



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

R46:1981

Energiflöden i solfångare

Mätresultat och drifterfarenheter

Eva Nilsson

INSTITUTET FÖR BYGGDOKUMENTATION	
Accnr	81-0772
Plac	<i>ser</i>

K
GN

R46:1981

ENERGIFLÖDEN I SOLFÅNGARE
Mätresultat och drifterfarenheter

Eva Nilsson

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 790515-5
från Statens råd för byggnadsforskning till ÅF-Energi-
konsult, Malmö.

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

R46:1981

ISBN 91-540-3473-6

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

LiberTryck Stockholm 1981 152686

INNEHÅLL

	BETECKNINGAR OCH DEFINITIONER	5
	SAMMANFATTNING	7
1	INLEDNING	13
2	ANLÄGGNINGEN	15
2.1	Solfångarna	15
2.2	Lagringstanken	17
2.3	Värmesystemet	18
2.4	Reglersystem	19
3	MÄTMETODEN	20
3.1	Registrering av mätvärden	20
3.2	Använda dataprogram	21
3.3	Registrerade mätvärden	22
3.4	Temperaturgivare	22
3.5	Flödesgivare	23
4	FÖRSTA MÄT- OCH UTVÄRDERINGSPERIODEN	25
4.1	Samplingsintervall	28
4.2	Bearbetning av mätvärdena	28
4.3	Energiverkningsgrader	31
4.4	Förluster	33
4.5	Lagringstanken	33
4.6	Kommentarer till mätresultaten	34
5	ÖVRIGA MÄT- OCH UTVÄRDERINGSPERIODER	36
5.1	Samplingsintervall	39
5.2	Bearbetning av mätvärden	39
5.3	Beräkning av tidsförskjutningar i systemet	45
5.4	Energiverkningsgrader	46
5.5	Försörjningsgraden	48
5.6	Förluster	49
5.7	Lagringstanken	50
5.8	Radiatorer och golvvärmslingor - lokalupp- värmning	50
5.9	Kommentarer till mätresultaten	50
6	SLUTSATSER	52
6.1	Mätmetoden	52
6.2	Solfångaranläggningens utformning	53
6.3	Ytterligare mätningar	54
BILAGA 1	Anläggningskomponenter	55
BILAGA 2	Instrumentspecifikation	57
BILAGA 3	Exempel på kurvresultat som har erhållits med IDPAC-programmet utifrån de registrerade mät- värdena. Mätperiod 1.	58
BILAGA 4	Sammanställning av mätresultat för mätperiod 1.	82
BILAGA 5	Beräkning av lagringstankens transmissions- förluster	84

BILAGA 6	Tankförluster	85
BILAGA 7	Exempel på kurvresultat som har erhållits med IDPAC-programmet utifrån de registrerade mätvärdena. Mätperiod 2-6.	88
BILAGA 8	Sammanställning av mätresultat för mätperiod 2-6	100
BILAGA 9	Resultaten av några korskorrelationsberäkningar som har erhållits med IDPAC-programmet utifrån mätvärden som har registrerats under en 4-timmarsperiod varje minut	108
BILAGA 10	Solintensitetens variation under en dag med jämn variation i intensiteten samt under en dag där intensiteten varierar mycket snabbt . .	113
LITTERATUR	117

