



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

R114:1982

**Solvärmesystem i befintlig
bebyggelse**

Förstudie: HSB-Vänernborg

**Per Gabriellsson
Sven-Göran Olsson**

INSTITUTET FÖR
BYGGDOKUMENTATION

Accnr

Plac *Sex*

*V
ANA*

R114:1982

SOLVÄRMESYSTEM I BEFINTLIG BEBYGGELSE

Förstudie: HSB-Vänersborg

Per Gabrielsson
Sven-Göran Olsson

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
791501-3 från Statens råd för byggnadsforskning
till HSB:s Riksförbund, Tekniska kontoret, Stockholm.

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

R114:1982

ISBN 91-540-3797-2

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

LiberTryck Stockholm 1982

INNEHÅLL

SAMMANFATTNING	5
1 INLEDNING	7
2 BEFINTLIGT SYSTEM	9
2.1 Allmän beskrivning	9
2.2 Behov	9
2.3 Förändringar och intrimningsåtgärder	11
3 SOLVÄRMESYSTEM	13
3.1 Systemval	13
3.2 Solvärmedata	14
3.3 Solfångare	16
3.4 Värmelager	17
3.5 Optimeringsmodell	19
3.6 Resultat	24
4. LUFT/VATTEN-VÄRMEPUMP	27
4.1 Allmän beskrivning	27
4.2 Funktionsbeskrivning	27
4.3 Kostnader	28
5 SLUTSATS	31
5.1 Solvärmesystem	31
5.2 Luft/vatten-värmepumpsystem	31
5.3 Alternativ	32
Figur 1-20	33

SAMMANFATTNING

HSB har ett stort äldre bostadsbestånd som idag uppvärms med olja. I takt med ökande oljepriser har intresset för alternativ uppvärmning ökat. HSB undersöker därför olika alternativ för uppvärmning samt avser att realisera de mest intressanta av dessa för en utvärdering.

Denna studie omfattar följande tre alternativa uppvärmningssätt

- A. Värmepump för luft/vatten.
- B. Solvärme med säsongslagring av medeltemperaturtyp samt värmepump.
- C. Som B men med lågtemperaturtyp. Här har även oglasade solfångare undersökts.

Samtliga alternativ baseras på bivalent uppvärmning dvs värmepump alt. solvärme/värmepump täcker en del av årsbehovet. Övrig del täcks med olja.

Både el och dieseldrivna värmepumpar har undersökts.

Som objekt för studier utvalde HSB ett område i Vänersborg bestående av 169 lägenheter.

Efter att ha föreslagit vissa åtgärder för att få uppvärmningssystemet anpassat till lågtemperaturuppvärmning studerades solvärmesystemen. Härefter har ingått:

- framtagande av solvärmedata
- optimering av solpanellutning
- beräkningar av värmelager
- totalkostnadsberäkningar

Energikostnaden visar sig ligga inom området 55-75 öre/kwh beroende på systemtyp samt täckningsgrad av solvärme. Kostnaden är lägst för lågtemperaturlagring med glasade solfångare och högst för medeltemperaturlagring. Dieseldriven värmepump ger lägre kostnader för samma täckningsgrad, främst beroende på mindre behov av solfångaryta och värmelager. Oljeförbrukningen blir dock betydligt större.

Luft/vatten-värmepumpsystemet visar sig vara betydligt mera förmånligt. Energikostnaden visar här ligga på ca 22 öre/kwh. Täckningsgraden är då 68%, dvs en ansevärd oljebesparing.

1. INLEDNING

HSB har ett stort äldre bostadsbestånd som idag uppvärms med olja. I takt med ökande oljepriser har intresset för alternativ uppvärmning ökat. HSB undersöker därför olika alternativ för uppvärmning samt avser att realisera de mest intressanta av dessa för en utvärdering.

Under slutet av 1979 tog därför HSB kontakt med PR Processutveckling AB för ett utredningsuppdrag angående "Solvärme för befintliga flerfamiljsfastigheter". Avsikten var att finna ett lämpligt fastighetsområde och för detta utvärdera hur solvärmebase-rad uppvärmning skulle kunna utnyttjas och hur denna uppvärmningsform ställer sig i jämförelse med ett luft-vatten-värmepumpsystem.

Diskussioner inleddes med Byggforskningsrådet angående anslag för en förstudie. Resultatet av dessa diskussioner blev en överenskommelse att följande alternativ i första hand skulle utvärderas:

1. Dieseldriven värmepump för luft-vatten.
2. System Munch, d v s dieseldriven värmepump, solfångare samt lagring i damm eller annat vattenmagasin.
3. Dieseldriven värmepump samt säsongslagringsystem av medeltemperatur (motsvarande system 2 i Morawetz artikel i VVS 6/79).
4. Dieseldriven värmepump och säsongslagringsystem av lågtemperaturtyp motsvarande system 3 i ovan nämnda artikel.

Under arbetets gång skulle dessutom andra alternativ och lösningar kunna framkomma.

Efter de remissvar som kom in och efter diskussioner med HSB överenskoms att både glasade och oglasade solfångare skulle undersökas, samt att omkopplingar göres i värmepumpsystemet så att solfångare alltid får det kallaste vattnet. System 2 och 3 blir därmed i princip identiska, varför dessa slogs ihop och utredningen begränsades till:

1. Som ovan.
- 2 och 3. Medeltemperaturlagring med värmepump och glasade resp. oglasade solfångare.
4. Lågtemperaturlagring. I övrigt lika 2 och 3.

Angående lågtemperaturlagringen skulle eventuellt möjligheterna till is-frysning undersökas. Då detta studeras i annat projekt (BFR-projekt 790516-1) samt att tekniken ännu ej är tillräckligt långt framme för den nödvändiga smältvärmeväxlaren, inkluderades denna möjlighet ej i studien.

System 2 och 3 respektive 4 blir då närmast en jämförelse av lagringstemperaturens inverkan på kostnaderna.

Samtliga alternativ baserades i programförslaget på dieseldrift. Ett förväntat framtida elöverskott kommer dock troligen att påverka prisrelationen mellan el och olja. Förslag från Elanvändningskommittéen (ELAK) och regeringens energiproposition anger dessutom att överskottet kan användas för uppvärmning. Att använda värmepump är härvid ett effektivare sätt än att använda direktomvandling. Utredningen har därför baserats på både elektrisk drift och dieseldrift.

HSB's undersökning av lämpliga fastighetsobjekt resulterade i att ett område i Vänersborg föreslogs. Det utvalda objektet består av 6 st trevåningshus, benämnda kv. Skrindan, Kärran och Spiken. Fastighetsplaceringen framgår av Figur 1. Fastigheterna har totalt 169 lägenheter om 11 150 m² och 1 030 m² lokalyta, fördelat enligt följande:

	Antal lägenheter	Yta m ² Lägenhet	Lokal
Skrindan + Kärran	135	8 760	630
Spiken	34	2 390	400
TOTALT	169	11 150	1 030
		12 180	

Det första steget i projektet blev att närmare undersöka objektets lämplighet samt föreslå åtgärder till förbättringar.

2. BEFINTLIGT SYSTEM

2.1 Allmän beskrivning

Det befintliga systemet framgår principmässigt från Figur 2.

Panncentralen är belägen i källaren av kv. Skrindan, Hus A. Från panncentralen försörjs kv. Skrindan och Kärran med värme via en shuntgrupp och med tappvarmvatten via tappvarmvattenberedaren av typ AGA-CTC 294/0,5. En förårdstank för pannvatten ser till att topparna i tappvarmvattenbehovet blir tillgodosedda. Dessutom är tvätt-torkskåpen kopplade till pannvattenkretsen. De försörjs således med vatten av 80-90° C temperatur.

Via en kulvert distribueras pannvatten (80-90° C) till en undercentral i kv. Spiken (Hus A). Denna undercentral består av en shuntgrupp för värmesystemet samt av en förrådsberedare för tappvarmvatten (Thermia 20 SFP 1250). Även här försörjs tvätt-torkskåpen med tappvarmvatten (80-90° C).

Systemet tryckhålls genom en expansionstank placerad under tak vid skorstenen. Expansionstanken slutet till pannornas utloppsledning före distributionspumparna. Från inloppet till pannorna är också dragen en ledning till expansionstankens topp för att få en cirkulation genom expansionstanken och därigenom eliminera frysrisk. Detta medför dock en konstant syresättning till vattnet med risk för korrosionsskador som följd. Systemet bör därför modifieras enligt avsnitt 2.3.

2.2 Behov

De två befintliga pannorna har en effekt av 640 kW vardera. Pannorna är konstruerade för drift med tjockolja, vilket dock aldrig utnyttjats, utan brännoljan utgöres av lätt eldningsolja (E01).

Under åren har en genomsnittlig oljeförbrukning av 345 m³ olja registrerats. Räknat på totala uppvärmningsytan (12 180 m²) blir således oljeförbrukningen 28,3 l/m²/år. Riksgenomsnittet för temperaturzon 3 för fastigheter med 1-25% lokalyta och färdigställandeår 1961-1965 är 27 l/m²/år.

Räknat med en utnyttjningstid av 2 300 timmar och 70% medelårsverkningsgrad innebär detta ett max-effektbehov av 1 050 kW.

Nettoenergiförbrukning blir 2 415 MWh. Denna energi och effekt beräknas fördela sig enligt följande:

Område	ENERGI MWH		EFFEKT KW	
	Uppvärmning	Tappv.v.	Uppvärmning	Tappv.v. (5 tim. effekt)
Kärnan + Skrindan	1 325	580	690	135
Spiken	365	145	190	35
Totalt	1 690	725	880	170
	2 415		1 050	

Varaktighetsdiagrammet framgår av Figur 3.

Ett antal temperaturavläsningar har gjorts på värmesystemet. Typiska värden är enligt följande:

Mätning nr	°C		
	TF	TR	TU
1	52	48	-4
2	48	-	+3
3	36	33	+10
4	43	40	+3
5	61	54	0

TF=Framledningstemp.

TR=Returtemp.

TU=Uttemp.

Vid mätning nr 5 fick man klagomål på att lägenhetstemperaturen var för hög (ca 23°C).

Under kallaste dagen räknar man med att framledningstemperaturen blir 65-70°C.

Temperaturbehovet framgår av Figur 4. Systemet kan betraktas som ett normalt överdimensionerat 60-talssystem.

Temperaturstatistik för tappvattenberedningen saknas. Besök på platsen har dock gett följande värden på pannvatten-temperaturen till/från beredarna:

Skrindan	94/88° C
Spiken	90/83° C

Enligt driftpersonalen varierar dessa temperaturer inte särskilt mycket över året.

Förrådsberedaren i kv. Spiken håller normalt en temperatur av 70-75^o C. Tappvattnet ut till konsumenterna är reglerat till ca 60^o C. Svängningar uppträder dock i systemet. Detta beror förmodligen på överdimensionerade reglerventiler i VVC-kretsen.

I en värmepumpstillämpning har man inte tillgång till så högt tempererat vatten för att producera tappvarmvatten. Åtgärder bör därför vidtagas för att kunna utnyttja värmepumpens 55-gradiga vatten för att producera tappvarmvatten av 50^o C.

2.3 Förändringar och intrimningsåtgärder

Värmesystem

Värmesystemen tycks fungera bra. Framledningstemperaturen har dock ingen ute-temperaturgivare utan reglerbörvärdet ställs in manuellt. För att kunna köra systemet så optimalt som möjligt och undvika övertemperaturer bör regleringen kompletteras med utrustning för kompensation för utomhustemperatur. Dessutom bör samtliga lägenhetsradiatorer förses med termostatventiler.

Tappvarmvatten i Skrindan-Kärran

Tappvarmvattnet produceras i beredaren (AGA-CTC 294/0,5) medelst pannvatten av 90^o C. Ett pannvattenförråd utjämnar topparna. Detta system bör vara tillfyllest att producera tappvarmvatten med även om pannvattnet enbart har en temperatur av 55^o C. Möjligtvis krävs en större värmeyta. Detta kan erhållas genom att en ny plattvärmeväxlare installeras parallellt med den befintliga beredaren. Ett tappvarmvattenförråd på ca 3 m³ bör då också installeras.

För närvarande får konsumenten ett tappvarmvatten av 60-65^o C. Nya byggnormer (SBN 80) anger dock en möjlig sänkning till 45-50^o C. Denna möjlighet bör utnyttjas. Detta kräver dock att konsumenten informeras om varför en sänkning är nödvändig. Inför möjligheten att spara olja och därmed i ett något längre tidsperspektiv få lägre hyreskostnader är konsumenten säkert villig att acceptera uppoffringen med lägre temperatur på varmvattnet.

Tappvarmvatten i Spiken

Den befintliga förrådsberedaren i Spiken är ej tillräcklig för ett mera lågtempererat system. Systemet bör därför kompletteras med ytterligare en förrådstank enligt Figur 2. Denna tank med utrustning placeras lämpligen i förrådet innanför undercentralen.

Torkrum

Tvätt-torkskåpen försörjs idag med pannvarmvatten av 80-90° C. Förmodligen kan man lika väl använda 55° C-vatten till torkskåpen. Torktiden blir längre, men genom att informera hyresgästerna om att åtgärderna är betingade av att spara olja bör uppoffringen kunna accepteras, speciellt om det har en positiv inverkan på hyran.

För att undvika onödig värmeförbrukning vid stillestånd och för att utnyttja värmeväxlingen, installeras termostatventiler som håller konstant utloppstemperatur (ca 30° C) från torkskåpen.

Låglastkörning av panna

I en solvärme-applikation utgör pannorna topp- och reserveffekt för solvärmesystemet. Detta innebär att under stora delar av året kommer pannorna att gå på väldigt låg last. Denna låglastkörning kommer då att ha väldigt dålig verkningsgrad (25-50%). För att undvika detta installeras en elpanna parallellt med befintliga pannor. Elpannans effekt bör täcka in området upp till ca 50% av toppeffekten. Detta innebär att summa kondensoreffekt plus elpannans effekt bör vara ca 400 kW. Elpannan bör dock vara minst 100 kW, motsvarande ca 15% av pannans effekt.

Man bör också undersöka möjligheterna att montera in mindre munstycken i brännarna och därmed minska stilleståndstiderna och förbättra verkningsgraden.

På grund av att pannornas stilleståndstider blir längre i alla händelser, bör automatiska rökgasspjäll installeras för att eliminera dragförlusterna.

3. SOLVÄRMESYSTEM

3.1 Systemval

3.1.1 Allmänt

Det här avsnittet är en allmän beskrivning av det system som sedan skall optimeras. De i systemet ingående komponenterna, värmelager, solfångare och värmepump detaljbeskrivs i avsnitten 3.2 - 3.5.

3.1.2 Värmelager, solfångare och värmepump

Systemet framgår principmässigt av Figur 5.

