

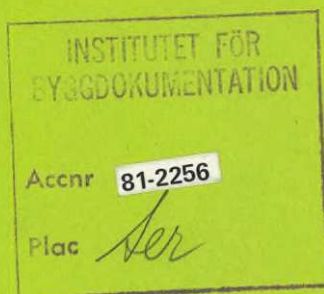
**Rapport**

**R134:1981**

**Solvärmt tappvatten för  
Krokoms sjukhus**

**Förprojektering**

**Gösta Eléhn**



**Byggforskningsrådet**

R134:1981

SOLVÄRMT TAPPVATTEN FÖR KROKOMS SJUKHUS  
Förprojektering

Gösta Eléhn

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag  
810438-8 från Statens råd för byggnadsforskning  
till Grapenfelt Installationskonsult AB, Östersund.

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

R134:1981

ISBN 91-540-3606-2

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

		3
INNEHÅLL		
FIGURFÖRTECKNING . . . . .		4
SAMMANFATTNING . . . . .		5
1	ORIENTERING . . . . .	6
1.1	Problem . . . . .	6
1.2	Teknisk lösning . . . . .	6
1.3	Syftet med projektet . . . . .	9
2	BYGGNADENS UTFORMNING . . . . .	10
3	EFFEKTBEHOV . . . . .	11
4	VAL AV SOLVÄRMESYSTEM . . . . .	12
4.1	Systemens utformning . . . . .	12
4.1.1	Solväxlare och värmepump (alt 1). . . . .	12
4.1.2	Täckta solfångare (alt 2) . . . . .	13
4.2	Energibesparing . . . . .	13
4.3	Investeringskalkyl . . . . .	16
4.4	Energispar kostnad . . . . .	17
4.5	Drift- och underhåll . . . . .	17
5	FÖRSLAG TILL SOLVÄRMESYSTEM . . . . .	19
6	FINANSIERING . . . . .	20
7	UTVÄRDERING . . . . .	21
8	TIDPLAN . . . . .	23
BILAGA 1	ENERGIBALANS Alt 1.1 och 1.2	
BILAGA 2	ENERGIBALANS Alt 2	
BILAGA 3	INVESTERINGSKALKYL	
BILAGA 4	OFFERTER Alt. 1.1	
BILAGA 5	MÄTPROGRAM	
LITTERATUR		

- Figur 1 Flödesschema Alt 1  
Solväxlare och värmepump
- Figur 2 Flödesschema Alt 2  
Täckta solfångare
- Figur 3 Situationsplan
- Figur 4 Effektbehov för varmvattenberedning
- Figur 5 Energifbalans Alt 1.1
- Figur 6 r Nyttiggjord solenergi-jämförelse Alt 1.1,  
1.2 och 2.
- Figur 7 Nyttiggjord solenergi och uppoffrad el-  
energi per m<sup>2</sup> solfångare Alt 1.1, 1.2  
och 2.
- Figur 8 Fördelning av kostnaderna för Alt 1.1,  
och 2.
- Figur 9 Varaktighetsdiagram för utelufttempera-  
turen i Östersund. (i bilaga 1)
- Figur 10 Effektdiagram - värmepump typ Naether 00  
1200 (NT 12). (i bilaga 1)
- Figur 11 Energiflöden - mätprogram. (i bilaga 5)

## SAMMANFATTNING

Ett långvårdssjukhus bygges i Krokomb under 1981-82. Uppvärmningen och varmvattenberedningen skall ske med fjärrvärme. I energisparsyfte skall på en södervänd takyta plåttaket ersättas med solväxlare, d v s enkla absorbatörer i aluminium utan täckning. Ytan blir 90 m<sup>2</sup>. Solväxlarna som skall arbeta nära utelufttemperaturen skall kopplas till en värmepump med dimensionerande värmeeffekt 28 kW för varmvattenberedning. Värmepumpen skall täcka c:a 50% av effektbehovet under max.timmen och stå för 37% av årsenergibehovet för varmvattenberedning.

Systemet kan vara i drift 9 månader under året, då utelufttemperaturen är högre än -5°C. Värmefaktorn för värmepump och cirkulationspumpar blir då 2,5 i genomsnitt under driftstiden.

Anläggningen skall utföras i experimentsyfte för att visa i full skala hur ett solvärmesystem kan utföras som ger en låg energispar kostnad. Fördelarna med detta objekt är att varmvattenförbrukningen är jämnt fördelad över dygnet och året. Dessutom kan solvärmeinstallationerna utföras parallellt med övriga installationer och ordinarie taktäckning, eftersom det gäller ett nybygge.

Inga solvärmeanläggningar av denna typ har tidigare utförts i norrländskt klimat. Avsikten är därför att mäta solvärmesystemets prestanda och dokumentera erfarenheter av installationsarbetet och driften.

Under förprojekteringen har gjorts jämförelse av två system för varmvattenberedning med solenergi:

1. Solväxlare och värmepump med liten varmvattenberedare. Olika storlek på solväxlarytorna 90 respektive 160 m<sup>2</sup> har jämförts. Värmepumpens effekt har anpassats till effekten från solväxlarna.
2. Täckta solfångare och en stor varmvattenackumulator.

**Slutsats:** Utförande 1 med 90 m<sup>2</sup> solväxlare ger det bästa ekonomiska utbytet genom att det ger den lägsta energispar kostnaden c:a 3 kr/kWh, d v s lägsta investeringen per inbesparad kWh-netto. Drift- och underhållsaspekterna visar ingen avgörande skillnad mellan alternativen, varför utförandet med en liten solväxlaryta och värmepump väljes. Investeringen uppgår till 170.000 kr eller c:a 1.900 kr/m<sup>2</sup> solväxlare. Den höga investeringen uppvägs av ett högt värde på insamlad solenergi, uppskattningsvis 640 kWh/m<sup>2</sup>.år.

### 1.1 Problem

Ett långvårdssjukhus för 60 patienter samt med vårdcentral bygges i Krokoms kommun, 2 mil väster om Östersund under 1981-82. Uppvärmningen och varmvattenberedningen skall ske med fjärrvärme. Byggherren, Jämtlands läns landsting, vill pröva möjligheten att ersätta en del av fjärrvärmeleveransen med solenergi.

Behovet av varmvatten till sjukhuset kommer att vara relativt jämnt fördelat över dygnet och året, dvs det föreligger ett stort energibehov för varmvattenberedning även sommartid. Då flödar solenergin som mest och en lång utnyttningstid kan erhållas för solvärmeanläggningen. Solenergin bör alltså i första hand utnyttjas för varmvattenberedning snarare än för uppvärmning av sjukhuset.

Svårigheten är dock att i dagsläget finna system för en solvärmeanläggning som ger så låg energisparkostnad att åtgärden kan konkurrera ekonomiskt med andra energisparåtgärder. Anläggningen skall även vara enkel att sköta och ha en lång livslängd.

Av de större solvärmeanläggningar som utvärderats eller planerats för mätningar ligger ett fåtal i Norrland. Det är då företrädesvis utomhusbad som försetts med solvärme och blivit föremål för utvärderingar. Fler anläggningar i Norrland med andra driftvillkor behöver utvärderas för en bedömning av inverkan av snö och kyla på solvärmsystemens utförande och prestanda.

### 1.2 Teknisk lösning

Två olika system är tänkbara:

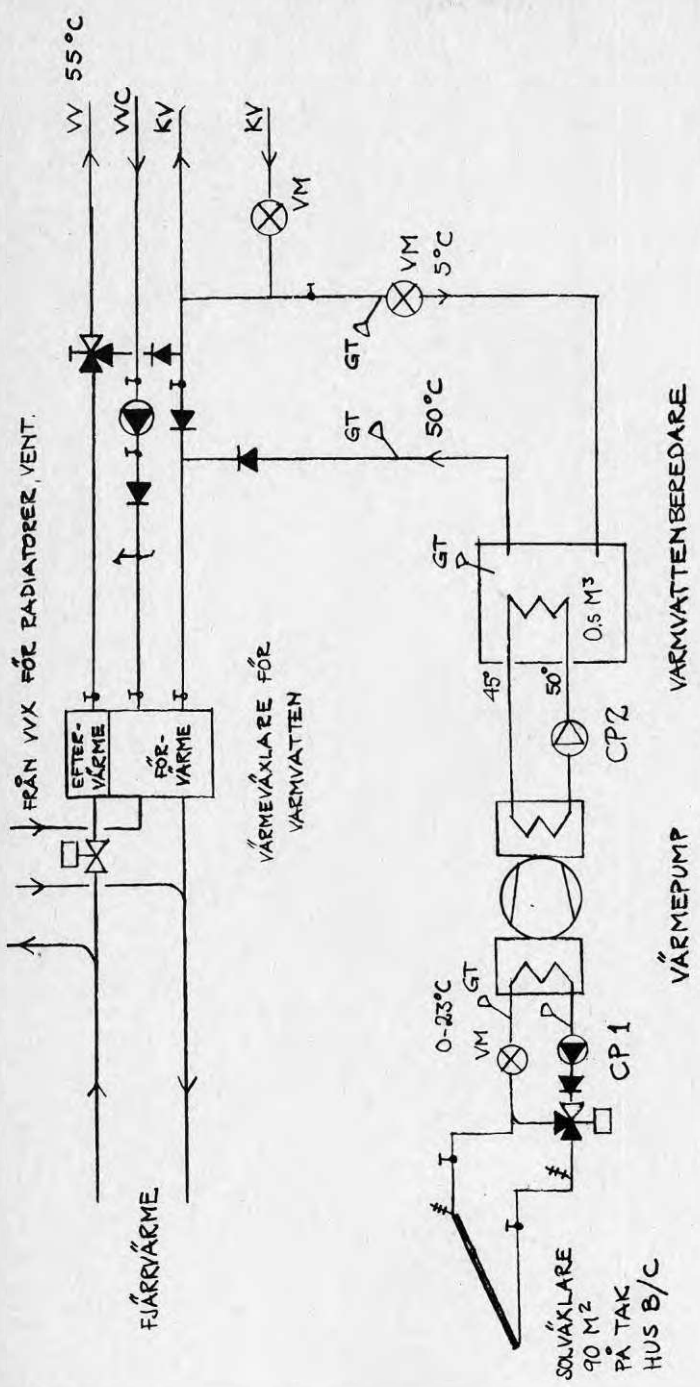
Alt 1 med värmepump (figur 1)

Solfångarna utformas som solväxlare utan täckning. Det arbetar nära utetemperaturen. För att erhålla en användbar temperatur på varmvattnet kopplas solväxlarna till den kalla sidan på en värmepump med en liten varmvattenberedare på den varma sidan.

