



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.



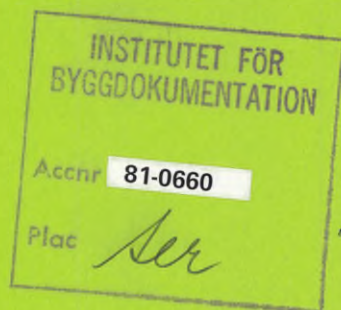
**Rapport**

**R41:1981**

**Solvärmt tappvatten för  
renhållningsstation i Göteborg**

**Förstudie**

**Lars Olof Matsson**



**Byggforskningsrådet**

R41:1981

SÖLVÄRMT TAPPVATTEN FÖR RENHÅLLNINGSTATION  
I GÖTEBORG  
Förstudie

Lars Olof Matsson

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 800444-2  
från Statens råd för byggnadsforskning till Göteborgs  
fastighetskontor, husbyggnadsavdelningen, Göteborg

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

R41:1981

ISBN 91-540-3494-9

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

LiberTryck Stockholm 1981 152371

## INNEHÅLL

SAMMANFATTNING.....	5
1 ORIENTERING.....	6
2 MÅLSÄTTNING.....	8
3 GEOGRAFISKA OCH METEOROLOGISKA FÖRUTSÄTTNINGAR.....	9
4 SYSTEM.....	10
5 PLACERING AV SOLFÅNGARE.....	12
6 VAL AV SOLFÅNGARE.....	13
7 SOLFÅNGARYTA OCH SYSTEM.....	15
8 LAGERSTORLEK.....	16
9 SOLVÄRMESYSTEMET I GULLBERGSVASS.....	18
10 LÖNSAMHETSBERÄKNING.....	20



## SAMMANFATTNING

På uppdrag av Göteborgs Fastighetskontor har Hugo Theorells Ingenjörbyrå AB, Göteborg utrett möjligheterna och kostnaderna för solvärmde tappvatten vid den planerade renhållningsstationen i Gullbergsvass.

De instrålningsmässiga förhållandena i Gullbergsvass är goda då ingen skymmande begyggelse finns i närheten trots innerstadsläget.

På grund av verksamhetens art vid renhållningsstationen, måste takytor användas för placering av solfångare. Takyterna är emellertid mycket stora, varför detta inte utgör någon begränsning.

En jämförelse mellan tillgängliga solfångare visade att typen SolaRoll hade de gynnsammaste egenskaperna tekniskt och ekonomiskt.

Solfångarytan beräknades till  $400 \text{ m}^2$ . Detta skulle ge ett energibidrag på 119 MWh/år eller  $298 \text{ kWh/m}^2$ , år.

Relativa investeringskostnaden är 1.29 kr/årlig kWh.

Anläggningen visar ekonomisk lönsamhet vid 10 % kalkylränta och 14 års livslängd.

Om en prishöjning utöver inflation förutsätts för konventionell energi, är lönsamheten ännu bättre.

## 1 ORIENTERING

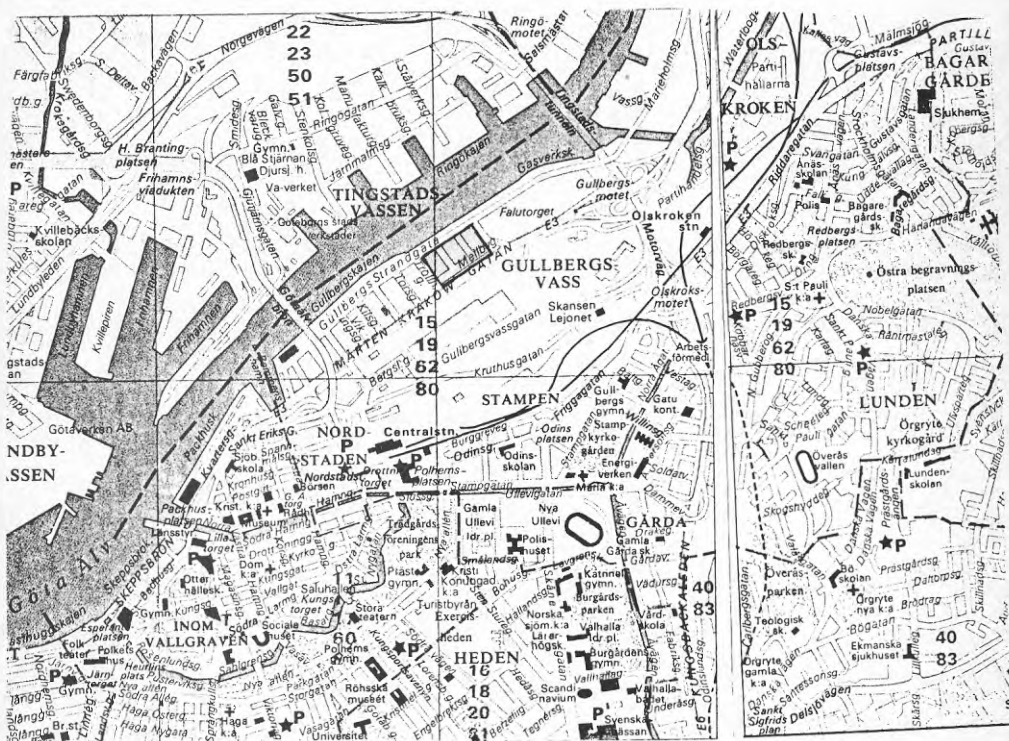
Göteborgs fastighetskontor projekterar för närvarande, hösten 1980, en central renhållningsstation för renhållningsverket i Gullbergsvass, Göteborg, se figur 1.

