats fram månadsvis för alternativ 1. Anloga beräkningar har gjorts för övriga alternativ och i tabell 2 finns en jämförande sammanställning.

Värmepumpens värmefaktor ϕ påverkas av kompressorns verkningsgrad samt förhållandet mellan förångnings- och kondenserings-temperaturen enligt

$$\phi = 1 + \eta_{\text{Ct}} \frac{T_2}{T_1 - T_2}$$

där η_{Ct} är kompressorns totala Carnotska verkningsgrad
 T_2 är förångningstemperaturen (K)
 T_1 är kondenseringsstemperaturen (K)

Värmepumpens totala värmefaktor är förhållandet mellan angiven och tillförd energi och inkluderar tillsattsenergi från tillhörande pumpar.

Redovisade värden i denna utredning avser den totala värmefaktorn.

TABELL 1. Genomsnittliga temperaturer och värmefaktorer samt energiförbrukning

Värdena avser alternativ 1 där värmesystemet är dimensionerat för 55/40°C vid DUF och värmepumpen för värmebehovet vid utetemperatur -17°C. Med anledning av tabellens omfattning redovisas temperaturen i enheten °C.

Månad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Σ	Dim.
Vattentemp. vid värmepumpagaren (°C)	2	2	2	3	4	13	15	18	15	9	6	3	-	2
Köldbärartemp. in (°C)	-5	-5	-5	-3	0	6	12	12	10	6	3	-1	-	-6
ut (°C)	-1	-1	-1	1	2	7	13	13	12	8	6	2	-	-2
Förångningstemp. (°C)	-7	-7	-7	-5	-2	5	8	10	9	5	0	-4	-	-9
Värmebärartemp. ut (°C)	37,5	37,5	35,0	29,5	23,5	19,5	-	18,0	22,5	27,5	31,5	34,5	-	50
in (°C)	29,5	29,5	28,0	24,5	21,0	18,5	-	17,5	20,5	23,5	26,0	27,5	-	37
Kond. temp. (°C)	45	45	40	40	35	35	35	35	40	40	40	45	-	55
Varmvatten (°C)	45	45	45	45	45	44	43	43	43	44	45	45	-	45
Värmefaktor (-)	3,2	3,2	3,2	3,3	4,0	4,6	5,2	5,0	4,9	4,3	3,8	3,5	-	2,8
Värme från värmepump radiatorer (MWh)	69	70	59	44	28	0	0	0	19	39	51	60	439	-
varmvatten (MWh)	7	7	7	7	7	0	0	0	7	7	7	7	63	-
Energiförbrukning Värmepump och hjälp- app. (MWh)	24	24	21	15	9	0	0	0	5	11	15	19	138	-
Tillsatsvärme (olja) (MWh)	-	1	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	-
Tillsatsvärme (el) (MWh)	0	0	0	0	0	7	0	7	0	0	0	0	14	-

TABELL 2. Årlig energiförbrukning för de undersökta alternativen

Dim. temp. för värmesystem (°C)	Dim. uttemp. för värmepump (°C)	Alternativ nr	Energiförbr. (MWh/år)			
			Värmepump	Tilläggsenergi		Totalt
				Varmvatten (El)	Värme (Olja)	
55/40	-17	1	138	14	1	153
55/40	-12	2	116	14	5	135
50/40	-12	3	99	14	5	118

Byggnadernas energiförbrukning är för uppvärmning 440 MWh per år och för varmvattenberedning 77 MWh per år. Med konventionell oljeuppvärmning innebär detta (80 % verkningsgrad) en tillförd energimängd av 550 respektive 96 MWh per år (56 respektive 10 m³ olja per år).

RESERVSYSTEM

Både varmvatten- och värmesystem förses med reservaggregat för uppvärmning.

För varmvattnet synes elvärme vara rationellast även om till exempel även gasol skulle vara tänkbart. Den installerade effekten är 20 kW och används även vid extrembehov under normal drift.

Värmesystemets reservaggregat består av en elpanna och en oljepanna. Den förra dimensioneras inom ramen för den anslutningseffekt som erfordras för värmepumpen medan oljepannan ger ett tillskott så att 80 % av det totala effektbehovet vid dimensionerande utetemperatur täcks. Följande effekter gäller vid de undersökta alternativen.

Alternativ	Eleffekt (kW)	Effekt på oljepanna (kW)
1	65	80
2	55	90
3	50	95

Styrningen mellan oljepanna och reservelpanna utförs så att elpatronerna endast kan gå in i den mån värmepumpen medger detta utan att anslutningseffekten överskrider.

KOSTNADER

För jämförelse har en bedömning gjorts av kostnaderna för de installationer som påverkas i de olika alternativen.