Värmelagret består av en grävd markgrop isolerad och tätad mot omgivningen. På vattnet flyter isoleringen bestående av polyurethane. Solfångarna är stationärt placerade ovanpå värmelagret och går alltså ej att rotera. Solfångaren är ansluten till värmelagret så att det uppvärmda vattnet pumpas in i toppen på vinterhalvåret och i botten under sommarhalvåret. För att undvika frysning av solfångarna vid extrem kyla kan man välja olika alternativ. Dels kan solfångarna tömmas på vatten vid låg temperatur dels kan man använda glycol som frostskydd. Det senare alternativet kan ej bli aktuellt vid stora lagervolymer (20 000-30 000 m³) p g a för höga kostnader. För att förhindra frysning bör systemet kring solfångare och värmelager utformas på följande sätt:

Cirkulationspumpen som cirkulerar vattnet över solfångarna strypregleras så att temperaturen efter solfångarna hålles vid minimum 15° C. När temperaturen efter solfångarna är över 20° C returneras vattnet till lagrets övre nivå. När temperaturen är under 20° C returneras vattnet till lagrets undre nivå. Om temperaturen sjunker under 15° C, d v s solinstrålningen är så låg att regleringen inte orkar hålla 15° C, stoppar cirkulationspumpen. För att frysning skall undvikas finns en cirkulationspump med litet flöde monterad parallellt med den stora pumpen. Denna pump tar sitt vatten ur lagrets botten och är alltid i drift. Att cirkulera vatten även då ingen sol finns tillgänglig innebär naturligtvis värmeförluster, men detta kan accepteras, då man i gengäld slipper problem som uppstår om systemet ofta måste tömmas och fyllas.

Under årets kallaste månader tömmas solfångarna helt på vatten och konserveras med kvävgas.

För att undvika problem med försmutsning av förångarytor och korrosionsproblem bör solfångar/värmelager-systemet vara skiljt från värmepumpsystemet genom en värmeväxlare. Detta medför något sämre utbyte, men den förbättrade driftsäkerheten kan motivera en sådan värmeväxlare. Kretsen med värmepumparnas förångare som ligger i serie, först den för tappvarmvatten, sedan den för uppvärmning, har då en egen cirkulationspump och ett expansionskärl för tryckhållning.

Värmepumpen för tappvarmvatten är tänkt att kopplas parallellt med befintlig varmvattenberedare.

Värmepumpen för uppvärmning är kopplad parallellt med befintliga pannor.

Om dieseldrift av värmepumparna är aktuell så bör värmepumpen för tappvarmvatten och uppvärmning vara gemensam, d v s varmvattenberedaren värms av hetvatten på samma sätt som i nuvarande system.

För att få en vettig reglering av värmepumpen för uppvärmning vid låga laster kan det vara motiverat att dela upp denna på flera aggregat, t ex två stycken. Vid dieseldrift finns ytterligare ett motiv till uppdelning på flera aggregat, nämligen ökad tillgänglighet. Dieslarna måste "överhalas" efter ca 4 000 driftstimmar.

3.2 Solvärmedata

För det aktuella området har värden för solinstrålning erhållits från KTH. Dessa data anger solinstrålningen mot en plan yta med olika lutning för årets månader. Värden för medelmolniga dagar har använts.

Utgående från solhöjdskurvor och transmissions- och absorptionskoefficienter enligt Figur 6 har värden för $T \times a$ bestämts för olika lutningsvinklar och årets månader. Resultatet framgår av Figur 7. Dessa värden anger solfångarens verkningsgrad utan hänsyn till egenavstrålning.

Egenavstrålningen är dock beroende av vindtemperatur-förhållandena. För detta ändamål kontaktades SMHI för att försöka få vindtemperaturstatistik för Vänersborg. Tyvärr fanns ej sådan statistik annat än för Karlstad, vilken därför använts. Från dessa data beräknades ett medelvärde för resp. solfångares k-värde.

Oberoende av årets månader blev detta för

Glasad $5,8 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$

Oglasad 30 "

För resp. månad beräknades egenavstrålningen

$$K \times (T_A - T_M) \times D \times 24 \quad \text{Wh/mån}$$

som alltså är solfångarens förlust p g a egenavstrålningen. Noteras bör att för ett lågtemperatursystem övergår förlusten i ett tillskott för de varmaste av årets månader. Detta innebär att för en oglasad solfångare kommer verkningsgraden att hamna över 100% när det är som varmest.

Utgående från ovanstående data för olika lutningar och månader, d v s

Solinstrålning, nominell (q_{sn})

$T \times a$ - värden

Egenavstrålning

har den mottagna solinstrålningen beräknats enligt

$$q_{so} = q_{sn} \times T \times a + K \times (T_A - T_M) \times D \times 24$$

I nominella strålningen har enbart 70% av den diffusa medräknats.

I Figur 8 visas resp. systems verkningsgrad över årets månader. Figur 9 anger årsmedelverkningsgraden.

Slutresultatet framgår av Figur 10. Verklig nyttiggjord solinstrålning visas här som funktion av panellutning.

En sammanfattning av ovanstående är följande:

System	Årsmedel verkn.gr %	Optimal lutning x grader	Max solinstrålning q_{sa} $\text{KWh/m}^2 \text{ år}$	Solperiod ca
Medeltemp. glasad	35	35	315	April-sept.
Lågtemp. glasad	55	40	575	Mars-okt.
Lågtemp. oglasad	60	30	460	Maj-sept.

3.3 Solfångare

I ovanstående beräkningar har förutsatts plana solfångare med fast montering. Anledningen härtill är filosofin att systemet skall vara så enkelt som möjligt med sådan teknik att det inte medför några större besvär för driftspersonalen.

Den enkelglasade solfångaren är av konventionell konstruktion och finns att tillgå hos ett flertal tillverkare. Solfångarna är planerade att uppställas över lagringsdammen i markplanet. Avståndet (d) mellan solfångarstativen böra vara sådant att d/B ligger mellan 1,5 och 2, där B är solfångarnas bredd enligt Figur 11.

Med denna uppställning förlorar man enbart några procent av solinstrålningen under mars, april, september och oktober, d v s skuggningseffekten blir väldigt liten.

Oglasade solfångare har installerats väldigt lite på marknaden. Försöksprojekt pågår dock. Nämnas bör det BFR-finansierade SUNCLAY-projektet i Kungsbacka samt den plastsolfångare som tagits fram vid Studsvik Energiteknik. I SUNCLAY-projektet används solfångaren som taktäckning. Den består av aluminiumplåt med ilagda kopparrör.

Plastsolfångaren består av en plaströrsmatta som rullas ut och täcks med en UV-beständig plastfolie. Utprovning sker för närvarande dels i Studsvik och dels i Härnösand.

Uppställningen kan göras lika den glasade varianten. Ett sätt är därvid att utnyttja den slänt mot söder som bildas av schaktmassorna från gropen. Denna slänt göres plan och täcks med solfångare. På denna slänt kommer då ca 30% av solfångarytan att kunna ställas. Övrig yta placeras framför slänten. Alternativt placeras viss del på den flyttbara täckningen över dammen. Ca 20% av solfångarytan kan på så sätt placeras över dammen.

3.4 Värmelager (markgrop)

3.4.1 Placering

Värmelagret är tänkt att placeras öster om bebyggelsen, mellan Bruksvägen och Göta älv, på mark tillhörig kommunen. Se bilaga 1. Anledningen till att värmelagret har fått denna placering är dels lagrets storlek, dels att solfångarna som kräver stor plats är tänkta att placeras ovanpå lagret. (En grov uppskattning ger vid handen att värmelagret blir minimum 65 m i diameter).

3.4.2 Problem p g a närheten till älven

Den valda placeringen medför troligen en hel del problem p g a hög grundvattennivå. Kostnad för grävning och dränering är säkert avsevärt högre än för när marken är gynnsam, t ex lättgrävd stabil morän. Tätning och isolering troligen också mer kostsam och tekniskt svår att klara av då grundvattennivån är hög. En möjlighet är att slopa isoleringen mot marken och acceptera de något större värmeförlusterna. Tätning måste däremot finnas för att förhindra att grundvattenströmmar "tömmar" värmelagret.

3.4.3 Kostnader

Tillkommande kostnader för att lösa de problem som nämnts under punkt 3.4.2 är svåra att uppskatta. För att få en så klar bild som möjligt av de kostnader som är förknippade med värmelagringen har vi valt att räkna med ett lager av följande utseende: se Figur 12.

- Lagret består av en markgrop
- Djupet är 10 m
- Sidornas lutningsvinkel är 38°
- Marken är någorlunda lättgrävd
- Sidor och botten är isolerade med rockwool
- Lagret är täckt med Polyurethaneblock
- Lagret är klätt med tätningsduk

En bedömning av de kostnader som tillkommer p g a de problem som beror av den höga grundvattennivån göres i kapitel 3.6.

Specifika kostnader

- Grävning: 10-20 SEK/m³
- Dränering: 0-2 SEK/m³
- Isolering:
 - Botten: 100 mm Rockwool, 0,04 W/m⁰C, 400 SEK/m³
 - Sidor: 260 mm Rockwool, 0,04 W/m⁰C, 400 SEK/m³
 - Top: 260 mm Polyurethane, 0,025 W/m⁰C, 500 SEK/m³
- Tätningsmembran: 125 SEK/m²
- Vatten: 2 SEK/m³
- Projektering och rörinstallation: 10 SEK/m³

Dessa specifika kostnader ger följande pris per m³ lagervolym:

<u>Volym m³</u>	<u>SEK/m³</u>
60 000	82,4-94,4
40 000	87,8-99,8
30 000	91,9-103,9
20 000	99,3-111,6

Specifika kostnaden som funktion av lagervolymen finns uppritad i Figur 13. Kurva I representerar det lägre värdet, kurva II det högre.

För optimeringen har vi valt att använda kurva II. Kurvan har approximerats med en rät linje. Sambandet mellan totallagerkostnad och volym blir sålunda:

$$C_{VL} = 510 + 0,086 \times VL$$

3.5 Optimeringsmodell

3.5.1 Allmänt

Modellen har framtagits för att optimera det system som beskrivs i kapitel 3.1. Modellen redovisas under punkt 3.6.2, nedan.

Fyra olika fall har genomräknats, dessa är som följer:

- I. Eldriven värmepump - glasade solfångare av medeltemperaturtyp, olika värmepumpsaggregat för värme och tappvarmvatten.
- II. Samma som I, men glasade solfångare av lågtemperaturtyp.
- III. Samma som I, men oglasade solfångare av lågtemperaturtyp.
- IV. Dieseldriven värmepump - oglasade solfångare av lågtemperaturtyp, ett gemensamt värmepumpsaggregat för värme och tappvarmvatten.

3.5.2 Optimering

Enligt varaktighetsdiagrammet, Figur 14 konstateras att fram- resp. returledningstemperaturerna varierar litet under större delen av året. Dessutom tycks temperaturskillnaden mellan fram- och returledningen vara mindre än förväntat för ett konventionellt 80/60-system. Ett lämpligt medelvärde för fram- och returtemperaturerna (för optimeringen) är vid 1800 timmars utnyttjningstid, d.v.s. 50 resp. 46°C. Detta medför att värmefaktorn för den värmepump som skall "producera" värme för uppvärmning är konstant = 4.2 (Se steg 6.0 nedan, "Beräkning av värmefaktor". För den värmepump som skall producera varmvatten antages en framledningstemperatur lika med 70°C, detta ger en värmefaktor lika med 3.2.

Beträckningar

Q _s	Nyttig solinstrålning	MWh
q _{so}	Mottagen specifik solinstrålning	MWh/m ² år
q _s	Nyttig specifik solinstrålning	MWh/m ² år
A	Solfångaryta	m ²
Q _k	Kondensorenergi	MWh
Ø	Värmefaktor	-
P _{vp}	Värmepumpeffekt	kW
T _F	Framledningstemperatur	°C
T _R	Returledningstemperatur	°C
T _S	Temperatur efter förångare	°C

T	Temperatur efter kondensor	$^{\circ}\text{C}$
η_c	Carnot-verkningsgrad	%
Q_E	Elenergi	MWh
Q_D	Dieselenergi	MWh
α	Dieselvärme som funktion av drivenergi	-
Q_B	Dieselns oljeförbrukning	MWh
Z	Dieselns bränsleförbrukning som funktion av drivenergin	-
Q_H	Tillskottsenergi	MWh
Q_F	Totalt energibehov	MWh
VL	Värmelagervolym	m^3
ΔT	Värmelagrets differanstemperatur	$^{\circ}\text{C}$
Q_{sej}	Den solenergi som ej behöver lagras	MWh
C_{vp}	Kostnad för värmepump	KKR
C_{vl}	Kostnad för värmelager	KKR
C_s	Kostnad för solfångare	KKR
J	Totalinvestering	KKR
F	Fasta kostnader	KKR
C_{EL}	Driftskostnader el	KKR
Q_p	Pumpenergi	MWh
Vod	Oljeförbrukning diesel	$\text{m}^3/\text{år}$
Vop	Oljeförbrukning panna	$\text{m}^3/\text{år}$
C_o	Kostnad för lättolja	KKR

Konstanter (ingångsvärden)

η_f	= 0,9	
T_R	= 46°C	
T_F	= 50°C	
T	= 50°C	
η_c	= 70%	
\emptyset	= 4,2 för uppvärmning	} Se Steg 6.0 nedan
\emptyset	= 3,2 för tappvarmvatten	
α	= 1,25	
T_S	= 5°C	
Z	= 2,7	
Q_F	= 1325 MWh för uppvärmning	
Q_F	= 581 MWh för tappvarmvatten	
Q_P	= 40 MWh för uppvärmning	
Q_P	= 3,2 MWh för tappvarmvatten	

OPTIMERINGSMODELL

<u>Steg</u>	<u>Konstant</u>	<u>Antages</u>	<u>Beräknas</u>
0.		\emptyset	
1.0			
	$Q_S = A \times q_s, q_s = \eta_f \times q_{s0}$	A, q_s	Q_S
2.0			
	$Q_K = Q_S \times \frac{\emptyset}{\emptyset - 1}$		Q_K
3.0			
	Fastställ värmepumpseffekten ur varaktighetsdiagrammet		Pvp
3.1			
	Eldrift vid energin Q_K		
3.2			
	$Q_K \times (1 + \frac{\alpha}{\emptyset})$, dividera erhållet Pvp med $(1 + \frac{\alpha}{\emptyset})$		
	Se punkt 10		
4.0		T_R, T_F	
	I detta fall är dessa konstanta, då returtemperaturen ej kan påverkas, Temperaturerna tages ur varaktighetsdiagrammet vid utnyttningstiden 1 800 h.		
5.0			
	$T = T_F$		
6.0			\emptyset
	Carnot-verkningsgraden sättes till 70%, och förångar och kondensortemperatur 5°C under resp. över utgående vattentemperatur.		
	$\emptyset = \eta_c \times \frac{T + 5 + 273}{T - T_S + 10}$	T_S	\emptyset
7.0			
	Överensstämmer antaget \emptyset med beräknat?		
	Ja: fortsätt. Nej: gå till 2.		
8.0			Q_E
	$Q_E = \frac{Q_K}{\emptyset}$		