Alt 2 utan värmepump (figur 2)

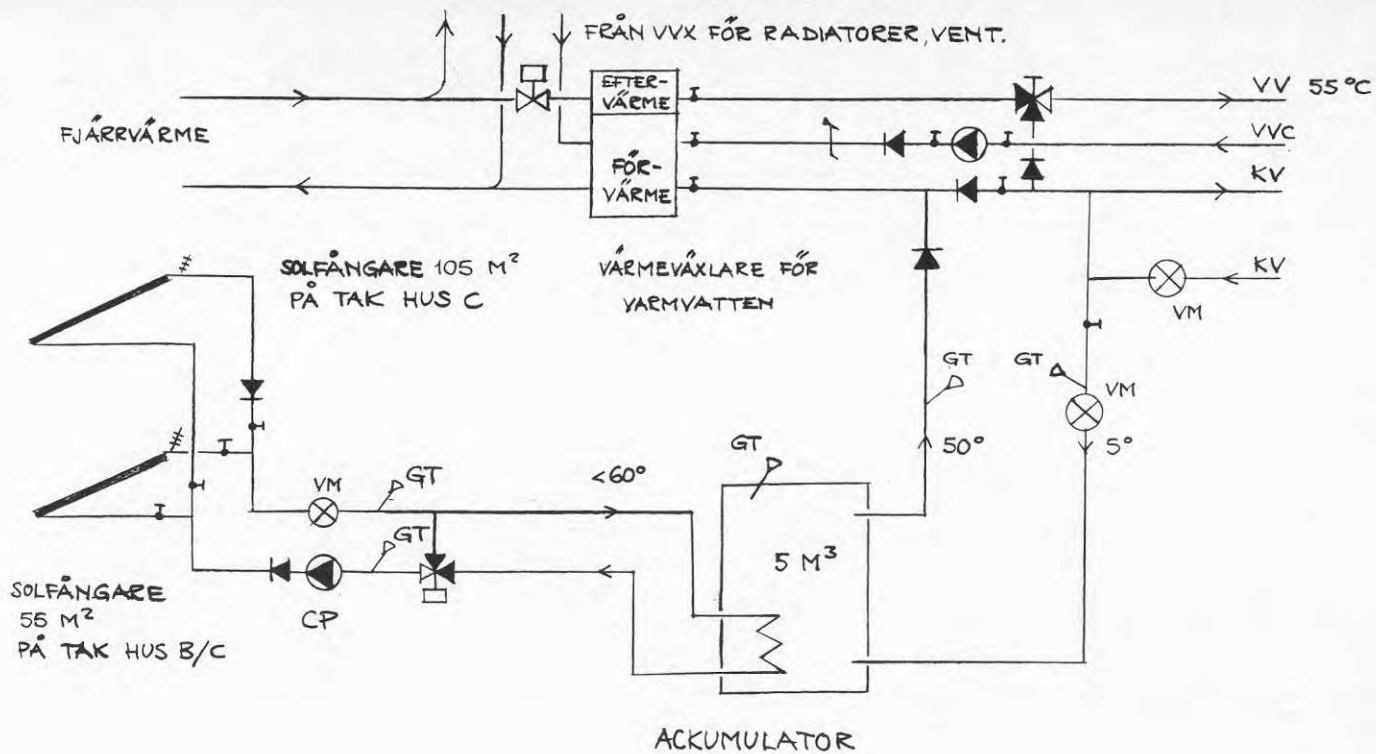
Solfångarna är täckta och producerar vatten av hög temperatur som via en växlare kan användas för varmvattenberedning. Växlaren placeras i en stor varmvattenackumulator.





FIGUR 1 FLÖDESSCHEMA ALT 1 SOLVÄXLARE OCH VÄRMEPUMP





FIGUR 1 FLÖDESSCHEMA ALT 2 TÄCKTA SOLFÅNGARE

Solfångarna kan placeras på någon eller några av de södervända takytorna och ersätta den ordinarie planerade taktäckningen. Apparater som värmepump och ackumulator kan placeras i eller utanför undercentralen för fjärrvärme.

Avgörandet för val av storlek på solfångarytorna har varit praktiskt utnyttningsbar takyta eller max.effektbehov.

### 1.3 Syftet med projektet

Projektet syftar till att

- visa hur ett solvärmesystem kan utföras för att ge en låg energisparkostnad
- mäta solvärmesystemets prestanda
- dokumentera erfarenheter av installation och drift

Förprojekteringen har syftat till att

- jämföra investeringar och energibesparingar för olika system
- väga in drift- och underhållsaspekter
- föreslå en lämplig systemutformning
- utforma en ansökan om experimentbyggnadslån

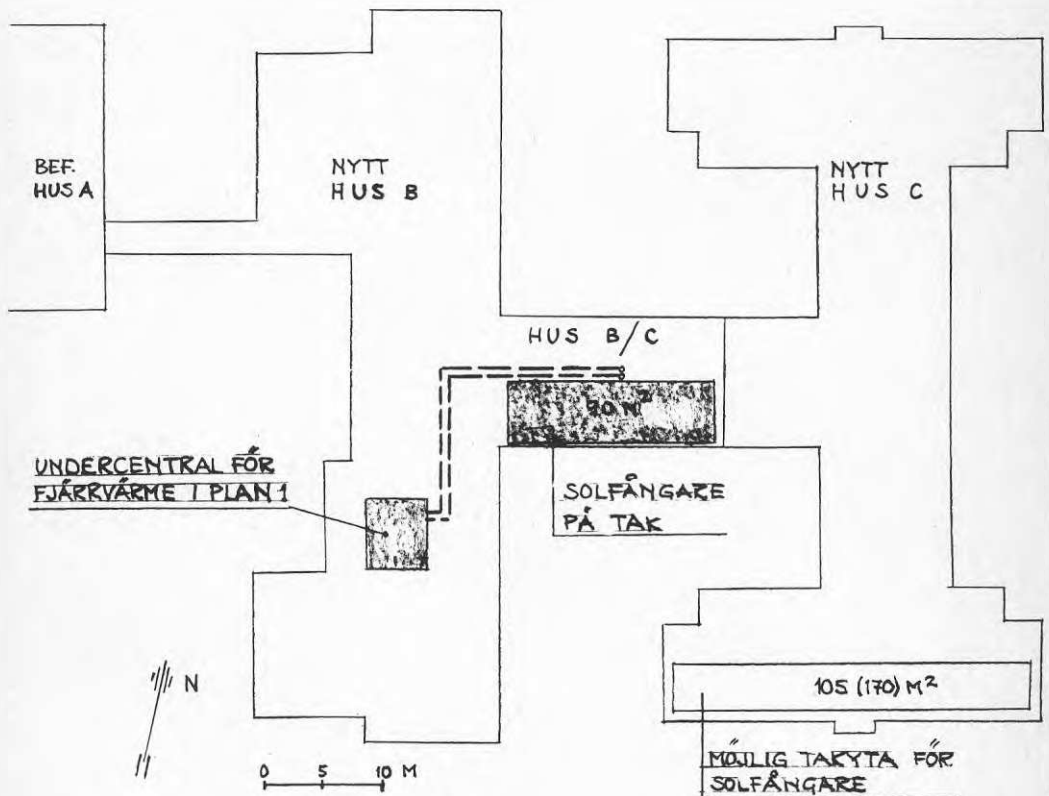
## 2. BYGGNADENS UTFORMNING

Som framgår av planen i figur 3 bygges Krokoms långvårdssjukhus i anslutning till en befintlig hälsocentral med plant tak, hus A. Den nya byggnaden består av 3 sammanbyggda kroppar med 1-2 våningar ovan markytan och en källarvåning.

Taklutningen är  $23^{\circ}$  och takfallets längd är 6,9m. Takytor som sluttar mot söder finns på länkbyggnaden B/C och på hus C's södra flygel. Tillgängliga takytor mellan vindskivor, takfot och taknock är på

hus B/C 120 m<sup>2</sup> med plåttäckning  
 hus C 230 m<sup>2</sup> med taktegel

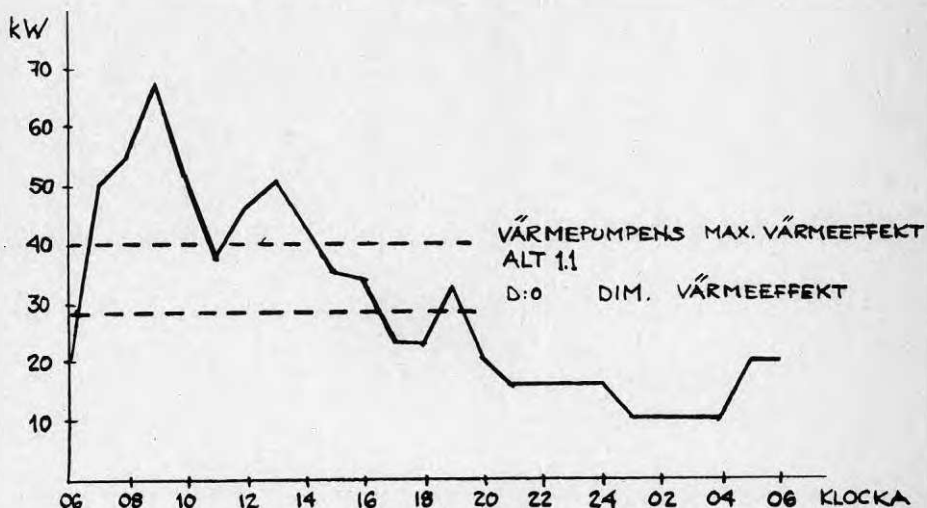
Undercentralen för fjärrvärme ligger i källaren på hus B. Rördragningen mellan undercentralen och solfångarna kan utföras samtidigt med de ordinarie installationerna. Plats har reserverats enligt entreprenadbeskrivningen.



Figur 3 Situationsplan

## 3. EFFEKTBEHOV

Varmvattenbehovet antages vara jämnt fördelat över året och endast variera under dygnet enligt figur 4. Kurvan har framtagits efter jämförelse med beräkningar för ett liknande långvårdssjukhus med 60 vårdplatser (BFR-rapport 140:1980 (1) )



Figur 4. Effektbehov för varmvattenberedning.

Dimensionerande data är:

Ingående kallvattentemperatur = 5°C  
 Utgående varmvattentemperatur = 55°C  
 Max timflöde varmvatten 1 m<sup>3</sup>/h  
 Momentanflöden klaras av fjärrvärme med  
 primärsida 70/25°C            10,5 m<sup>3</sup>/h  
 sekundärsida 5/55°C            9,5 m<sup>3</sup>/h

Varmvattenförbrukningen per dygn uppskattas till c:a 12 m<sup>3</sup>/d vilket ger ett dagligt energibehov av 708 kWh och per år 258.000 kWh.