Oljepriset är idag cirka 800:-- kr/m³. Marknadsläget gör emellertid att man inte vet kostnaden om ett halvår. I det följande har oljepriset antagits till 1.000:-- kr/m³.

I övrigt har följande förutsättningar, som erhållits från Arvika kommun, använts:

Elkostnader	
Effektavgift	210:-- kr/kW, år
Energiavgift exklusive skatt	100:-- kr/MWh
Kalkylränta	10 %

I omstående tabeller nr 3, 4, 5 och 6 redovisas kostnaderna liksom även använda avskrivningstider.

Som framgår av tabellerna ger värmepumpsalternativen mellan 695.000:-- och 735.000:-- kronor högre investeringskostnad än konventionell oljeeldning. Härav utgör projekteringsdelen cirka 200.000:-- kronor.

Om man i stället studerar årskostnaden är ökningen mellan 45.000:-- och 56.000:-- kronor per år, varav projekteringskostnaderna svarar för 24.000:-- kronor.

Dieselmotordrift bedöms ge en ökning av investeringsbehovet för värmepumpen med cirka 50.000:-- kronor. Som framgått tidigare (figur 7) innebär denna lösning en minskad oljeförbrukning om elbehovet tänks genererat i ett oljekraftverk samtidigt som man får 70 % lägre belastning på värmeupptagaren och därmed mindre yta. Oljeförbrukningen minskar från 86 % av energiförbrukningen till 74 % eller med 14 %. Samtidigt ökar underhållskostnaden något.

Tabell 3. Kostnader för oljeeldad panncentral

	Avskr.- tid År	Initial- kostnad kkr	Årskostnader kkr/år		
			Kapital	Drift	Summa
Pannor, skorsten, brännare, oljeförråd etc	20	130	15		
Utrymnesbehov (80 m ²)	40	120	12		
Radiatorer (inkl. mont.)	25	65	7		
Rör (inkl. mont.)	25	150	17		
Projektering	20	250	29		80
Energikostnader, olja	--			70	
Skötsel inkl. sotning	--			10	80
Summa	--	715	80	80	160

Tabell 4. Värme pump. Alternativ 1

	Avskr.- tid År	Initial- kostnad kkr	Årskostnader kkr/år		
			Kapital	Drift	Summa
Värme pump med automatik samt pumpar, rör, media etc (156 kW)	15	255	34		
Värmeupptagare (100 kW)	15	89	12		
Kulvert	25	160	18		
Oljepanna (80 kW)	20	20	2		
Elpanna, värme (65 kW)	20	15	2		
Elpanna, varmvatten (20 kW) med ackumulator	20	10	1		
Utrymme (100 m ²)	40	150	15		
Radiatorer (inkl. mont.)	25	151	17		
Rör (inkl. mont.)	25	150	17		
Projektering	20	450	53		171
Eleffektkostnad (85 kW)	--			18	
Elenergikostnad (152 MWh/år)	--			15	
Oljeenergikostnad (1 MWh/år)	--			--	
Skötsel	--			12	45
Summa		1450	171	45	216

Tabell 5. Värmepump. Alternativ 2

	Avskr.- tid År	Initial- kostnad kr	Årskostnader kkr/år		
			Kapital	Drift	Summa
Värmepump med automatik samt pumpar, rör, media etc (137 kW)	15	222	29		
Värmeupptagare (90 kW)	15	82	11		
Kulvert	25	160	18		
Oljepanna (90 kW)	20	20	2		
Elpanna, värme (55 kW)	20	15	2		
Elpanna, varmvatten (20 kW) med ackumulator	20	10	1		
Utrymme (100 m ²)	40	150	15		
Radiatorer (inkl. mont.)	25	151	17		
Rör (inkl. mont.)	25	150	17		
Projektering	20	450	53		165
Eleffektkostnad (75 kW)	--			16	
Elenergikostnad (130 MWh/år)	--			13	
Oljeenergikostnad (5 MWh/år)	--			1	
Skötsel	--			12	42
Summa		1410	165	42	207

Tabell 6. Värmepump. Alternativ 3

	Avskr.- tid År	Initial- kostnad kkr	Årskostnader kkr/år		
			Kapital	Drift	Summa
Värmepump med automatik samt pumpar, rör, media etc (137 kW)	15	211	28		
Värmeupptagare (90 kW)	15	82	11		
Kulvert	25	160	18		
Oljepanna (95 kW)	20	20	2		
Elpanna, värme (50 kW)	20	15	2		
Elpanna, varmvatten (20 kW) med ackumulator	20	10	1		
Utrymme (100 m ²)	40	150	15		
Radiatorer (inkl. mont.)	25	161	18		
Rör (inkl. mont.)	25	166	18		
Projektering	20	450	53		166
Eleffektkostnad (70 kW)	--			15	
Elenergikostnad (113 MWh/år)	--			11	
Oljeenergikostnad (5 MWh/år)	--			1	
Skötsel	--			12	39
Summa		1425	166	39	205