<u>Steg</u>	<u>Konstant</u>	<u>Antages</u>	<u>Beräknas</u>
9.0 Elenergi:			
$Q_{EL} = 1,1 \times Q_E$			Q_{EL}
10.0 Dieselenergi			
10.1 Beräkna avgiven energi från diesel			
$Q_D = \quad \times Q_E = \frac{\alpha}{\phi} \times Q_K$			Q_D
10.2 Beräkna dieseln oljeförbrukning			
$Q_B = Z \times Q_E$		Z	Q_B
11.0 Beräkna nödvändig tillskottsenergi			Q_H
11.1 Eldrift $Q_H = Q_F - Q_K$			
11.2 Diesel $Q_H = Q_F - Q_K - Q_D$			
12.0 Beräkna nödvändig lagervolym			
$VL = \frac{(Q_s - Q_{sej}) \times 875}{\Delta T + X \times 80}$			
Qsej är den solenergi som ej behöver lagras. Beräkning av Qsej, se Figur 15.			
13.0 <u>KOSTNADER</u>			
13.1 <u>Värmepump</u>			
$C_{vp} = 240 + 1,26 \times P_{vp}$		el	
$C_{vp} = 275 + 1,59 \times P_{vp}$		diesel	
13.2 <u>Värmelager</u>			
$C_{vl} = 510 + 0,086 \times VL$			
13.3 <u>Rörssystem</u>			
Uppvärmning: 100 KKR			
Tappvarmvatten: 100 KKR			
13.4 <u>Solfångare</u>			
$C_s = 0,6 \times A$		glasade	
$C_s = 0,3 \times A$		oglasade	

13.5 Projektering

Uppvärmning: 300 KKR

Tappvarmvatten: 200 KKR

13.6 Totalinvestering

$$J = C_o + C_{vp} \times P_{vp} + C_s \times A + 0,086 \text{ VL}$$

<u>C_o</u>	<u>C_{vp}</u>	
----------------------	-----------------------	--

940	1,26	för eldrift
-----	------	-------------

975	1,59	för dieseldrift
-----	------	-----------------

C_s = 0,6 för glasadeC_s = 0,3 för oglasade14.0 Beräkna fasta kostnader

Kapital	r = 10%	
		0,118
	= 20 år	

Drift och underhåll		0,02
---------------------	--	------

Försäkring		0,02
------------	--	------

		<u>0,158</u>
--	--	--------------

$$F = 0,158 \times J$$

15.0 Driftskostnad

15.1 El $C_{EL} = 0,200 \times (Q_{EL} + Q_P)$

15.2 Olja (lättolja)

$$V_{OD} = \frac{Q_B}{1,163 \times 10,1 \times 0,85} = \frac{Q_B}{10} \quad \text{Diesel}$$

$$V_{OP} = \frac{Q_H}{1,163 \times 10,1 \times 0,85 \times 0,75} = \frac{Q_H}{7,5} \quad \text{Panncentral}$$

$$V_O = \frac{Q_B}{10} + \frac{Q_H}{7,5}$$

$$C_O = 1,5 \times V_O$$

3.6 Resultat

För de fyra fallen enligt punkt 3.6.1 har beräkningar gjorts för ett antal olika täckningsgrader. Med solvärmens täckningsgrad menas att systemet optimerats så att solvärmen ersätter (täcker) en viss del av det årliga energibehovet.

Exempel: 75% täckningsgrad innebär att systemet optimerats så att det kan täcka 75% av årsbehovet. I nedanstående tabeller redovisas kostnaden per kWh för den solvärmeersatta energin som funktion av täckningsgraden.

I. Eldriven värmepump - glasade solfångare av medeltemperaturtyp

Täckningsgrad %	59,8	69,6	79,3	89,1	91,9
Öre/kWh	72,1	70,0	67,6	67,6	67,6
Solfångaryta m ²	2904	3404	3904	4404	4544
Lagervolym m ³	12641	15447	18318	21223	21961
Värmepump:					
Uppvärmning KW	75	130	190	265	300
Tappvarmvatten	73	73	73	73	73

II. Samma som I, men glasade solfångare av lågtemperaturtyp

Täckningsgrad %	41,0	57,2	66,1	75,1	83,9	91,9
Öre/kWh	68,4	63,7	62,6	61,8	61,3	61,2
Solfångaryta m ²	1064	1520	1770	2020	2270	2492
Lagervolym m ³	6021	12777	16960	20883	24684	28178
Värmepump:						
Uppvärmning KW	25	75	115	165	225	300
Tappvarmvatten KW	73	73	73	73	73	73

III. Samma som I men oglasade solfångare av lågtemperaturtyp

Täckningsgrad %	51,9	59,0	66,2	73,2	80,4	91,9
Öre/kWh	69,7	67,7	66,6	65,1	64,2	63,4
Solfångaryta m ²	1714	1964	2241	2464	2689	3118
Lagervolym m ³	18165	21627	25089	28587	32014	37636

Värmepump:

Uppvärmning KW	55	75	120	150	200	300
Tappvarmvatten KW	73	73	73	73	73	73

IV. Dieseldriven värmepump - oglasade solfångare av lågtemperaturtyp, ett gemensamt värmepumpsaggregat för värme och tappvarmvatten

Täckningsgrad %	58,2	67,5	76,7	86,0	91,8
Öre/KWh	59,0	56,1	55,6	54,7	54,5
Solfångaryta m ²	1443	1693	1943	2193	2353
Lagervolym m ³	14432	17860	21322	24804	26978
Värmepump KW	115	145	207	242	282

Kostnaden som funktion av täckningsgraden finns redovisad i diagram, bilaga 16.

Fall II och IV ger lägst kostnad per kWh. Att kostnaderna är så pass mycket lägre för fall IV jämfört med II beror på att så används olja för uppvärmning (avgasvärme från dieseln). Detta medför mindre värmelager och mindre solfångaryta vilket ger lägre kostnader.

Däremot är oljebesparingen avsevärt lägre vid dieseldrift, vilket framgår av Figur 17.

Om man väljer att täcka ca 92% av energibehovet med solvärme, hur många kWh per år sparar man per investerad krona?

Fall	I	II	III	IV
Investering KKR	6801	6078	6330	4962
Sparade MWh/år	1290	1290	1290	981
Sparade kWh/år & kr	0,19	0,21	0,20	0,20

Sparade kWh/år och investerad krona enligt ovan skall jämföras med planverkets fyra sparalternativ för bostäder. Enligt planverkets uppgifter sparar man resp. 1,75, 1,23, 0,97 och 0,68 MWh/år & krona för de fyra alternativen. Riksdagen har satsat på alternativ II och III. Beräknade värden enligt fall I-IV ger vid handen att de skisserade systemen ej är realistiska alternativ.

Orsaken till de höga kostnaderna ligger främst i den höga lagerkostnaden. Närheten till Väneren medför dessutom ännu högre lagerkostnad, varför totalkostnaderna i praktiken stiger ytterligare vid en detaljprojektering. På grund av att systemen arbetar med ett litet temperatursprång blir lagervolymen stor. En ökning av lagertemperaturen skulle dock medföra ett sämre utnyttjande av solpanelerna. Denna ökade solfångarkostnad kompenseras dock inte av den vinst i lagerkostnad som en ökning av lagertemperaturen skulle medföra. Detta förhållande framgår också av Figur 16. Lågtemperatursystemet visar sig vara mera fördelaktigt än medeltemperatursystemet.

4. LUFT/VATTEN-VÄRMEPUMP

4.1 Allmän beskrivning

Värmepumparna är tänkta att förse SKRINDAN, KÄRRAN och SPIKEN med både värme och tappvarmvatten.

Befintlig pannanläggning avses kompletteras med en värmepump-anläggning som skall tillföra värmesystemet värme som skall tagas från uteluften då lufttemperaturen är högre än -5°C . Värmepumpanläggningen placeras i anslutning till panncentralen och skall bestå av tre stycken vattenkylaggregat placerade i serie.

Varje vattenkylaggregat får en värmeeffekt av 150 kW.

På panncentralens tak placeras 3 st fläktkylare vardera med en frontarea av ca 8 m^2 .

Köldbärarsystemet (KB) utformas som ett slutet system för saltlösning (Kalciumpklorid) som köldbärare.

Avgiven värme från värmepumparna (max $+55^{\circ}\text{C}$) tillföres primärvärmesystemets (VP) returledning.

För att minska flödet i primär värmesystemet och samtidigt erhålla en lägre returlednings temperatur förses tvätttorkarna (VA) med termostatsstyrda ventiler som begränsar torkarnas retur temperaturer. För att erhålla erforderlig mängd förbrukningsvarmvatten vid värmepumpdrift insättes 1 st värmeväxlare i panncentralen och 1 st värmeväxlare i undercentralen. I panncentralen användes befintlig varmvattenberedare som buffert tank för primärvatten och i undercentralen utökas vattenförrådet med 2 st förrådsberedare.

4.2 Funktionsbeskrivning

4.2.1 Primär värmekrets (Fig 18 & 19)

Värmepump är inkopplade i serie med pannorna i returledningen från förbrukarna. Systemet regleras på följande sätt: Temperaturgivaren (GT1-RC-UP) i framledningen styr shuntventilen /SV1-VP) så att 55°C erhålles i framledningen. Om värmepumpen ej klarar av att täcka behovet så öppnas shunten mot pannorna varvid en del av vattnet går via pannorna och värmes till $+80^{\circ}\text{C}$. Utgående panntemperatur regleras av brännarna. Efter pannorna blandas vattnet med vattnet från shunten till utgående temp = 55°C .

Pump P1-KA stoppas av rörgivare GT1-P1-KA om inställt börvärde $+60^{\circ}\text{C}$ överskrides. Värmepumpaanläggningen förreglas mot P1-KA.

Kylaggregat KA 1, KA 2 och KA 3 styr av respektive givare GT1-KA1, GT1-KA2 och GT1-KA3 som startar resp kylaggregat om inställt börvärde $+55^{\circ}\text{C}$ underskrides. Kylaggregaten startar pump P1-KB som pumpar köldmediet till luftkylarna KD 1, KD 2 och KD 3.

Avfrostning av luftkylare KD 1, KD 2 och KD 3 sker i tidsintervaller varvid endast en luftkylare avfrostas per gång.

Vid avfrostning av tex KD 1 styr reglercentral RC-KB, försedd med programmotor och tidur, motorventil SV1-RC-KB (tvåläges) att öppna mot avfrostningskärl samtidigt som motorventilerna SV12-RC-KB stänger.

4.2.2 Varmvattenberedning

Panncentral

I Panncentralen startar temperaturgivare GT1-VVB1 (börvärde +50°C) ledningspump P1-VVB1 om inställd temperatur underskrives. Utgående varmvattentemperatur konstanthålles av givare GT1-VVX1 (börvärde +45°C) som med motorventil SV1-VVX1 styr primärvattenflödet genom värmeväxlare VVX1. Pump P1-VVX1 går kontinuerligt.

Undercentral

Utgående varmvattentemperatur konstanthålles av temperaturgivaren GT1-VVX2 (börvärde +45°C) som med motorventil SV1-VVX2 styr vattenflödet genom värmeväxlare VVX2.

Förbrukningsvarmvattnet ackumuleras i tankar. Pump P1-VVX2 går kontinuerligt.

4.3 Kostnader

4.3.1 Investering

•Kylaggregat	900 KKR
•Övriga apparater	60 -"-
•Luftkondensor	150 -"-
•Armatyr + reglerutrustning	73 -"-
•Rörmaterial	42 -"-
•Montage	70 -"-
•Byggnad	175 -"-
•Projektering 10%	150 -"-

Totalinvestering 1.620 KKR

4.3.2 Fasta kostnader

•Kapital ränta=10%	
tid =20 år	0,118
•Drift och underhåll	0,020
•Försäkring	0,020
	<hr/>
	0,158

Fasta kostnader = 0,158 x 1620 = 256 KKR/år

4.3.3 Driftskostnader

Värmepumpen tages ur drift då yttertemperaturen understiger -5°C . Aggregatets maxeffekt är 450 kW vid utetempraturen 0°C . Värmefaktorn blir 3.3 vid 0°C om man förutsätter ett temperaturfall över kondensorn på 5°C och ett temperaturfall på 10°C i kretsen mellan förångare och batterier. Vid $\phi=3.3$ krävs en motoreffekt på $450/3.3 = 135\text{kW}$. Om utetemperaturen sjunker ner till -5°C blir värmefaktorn $\phi=3.1$. Detta medför att vid -5°C ger värmepumpen $3.1 \times 135 = 420\text{kW}$. Enligt varaktighetsdiagrammet (fig 20) är effektbehovet vid -5°C 450 kW dvs något under vad värmepumpen kan prestera. Den energimängd som värmepumpen kan ersätta representeras av den streckade ytan i fig 20 och är lika med 1650 MWh

Medeldriftstiden definieras som den tid som värmepumpen måste gå med max effekt för att producera 1650 MWh.

$$\text{Medeldriftstid} = \frac{1650 \times 10^3}{450} = 3660 \text{ timmar.}$$

Medeldriftstiden för värmepumpen inträffar vid utetemperaturen $+8^{\circ}\text{C}$. Detta ger en medelvärmefaktor på $\phi = 3.7$. Erforderlig energi för att producera 1650 MWh blir då $\frac{1650}{3.7} = 446 \text{ MWh}$

Totala energibehovet är 2415 MWh per år. Detta medför att $2415 - 1650 = 765 \text{ MWh}$ per år måste produceras med befintliga pannor.

$$C_{el} = 0,200 (Q_{el} + Q_p) = 0,200 (446 + 43) = 98 \text{ KKR/år}$$

$$C_{olja} = \frac{Q_{olja}}{7.5} \times 1,5 = \frac{765}{7.5} \times 1,5 = 153 \text{ KKR/år.}$$

sålunda blir den totala driftskostnaden lika med $153 + 98 = 252 \text{ KKR/år}$.

4.3.4 Totalkostnad-oljebesparing

- Total driftskostnad (inklusive kapitalkostnader) för den värmepumpproducerade energin blir $256 + 87 = 354 \text{ KKR/år}$. Detta ger ett pris per kWh lika med $100 \times 354 / 1650 = 21.5$ öre kWh.
- Totala driftskostnaden för både värmepump och befintliga pannor om vi antar att kapitalkostnaden för befintligt system är noll blir $256 + 252 = 507 \text{ KKR/år}$ vilket ger ett pris per kWh lika med: $100 \times \frac{507}{2415} = 20,9$ öre/kWh.
- Oljebesparingen blir $\frac{1650}{17,5} = 220 \text{ m}^3/\text{år}$ eller omräknat $1,5 \times 220 = 330 \text{ KKR/år}$
- Sparade kWh per investerad krona blir $(1650 - 446) \times 10^3 / 1620 \times 10^3 = 0,75 \text{ kWh/kr, år}$.