## 4.1 Systemens utformning

## 4.1.1 Solväxlare och värmepump (alt 1)

Enligt flödesschemat (figur 1) består systemet av

- Standardvärmepump med förångare och kondensor
- Solväxlare på taket kopplad till förångaren på värmepumpen via en köldbärarkrets med glykol
- Varmvattenberedare á 500 l kopplad till en värmebärarkrets genom kondensorn
- Anslutning av en ledning för förvämt varmvatten till kallvattenledningen på fjärrvärmesväxlaren, som slutvärmer varmvattnet till 55°C
- Rörsystem med cirkulationspumpar och div. armatur
- Styrsystem inbyggt i värmepumpen. Regleringen sker efter bör- och max.värden i beredaren och i köldbärarledningen till förångaren

Solväxlarna består av absorbatörer av böckade aluminiumstrips med invaldade kopparrör nitade vid profilerad lackerad aluminiumplåt enligt Gränges' offert bilaga 4.1 med ritningar.

Plåtarna lägges på plyfaremsor ovanpå underlagspappen och ersätter den ordinarie taktäckningen. Absorbatörerna är hopkopplade i grupper om tre med samlingsrör i över- och underkant. De levereras i längder om 6,5m, endast 0,4m kortare än takfallet.

Arbetstemperaturen för solväxlarna ligger kring utelufttemperaturen.

Värmepumpen placeras i undercentralen för fjärrvärme och dimensioneras för:

Framledningstemperatur		50°
Normalinkommande brinetemperatur		5°
Högsta "-	"-	23°
Lägsta "-	"-	-3°
Motsvarande lägsta utelufttemp.		-5°

För att studera investeringens och energibesparings storleksberoende har vi jämfört två storlekar på solväxlarytorna:

- 1.1 90 m<sup>2</sup> bara på hus B/C = max.monterbar yta nära undercentralen.
- 1.2 160 m<sup>2</sup> fördelat på hus B/C och C, som ger max. erforderlig effekt.

Avgiven värmeeffekt från värmepumpen beror på val av storlek på lågenergikällan, solväxlaren:

Yta	Dimensionerande effekt vid 5°/50°C	Max effekt
90 m <sup>2</sup>	28 kW värme	36 kW värme
160 m <sup>2</sup>	40 kW värme	58 kW värme

Max eleffekt till kompressor och cirkulationspumpar blir: 12.2 respektive 15.5 kW

#### 4.1.2 Täckta solfångare (alt 2)

Enligt flödesschemat (figur 2) består systemet av

- 160 m<sup>2</sup> solfångare fördelade på takytorna på hus B/C och C
- En varmvattenackumulator á 5 m<sup>3</sup> med ett värmewäxlarbatteri på glykolkretsen från solfångarna
- Samma anslutning till fjärrvärmewäxlaren som i alt 1
- Rörsystem med cirkulationspump och div. armatur
- Separat styrsystem, som reglerar cirkulationspump och shuntventil efter temperaturdifferensen mellan solfångare och ackumulator

Solfångarna består av en lådkonstruktion med

- Täckning av glasfiberarmerad polyester
- Absorbatorer av raka aluminiumstrips med invalslade kopparör nitade på profilerad, lackad aluminiumplåt lika alt 1
- Sidstycken av aluminium
- Isolering av baksidan

Akkumulatören är så stor (diameter 1,6 m och längd 3,3 m) att den måste placeras liggande i källargången utanför undercentralen och det måste ske innan bjälklaget ovanför gjutes.

#### 4.2 Energibesparing

Energibesparingen per år i de två alternativen beräknas sålunda:

Alt 1 Avgiven värme från värmepumpen minus elenergi till kompressor och cirkulationspumpar sättes lika med insamlad solenergi. Värmeförlusterna är försumbara då temperaturen på köldbäraren från solväxlaren ligger kring utelufttemperaturen, d v s under inomhustemperaturen. Dessutom är varmvattenberedaren liten till format och rördragningarna på den varma sidan av värmepumpen till fjärrvärmewäxlaren är korta.

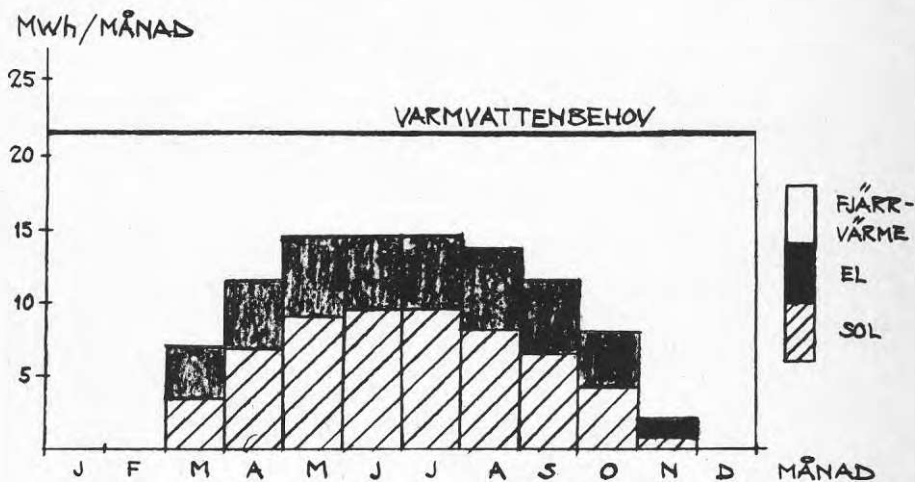
Alt 2 Insamlad solenergi minus värmeförluster i rör och ackumulator där temperaturen ligger 20-40° över rumstemperaturen. Förlusterna uppskattas till 20%.

Beräkningarna redovisas i bilaga 1 resp 2.

Energibesparingen blir räknat per m<sup>2</sup> solfångare och år:

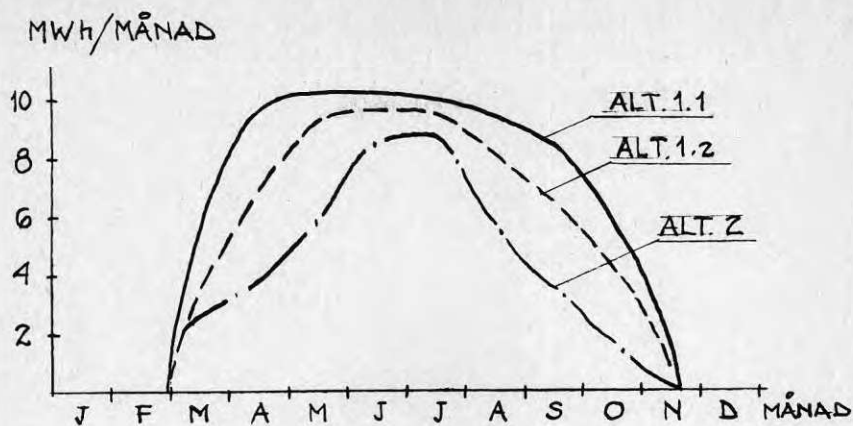
	Alternativ		
	1.1	1.2	2
Solfångaryta m <sup>2</sup>	90	160	160
Inbesparad fjärrvärme kWh/m <sup>2</sup>	1070	790	260
Avgår el till kompressor och pumpar kWh/m <sup>2</sup>	430	330	-
Nettobesparing = insamlad solenergi kWh/m <sup>2</sup>	640	460	260
Total nettobesparing kWh/år	57600	73600	41200
Täckningsgrad, sol netto%	22	28	16
Tillskottsenergi el%	15	21	-
fjärrvärme%	63	51	84

Det totala varmvattenbehovet uppskattas till 258.000 kWh/år eller 21.500 kWh/månad. Fördelningen av energimängderna över året redovisas i figur 5 och 6.

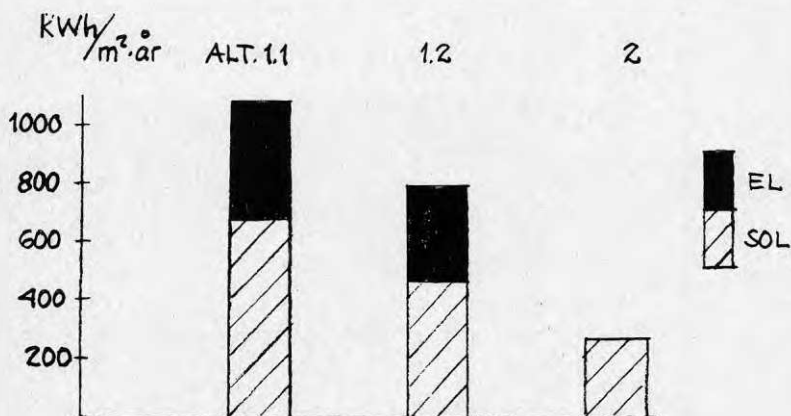


Figur 5. Energibalans, alt 1.1. El+Sol= Nyttig energi från värmepumpen.





FIGUR 6 NYTTIGGJORD SOLENERGI - JÄMFÖRELSE  
ALT. 1.1, 1.2 OCH 2.



FIGUR 7 NYTTIGGJORD SOLENERGI OCH UPPOFFRAD  
ELENERGI = TOTALT NYTTIG ENERGI PER  
M<sup>2</sup> SOLFÄNGARE ALT. 1.1, 1.2 OCH 2

Solenergi insamlas under c:a 9 månader av året huvudsakligen april-september (figur 5). Den nyttiggjorda solenergimängden blir störst i alt 1.2 med stor värmepump och stor solväxlaryta, (figur 6) men effektiviteten per m<sup>2</sup> solväxlare begränsas av att värmepumpen får en kapacitet sommartid som överstiger varmvattenbehovet. Solväxlarytan och värmepumpen i alt 1.1 är bättre anpassade till varmvattenbehovet och ger ett högre utbyte per m<sup>2</sup> solväxlare, (figur 7) vilket är avgörande för ekonomin i anläggningen.

De täckta solfångarna i alt 2 ger lägst utbyte både totalt och per m<sup>2</sup> p.g.a kort utnyttningstid per dag och stora förluster både i solfångare och ledningar vid den höga arbetstemperaturen.