SLUTSATSER

Med hjälp av värmepumpning från sjön reduceras energibehovet 517 MWh per år för värme och varmvatten, sålunda

Alternativ	Oljeenergi		Energiegi MWh
	MWh	m ³	
Grundalternativ	646	66	-
Alternativ 1	1	-	152
Alternativ 2	5	1	130
Alternativ 3	5	1	113

Merkostnaderna för investeringarna blir drygt 700.000:-- kronor varav 200.000:-- kronor orsakas av ökade projekteringskostnader. För årskostnaderna innebär värmepumpdriften en ökning med cirka 45.000:-- kronor per år, varav ungefär hälften förorsakas av ökningen i projekteringskostnad.

De redovisade kostnaderna kan förefalla höga, men påverkas av att anläggningen i stora delar utgörs av konstruktioner som ej tidigare prövats. Detta gäller främst värmeupptagaren. Det bör också understrykas att anläggningen, om den kommer till utförande, enkelt kan kompletteras med värmeupptagare av annan utformning.

Anläggningen föreslås dimensionerad efter förutsättningarna i alternativ 3:

Dimensionerande temperaturer i radiatorkretsen	50/40°C
Dimensionerande utetemperatur för värmepumpen	-12°C

Dieselmotoralternativet har ej ingått i förutsättningarna för denna utredning. Vi har dock funnit att från energibesparingssynpunkt installation av en dieselmotor är mycket intressant. Anläggningens läge, storlek och utformning gör den synnerligen lämplig för experiment. Vi föreslår därför att man överväger ett utförande med alternativa drivkällor och att man tills vidare tar hänsyn vad beträffar utrymme med mera till detta i projekteringsarbetet.