4.4 Dieseldriven luft/vatten-värmepump

Den under punkt 4.1-4.3 beskrivna anläggningen har eldrivna värmepumpar. Som alternativ till eldrift kan vara dieseldriven värmepump.

Hur ser kostnadsbilden ut för detta utförande?

4.4.1 Investering

Investeringen för ett dieseldrivet värmepumpaggregat jämfört med ett eldrivet är ca 300 kr dyrare per installerad kW värmeeffekt. Sålunda ökar investeringen med $450 \times 0,3 = 135 \text{ KKR}$. Totalinvesteringen blir då $1620 + 135 = 1755 \text{ KKR}$.

4.4.2 Fasta kostnader

• kapital ränta	10%	
	tid	20 år
		0,118
• Drift och underhåll		0,020
• Försäkring		0,020
		<u>0,158</u>

Fasta kostnader $0,158 \times 1755 = 277 \text{ KKR/år}$.

4.4.3 Driftskostnader

Totalt skall det dieseldrivna värmepumpaggregatet leverera samma värmemängd som det eldrivna. Dvs 1650 MWh/år. (inkl. avgasvärme från dielseln) Med samma definition på medeldriftstiden som för den eldrivna värmepumpen blir denna 3660 timmar och medelvärmefaktorn $\phi = 3,7$. Om avgasenergin är 1,25 gånger drivenergin så gäller följande:

$$\text{Kondensorenergi} = Q_T = 1650 / \left(1 + \frac{1,25}{3,7}\right) = 1233 \text{ MWh}$$

$$\text{Dieselenergi} \quad Q_D = 1650 - 1233 = 417 \text{ MWh}$$

$$\text{Drivenergi} \quad Q_E = 1233 / 3,7 = 333 \text{ MWh}$$

$$\text{Bränsleåtgången blir då: } Q_B = 2,7 \times 333 = 900 \text{ MWh}$$

$$\text{Dieseloljekostnaden blir: } C_O = 1,5 \times 900 / 10 = 135 \text{ KKR}$$

Samma värmemängd måste produceras av pannorna som i eldriftsfallet dvs. brännoljekostnaden blir 251 KKR/år.

Sålunda blir de totala driftskostnaderna lika med $135 + 252 = 386 \text{ KKR/år}$.

4.4.4 Total kostnad - oljebesparing

- Total driftskostnad (inklusive kapitalkostnader) för den värmepumps producerade energi blir $135+277=412$ KKR/år. Detta ger ett fast pris per kWh lika med $100 \times 412/1650 = 25$ öre/kWh dvs något dyrare än för de eldrivna värmepumparna.
- Oljebesparingen blir $1233/7.5-900/10 = 164-90=74\text{m}^3/\text{år}$ dvs klart mindre än för den eldrivna värmepumpen

5. SLUTSATS

5.1 Solvärmesystem

Driftskostnad (inklusive kapitalkostnader) för solvärmesystem varierar mellan 55 och 95 öre/kWh beroende på systemtyp.

Orsaken till de höga kostnaderna ligger främst i den höga lagerkostnaden. På grund av att dessa system arbetar med ett litet temperatursprång blir lagervolymen stor. En ökning av lagertemperaturen skulle dock medföra ett sämre utnyttjande av solpanelerna. Denna ökade solfångarkostnad kompenseras dock inte av den vinst i lagerkostnad som en ökning av lagertemperaturen skulle medföra.

Om man jämför hur många kWh man sparar per investerad krona för de olika systemtyperna så finner man att variationen är liten 0,19-0,20 kWh/kr. Detta skall jämföras med de sparalternativ från planverket som riksdagen satsat på, vilka ger en besparing på 1,23 respektive 0,97 kWh/investerad krona.

På grund av ovannämnda höga kostnader bedömes solvärmesystem som alternativ energikälla ej vara realistiskt för kvarteren SKRINDAN och KÄRRAN.

5.2 Luft/vatten-värmepumpsystem

Ett luft/vatten-värmepumpsystem ger en årlig besparing motsvarande 220 m^3 olja/år. Priset per kWh för den värmepump producerade energin blir 21,5 öre/kWh. (inklusive kapitalkostnader). Jämföres denna kostnad med driftskostnaden för befintligt system (oljeledning), 20 öre/kWh så finner man att kostnaden är obetydligt högre. Jämfört med solvärmesystem har detta system klart lägre driftskostnader.

Sparade kWh per investerad kr är 0,75 vilket är klart bättre än för solvärmesystemet.

Av ovan nämnda drages slutsatsen att luft/vatten-värmepumpsystem är ett lämpligt alternativt energiförsörjningssystem för kvarteren SKRINDAN, KÄRRAN och SPIKEN.

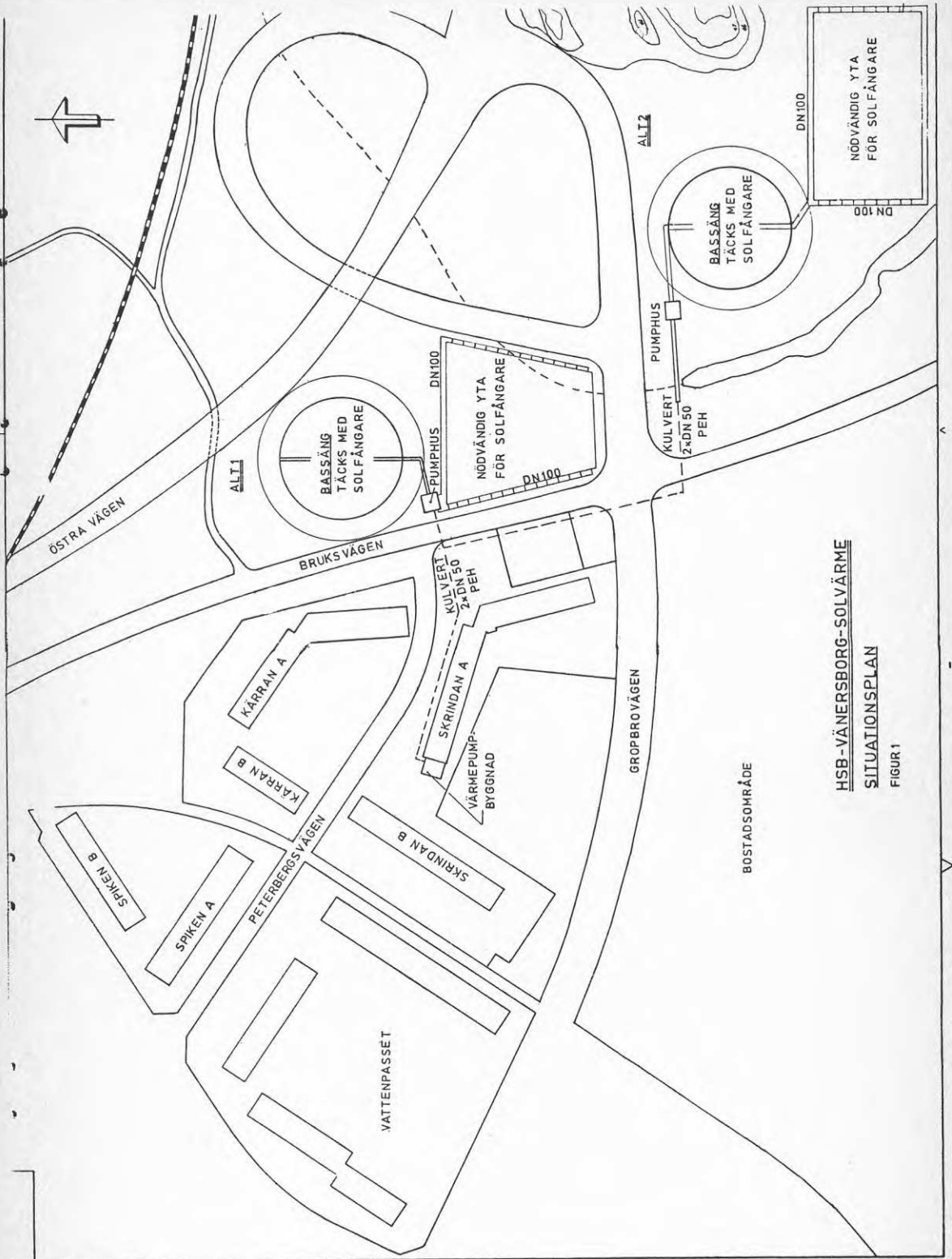
Observera dock att i kostnaderna har ej upptagits eventuell av elkraftmatningen (gäller även solvärmesystemet). Detta bör utredas separat innan definitivt beslut tas.

5.3

Alternativ

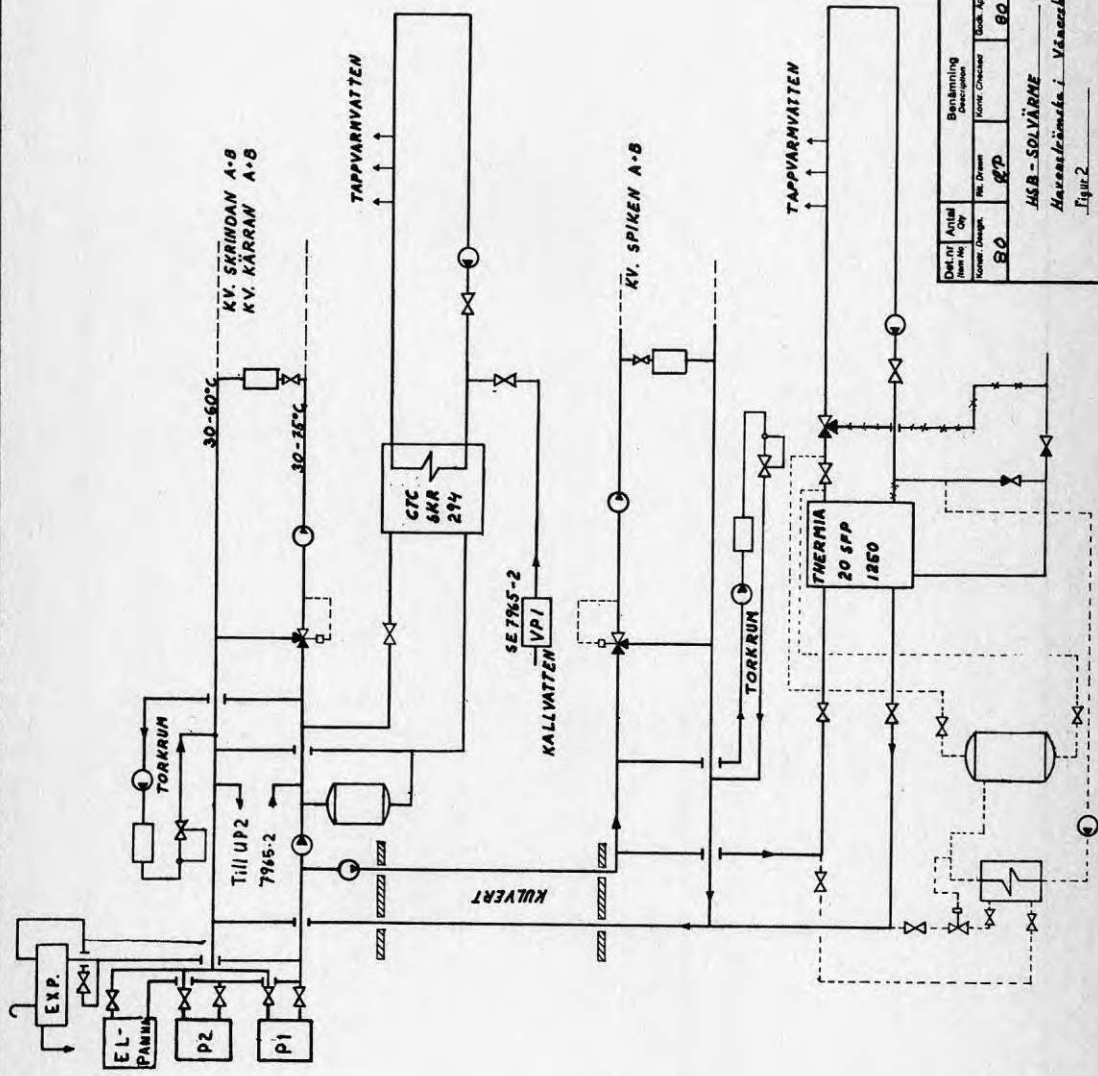
Utöver ovanstående systemtyper bör det finnas möjligheter att utnyttja andra möjligheter till värmesänkor för en värmepump. Närheten till Vätern innebär att sjövatten kan användas. Dessutom bör det finnas grundvatten inom området som skulle kunna användas. Dessa två alternativ behandlas dock ej i denna studie utan bör utredas separat.