#### 4.3 Investeringskalkyl

Kostnadsberäkningarna baserar sig på inhämtade offerter och kalkyler, som gjorts i samråd med VS-entreprenören för sjukhusbygget. Alla kostnader räknas som merkostnader, då solvärmeanläggningen inte ersätter någon del i den ordinarie anläggningen. Solvärmen spar energi, ej effekt. De totala investeringarna uppgår till

Alt 1.1 170.000:-

Alt 1.2 240.000:-

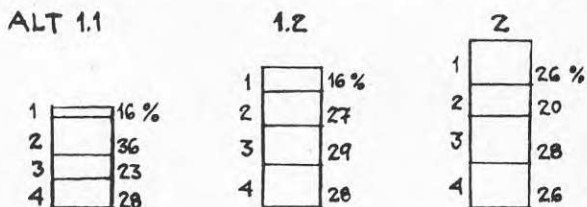
Alt 2 285.000:-

Det visar sig att täckningen av solfångarna jämte ackumulatören i alt 2 kostar mer än installationen av värmepumpen med tillbehör i alt 1.

Investeringarna kan delas upp på fyra huvuddelar

- 1 Solfångare minus nuvarande taktäckning
- 2 Värmepump, varmvattenberedare, styr (alt 1)  
Ackumulator, styr (alt 2)
- 3 Rör, armatur, intrimning m m
- 4 Oförutsett, moms, projektering

Kostnadsslagen fördelar sig enligt figur 8



Figur 8 Fördelning av kostnaderna på fyra huvuddelar för varje alternativ 1.1, 1.2 och 2 (Siffror i %)

Solfångarnas andel av totalkostnaden efter avdrag för nuvarande taktäckning utgör bara 13 - 16% i alt 1.1 och 1.2 med otäckta solväxlare men ökar till 26% i alt 2 med täckta solfångare. Värmepumpens kostnadsandel minskar kraftigt vid ökad solväxlaryta. Övriga kostnadsslag är föga storleksberoende.

Den specifika kostnaden per m<sup>2</sup> solfångare uppgår till

Alt 1.1	1.890 kr/m <sup>2</sup>
Alt 1.2	1.500 kr/m <sup>2</sup>
Alt 2	1.780 kr/m <sup>2</sup>

Utförandet med värmepump och stor solväxlaryta ger lägst specifik kostnad. De två övriga systemens kostnader är likvärdiga.

#### 4.4 Energisparkostnad

För att välja ett system på rent ekonomiska grunder med givna tekniska förutsättningar väljer vi att jämföra energisparkostnaden definierad som investering per årligen inbesparad kWh. Systemet med den lägsta energisparkostnaden bör väljas om inte drifts och underhållsaspekter talar emot detta. Denna metod är tillämplig då avskrivningstiderna är lika långa för systemen samt räntesatser och energipriser är svåra att uppskatta. Vi antar dock att priserna för fjärrvärme och el fortsätter att följas åt utan större differenser.

Energisparkostnaden blir lägst för alt 1.1 trots den högsta specifika kostnaden, men det uppvägs av den största energibesparingen per m<sup>2</sup>.

	Spec.kostnad kr/m <sup>2</sup>	Energibespar, netto,kWh/m <sup>2</sup> år	Energisparkost. kr/kWh
Alt 1.1	1890	640	3.0
1.2	1500	460	3.3
2	1780	260	6.8

#### 4.5 Drift- och underhåll

För den normala driften av solvärmeanläggningen krävs inga manuella insatser. Styrsystemen sköter start och stopp av cirkulationspumpar och kompressor samt reglerar shuntventilen. Elenergi måste dock uppoffras för drift av utrustningen vilket har frånräknats bruttobesparingen för de olika alternativen i kapitel 4.2.

De skötselåtgärder som krävs är

- daglig tillsyn av driftsindikatorer för apparaterna, termometrar och tryckmätare.
- månatlig kontroll av flödesfördelningen vid reglerventilerna mellan solfångarpaketet
- rengöring och ev. snöskottning av solväxlare respektive täckskivor för solfångare

Den dagliga tillsynen blir i stort sett densamma i de olika alternativen, medan rengöringen kan bli lättare att göra i alt 1, då det är möjligt att gå direkt på absorberatorerna. För att rengöra täckskivorna i alt 2 måste en lång och lätt stege användas, om det inte räcker med vattenspolning av ytorna från taknocken. Takytorna är lätt tillgängliga via takluckor och takräcken.

Underhåll består i

- periodvis översyn av rörliga delar och tätningar i pumpar och ventiler
- månatlig kontroll av yttskiktet på absorberatorer och täckskivor
- byten av förslitna eller skadade komponenter.

Alt 1 innehåller fler mekaniska och elektomekaniska komponenter och dessutom oskyddade absorberatorer. Täckskivorna i alt 2 är i gengäld de komponenter som är utsatta för störst skaderisk. Sammantaget med troligen högre skötselkostnader i alt 2 bör de totala insatserna för skötsel och underhåll bli ungefär likvärdiga i de båda alternativen.

All tillsyn, rengöring samt översyn av enklare komponenter utföres av de ordinarie fastighets-skötarna. Service på pumpar och värmepump bör utföras av specialister.

## 5. FÖRSLAG TILL SOLVÄRMESYSTEM

Med tanke på lägsta energisparingskostnaden samt skötsel och underhåll bör solvärmesystemet för varmvattenberedning inom Krokoms sjukhus utföras enligt alt 1.1 med värmepump och en liten solväxlareyta. Som redovisas i figur 1 och kapitel 4.1 består systemet av

- en standard värmepump med eleffekten max 12.2 kW och en värmeeffekt av 28 kW vid dimensionerande temperatur 5° till förångaren och 50° på utgående värmevatten
- solväxlare utan täckning, 90 m<sup>2</sup> på taket till hus B/C
- en varmvattenberedare á 500 l placerad tillsammans med värmepumpen i undercentralen för fjärrvärme i källaren på hus B.

Solvärmesystemet är i drift vid utelufttemperaturer över -5°, d v s under 9 månader av året. Energibesparingen blir c:a 57.600 kWh per år. Tillsammans med el till kompressor och cirkulationspumpar täcker systemet 37% av det totala energibehovet för varmvattenberedning. Årsvärmefaktorn uppskattas till 2.5.

Rördragning i källare och vertikalt upp till taken göres i samband med de ordinarie rörinstallationerna. På den södervända takytan till hus B/C lägger byggtreprenören endast råspont och underlagspapp medan leverantören av solväxlarna står för montage av solväxlare med underlag och täckplåtar. Rör-entreprenören gör inkopplingar till och dragning av samlingsrör på tak.

Apparater liksom styr- och reglersystem skall utgöras av standardkomponenter så att tillsyn och underhåll kan utföras av ordinarie fastighets-skötare.

Hela nettoinvesteringen c:a 170.000:- för solvärmeanläggningen är en merkostnad för byggherren i förhållande till den konventionella fjärrvärmeanläggningen som redan är upphandlad. Någon reduktion av installerad effekt kan nämligen ej göras.

Hela nettoinvesteringen måste därför täckas av lån utanför Landstingets budget. Då anläggningen har experimentkaraktär sökes experimentbyggnadslån från Byggeforskningsrådet. Landstinget är både byggherre och brukare av objektet och går i borgen för lånet.

## 7. UTVÄRDERING

Solvärmeanläggningen skall utvärderas både under installations- och driftsskedet för erfarenhets-återföring och bestämning av systemets prestanda.

### 7.1 Installationsarbeten

Under installationsskedet skall arbetena uppföljas och dokumenteras vad gäller val av arbetsmetoder, eventuella komplikationer och tidsåtgång för olika åtgärder. Uppföljningen göres med stöd av

- utdrag ur installatörernas, byggledarens och kontrollantens dagböcker
- projektörens noteringar och foton vid besök på arbetsplatsen

### 7.2 Driftsskedet

Sedan anläggningen intrimmats och driften övertagits av fastighetsskötaren göres en uppföljning av driftsförhållanden genom att fastighetsskötaren ålägges att notera tidsåtgången och arten av ordinarie och extraordinära åtgärder som

- skötsel: rengöring och snöskottning
- underhåll: förebyggande insatser, byte av komponenter, intrimning och justering

### 7.3 Mätningar

Ett enkelt, ej automatiserat mätsystem eftersträvas. Solvärmesystemets prestanda bestäms under andra driftsåret genom regelbundna avläsningar av energimätare och ordinarie driftstermometrar. Vanliga energimätare med integreringsverk avpassade för små temperaturdifferenser installeras i solfångar- och varmvattenkretsarna. Separat elmätare inkopplas för kompressoren och cirkulationspumparna.

Avläsningar av mätare och termometrar göres under varje arbetsdag av fastighetsskötaren. Protokoll utarbetas, insamlas, kontrolleras och utvärderas av projektledaren.

Intensiva mätkampanjer planeras separat en gång under hösten och en gång under mars. Då skall alla temperaturer registreras varannan minut liksom alla energimängder. Registreringarna sker med inhyrda skrivare kopplade till signalutgångar på energimätarna och separata anliggningsgivare för temperaturerna i ledningar och beredare.



Mätningarna startar så snart större delen av sjukhuset är taget i drift, vilket beräknas ske under sommarhalvåret 1983! Anläggningen beräknas vara intrimmad för idrifttagande redan sommaren 1982.

Mätprogrammet presenteras i bilaga 5.

Bidrag för utvärdering och mätning skall sökas hos Byggforskningsrådet.