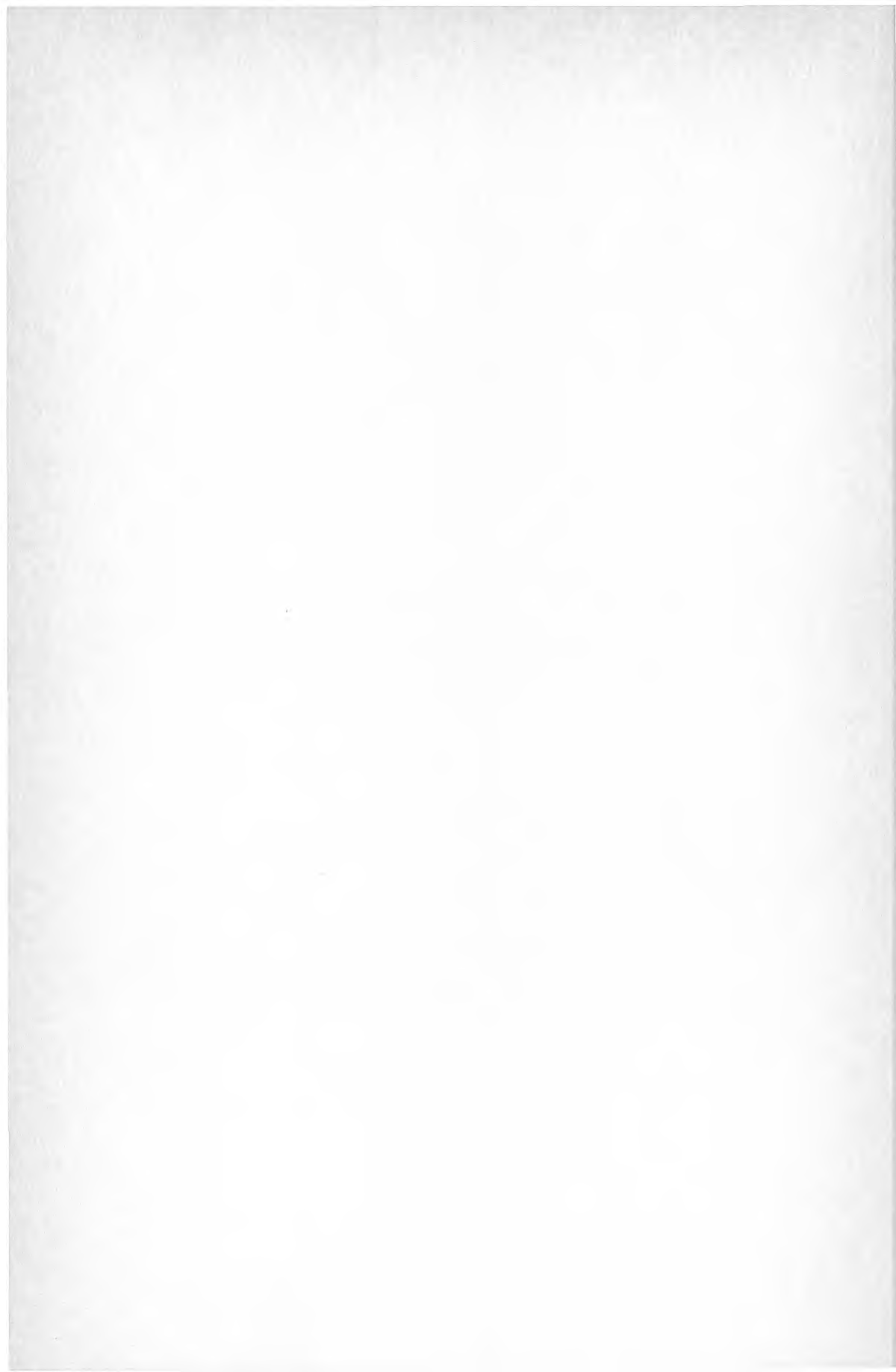
BETECKNINGAR OCH DEFINITIONER

Grundämnesbeteckningar: Al = aluminium
Co = kobolt
Ni = nickel

Dimensionslösa tal: Gr = Grashofs tal
Pr = Prandtls tal
Nu = Nusselts tal

Som effektenhet har den härledda enheten W använts.

Som energienhet har tilläggsenheten Wh använts.



SAMMANFATTNING

För att få praktisk erfarenhet av en solfångaranläggnings driftsätt, energivinst och påverkan av klimatet har ÅF-Energikonsult i Malmö gjort mätningar och utvärderingar av en solfångaranläggning avsedd att uppvärma en bebodd villa.

Anläggningen består av 42 m² solfångarpaneler med en effektiv solfångaryta på 35 m² och en lagringstank på 9 m³. Som tillskottsvärme används elenergi i form av en elpatron i toppen på lagringstanken.

Tappvarmvattenberedningen är inte inkopplad på solenergisystemet. Mätningarna gjordes under sex stycken treveckorsperioder under tiden 79-06-26 - 80-08-15.

Första mätperioden bestod solfångarpanelen av elva olika typer av solfångare. Utvärderingen av den första mätperioden visade att flera av solfångarna uppvisade en mycket dålig energiverkningsgrad. Efter första mät- och utvärderingsperioden byttes därför de elva olika typerna av solfångare ut mot fyra andra, som teoretiskt sett skulle ha en bättre energiverkningsgrad. Lokaluppvärmningen sker via radiatorer och golvvärmeslingor utformade som ett extremt lågtemperatursystem. Det betyder att framledningstemperaturen till radiatorerna är högst 40°C och till golvvärmeslingorna 33°C.

Under de sex mätperioderna registrerades mätvärdena, 38 stycken, på en datalogger med remsstans. Denna automatiska mätutrustning användes för att mycket data skulle kunna registreras utan att någon behövde vara på plats i den bebodda villan samt för att kunna göra alla efterföljande beräkningar på dator.