F I G U R E R 1 - 2 0



HSB - VÄNERSBORG-SOLVÄRME
SITUATIONSPLAN
 FIGUR 1

BOSTADSOMRÅDE



Del nr / Item No	Årtal / Year	Benämning / Description	Referens / Reference	Material / Material	Modellnr / Part No	Användim. Bore size
80	80	RI Dröms Gör. Appr.	⊕	B10305		
Konstr. / Design	RI Dröms	RI Dröms	⊕	B10305		
J&B - SOLVÄRME Havsströmarna i Västernorrland Fig. 2 Principschema för värmesystem						
RR. PROCESSUTVECKLING AB GÖTEBORG - SWEDEN						Användim. Bore size 50
Riting nr / Drawing No 7965-1						

HSB - VÄNERSBORG - SOL VÄRME

ORT: VÄNERSBORG

FULLEFFEKTDRIFTSTID: 2300 h/ÅR

ÅRETS NORMALTEMPERATUR: 6,6 °C

ANSLUTNINGSEFFEKT (P)

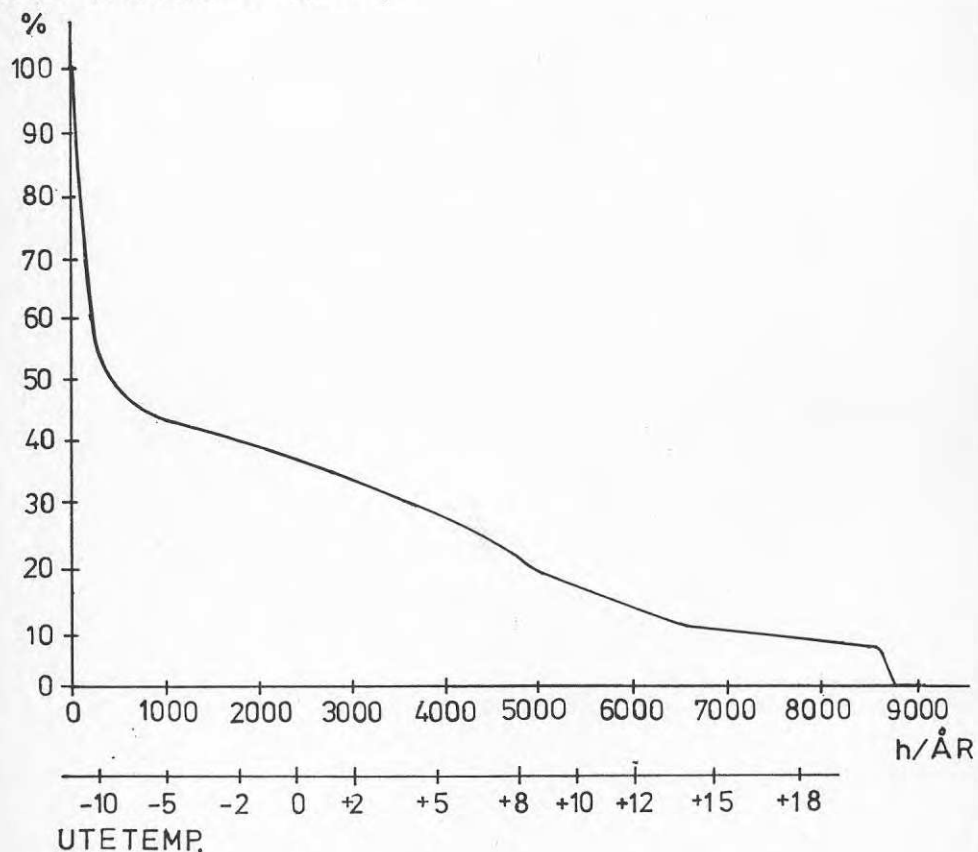


FIG 3 VARAKTIGHETSDIAGRAM

HSB-VÄNERSBORG-SOLVÄRME

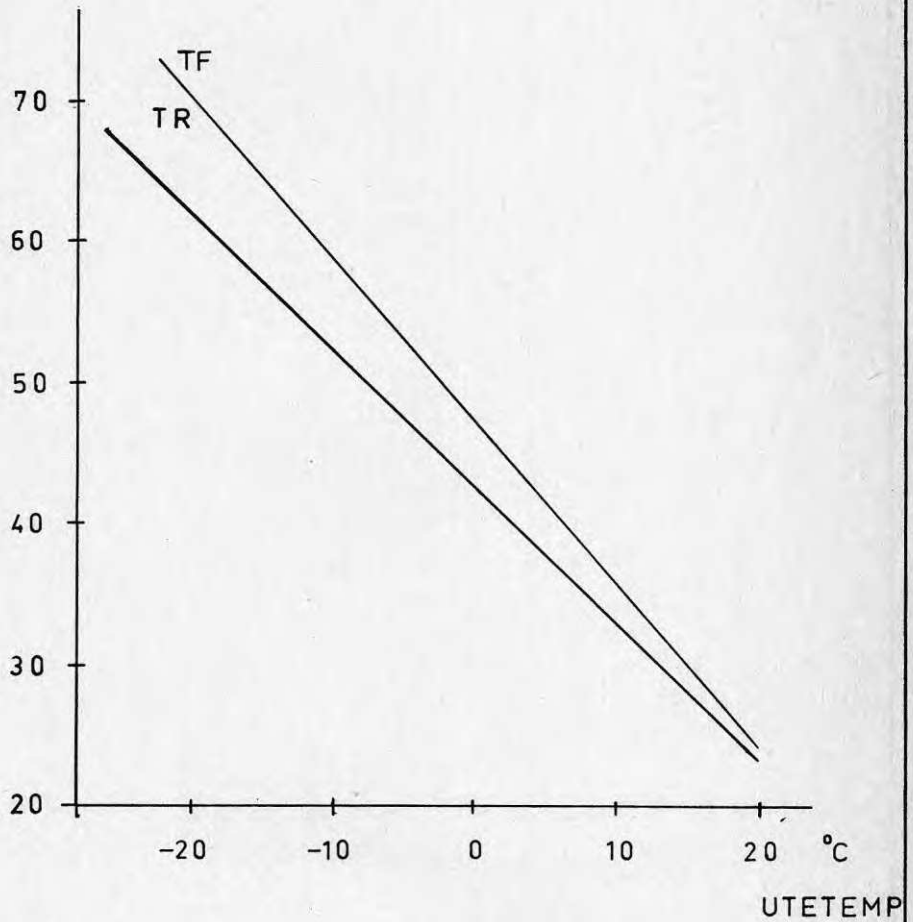
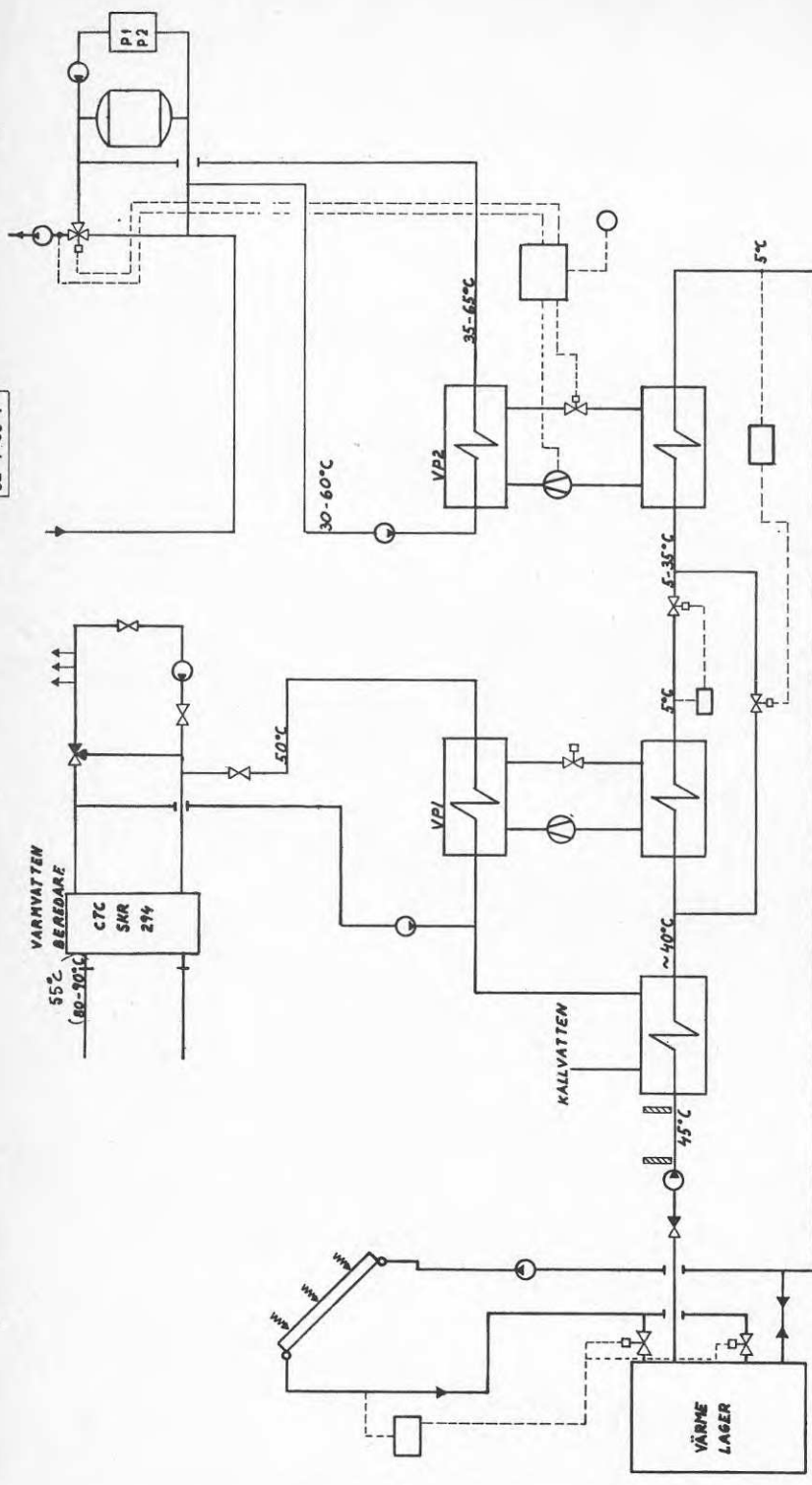


FIG 4 RADIATORKRETSTEMPERATURER

VÄRMESYSTEM

SE . . . 5-1



PUMPHUS ← KULVERT → PANNCENTRAL (PC)

Del nr From till	Antal	Benämning Description	Referens Reference	Material Material	Modellnr Part No	Ämnesomr. Plant No
80	80	80	80	80	80	80
Konstr. Design:	Proj. Drawn:	Modr. Checked:	Utgiv. Appr.:	Utgiv. Date:	Status Scale:	Formg. 1:100 nr Previous Eng. No.
80	80	80	80	80	80	80
<p>HSR SOLVÄRME Härensåkersväg KV. SKRINDAN och KÄRRAN Figur 5 Solvärmesystem</p>						
<p>RR-PROCESSUTVECKLING AB GÖTEBORG - SWEDEN</p>						<p>Proj Draener / No 7865-2</p>

HSB-VÄNERSBORG-SOLVÄRME

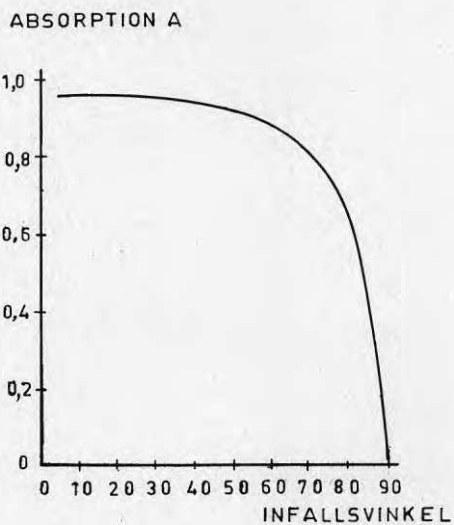
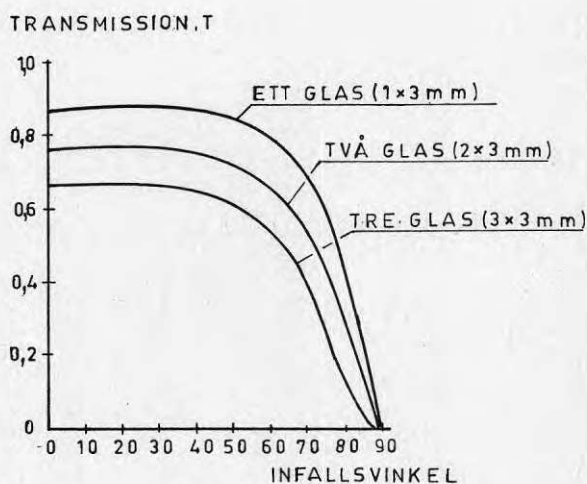


FIG. 6 TRANSMISSIONS OCH ABSORPTIONS Koefficient som funktion av INFALLSVINKELN.

HSB - VÄNERSBORG - SOL VÄRME

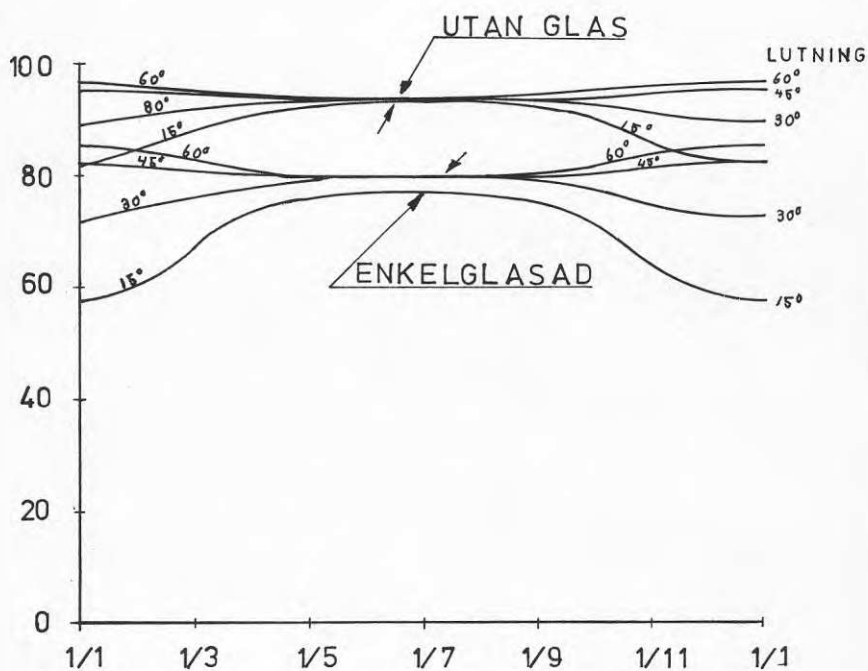


FIG 7 T_{α} - VÄRDEN FÖR GLASAD RESP OGLASAD SOLFÅNGARE ÖVER ÅRET MÅNADER.