Huvudtidplanen för sjukhusbygget anger några viktiga hålltider

Byggstart markarbeten	juni -81
Stommontering	sept-dec -81
Taktäckning	jan-febr -82
Installation undercentral	d:o
Inflyttning	mars-sept -83

För solvärmeprojektet gäller då tidsperspektiven:

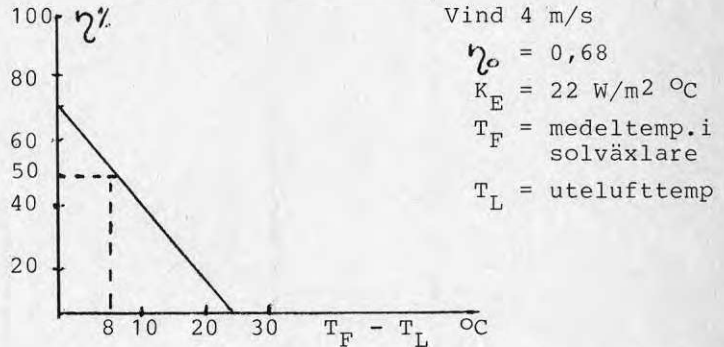
Beviljande av experimentbyggnadslån	sept -81
Projektering	okt-nov -81
Upphandling (leveranstid 4 månader)	dec -81
Montering	april-maj -82
Intrimning	juni -82
Rapport experimentbyggnadslån	aug -82
Energimätning	från mars -83
	till febr -84
Rapport utvärdering	april -84



EnergibalansräkningarAlt 1 Solväxlare + värmepump1. Karakteristiska data för solväxlaren

- o Area Alt 1.1 90 m<sup>2</sup>  
-"- 1.2 160 m<sup>2</sup>
- o Orientering 23° lutning mot söder
- o Absorbator typ Gränges Sunstrip utan täckning

Verkningsgrad som funktion av övertemperatur



- o Arbetstemperaturen i solväxlare är låg, så utgående temperatur = inkommande brinetemperatur ligger bara 1-4 °C över utelufttemperaturen
- o Brineflöde 40% propylenglykol + 60% vatten  
0,8 l/min x m<sup>2</sup> absorbator  
värmekapacitet 1,0 kWh/m<sup>3</sup> °C
- o Temperaturhöjning över solväxlaren = temperaturfall över förångaren = max 8°C vid solinstrålning 800 W/m<sup>2</sup> och  $\eta = 50\%$  (normalt 3-5°C motsvarande insamlad effekt 150-250 W/m<sup>2</sup>)
- o Solinstrålningen räknas för en medelmolnig dag i Östersund per månad under max 12 timmar maj-juli och minst 4 timmar i november

2. Karakteristiska data för värmepumpen

Typ Ahlsell Värmeeekonomi Naether NT 12 respektive 16 Se offert bilaga 4:2. Data vid dimensioneringspunkt enligt figur 10.

Alt 1.1 Alt 1.2

Dim.temperatur på inkommande brine från solväxlaren	°C	+ 5°	+ 5°
Framledningstemperatur till varmvattenberedaren	°C	+50°	+50°
Kyleffekt	kW	17,8	24

Alt 1.1 Alt 1.2

Tillsatt el till kompressor	kW	10.2	13
Värmeeffekt	kW	28	37
Tillsatt el till cirkulationspumpar	kW	0.95	1.1
Köldbärrflöde (brine)	m <sup>3</sup> /h	4.3	7.7

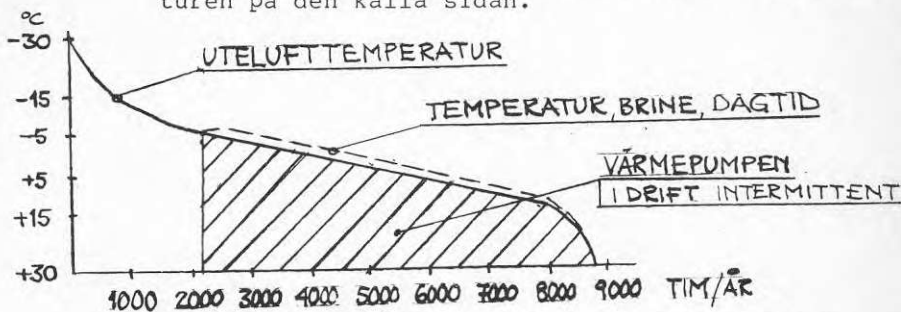
För att erhålla önskvärd varmvattentemperatur 55°C krävs alltid tillsatsenergi från fjärrvärmeväxlaren.

Det är möjligt för värmepumpen att prestera en framledningstemperatur av 55°C, men för att få bra driftsvillkor för värmepumpen har vi valt att begränsa framledningstemperaturen till 50°. Med tanke på att värmepumpen ändå bara ger 50-60% av effektbehovet under max-timmen på dygnet finns det heller ingen anledning att leverera varmare varmvatten än 50°C till varmvattenberedaren.

Inkommande brinetemperatur bör ej understiga -3°C varför värmepumpen antages fungera endast vid utelufttemperaturer högre än -5°C. I Östersund är temperaturen högre än -5°C under 270 dagar per år vilket antages motsvara tiden mars-november. Solväxlarna och värmepumpen är alltså ej i drift under tre vintermånader december-februari, som framgår av figur 9.

### 3. Energibalans \_\_\_ dagtid

Vid upprättandet av energibalansen har en passräkning gjorts så att värmepumpens kyleffekt överensstämmer med insamlad effekt i solväxlarna. Avgiven värmeenergi har satts lika med nyttiggjord energi i alt 1.1, då effektbehovet dagtid alltid överstiger värmepumpens värmeeffekt. I alt 1.2 överstiger dock värmepumpens kapacitet effektbehovet under 6 sommarmånader, varför nyttig energi då satts lika med energibehovet. Värmeförlusterna är försumbara, tack vare den låga arbetstemperaturen på den kalla sidan.



Figur 9 Varaktighetsdiagram för utelufttemperaturen i Östersund.

ENERGIBALANS-DAGTID ALT 1.1  
(månadsmedelvärden)

Månad	Uteluft- temp °C	Ink.brine- temp °C	Solinstrålning W/m <sup>2</sup>	Solväxlare 2 %	Värmepumpeffekt kyla <sup>2</sup> / kW	1/ el värme kW	Nyttigtjord värmeenergi MWh/mån	Uppoffrad elenergi <sup>3</sup> / MWh/mån
Mars	-3.5	-1.0	240	65	14.0	9.0	6.9	3.0
April	+1.5	+5.0	310	62	17.8	10.2	8.8	3.6
Maj	+7.0	+9.5	370	65	21.7	10.8	11.7	4.2
Juni	+11.4	+13.0	400	68	24.5	11.2	11.8	3.9
Juli	+14.5	+16.0	400	68	24.5	11.4	11.8	4.0
Augusti	+13.0	+14.5	350	68	21.4	11.4	10.8	4.4
September	+8.4	+10.0	250	68	15.3	10.6	8.6	3.8
Oktober	+3.0	+4.5	200	68	12.2	9.8	5.3	2.7
November	-1.4	±0	120	68	7.3	9.2	2.0	1.2
3/4 av året	+6°	-	10,5	-			77.7	30.8

1/enligt figur 10

2/=energi från solväxlarna

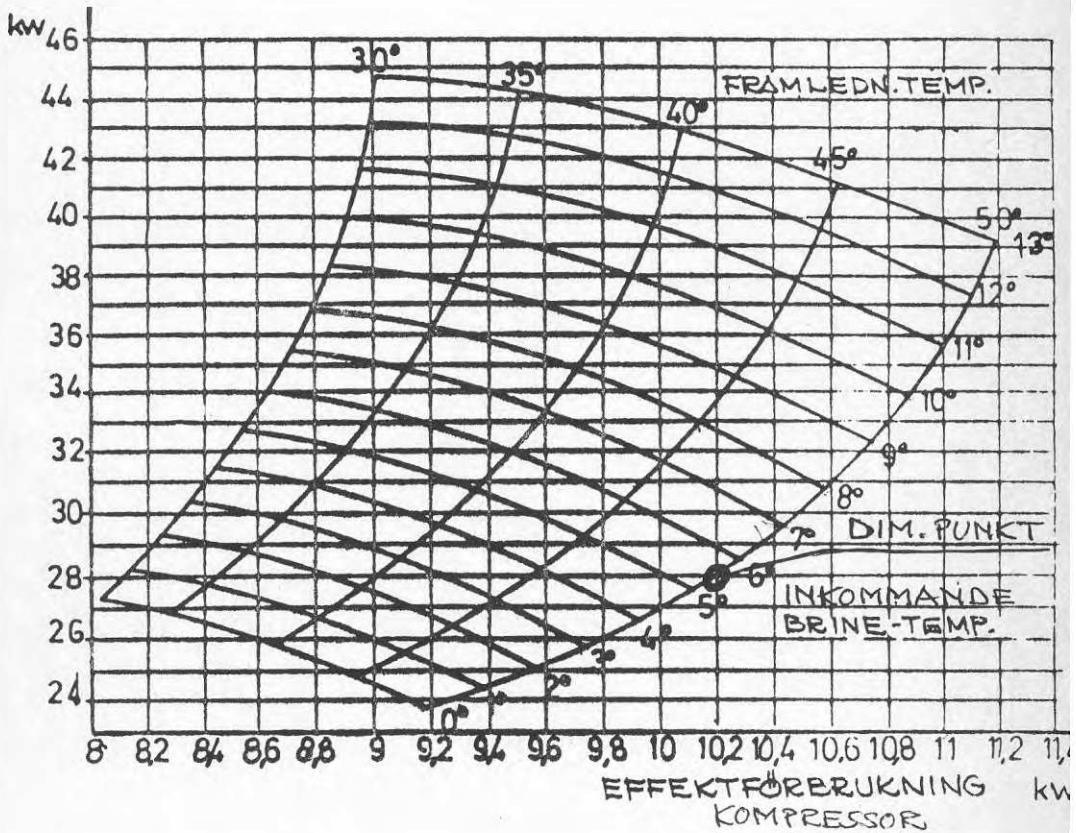
3/inklusive cirkulationspumpar á 0.95 kW

per m<sup>2</sup> solväxlare 863

Arsvärmefaktor inklusive cirkulations-  
pumpar 77.7/30.8 = 2.52

# FIGUR 10 EFFEKT-VÄRMEPUMP NAETHER TYP NT 12

UTGÅENDE  
VÄRMEEFFEKT



CIRK. PUMPEFFEKT 0.95 KW  
KÖLOMEDIUM R22



ENERGIBALANS-DAGTID ALT 1.2  
(månadsmedelvärden)

Månad	Uteluft- temp	Ink.brine- temp	Solinstrålning W/m <sup>2</sup>	Solinstrålning tim/d	Solväxlare	Värmepumpeffekt			Nyttiggjord värmeenergi	Uppoffrad elenergi <sup>2/</sup>
	°C	°C			%	kW	kW	kW 3/	MWh/mån	MWh/mån
Mars	-3.5	+0.5	240	10	0.50	19.2	11.8	31.0	9.3	3.8
April	+1.5	+6.5	310	11	0.50	24.3	13.1	37.4	11.4	4.6
Maj	+7.0	+12.0	370	12	0.50	34.3	14.1	48.4	12.6	5.4
Juni	+11.4	+14.0	400	12	0.60	38.1	14.3	52.4	12.6	5.4
Juli	+14.5	+16.0	400	12	0.68	43.5	14.5	58.0	12.6	5.5
Augusti	+13.0	+14.5	350	11	0.68	38.1	14.3	52.4	11.4	5.0
September	+8.4	+8.0	250	11	0.68	27.2	13.5	40.5	11.4	4.8
Oktober	+3.0	+4.0	200	8	0.68	21.8	12.8	34.6	8.3	3.3
November	-1.4	-2	120	4	0.68	13.0	11.0	24.0	2.9	1.4
3/4 av året	+6°	-	-	10,5	-	-	-	-	92.5	39.2