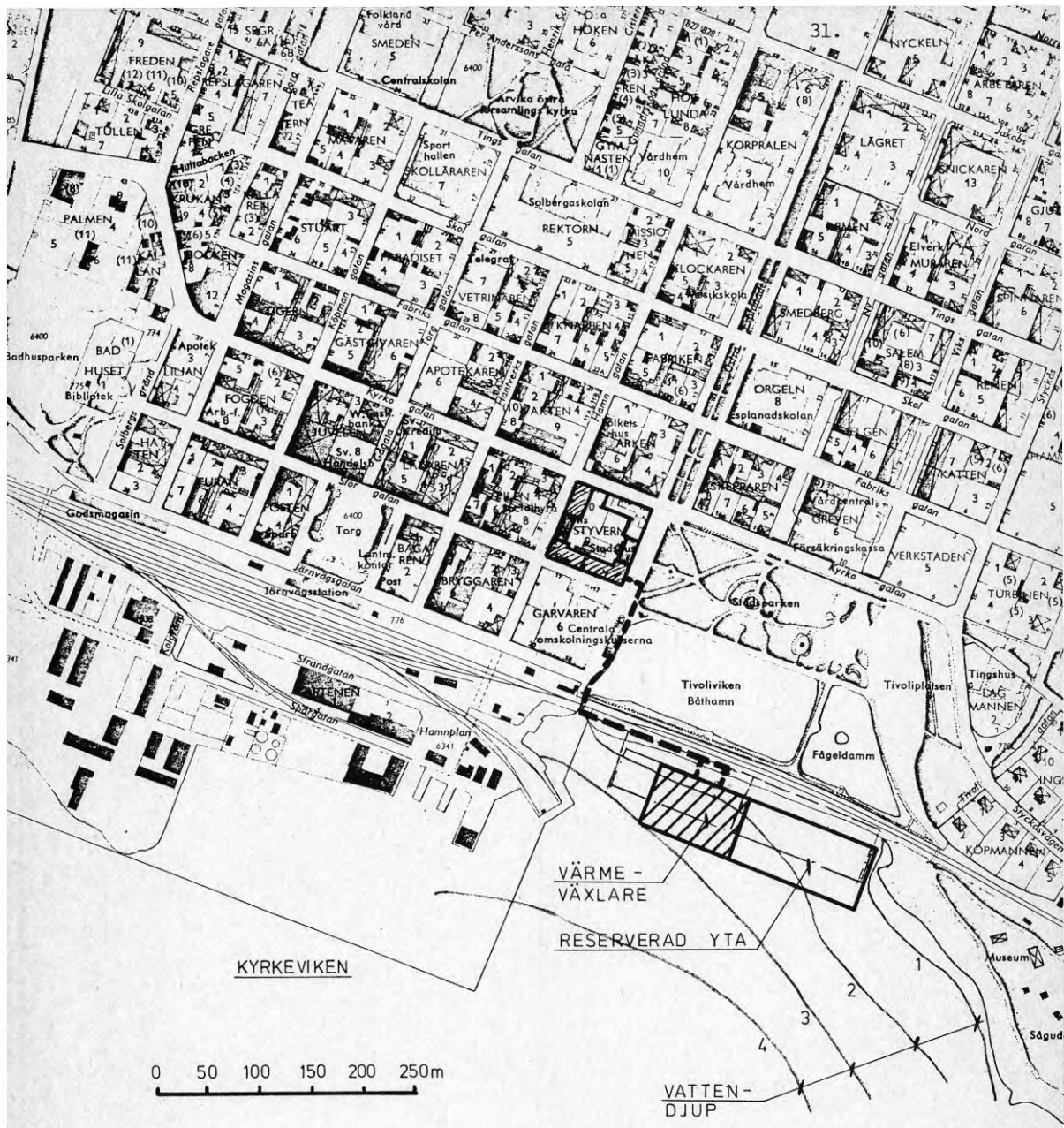
LITTERATUR

Anslagsframställning 1979 - 80. Komplettering inom energisparområdet. BFR (1979)

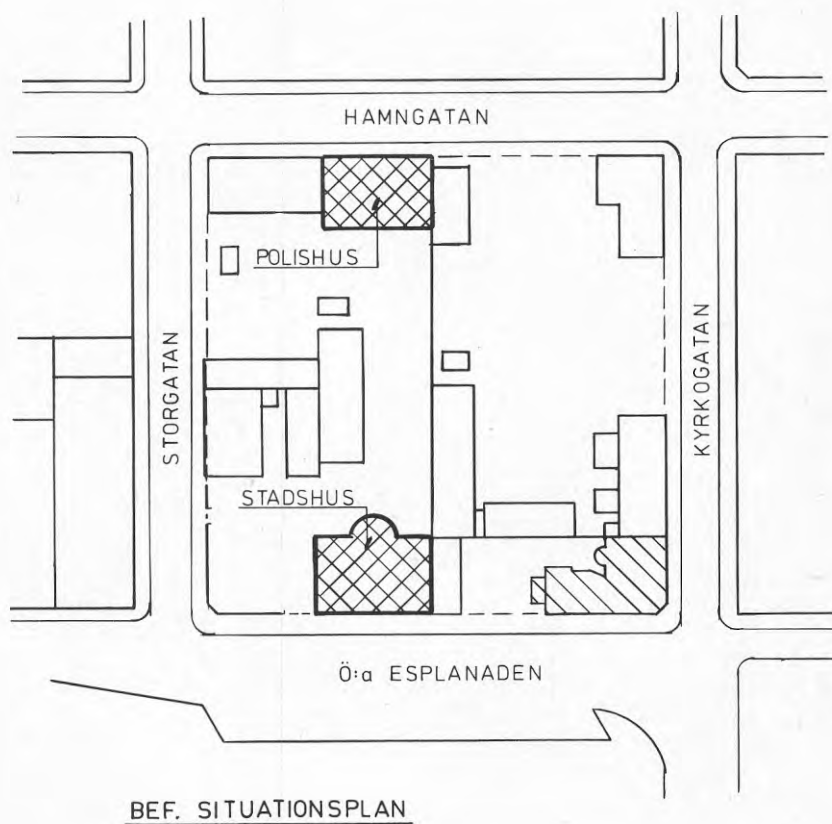
Bäckström, B. Värmepump med insjö som värmekälla. Förstudie. BFR-anslag nr 780498-2 (1978)

Davin, B, Nordling J, Sandart K. Framtagning av kriterier på användbara energikällor för värmepumpanläggningar då värmekällorna är sjöar, floder m m. Delrapport. BFR-anslag nr 770979-0 (1978)