Renhållningsstationens planerade utseende framgår av figur 2. I tabell anges de olika byggnadernas ytor.

Tabell 1. Våningsytor

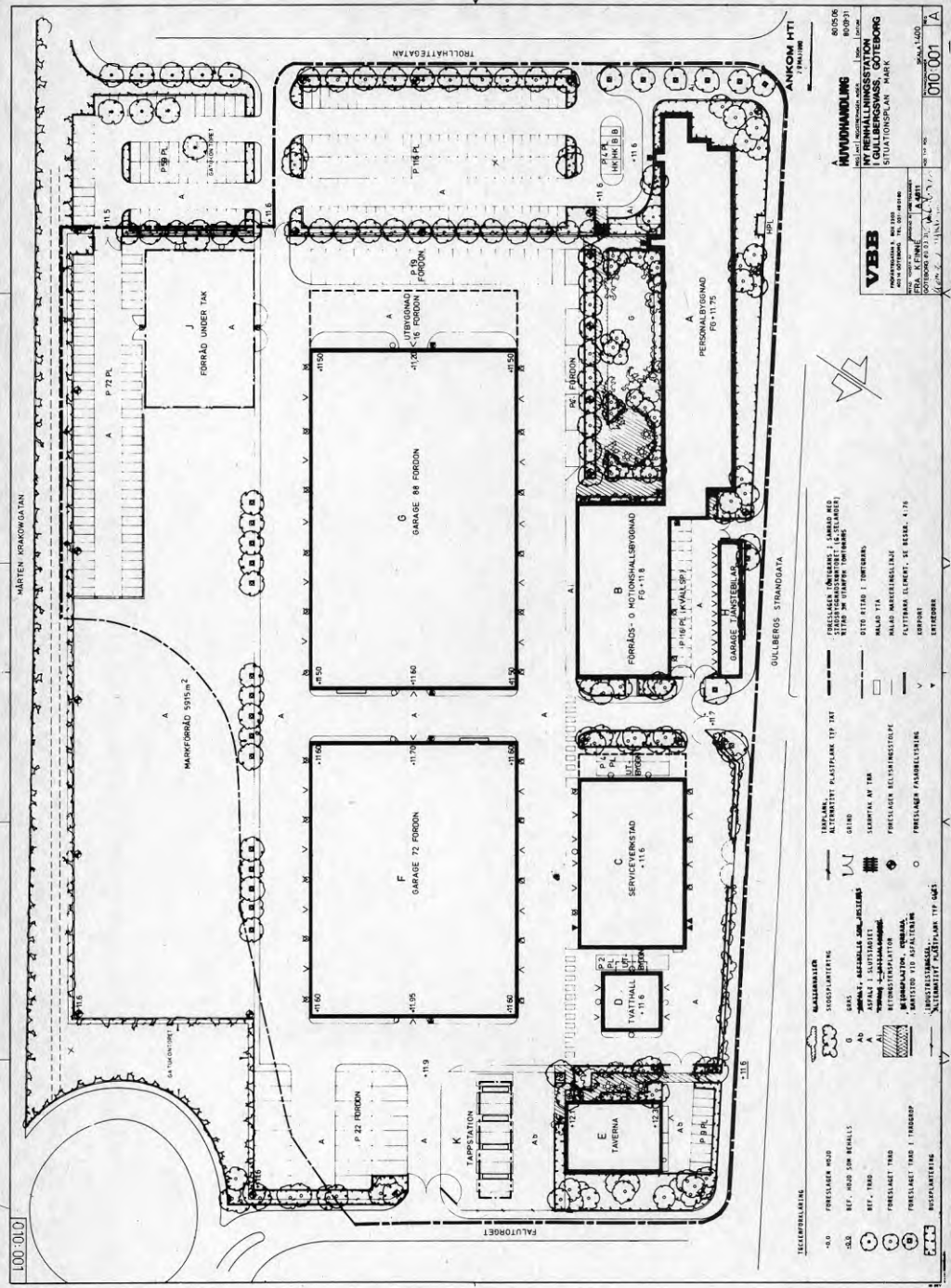
Personalbyggnad (inneholder bl.a. omklädnings- utrymmen för renhållningsarbetare)	6.400 m <sup>2</sup>
Förråds- och motionshallsbyggnad	2.000 m <sup>2</sup>
Garagebyggnader	7.800 m <sup>2</sup>
Serviceverkstad	1.200 m <sup>2</sup>
Tvättthall	250 m <sup>2</sup>
Tjänstebilsgarage	200 m <sup>2</sup>