HSB-VÄNERSBORG - SOLVÄRME

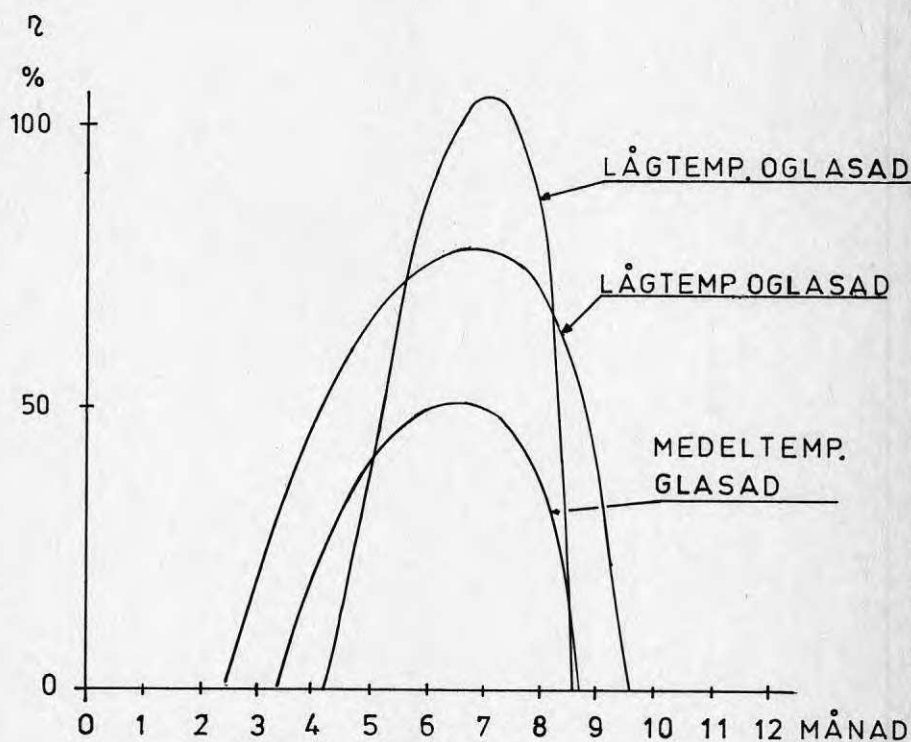


FIG 8 VERKNINGSGRAD ÖVER ÅRET

HSB-VÄNERSBORG-SOLVÄRME

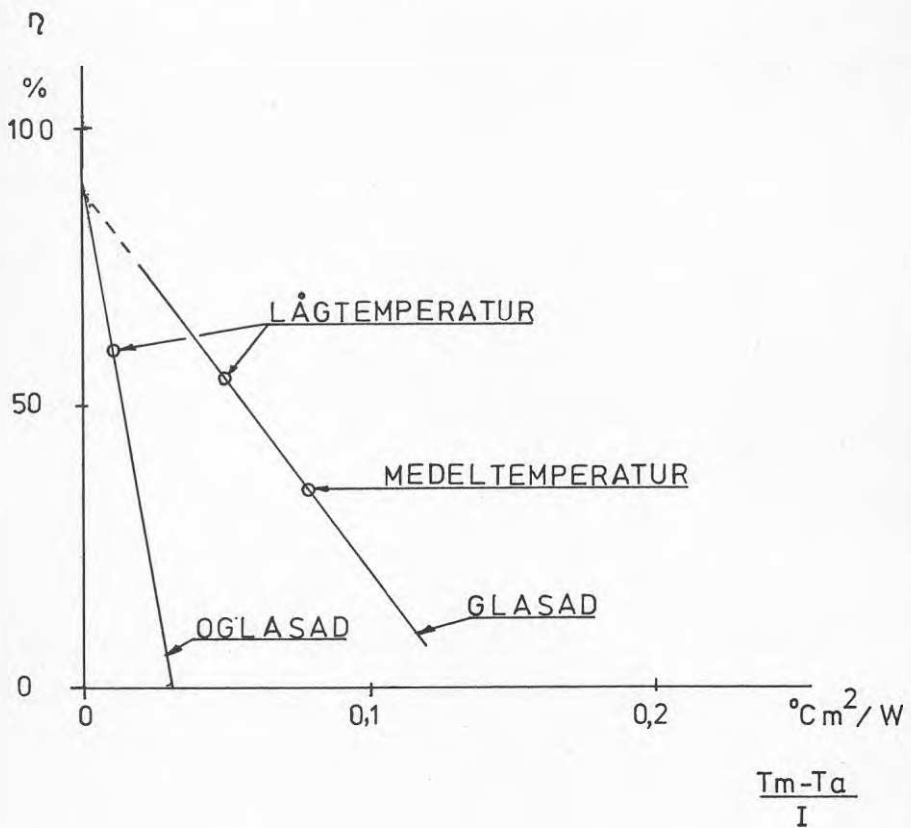
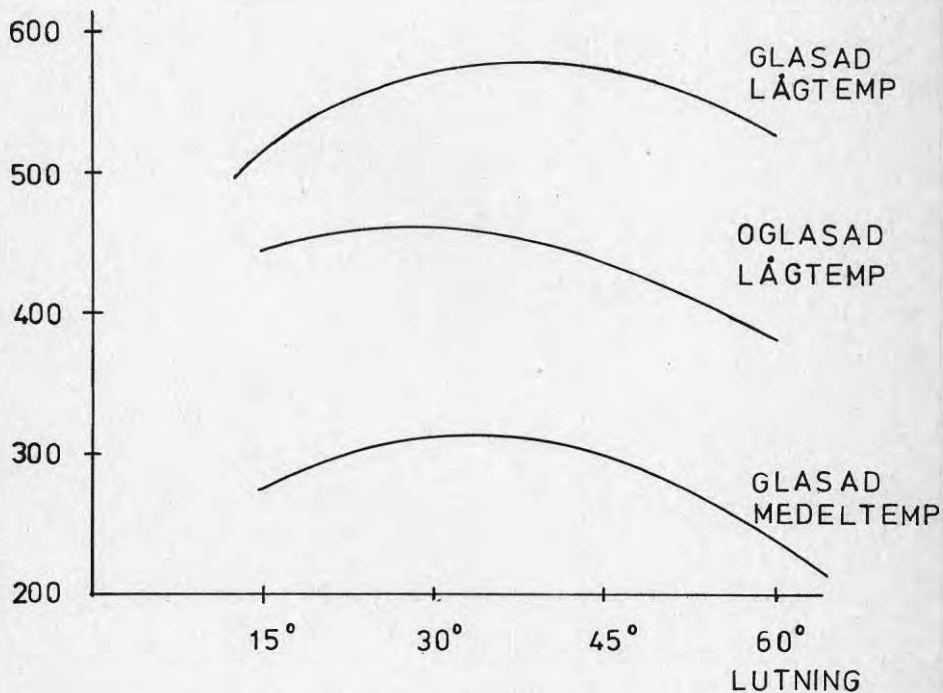


FIG 9 VERKNINGSGRAD FÖR SOLPANELER
ÅRSMEDELVERKNINGSGRAD.

HSB-VÄNERSBORG -SOLVÄRME

NYTTIG
SOLSTRÅLNING q_{s0}
kWh/m²/år



OPTIMALA LUTNINGAR

	LUTNING	kWh/år/m ²
MEDELTEMP. GLASAD	~35°	315
LÅGTEMP GLASAD	~40°	575
OGLASAD	~30°	460

FIG10 OPTIMERING AV LUTNING

HSB-VÄNERSBORG-SOLVÄRME

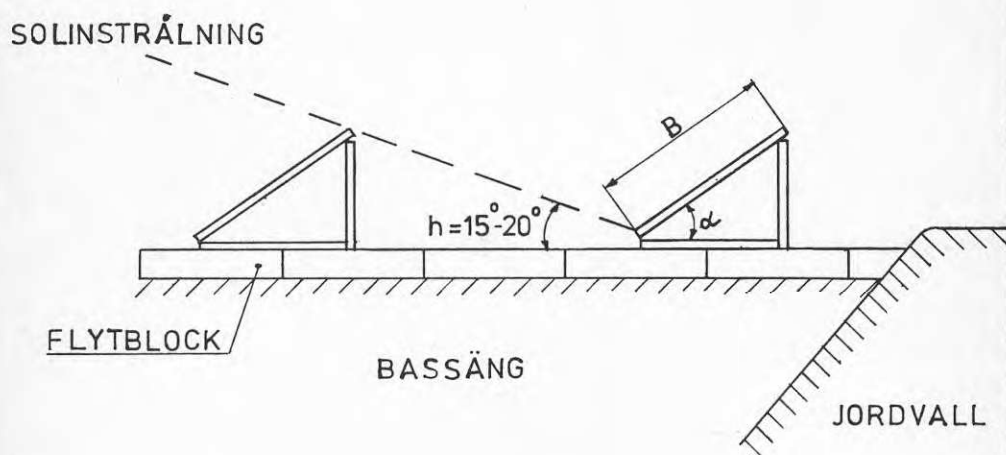
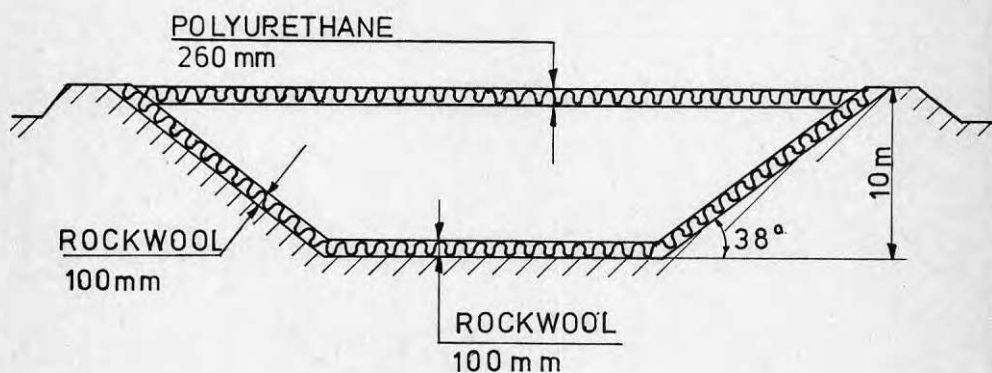
 α = LUTNINGSVINKEL h = SOLHÖJD (INGEN SKUGGNING
FÖR $h \geq 15^\circ - 20^\circ$)

FIG 11 SOLFÅNGARUPPSTÄLLNING

HSB - VÄNERSBORG - SOLVÄRME



ISOLERING: BOTTEN: 100mm $k=0,04 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$
SIDOR : 260mm $k=0,04 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$
TOP : 260mm $k=0,025 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$

FIG 12 VÄRMELAGRETS UTFORMNING

HSB-VÄNERSBORG-SOLVÄRME

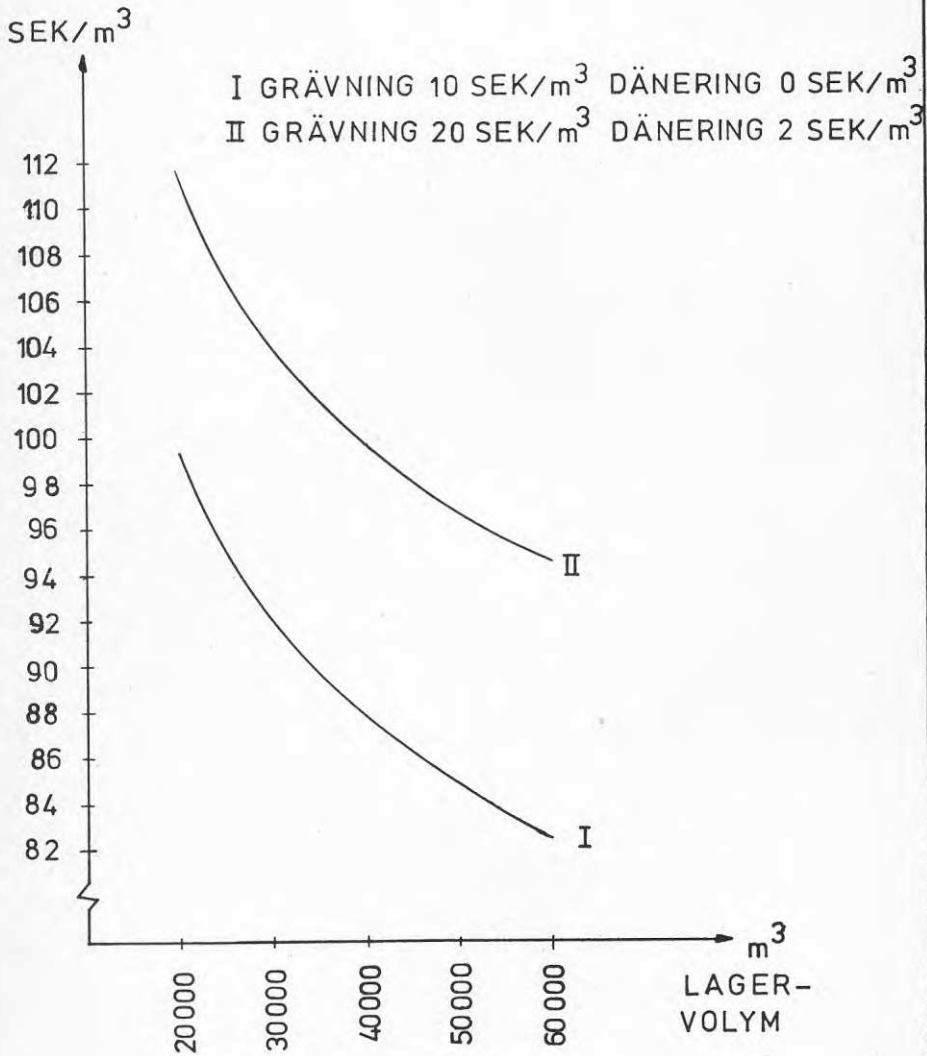


FIG 13 SPECIFIK KOSTNAD FÖR VÄRMELAGER

HSB - VÄNERSBORG - SOLVÄRME

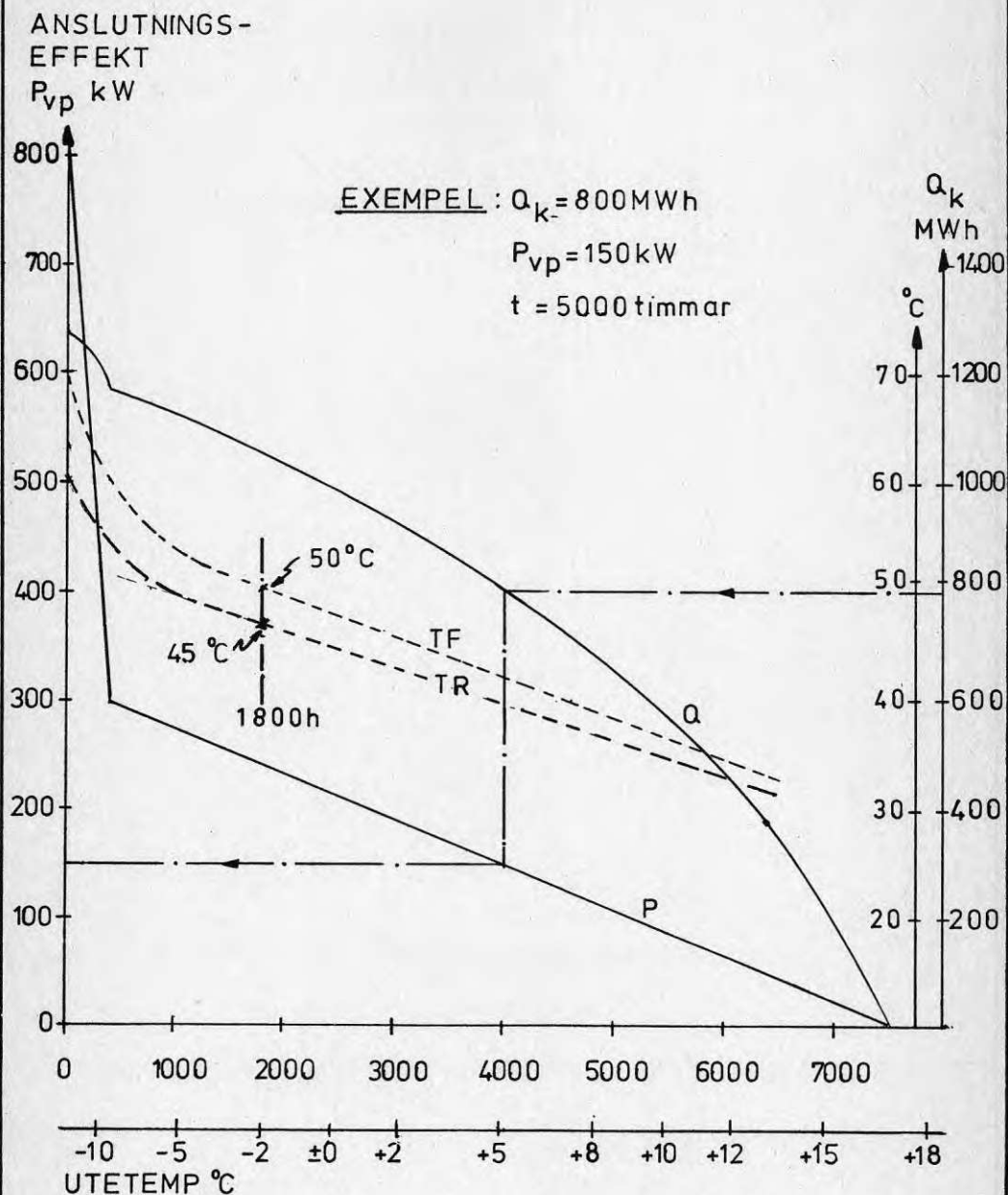


FIG14 ANSLUTNINGSEFFEKT SOM FUNKTION AV DRIFTTID.
 KONDENSORENERGI SOM FUNKTION AV DRIFTTID.