<sup>1/</sup>= energi från solväxlaren

<sup>2/</sup>inklusive cirkulationspumpar á 1.1 kW

<sup>3/</sup>värmebehovet á 35 kW överskrides.  
april-september, då sättes nyttig  
energi lika energibehovet.

per m<sup>2</sup> solväxlare

578

245

Årsvärmefaktor inklusive cirkulations-  
pumpar 92.5/39.2 = 2.36

#### 4. Energibalans-nattetid

Energibalansräkningarna ovan gäller dagtid, men absorbatörerna fungerar även nattetid och då som värmväxlare mellan uteluften och köldbäraren genom absorbatörerna. Följande data antages gälla för både alt 1.1 och 1.2:

- o Inkommande brinetemperatur till värmepump = uteluftstemperatur över  $+0^{\circ}\text{C}$ .
- o Temperaturförhöjning i solväxlare =  $4^{\circ}\text{C}$
- o Temperaturskillnad solfångare (medel) - uteluft =  $-2^{\circ}\text{C}$
- o Värmeövergång luft-absorbatörer enligt uppskattningar vid Studsvik Energiteknik AB enligt John Munck (vind 2 m/s)  $9\text{ kWh/m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C} \cdot \text{mån}$ .
- o Funktionstid = april - oktober eller 7 månader
- o Insamlad energi  $(9 \times 2 \times 7) = 126\text{ kWh/m}^2 \cdot \text{år}$
- o Värmefaktor för kompressor + pumpar medel april-oktober 2.5
- o Elförbrukning  $(126/2.5 - 1) = 84\text{ kWh/m}^2 \cdot \text{år}$
- o Avgiven värmeenergi  $(126 + 84) = 210\text{ kWh/m}^2 \cdot \text{år}$
- o All energi kan nyttiggöras i både alt 1.1 och 1.2 då den avgivna effekten nattetid är i genomsnitt 5 kW d v s lägre än behovet för varmvattenberedning nattetid som uppgår till lägst 10 kW. Värmeförlusterna är försumbara tack vare den låga arbetstemperaturen på den kalla sidan.

De totala energimängderna per månad nattetid blir räknat på hela solväxlarytan 90 respektive  $160\text{ m}^2$  från april till oktober:

	Alt 1.1	Alt 1.2
Nyttiggjord värmeenergi kWh/mån	2700	4800
Uppoffrad elenergi	-1080	-1920
Insamlad solenergi	1620	2880

#### 5. Nyttiggjord solenergi

Räknat på  $\text{m}^2$  solväxlare och år

	Alt 1			Alt 2		
	Dag	Natt	Totalt	Dag	Natt	Totalt
Nyttiggjord värmeenergi kWh/m <sup>2</sup>	863	210	1073	578	210	788
Uppoffrad elenergi kWh/m <sup>2</sup>	-344	-84	-428	-245	-84	-329
Insamlad solenergi kWh/m <sup>2</sup>	519	126	645	333	126	459

Den totala nyttiggjorda energimängden fördelar sig över året (MWh/månad)

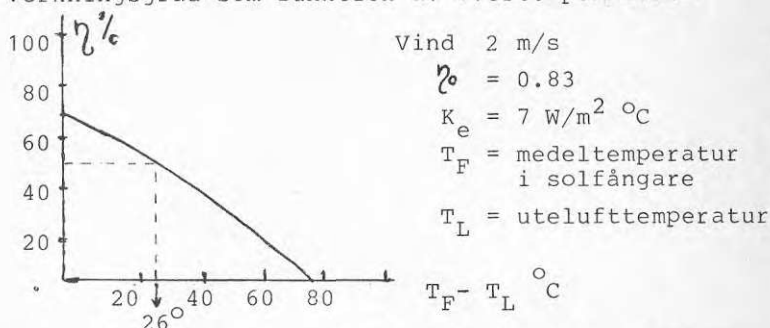
	Alt 1.1 (90 m <sup>2</sup> )			Alt 1.2 (160 m <sup>2</sup> )		
	Sol	El	Värme	Sol	El	Värme
Mars	3.6	3.0	6.9	5.5	3.8	9.3
April	6.8	4.7	11.5	9.7	6.5	16.2
Maj	9.1	5.3	14.4	10.1	7.3	17.4
Juni	9.5	5.0	14.5	10.1	7.3	17.4
Juli	9.4	5.1	14.5	10.0	7.4	17.4
Augusti	8.0	5.5	13.5	9.3	6.9	16.2
September	6.4	4.9	11.3	9.5	6.7	16.2
Oktober	4.2	3.8	8.0	8.0	5.0	13.1
November	0.8	1.2	2.0	1.5	1.4	2.9
<b>Totalt</b>	<b>58.1</b>	<b>38.5</b>	<b>96.6</b>	<b>73.5</b>	<b>52.6</b>	<b>126.1</b>

EnergibalansräkningarAlt 2 Täckta solfångare

## 1. Karakteristiska data för solfångarna

- o Area 160 m<sup>2</sup>
- o Orientering = 23° lutning mot söder
- o Täckt och isolerad absorbatortyp Gränges Sun-strip

Verkningsgrad som funktion av övertemperaturen



- o Arbetstemperaturen är hög. Vid kraftig solinstrålning 800 W/m<sup>2</sup> och normalt uttag ur ackumulatortern blir utgående temperatur från solfångaren 26° över utelufttemperaturen.
- o Vätskeflöde (lika alt 1) 40% propylenglykol + 60% vatten  
 0,8 l/min x m<sup>2</sup> absorbatort  
 Värmekapacitet 1,0 kWh/m<sup>3</sup> °C. Totalt flöde 7.7 m<sup>3</sup>/h
- o Temperaturförhöjning över solfångaren antages konstant 7°
- o Solinstrålningen räknas för en medelmolnig dag i Östersund per månad. (Lat 63°N Long 14°O)

## 2. Ackumulatordimensionering

En optimering av ackumulatortvolymen har gjorts med ovan givna förutsättningar. Ett program utvecklat av Wahlings Installationsutveckling AB [1] har använts. Reslutatet blev för en medelmolnig dag i juni:

Solfångartemperatur 22-48°  
 Ackumulatortemperatur 22-50°  
 Behov av tillsatseffekt högst 16% av behovet kl 12-15  
 Optimal volym 5 m<sup>3</sup>

## 3. Insamlad solenergi

Beräkningar med datorprogrammet SOLBERÄKNING [1] och ovan givna förutsättningar ger solinstrålning vinkelrät mot ytan (I) och insamlad solenergi (Q) per  $m^2$  för karakteristiska dagar i mars, juni och september.

	Medelmolniga dagar		Klara dagar	
	I	Q	I	Q
	kWh/m <sup>2</sup> d		kWh/m <sup>2</sup> d	
15 mars	2.5	0.7	4.0	1.4
15 juni	5.3	2.2	7.6	3.5
9 september	2.8	1.3	-	-

## 4. Nyttiggjord solenergi

Med utgångspunkt från värden på insamlad solenergi under medelmolniga i mars, juni och september har den totalt nyttiggjorda energin under året uppskattats

	Insamlad solenergi brutto, kWh/m <sup>2</sup> månad	Nyttiggjord sol- energi exkl. förluster MWh/månad
Mars	22	2.8
April	30	3.8
Maj	46	5.9
Juni	66	8.5
Juli	68	8.7
Augusti	45	5.8
September	30	3.8
Oktober	15	1.9
Nov-februari	0	0
	<hr/>	<hr/>
Totalt	322	41,2

Värmeförlusterna i ledningar och ackumulator har uppskattats till 20% och utgör skillnaden mellan insamlad och nyttiggjord solenergi.

Investeringskalkyl alt 1

SÖLVÄXLARE 90 respektive 160 m<sup>2</sup> monterade på tak enligt offert från Gränges Aluminiumteknik 1981-06-09 (bilaga 4:4)

VÄRMEPUMP NT-12 (alt 1.1) avgiven effekt installerad med styrutrustning, pumpar och varmvattenberedare enligt offerter från Ahlsell VVS 1981-07-07 (bilaga 4:5) respektive NT-16 (alt 1.2)

RÖRINSTALLATIONER inklusive isolering för kallvattenrör inomhus, armaturer, inkopplingar, glykol och intrimning har beräknats i samråd med VS-entreprenören för sjukhusbygget. Huvudsakligen dimension 50 mm inomhus. Total rör-längd alt 1.1, 160 m och alt 1.2 310 m.

	Alt 1.1	Alt 1.2
Solväxlare á 345 resp. 335:-/m <sup>2</sup>	31.000:-	54.000:-
Värmepump inköp	57.000:-	61.000:-
installation	5.000:-	5.000:-
Rördragning	26.000:-	50.000:-
Armaturer	6.000:-	11.000:-
Inkoppling solfångare, glykol, intrimning	7.000:-	9.000:-
	<hr/>	<hr/>
	132.000:-	190.000:-
Avgår del av nuvarande taktäckning	-9.000:-	-16.000:-
Oförutsett 10%	13.000:-	19.000:-
	<hr/>	<hr/>
	136.000:-	193.000:-
Moms 12.87%	17.000:-	25.000:-
Projektering	17.000:-	22.000:-
	<hr/>	<hr/>
Total investering	170.000:-	240.000:-

Investeringskalkyl alt 2

SOLFÅNGARE 160 m<sup>2</sup> i täckta isolerade lådkonstruktioner monterade på tak enligt offert från Gränges Aluminiumteknik 1981-06-24.