Antalet renhållningsarbetare blir ca 280 och antalet sopfordon 160.



Figur 1. Karta över Göteborg





Figur 2. Renhållningsstation i Gullbergsvass

## 2 MÅLSÄTTNING

Denna förstudie har som målsättning att utreda de tekniska och ekonomiska förutsättningarna för solvärmning av tappvarmvatten till renhållningsstationen. Tappvarmvattenförbrukningen uppgår till ca 30.000 l/dygn vid en temperatur på 40°C och utgörs huvudsakligen av dusch- och tvättvatten för renhållningsarbetarna.

## 3 GEOGRAFISKA OCH METEOROLOGISKA FÖRUTSÄTTNINGAR

Renhållningsstationen är belägen i stadsdelen Gullbergsvass i Göteborgs innerstad. Den gränsar i nordost till Faultorget, i sydost till Märten Krakowgatan, i sydväst till Trollhättegatan och i nordväst till Gullbergs Strandgata, som på andra sidan har Göta älv, se figur 2.

Trots stationens innerstadsläge är de geografiska förutsättningarna för solstrålningsmottagning goda.

Detta beror på att avståndet till skymmande bebyggelse är långt, då dels renhållningsstationens tomt är stor och dels tomten gränsar till en större trafikled.

Horisontavskärmningen är således liten och utgör inget hinder för solvärmeanläggningens placering.

Solinstrålningsdata och utomhustemperaturer framgår av tabell 2.

Tabell 2. Solinstrålningsdata och utomhustemperaturer. Längtidsmedelvärden för Torslanda

	Solinstrålning (Kwh/m <sup>2</sup> , månad)			Utomhus- temperatur
	Mot horison- tell yta	Sydost- fasad	Sydväst- fasad	°C
Januari	11,1	22,2	19,4	- 1,0
Februari	27,8	44,4	38,9	- 1,0
Mars	69,4	83,3	77,8	1,0
April	111,1	95,4	94,4	6,0
Maj	152,8	102,8	108,3	12,0
Juni	180,6	111,1	116,7	15,0
Juli	166,7	108,3	113,9	18,0
Augusti	138,9	101,1	111,1	17,0
September	83,3	86,1	83,3	13,0
Oktober	41,7	55,6	52,8	9,0
November	13,9	30,6	25,0	5,0
December	8,3	22,2	19,4	2,0
År	1002,8	866,7	861,1	

Användbarheten av solstrålningsvärden för Torslanda vid solvärmeberäkningar för Göteborgs centrum kan ifrågasättas. Strålningsvärden för en representativare punkt än Torslanda kan dock inte stått till förfogande. Torslandavärden torde ge ogynnsammare resultat än värden för den rätta platsen, varför dessa har använts utan justeringar.

## 4 SYSTEM

Renhållningsstationen kommer att anslutas till fjärrvärme, vidare kommer en återvinningsanläggning att installeras, som utnyttjar värmen i avloppsvattnet från duschar och tvättrännor för att värma inkommande förbrukningsvattnet. Solvärmeanläggningens uppgift är att värma tappvarmvattnet från 19°C till önskat 40°C.