F I G U R B I L A G A



FIGUR 1. Arvika med kvarteret Styvern

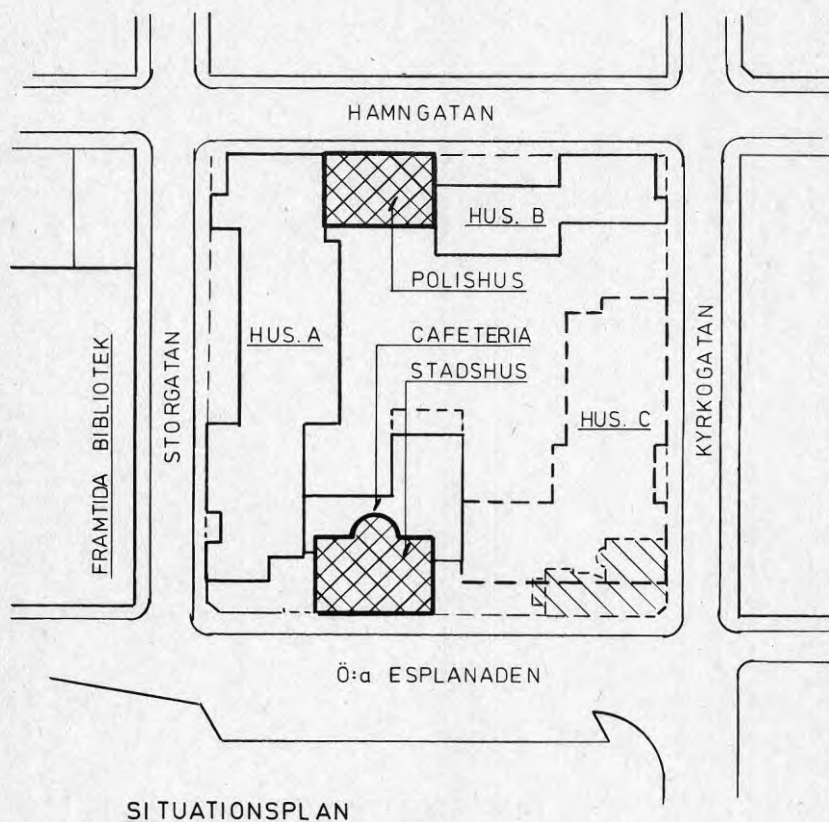


FIGUR 2. Kvarteret Styvern.
Befintlig bebyggelse

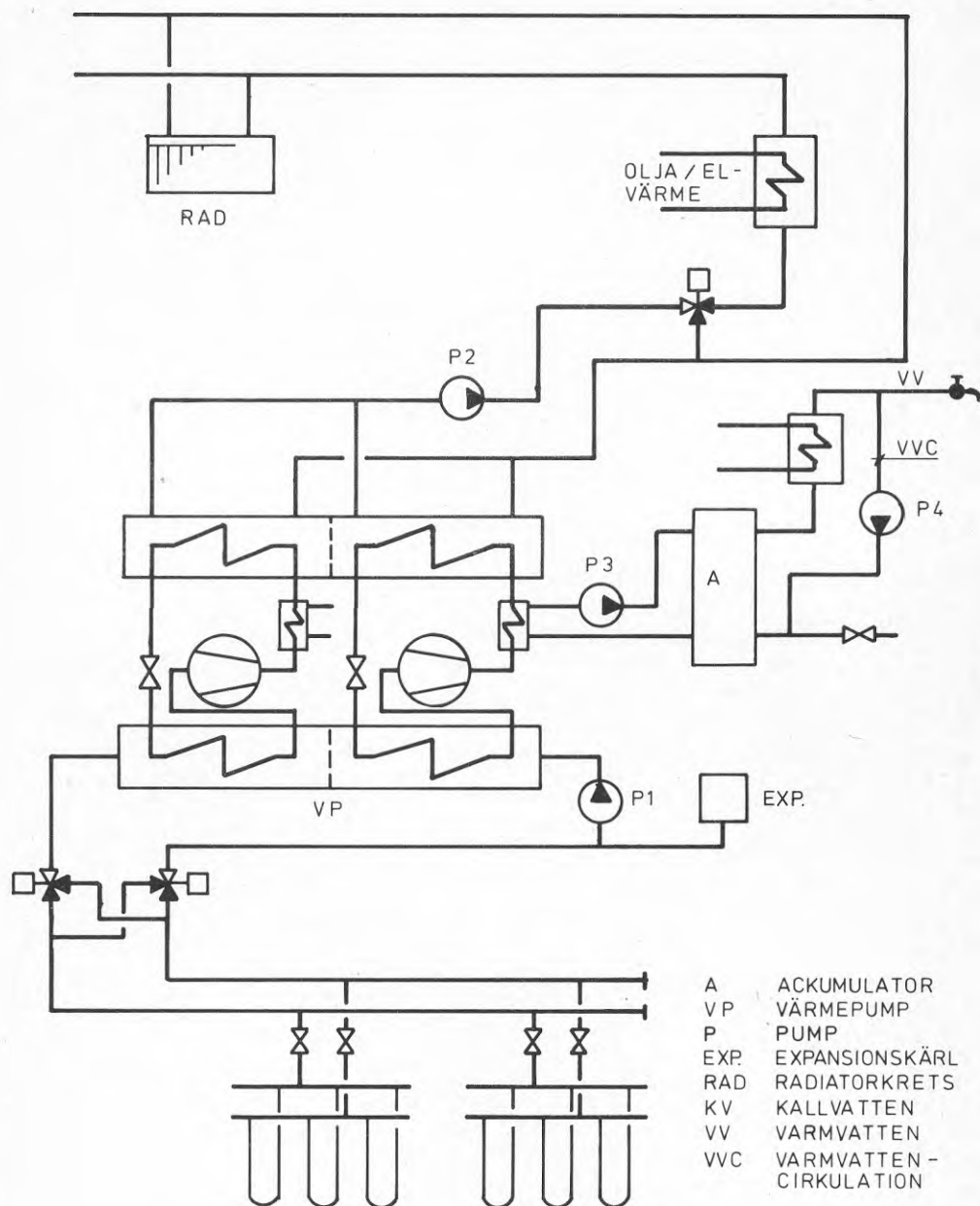
ETAPP 1:
 STADSHUS
 POLISHUS
 HUS A ,MED CAFETERIA