Mätningarna gjordes så att alla energiflöden i systemet kunde bestämmas och därmed energiverkningsgraden för vardera solfångaren, energiverkningsgraden för hela systemet samt försörjningsgraden.

Några mätomgångar gjordes då mätvärdena registrerades varje minut för att kunna bestämma tidsförskjutningarna i systemet. Detta innebär att man beräknar hur lång tid det tar för en förändring i t ex solintensiteten att göra sig gällande i systemet, alltså hur snabbt olika delar av systemet reagerar på förändringar i klimatet.

Första mätperioden inföll under tiden 79-06-26 - 07-19. De elva olika solfångarna uppvisade en stor skillnad i energiverkningsgraden.

Solfångarnas utformning och energiverkningsgrad för perioden var följande:

Solfångare	Centrum-avstånd mellan vattenrör [mm]	Absorbator	Täckning	Energiverkningsgrad för solfångarna [%]
A	30	Svartlackerad Al	1 glas	-
B	30	Co-anodiserad Al	1 glas	34,2
C	30	Ni-anodiserad Al	1 glas	35,1
D	100	Co-anodiserad Al	1 glas	25,9
E	90	Svartlackerad Al	2 glas	36,9
F	30	Co-anodiserad Al	Kallwall+Tedlar (plast)	22,3
G	100	Co-anodiserad Al	2 isolerglas	36,9
H	30	Svartlackerad Al	2 isolerglas	39,4
I	100	Co-anodiserad Al	2 isolerglas	33,3
J	100	Svartlackerad Al	2 isolerglas	37,6
K	100	Co-anodiserad Al	1 plexiglas	28,4

Energiverkningsgraden för en solfångare är definierad som andelen upptagen solenergi av solfångaren av den totalt infallna solenergin mot solfångaren under samma tidsperiod. Energiverkningsgraden för systemet har definierats som andelen avgiven solenergi till lagringstanken av den totalt infallna solenergin mot hela solfångarpanelen under samma tidsperiod. För första mätperioden uppgick denna energiverkningsgrad för systemet till 25 %.

Under denna första mätperiod registrerades alla mätvärden på dataloggern var 15:e minut. Detta var tillräckligt eftersom det under sommaren inte förelåg något behov av lokaluppvärmning utan solenergin utnyttjades enbart till att värma upp vattnet i lagringstanken med solenergi.

Förlusterna i systemet var mycket stora under första mätperioden. Av de 2000 kWh som solarimetern registrerat under mätperioden har 659 kWh tagits upp av solfångarna men bara 491 kWh avlämnats till lagringstanken via en värmeväxlare.

Det betyder att man från solfångarna till värmeväxlaren har en förlust på 168 kWh, mätt under 318,2 timmar. Den genomsnittliga effektförlusten är 0,53 kW.

Under de 318,2 timmar som mätningen har pågått har tanktemperaturen sjunkit med 4°C fast att 491 kWh har avlämnats till lagringstanken från solfångarsystemet. Ingen energi har tagits från lagringstanken till lokaluppvärmning. Det betyder att förlusterna från tanken var större än 491 kWh under denna tid, vilket innebär en genomsnittlig effektförlust på över 1,5 kW. Efter första mätperioden förbättrades isoleringen av lagringstanken samt rörledningarna mellan tanken och värmeväxlaren.

De övriga mätperioderna inföll under följande tider:

Mätning	Tid	[h]	Registrerad tid [h]	[%]
2	1979-10-01 - 19	456	303	66
3	1979-11-26 - 12-18	528	217	41
4	1980-02-18 - 03-07	432	245	57
5	1980-04-28 - 05-15	408	105	26
6	1980-07-28 - 08-15	432	86	20

De solfångare som används under dessa mätperioder hade alla en absorbatör av Ni-anodiserad Al och centrumavståndet mellan vattenrören var 135 mm för alla utom för solfångare E, där avståndet var 155 mm.

Fem av solfångarna hade ett glas som täckning och resten hade två glas - isolerglas. Vissa av solfångarna hade en folie bakom absorbatören. Tre av solfångarna har undersökts.

Solfångare	Centrumavstånd mellan vattenrör [mm]	Absorbatör	Täckning	Folie bakom absorbatören
B	135	Ni-anodiserad Al	1 glas	Ja
C	135	Ni-anodiserad Al	1 glas	Nej
I	135	Ni-anodiserad Al	2 isolerglas	Nej

Energiverkningsgraden för solfångare B, C och I samt för hela systemet, mätt före lagringstanken, mättes upp till:

Mätperiod	Solfångare			System [%]	Tid [h]
	B	C	I		
2	42	41	39	31	303
3	33	35*	29	20	217
4	46	48	51	42	245
5	38	36	35	28	105
6	30	28	27	21	86
2-6	40,0	39,8	38,1	30,6	956

* mätfel som ger solfångare C för hög energiverkningsgrad.