ACKUMULATOR 5 m<sup>3</sup> isolerad och fritt levererad arbetsplatsen enligt offerter från Passat Produktion AB och AGA-CTC Värmeväxlare AB maj respektive mars 1981

STYRSYSTEM komplett monterat och intrimmat enligt offert från Billman Regulator AB maj -81

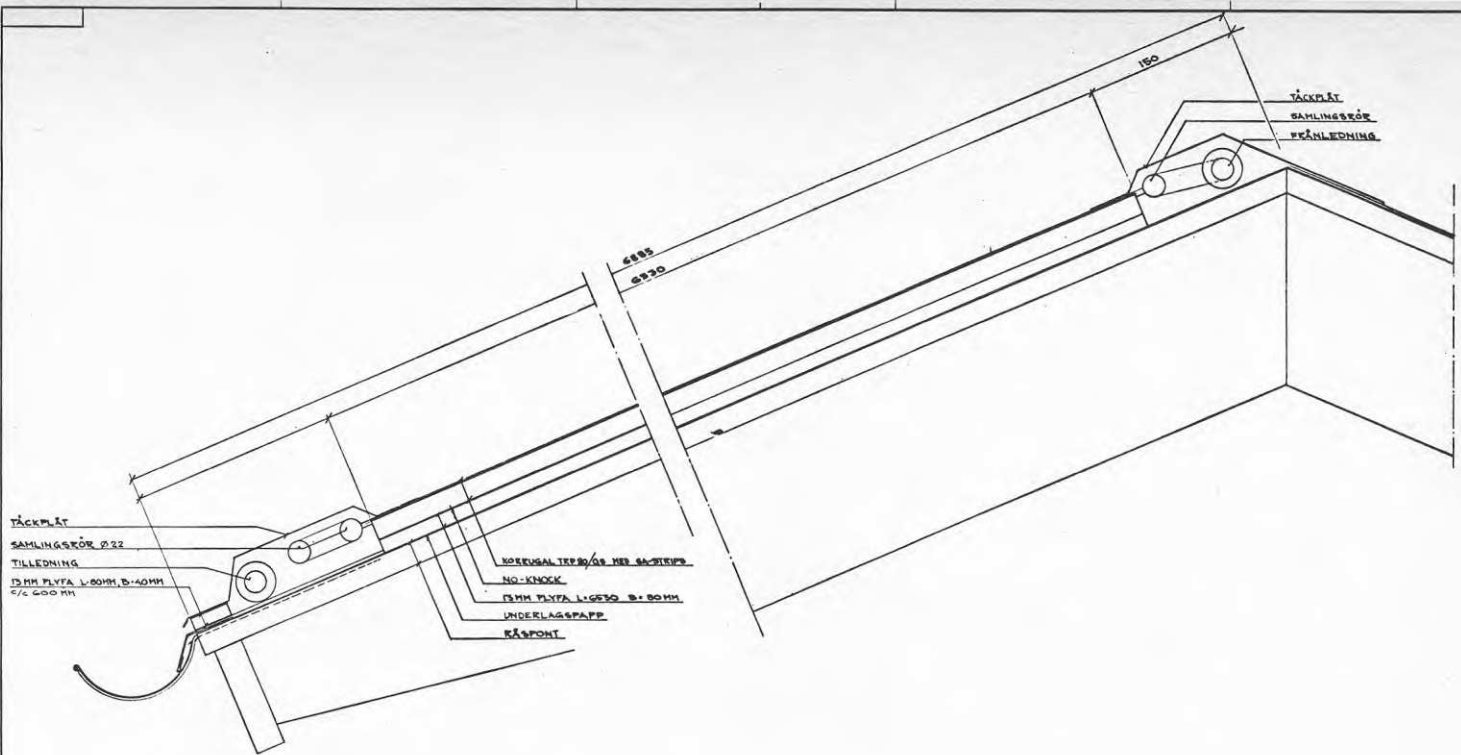
RÖRINSTALLATIONER inklusive isolering av varmvattentrör inom- och utomhus, armaturer, inkopplingar, glykol och intrimning har beräknats i samråd med VS-entreprenören för sjukhusbygget. Huvudsakligen dimension 50 mm inomhus. Total rörlängd 310 m.

Solfångare 555:-/m <sup>2</sup>	89.000:-
Ackumulator	42.000:-
Styr, cirkulationspump	16.000:-
Rördragning	59.000:-
Armaturer	11.000:-
Inkoppling solfångare, glykol, intrimning	9.000:-
	<hr/>
	226.000:-
Avgår nuvarande taktäckning	-16.000:-
Oförutsett 10%	23.000:-
	<hr/>
	233.000:-
Moms 12,87%	30.000:-
Projektering	22.000:-
	<hr/>
Total investering	285.000:-









TÄCKPLÅT  
 SAMLINGSRÖR Ø32  
 FÖRLEDNING  
 12MM TÄVLA I GEBÖ B=40MM  
 5/6 500 MM

KORUSALTEPÅS  
 NO-KNOCK  
 12MM TÄVLA I GEBÖ B=40MM  
 UNDERLAGSPAPP  
 RÄSPONT

SEKTION ALT 2  
 12

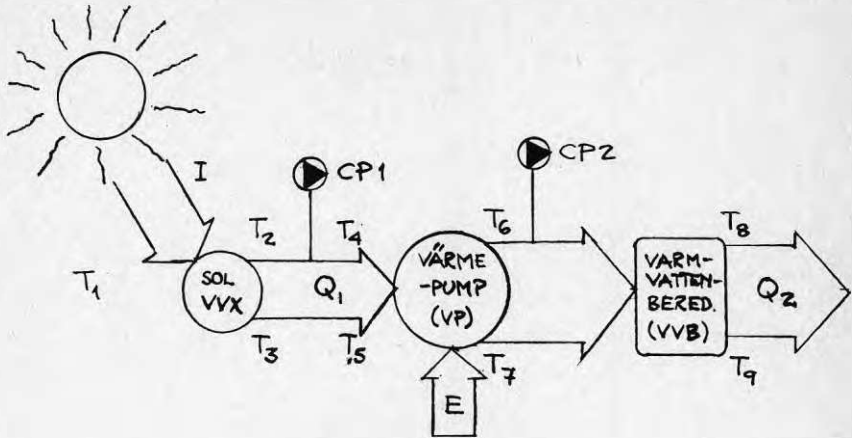
PLAN SE RITN. - 110a

Biaga 4:4

1:100  
 1:50  
 1:20  
 1:10  
 1:5  
 1:2  
 1:1

PROJ	AVTAL	REVIDERINGS AVSEEN	SKALA	DATUM
<b>GRÄNGES ALUMINIUM</b> ALLUMINIUMFÄSTEN <small>6 FÖR 80 SERIER, TELEFON 041-288 80 10</small>				
PROJEKT	JÄMTLANDS LÄNS LÄNDSKING'S KRÖKONS SJUNHUS HUS B/C			
ADRESS	SOLFANGARE SEKTION ALT.2 TÄCKTA			
BYTTA ANORDNING	SOLFANGARE SEKTION ALT.2 TÄCKTA			

## MÄTPROGRAM



Figur 11 Energiflöden - mätprogram

1 Mätpunkter

Intervall

Noggrannhet

Energi

Sort

I	Solinstrålning	0-1 kWh/m <sup>2</sup>	5%
Q <sub>1</sub>	Från solväxlare	0-40 kWh/h	5%
Q <sub>2</sub>	Varmvatten	0-60 kWh/h	5%
E	el till VP, CP1 och CP2	0-13 kWh/h	5%

Temperatur

T <sub>1</sub>	Uteluft	-40 → +40 °C	1°
T <sub>2</sub>	Utgående solväxlare	-3 → +50 °C	1°
T <sub>3</sub>	Ingående solväxlare	-10 → +50 °C	1°
T <sub>4</sub>	Ingående förångare	-3 → +23 °C	1°
T <sub>5</sub>	Utgående förångare	-10 → +23 °C	1°
T <sub>6</sub>	Utgående kondensor	10 → 50 °C	1°
T <sub>7</sub>	Ingående kondensor	5 → 50 °C	1°
T <sub>8</sub>	Varmvatten	5 → 50 °C	1°
T <sub>9</sub>	Kallvatten	0 → 15 °C	1°

<u>Avläsning</u>	<u>Intervall</u>	<u>Parametrar</u>
Manuell	1 gång per arbetsdag	$Q_1, Q_2$ och $E$ $T_1 - T_9$
Automatisk	1 vecka i augusti och 1 vecka i mars	$I, Q_1, Q_2, E$ (1 streck/kWh) $T_1 - T_9$ (1g/2 min)

## 2. Kostnader

För mätning och utvärdering krävs följande insatser

- a/ Inköp och installation av 2 energimätare
- b/ D:o elmätare
- c/ Korttidshyra anliggningsgivare 9 st med kabel
- d/ Korttidshyra av 1 st 6-kanalig händelseskivare
- e/ Korttidshyra av 1 st 10-kanalig punktskrivare
- f/ Besök på platsen under installationsskedet
- g/ Utarbetande och insamling av mät- och tillsynsprotokoll, kontakt med fastighetsskötaren
- h/ Installation av hyrd utrustning
- i/ Daglig tillsyn under de intensiva mätkampanjerna
- j/ Analys av dagboksanteckningar
- k/ Analys av mätdata
- l/ Sammanställning och dokumentation

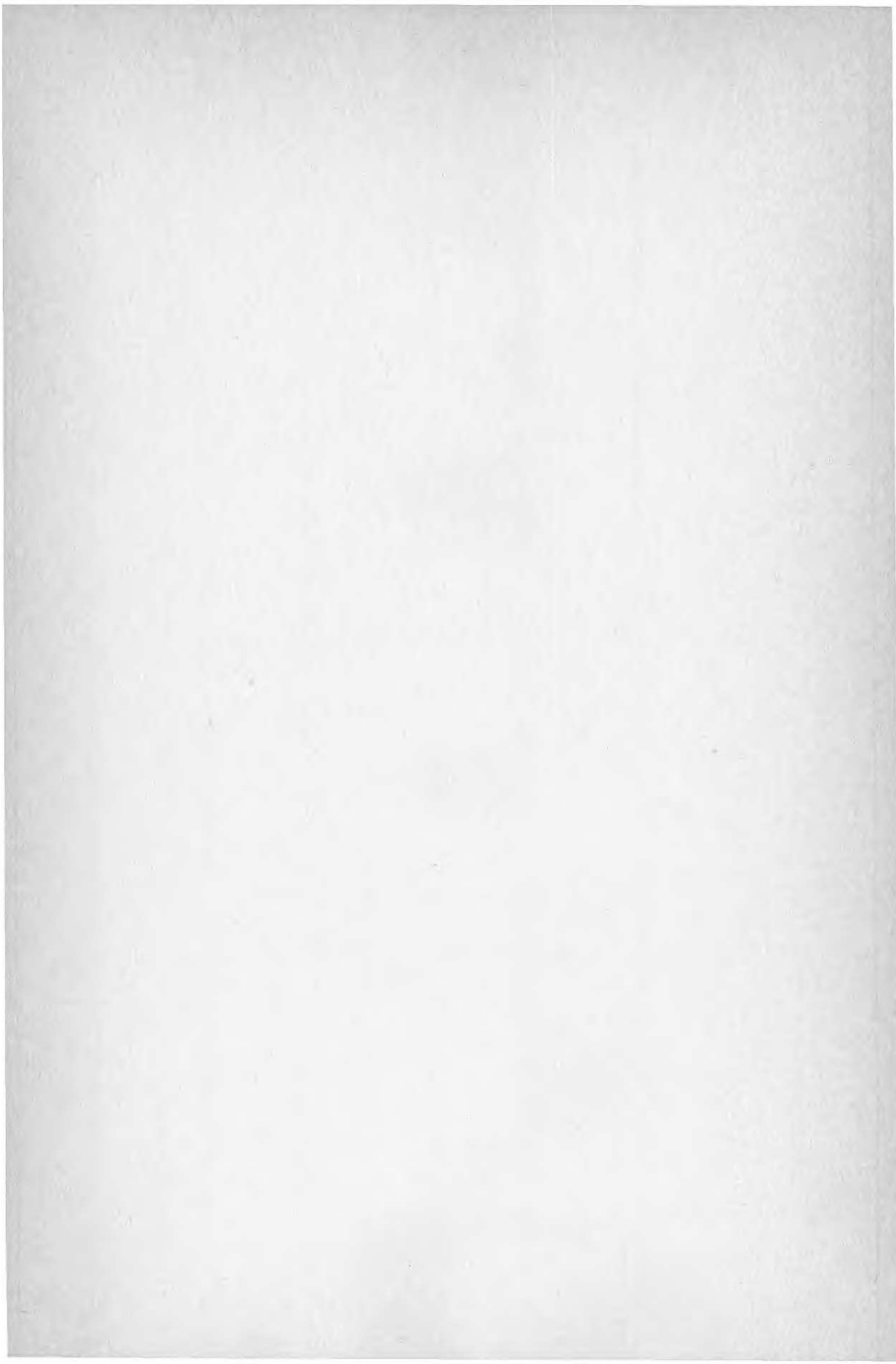
Kostnaderna uppskattas i samband med ansökan om bidrag från Byggforskningsrådet.