ETAPP 2:
 HUS B

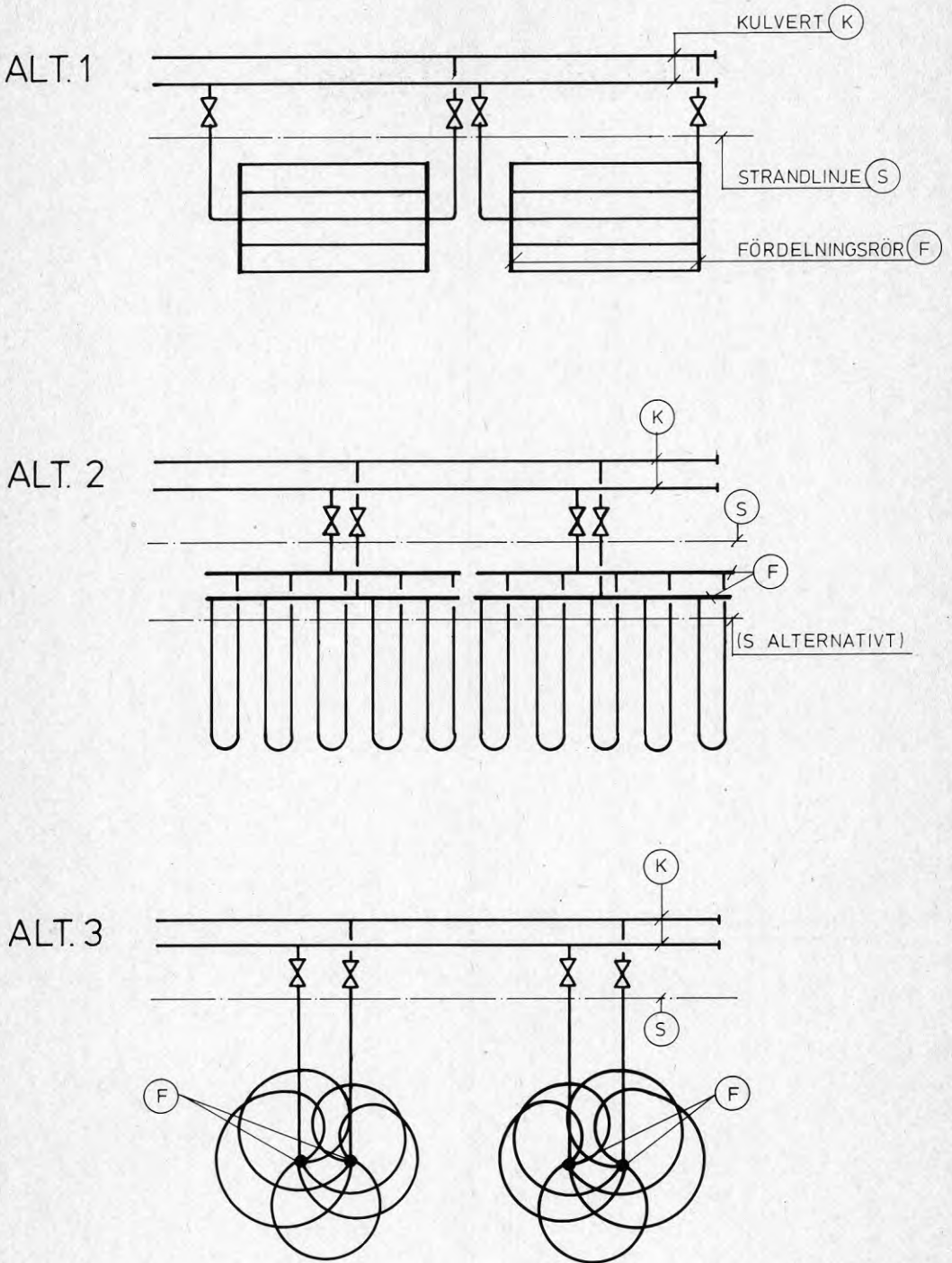
ETAPP 3:
 HUS C