HSB -VÄNERSBORG-SOLVÄRME

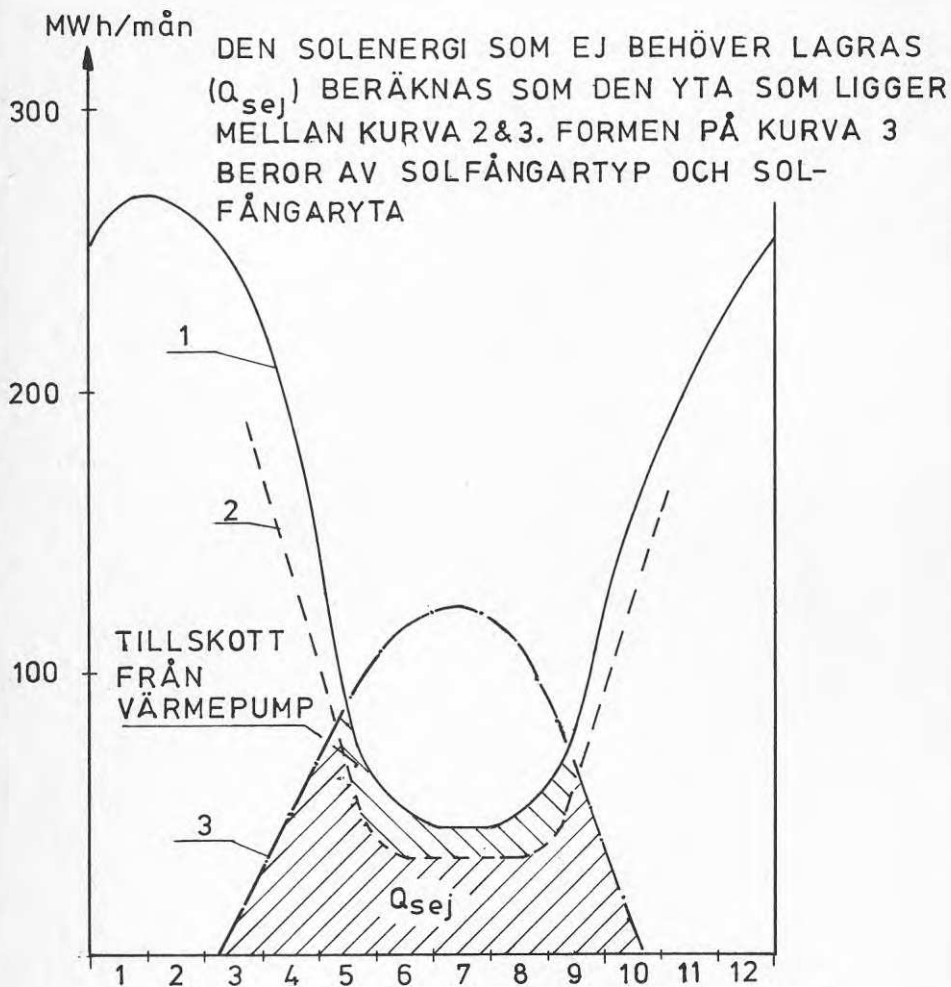
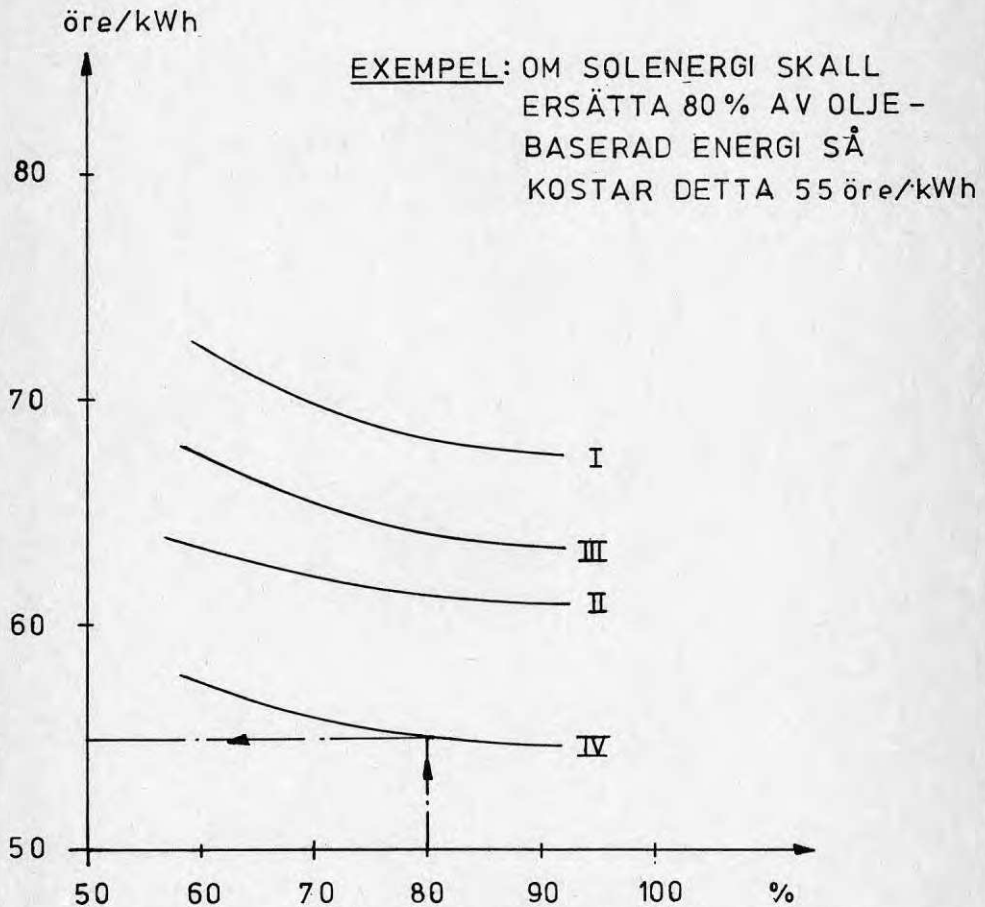


FIG 15 1 ENERGIBEHÖVET FÖRDELAT ÖVER ÅRET
2 ENERGIBEHÖVET MINUS TILLSKOTT FRÅN
VÄRMEPUMP FÖRDELAT ÖVER ÅRET
3 ENERGI FRÅN SOLFÅNGARE UNDER ÅRET

HSB-VÄNERSBORG - SOLVÄRME



GLASAD MEDELTEMP. SOLFÅNGARE ELDRIFT
 GLASAD LÅGTEMP. SOLFÅNGARE ELDRIFT
 OGLASAD LÅGTEMP. SOLFÅNGARE ELDRIFT
 OGLASAD LÅGTEMP. SOLFÅNGARE DIESELDRIFT

FIG16 KOSTNAD PER kWh FÖR SOLVÄRME SOM
 FUNKTION AV SOLVÄRMENS TÄCKNINGSGRAD

HSB-VÄNERSBORG-SOLVÄRME

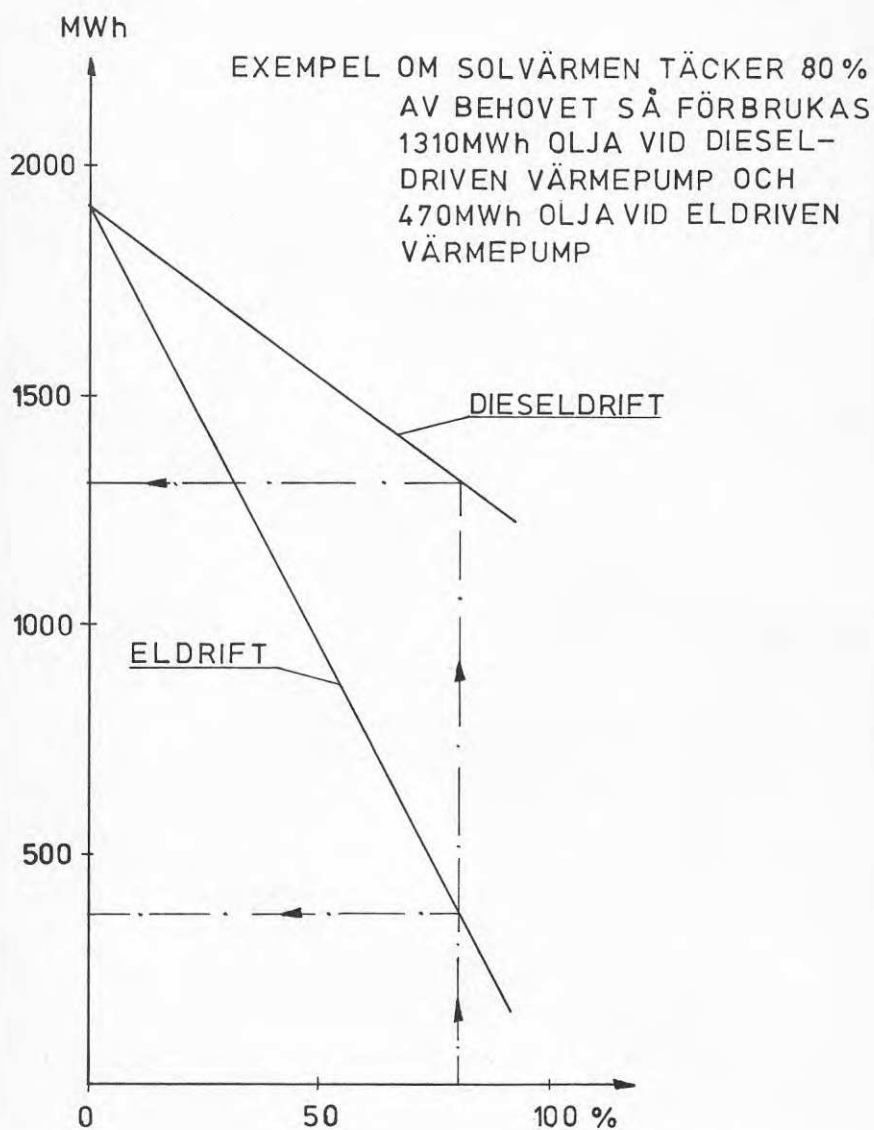


FIG17 OLJEFÖRBRUKNING SOM FUNKTION AV TÄCKNINGSGRAD

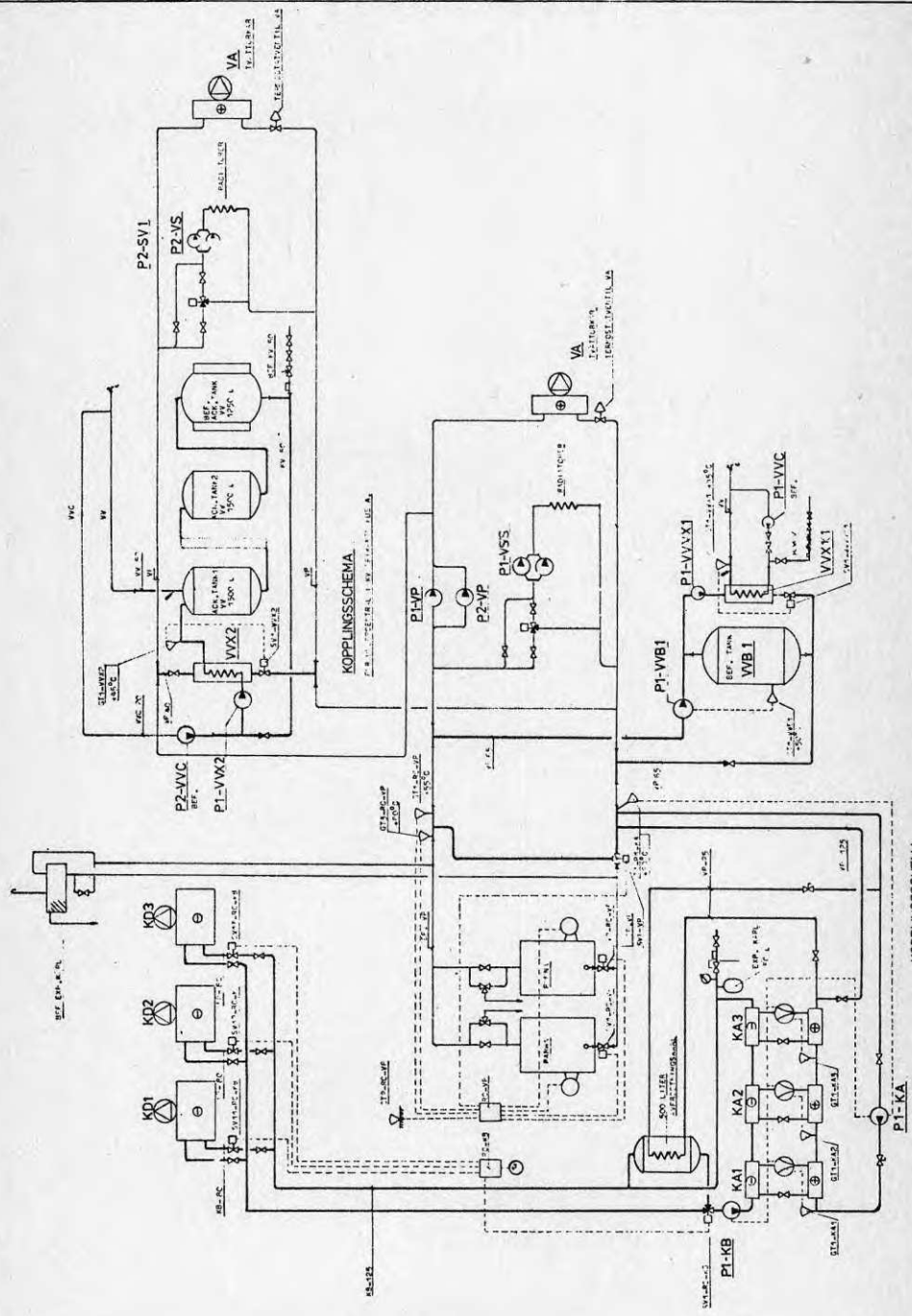
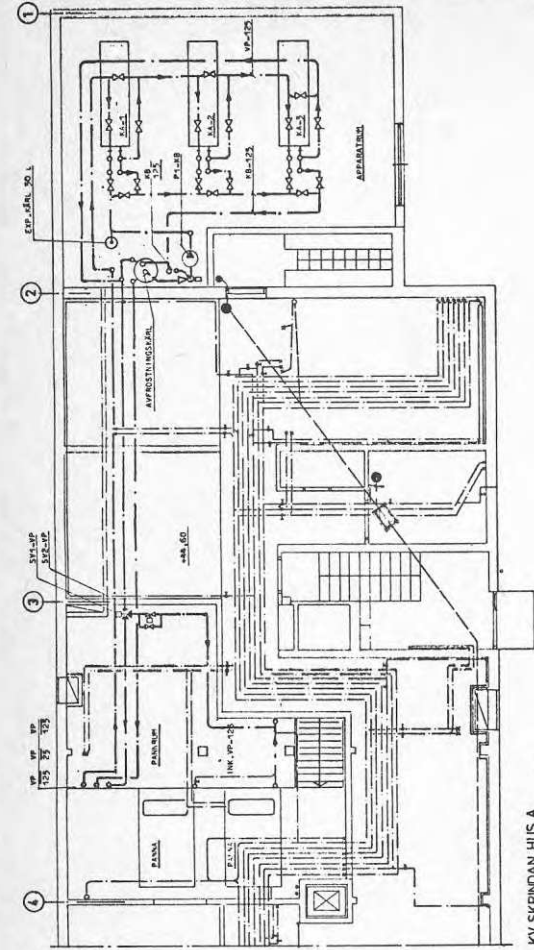