Förbrukningen av varmvatten är inte konstant utan koncentreras till ett par tillfällen under dagen. För att effektivt utnyttja solvärmeanläggningen måste därför systemet vara försett med ett värmelager.

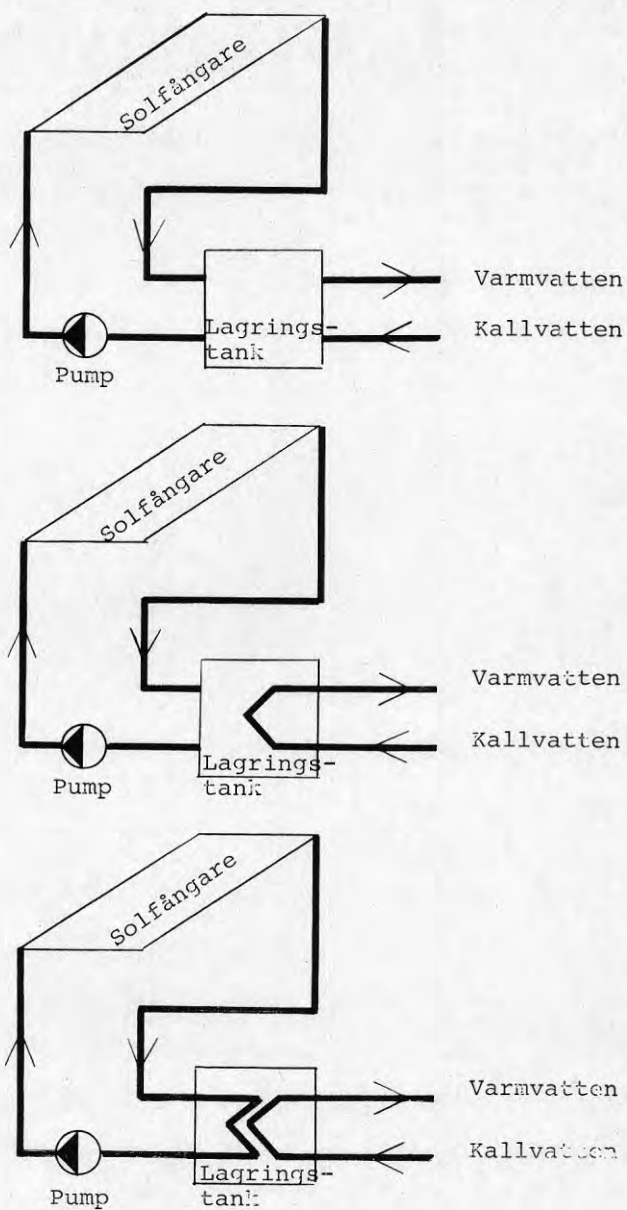
Man kan tänka sig att lagra varmt förbrukningsvatten men på grund av vattnets syrehalt måste då lagringsbehållare utföras i koppar- eller rostfri plåt, vilket blir dyrt, speciellt som tanken även måste vara konstruerad för ledningstrycket.

Det visar sig ofta vara bättre och billigare att lagra värmen i en sluten vattenvolym. Värmning av förbrukningsvatten sker då i en värmeväxlare. Man har då ett friare materialval eftersom vattnet varken är korrosivt eller trycksatt.

De flesta solfångare tål inte att vattnet i dem fryser. Även om de är dränerade kan vattensamlingar finnas som i olyckliga fall kan skada solfångarna vid frysning. För att förhindra sönderfrysning brukar vattnet i solfångarkretsen förses med frysskydd i form av radiatorglykol eller ev etylalkohol (rödsprit). Om samma vatten används i lagringstanken och solfångarna erfordras ofta en mycket stor tillsats av frysskyddsmedel. Detta är i allmänhet dyrt, varför man brukar separera lagrings- och solfångarkretsarna med en värmeväxlare. Man har alltså tre kretsar, en förbrukningsvattenkrets, en lagringskrets och en solfångarkrets.

Om solfångarna tål frysning kan samma krets användas för solfångarna som för lagring.

De tre principerna visas i figur 3.



Figur 3. Kopplingsprinciper. A. Direktsystem.  
 B. System med en värmväxlare.  
 C. System med två värmväxlare.

## 5 PLACERING AV SOLFÅNGARE

Samtliga takytor på renhållningsstationen kan användas för placering av solfångare.