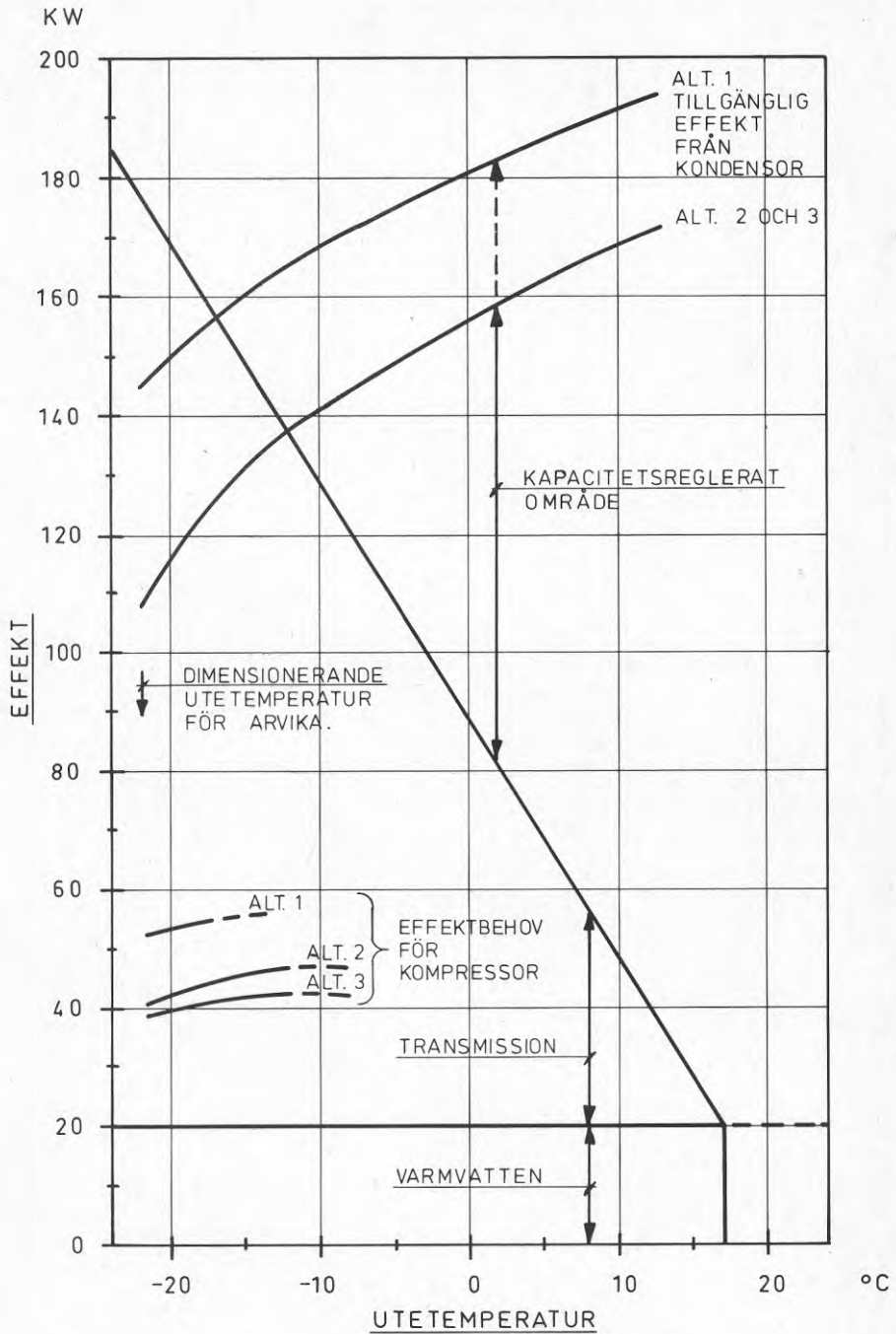
FIGUR 3. Kvarteret Styvern.
 Planerad bebyggelse