## LITTERATUR

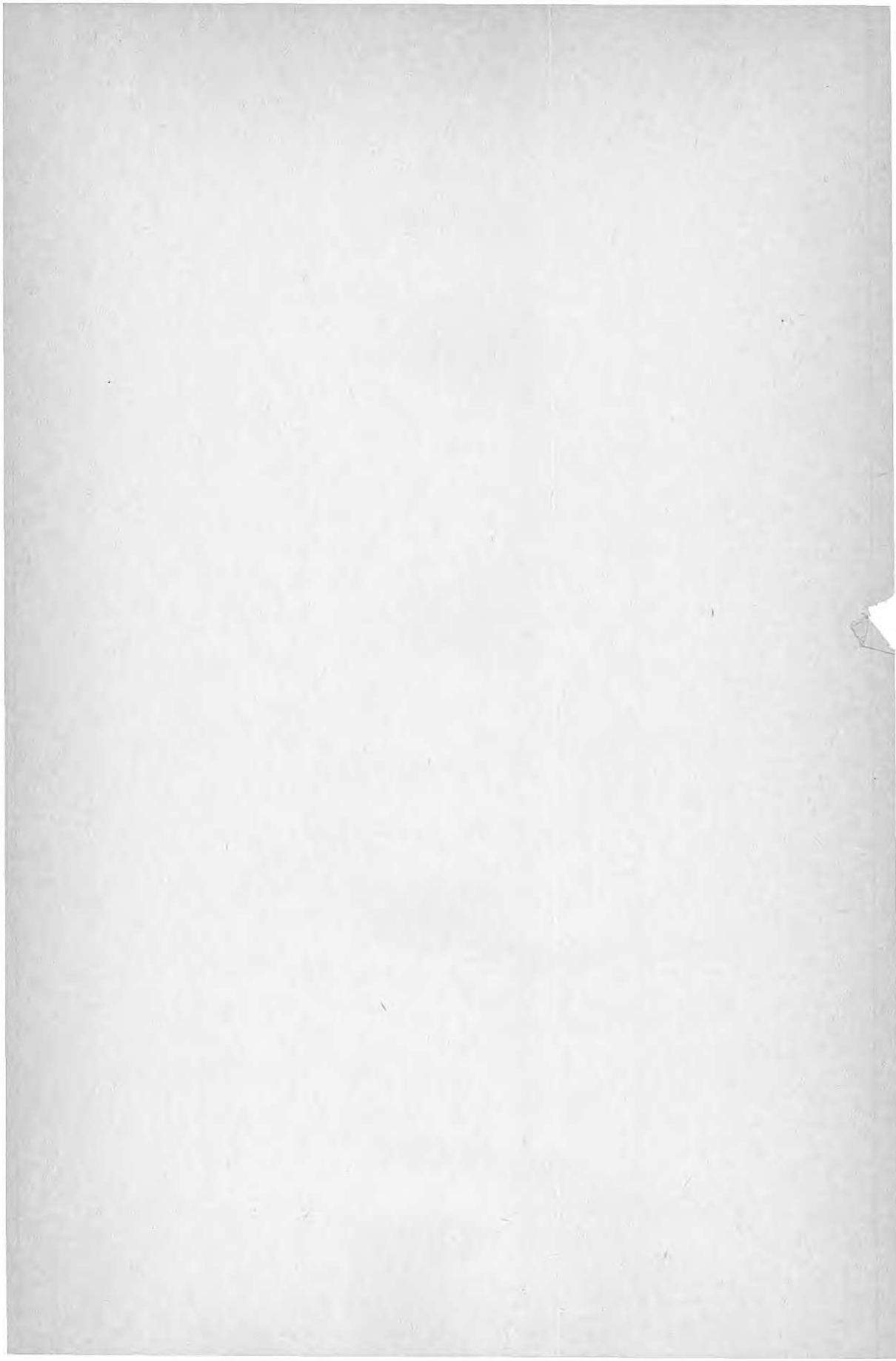
- 1 L.Berndtsson mfl, Solvärmesystem för tappvarmvatten vid nyproduktion av sjukvårdsbyggnader, Förstudie, R 140:1980 (Statens Råd för Byggnadsforskning)
- 2 Göran Hultmark, Sunclay-projektet, Förprojekttering av Lindälvsskolan i Kungsbacka, R 38:1980 (Statens Råd för Byggnadsforskning)
- 3 Gösta Eléhn, Solvärmesystem och ytjordvärme, utvärdering av en installation för ett småhus i Östersund, R 71:1981 (Statens Råd för Byggnadsforskning)
- 4 VVS-tabeller och diagram, VVS 1974, Stockholm



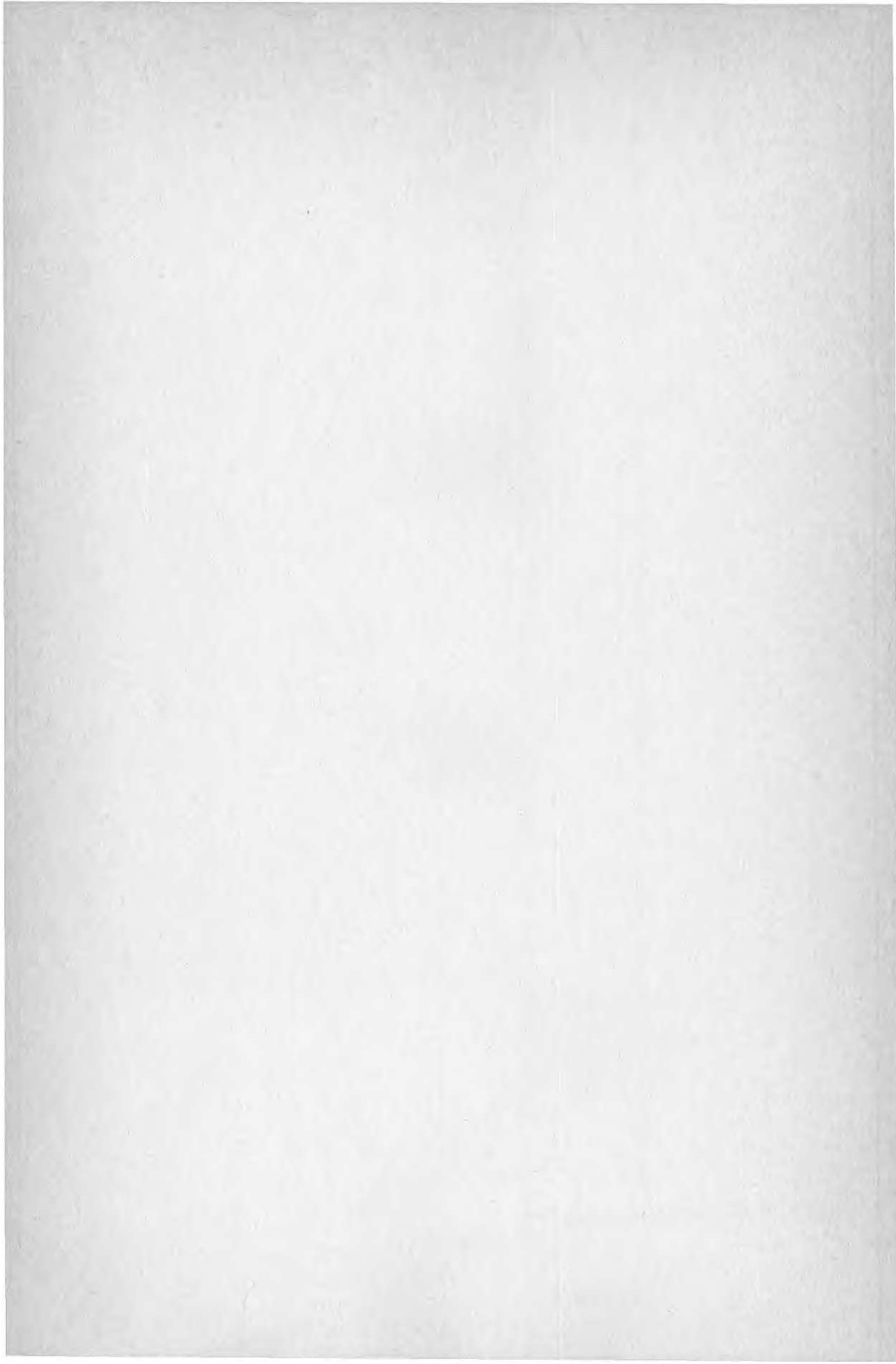














**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag  
810438-8 från Statens råd för byggnadsforskning  
till Grapenfelt Installationskonsult AB, Östersund.**

**R134: 1981**

**ISBN 91-540-3606-2**

**Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm**

**Art.nr: 6700434**

**Abonnemangsgrupp:  
W. Installationer**

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

**Cirkapris: 25 kr exkl moms**