På grund av undercentralens placering bör dock taket till förråds- och motionshallsbyggnaden i första hand komma ifråga. Denna takyta är 1020 m<sup>2</sup>. Av detta avgår för takbrunnar, luckor, ventilation och gångytor ca 200 m<sup>2</sup> varför tillgänglig takyta uppskattas till 800 m<sup>2</sup>. Taket är i det närmaste plant och solfångarna kan således placeras antingen plant eller lutande på stativ.

Om denna takyta av någon anledning inte kan utnyttjas kan solfångarna placeras på något av garagens tak.

## 6 VAL AV SOLFÅNGARE

Två typer av solfångare kan komma ifråga för denna anläggning, dels oglasade av plast eller gummi och dels glasade av metall. De oglasade solfångarna kan med fördel placeras plant medan de glasade erfordrar stativplacering.

Den svenska solfångarmarknaden har inventerats varvid 3 st oglasade och 13 st enkelglasade solfångare har hittats. Med tekniska uppgifter från solfångarna har dessa jämförts. I tabell 3 redovisas några av dessa data.

Den enda av dessa 16 solfångare som tål frysning är SolaRoll, de övriga fordrar frysskyddsmedel i solfångarkretsen.

Energiutbytet från solfångarna har beräknats med hjälp av datorprogrammet Fchart, version 3.0. De oglasade solfångarna har därvid antagits ligga plant och de glasade luta 45° mot sydost. Lagringsvolymen har satts till 75 liter per m<sup>2</sup> solfångaryta.

Tabell 3. Solfångardata

Fabrikat	Material	Mått BxL mm	Verkningsgrads- kurva max	Glas antal	Pris/m <sup>2</sup> exkl moms	
SolaRoll USA	EDDM gummi	111.5x 185000	0,75	6,40	0	253:-
Robinson England	Poly propylen	1200x 3000	0,88	30,00	0	150:-
Gränges Aluminium Sverige	Aluminium- koppar				0	
Fafco USA	Poly- olefin	1310x 3050	0,75	21,43	0	237:-
Lordan Israel	Koppar- aluminium	1070x	0,85	6,63	1	694:-
Lennox USA	Koppar- stål	911x 1824			1	1.600:-
ÖVAB Sverige	Stål	1070x 2020				
ESVEKA Sverige	Stål	1000x 2000			1	539:-
YAZAKI Japan	Rostfritt stål	1002x 2002	0,80	5,67	1	1.000:-
METRO Danmark	Emalj stål	855x 1275			1	700:-
Fläkt Sverige	Koppar	1040x 2040	0,75	5,45	1	850:-
Nyby Sverige	Rostfritt stål	599x 2000	0,72	4,40	1	700:-

TeknoTerm Sverige	Stål	500x 2000	0,74	7,68	1	710:-
JOCO V-tyskland	Rostfritt stål aluminium	1300x 2000			1	1.300:-
Solarec USA	Koppar-aluminium	1000x 2000			1	700:-
Göta-verken Sverige						

Resultatet av jämförelse redovisas i tabell 4.  
I prisuppgifterna har en stativkostnad på 450:- kr/m<sup>2</sup> för de glasade solfångarna lagts till.

Tabell 4. Jämförelse av solfångare

Fabrikat	Infångad energi kWh/m <sup>2</sup> , år	Kostnad kr/kWh, år	Relativ kostnad
SolaRoll	274	0,92	1,01
Robinson	276	0,91	1,00
Fafco	250	0,95	1,04
Lordan	364	3,02	3,32
Lennox			
Övab			
ESVEKA			
YAZAKI	368	3,94	4,33
METRO			
Fläkt	350	3,71	4,08
Nyby	368	3,13	3,44
TeknoTerm	286	4,06	4,46
JOCO			
AR-COMB			
SOLAREC			

Av tabell 4 framgår klart att de oglasade solfångarna ger en avsevärt lägre energikostnad än de glasade. Särskilt intressant är SolaRoll då den tål frysning och således inte erfordrar något frysskydd. Detta ger lägre installations- och driftskostnader. Vi inriktar därför fortsättningen av förstudien på denna solfångare.

Fotnot: I tabell 3 och 4 saknas en del värden. Detta beror på att tillverkaren/leverantören inte velat eller kunnat uppge dem. Solfångarna har ändå tagits med för fullständighetens skull.



## 7 SOLFÅNGARYTA OCH SYSTEM

Vid dimensioneringen av solfångarna har målsättningen varit att hela värmebehovet skall täckas under juni och juli. Dimensioneringen har skett med datorprogrammet Fchart version 3.0. Resultatet framgår av tabell 5.