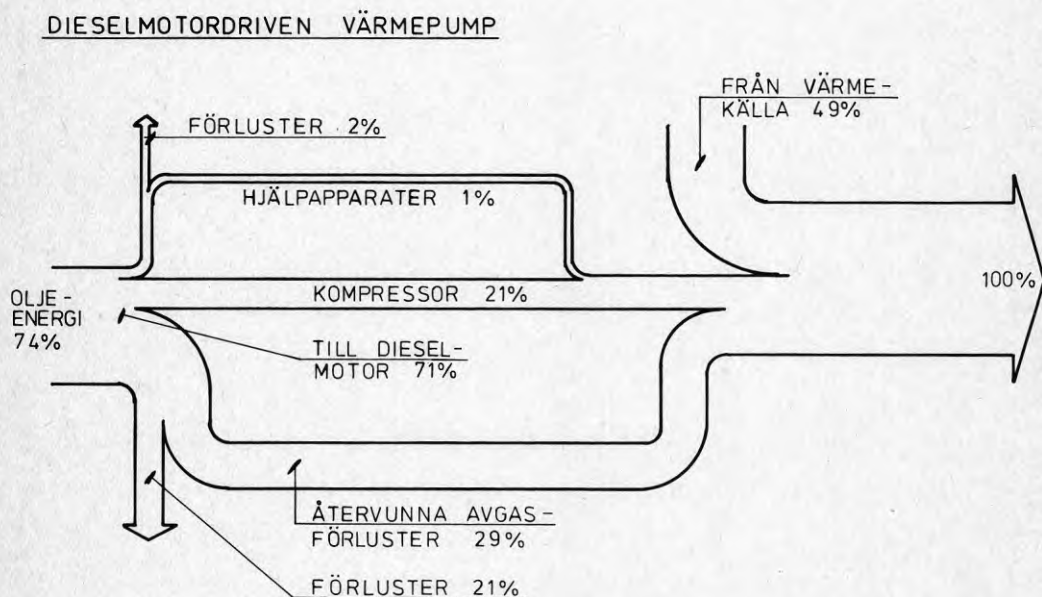
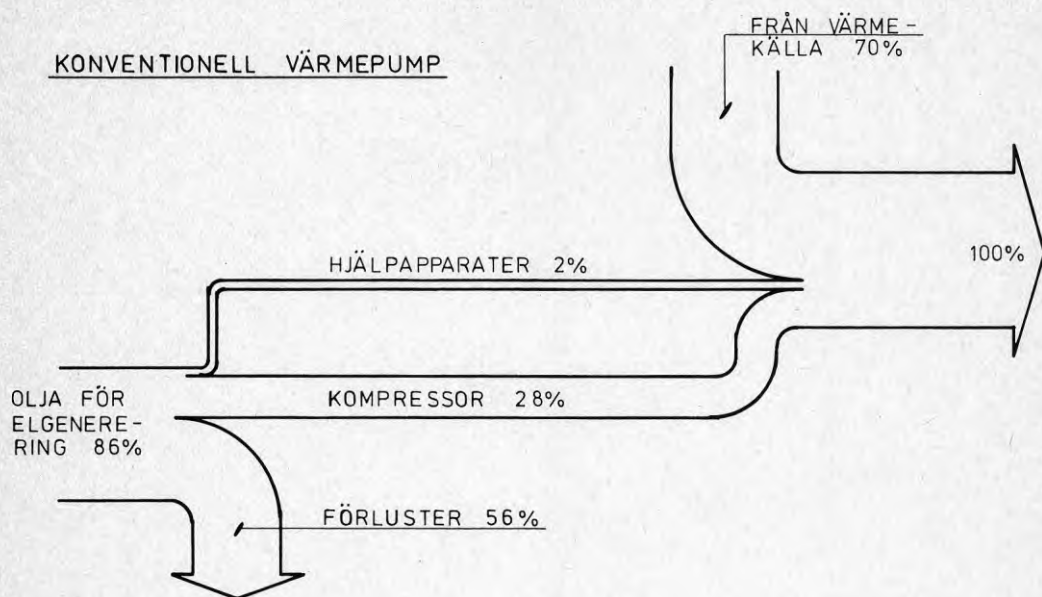
FIGUR 4. Värmepumpssystem. Principiell uppbyggnad.



FIGUR 5. Utformning av värmeupptagare.



FIGUR 6. Effektbehov mm vid olika utetemperaturer.



FIGUR 7. Energiflöden vid elektriskt driven och dieselmotor-driven värmepump.

Elenergin antages genererad med 35 % verkningsgrad i ett oljekraftverk.

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 781591-7 från
Statens råd för byggnadsforskning till Centrala byggnads-
kommittén i Arvika kommun.

Art.nr: 6700029

Abonnemangsgrupp:
W. Installationer

Distribution:
Svensk Byggtjänst, Box 7853
103 99 Stockholm

Cirkapris: 15 kr exkl moms

R129: 1979

ISBN 91-540-3130-3

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

TEKNISKA HOGSKOLEN I KTH
SEKTIONEN FÖR VÄG- OCH
BIBLIOTEKET