FIG. 3
WARNING

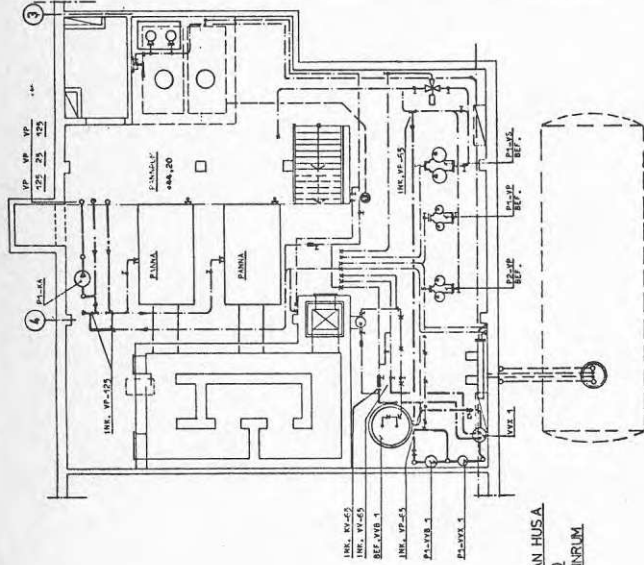
HSB VANERSBOR
51

1. FÖR ATT FÅ EN ÖVERSIKT AV DE
 2. FÖR ATT FÅ EN ÖVERSIKT AV DE
 3. FÖR ATT FÅ EN ÖVERSIKT AV DE
 4. FÖR ATT FÅ EN ÖVERSIKT AV DE
 5. FÖR ATT FÅ EN ÖVERSIKT AV DE
 6. FÖR ATT FÅ EN ÖVERSIKT AV DE
 7. FÖR ATT FÅ EN ÖVERSIKT AV DE
 8. FÖR ATT FÅ EN ÖVERSIKT AV DE
 9. FÖR ATT FÅ EN ÖVERSIKT AV DE
 10. FÖR ATT FÅ EN ÖVERSIKT AV DE

SCALE
 V 59-1

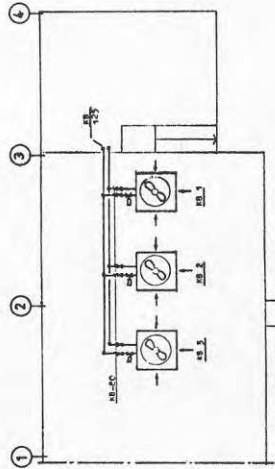


KV SKRIDAN HUS A
 PLAN 4460 OCH PLAN 4685
 PANNCENTRAL OCH APPARATRUM
 SKALA 1:100

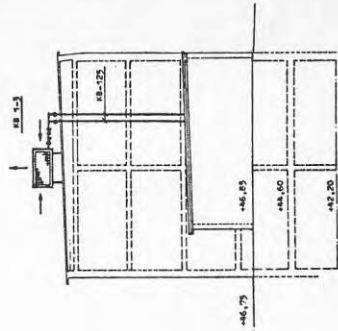


KV SKRIDAN HUS A
 PLAN 4470
 NEDRE PANNRUM
 SKALA 1:100

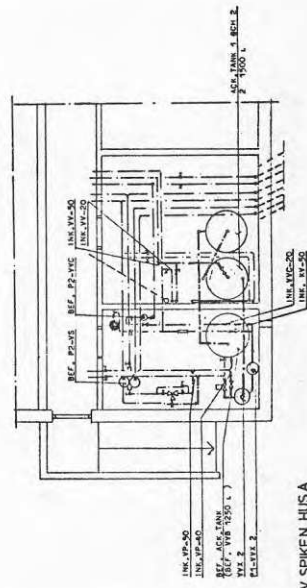
INR. KV-50
 INR. VP-50
 BEAVR. 1
 INR. VP-50
 P-1-100-1
 P-1-100-1



TAKPLAN
 SKALA 1:100



GAVELV
 SKALA 1:100



KV SPIKEN HUS A
 PLAN 4570
 UNDERCENTRAL
 SKALA 1:100

INR. VP-50
 INR. VP-50
 BEAVR. 1
 INR. VP-50
 P-1-100-1
 P-1-100-1

HSB VÄNERSBORG

LUFT/VATTEN-VÄRMEPUMP

KV. SKRINDAN, KÄRRAN & SPIKEN

kW EFFEKTBEHOV

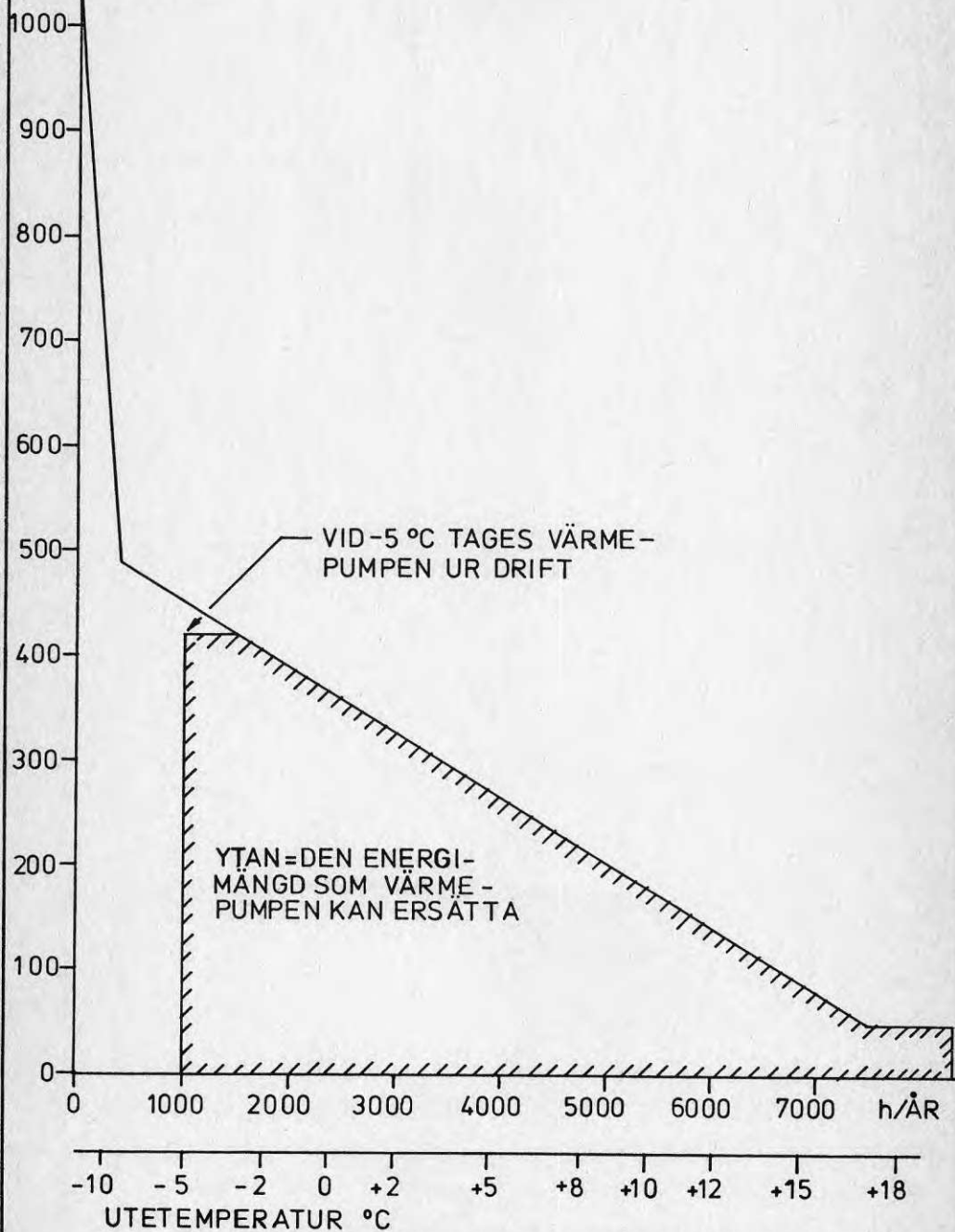
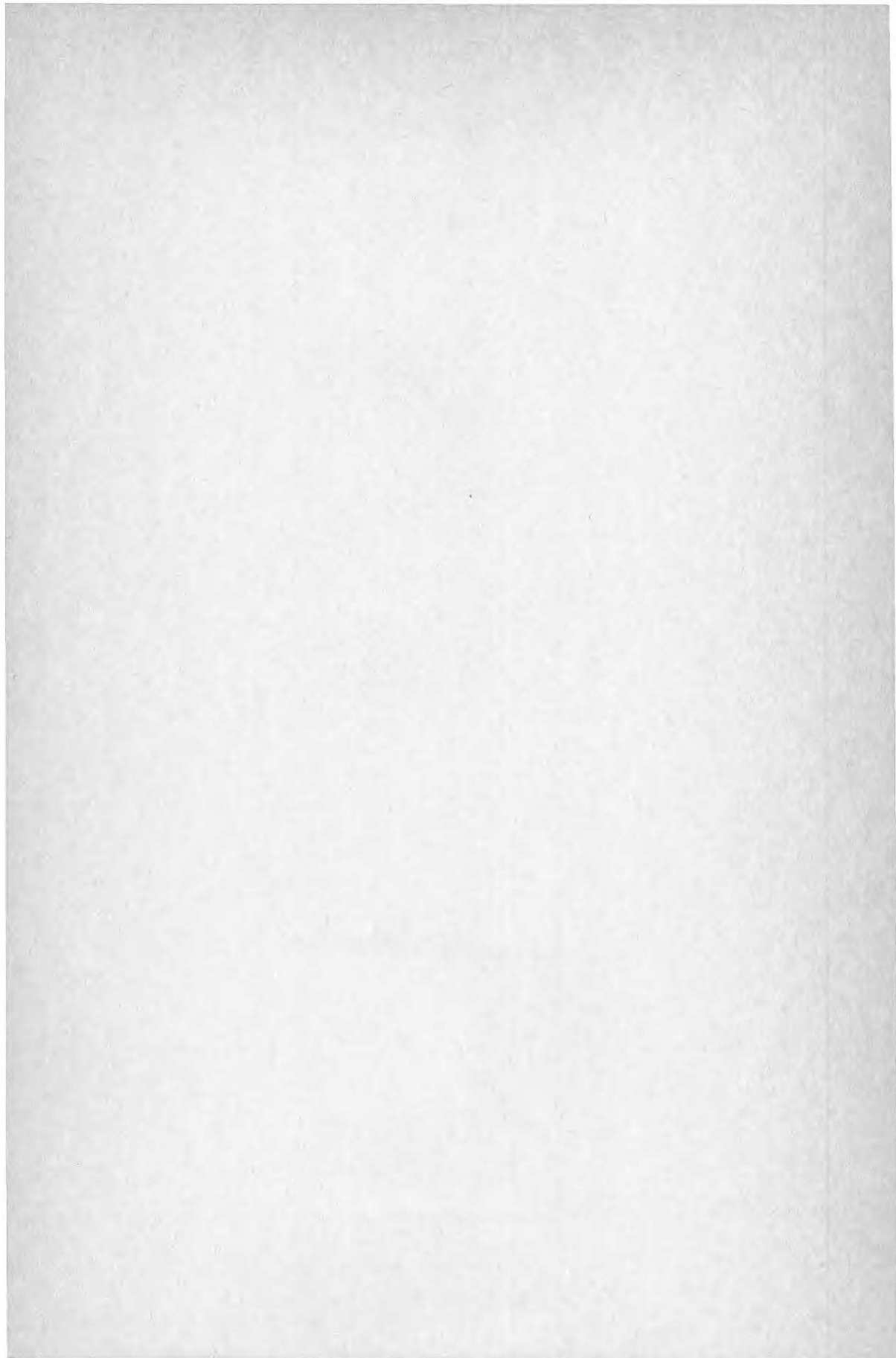


FIG 20 VARAKTIGHETSDIAGRAM



**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
791501-3 från Statens råd för byggnadsforskning
till HSB:s Riksförbund, Tekniska kontoret,
Stockholm.**

R114: 1982

ISBN 91-540-3797-2

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6700614

**Abonnemangsgrupp:
W. Installationer**

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

Cirka pris: 25 kr exkl moms