Tabell 5. Solfångarutbyte vid olika ytor

Solfångaryta m <sup>2</sup>	Utbyte i % av behov								Utbyte i kWh/m <sup>2</sup> , år
	mars	april	maj	juni	juli	aug	sept	okt	
200	8,1	17,5	35,7	42,9	40,0	34,2	14,6	6,3	372
300	10,9	23,6	47,6	56,5	53,5	41,7	20,1	8,6	333
400	13,3	28,5	56,6	66,2	63,5	55,7	24,6	10,6	298
500	15,7	32,7	63,8	74,6	72,3	63,4	28,9	12,7	263
600	17,8	36,1	67,0	78,3	76,4	67,0	32,5	14,6	230
700	19,7	38,8	72,0	84,1	82,1	73,0	35,4	16,3	202
800	21,4	40,6	75,3	88,0	85,9	77,9	37,8	17,9	180
900	22,7	42,1	78,1	91,3	89,1	82,0	39,8	19,4	163
1000	24,0	43,1	80,0	93,5	91,2	85,1	41,3	20,6	148

Årsutbytet per m<sup>2</sup> från solfångarna sjunker vid ökande yta. Detta beror på att medeltemperaturen ökar i solfångarna, vilket leder till större förluster.

## 8 LAGERSTORLEK

Årsutbytet från en solvärmeanläggning ökar om lagringsvolymen görs större. Val av lagringsvolym måste därför baseras på en jämförelse mellan kostnaden för lagret och intäckterna för solenergin. En sådan jämförelse har genomförts i denna förstudie.

Årsutbytet från 400 m<sup>2</sup> solfångare av den föreslagna typen har beräknats vid olika lagervolymer. Resultatet redovisas i tabell 6. Beräkningarna har gjorts med datorprogrammet Fchart.

Tabell 6. Årsutbyte vid olika lagervolymer. 400 m<sup>2</sup> solfångare.

Lagervolym (m <sup>3</sup> )	Årsutbyte (kWh)
15.1	119100
19.1	121900
23.9	124200
28.7	125700
38.3	128200

Kostnaden för lagertankar har antagits följande sambandet

$$1.48 - 0.012 (x - 20) \text{ kkr/m}^3$$

där  $x$  är lagervolymen (m<sup>3</sup>) vilket innebär att en 20 m<sup>3</sup> tank kostar 29.8 kkr och en 40 m<sup>3</sup> tank kostar 50.0 kkr.

Om nu energivärdet sätts till 20 öre/kWh kan en jämförelse göras vid olika annuiteter enligt följande:

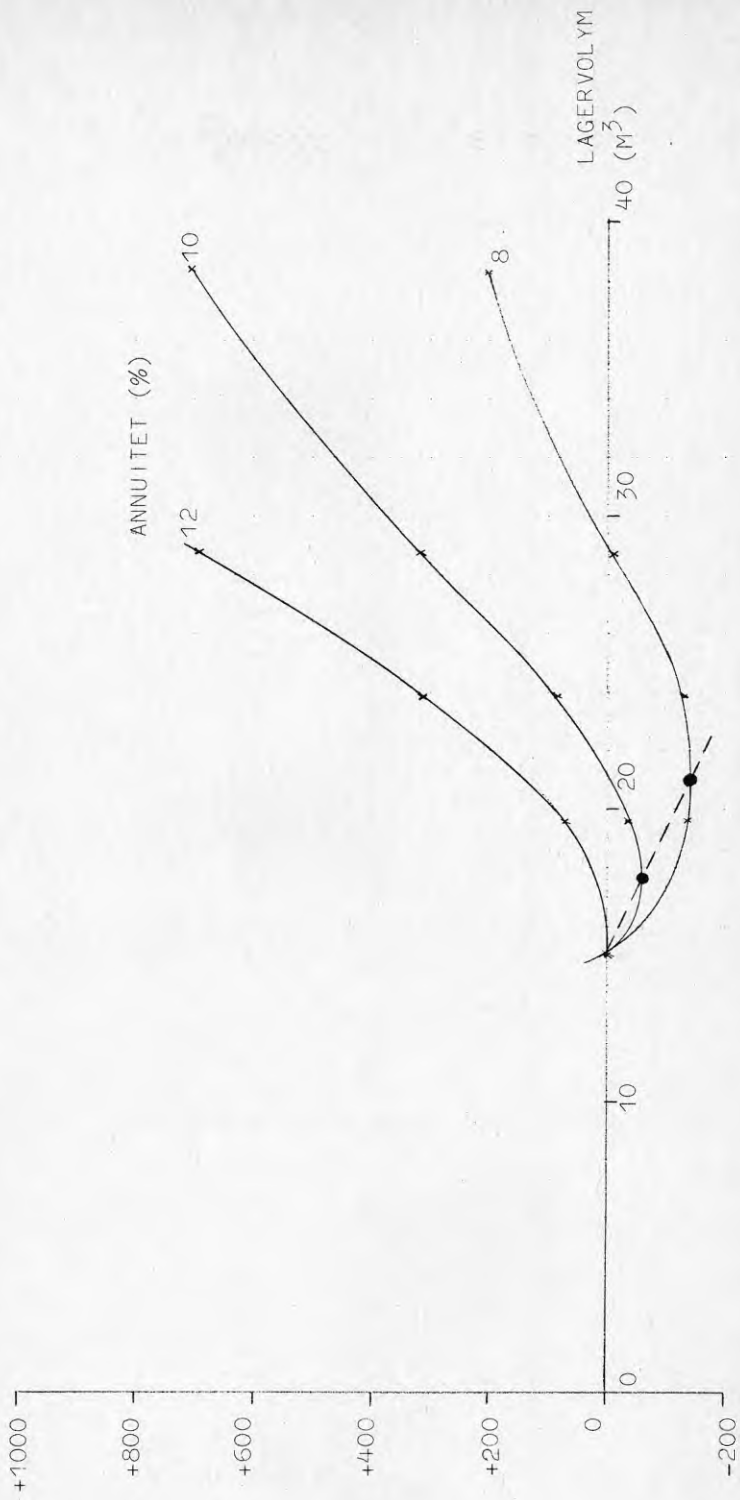
Årsutbyte  $\times$  energivärde - lagerkostnad  $\times$  annuitet.

15.0 m<sup>3</sup> har valts som basalalternativ och de övriga volymernas mer- resp. mindre kostnader har beräknats vid annuiteterna 8,10 och 12 %.

Resultatet redovisas i figur 4.

Det visar sig att den optimala lagerstorleken ökar vid minskande annuitet och att den är större än 15 m<sup>3</sup> vid annuiteter under ca 12 %. Vid annuiteter över 12% blir den optimala lagerstorleken mindre än 15 m<sup>3</sup>.

KOSTNADSDIFFERENS (KR)



## 9 SOLVÄRMESYSTEMET I GULLBERGSSVASS

I det värmesystem som projekterats vid Gullbergsvass renhållningsstation ingår 2 st lagringstankar om 15 m<sup>3</sup> vardera för tappvarmvatten. En av dessa skulle kunna utnyttjas som värmelager i solvärmesystemet. Den extrakostnad som solvärmeanläggningen föranleder, kan i så fall begränsas till kostnaderna för solfångarna, en värmeväxlare, en pump, ventiler, reglersystem och rörledning.

Inkopplingen framgår av figur 5.

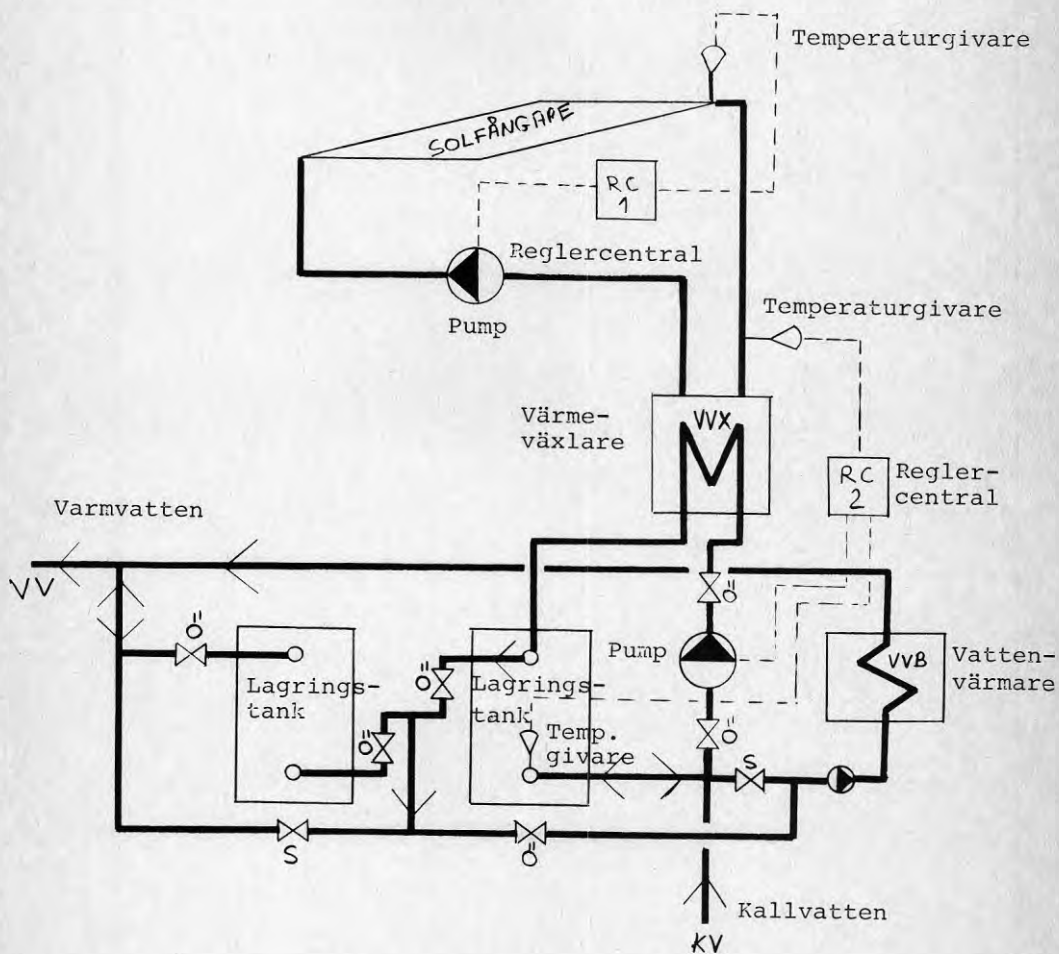
Tabell 7. Data för vald solvärmeanläggning

Solfångaryta	400 m <sup>2</sup>
Lagervolym	15,0 m <sup>3</sup>
Årsenergiutbyte	119100 kWh

## Månadsfördelning

Månad	Energi kWh	kWh/m <sup>2</sup>
Januari	0	0
Februari	0	0
Mars	4814	12
April	14726	37
Maj	19257	48
Juni	20802	52
Juli	21147	53
Augusti	19062	48
September	12500	31
Oktober	6792	17
November	0	0
December	0	0
År	119100	298

Vid beräkning av årsenergiutbytet har hänsyn tagits till förluster i lagringstank och ledningar.



Ö = VENTILEN ÖPPEN VID DRIFT  
 S = VENTILEN STÄNGD VID DRIFT

Figur 5. Solvärmesystemet i Gullbergsvass.

## 10 LÖNSAMHETSBERÄKNING

Förutom solfångare ingår rör, armatur, reglersystem och pumpar i anläggningen.

Kostnaden för detta beräknas till 50.000 kronor. Energifriset är satt till 20 öre/kWh.

<u>Kostnader</u>	
Solfångare	104.000 kr
Rör m m	<u>50.000 kr</u>
Totalt	154.000 kr
Energibesparing	119.100 kWh/år
Värde av energibesparing	23.820 kr/år
Avskrivningstid	10 år
Kalkylränta	10 %
Annuitetsfaktor	0,16275

Årskostnader	
Anläggningskostnad	25.000 kr
Drift och underhåll	<u>3.000 kr</u>
Totalt	28.000 kr

Lönsamhet	
Nettointäkt	20.820 kr/år
Annuitetsfaktor	$\frac{20.820}{154.000} = 0,1352$

vilket vid 10 % kalkylränta motsvarar en tid av 14 år.

Det ovan gäller vid fast energikostnad. Antar man att energipriset utvecklas snabbare än inflationen blir lönsamhetsbilden något förmånligare.

Energiprisutveckling utöver inflation	5 %	10 %
Kalkylränta	10 %	10 %
Livslängd	10 år	10 år
Annuitet	19713 kr	15467 kr
Energibesparing/år	23820 kr	23820 kr

Redan vid en energiprisökningstakt på 5 % utöver inflation är tydligen anläggningen lönsam.

**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 800444-2  
från Statens råd för byggnadsforskning till Göteborgs  
fastighetskontor, husbyggnadsavdelningen, Göteborg.**

**R41: 1981**

**ISBN 91-540-3494-9**

**Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm**

**Art.nr: 6700341**

**Abonnemangsgrupp:  
W. Installationer**

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

**Cirka pris: 20 kr exkl moms**