Under de fyra mätperioderna med högst utetemperatur och högst solintensitet har solfångarna B och C, med ett täckglas, givit de bästa energiverkningsgraderna.

Under mätperiod fyra är resultaten de omvända.

Teoretiskt sett hade man väntat sig ett omvänt resultat, alltså fördelaktigare med två glas under sommaren än under vintern då absorbatorns medeltemperatur minus utetemperaturen är högre än under vintern. Skillnaden i energiverkningsgraden mellan de olika solfångarna är dock väldigt små, speciellt om man jämför med de skillnader man erhöill i energiverkningsgrader under första mätperioden.

Försörjningsgraden definieras som andelen utnyttjad energi från solvärmesystemet av energibehovet för lokaluppvärmning. Försörjningsgraden blir olika om man hänför förlusterna från lagringstanken enbart till solenergi eller om man proportionerar förlusterna på solenergi och elenergi. Detta bör göras i förhållande till andelen avgiven energi till tanken från sol respektive el.

Om förlusterna proportioneras på elenergi och solenergi blir resultatet följande:

Mätperiod	Försörjningsgrad [%]
2	100
3	8
4	40
5	100
6	100

Om alla förluster hänförs till solenergi - några tankförluster hade inte uppkommit om inte solenergisystemet hade funnits - blir resultatet:

Mätperiod	Försörjningsgrad [%]
2	100
3	0
4	11
5	100
6	100

Detta visar att det är av stor vikt att tala om hur man definierar försörjningsgraden.

Under tre delmätperioder registrerades alla mätvärden varje minut. Dessa mätperioder inföll under olika klimatologisk påverkan. Genom att matematiskt jämföra - göra en korskorrelation mellan - kurvan för infallande solstrålning och kurvan för upptagen soleffekt för vardera solfångaren får man ett mått på tidsförskjutningen mellan infallande solstrålning och upptagen soleffekt.

Det betyder att man kan bestämma hur lång tid det tar för en variation i infallande solstrålning att märkas i form av en principiellt likadan variation i upptagen soleffekt för varje solfångare.

En korskorrelation har också gjorts mellan kurvan för infallande solstrålning och kurvan för avgiven soleffekt till lagringstanken, alltså hur lång tid det tar för en variation i infallande solstrålning att märkas som en variation i avgiven soleffekt till lagringstanken.

Nedan anges tidsförskjutningarna i minuter mellan infallande solstrålning och

	soleffekt upptagen av sol- fångare B	soleffekt upptagen av sol- fångare C	soleffekt upptagen av sol- fångare I	soleffekt avgiven till lagrings- tanken	t_{ute} [°C]
mätning 1	2	2	3	5	15
	2	2	2	4	1
	3	2	2	4	2

Det tar alltså två minuter att märka en variation i solstrålningen som en variation i upptagen solenergi av solfångarna utom vid hög utetemperatur och solstrålning då tidsförskjutningen är en minut längre för solfångare I, den med två glas som täckning.

Den tilläggsisolering som gjordes efter första mätperioden reducerade förlusterna i systemet.

I genomsnitt för mätperiod två till och med sex var förlusterna från solfångarna till lagringstanken 0,30 kW och förlusterna från lagringstanken 0,72 kW. Tankförlusterna har alltså reducerats till mindre än hälften och de övriga förlusterna till ca 60 %.

Man kan dock reducera förlusterna mer genom än bättre isolering.

Energiverkningsgraden för solfångarna är väldigt beroende av klimatet och klimatvariationerna. Energiverkningsgraden är mycket högre under en dag med en jämn variation i solintensiteten än en dag då solintensiteten varierar mycket snabbt.

1 INLEDNING

Under senare år har ett antal anläggningar byggts, där det gäller att tillvarata, lagra och distribuera solvärme. Genom att göra noggranna mätningar och utvärderingar av dessa anläggningar kan man dra nytta av dels de goda lösningar som har framkommit, dels de misstag som också har gjorts. På detta sättet kan man få ut mesta möjliga kunskap om systemen.

För att få praktisk erfarenhet av en solfångaranläggnings driftsätt, energivinst och påverkan av klimatet har ÄF Energikonsult i Malmö gjort mätningar och utvärderingar av en solfångaranläggning avsedd att uppvärma en bebodd villa. Arbetet har till en stor del finansierats av Statens Råd för Byggnadsforskning. Mätningarna har gjorts under sex stycken treveckorsperioder under tiden 79-06-26 - 80-08-15. På detta sätt har de flesta typer av klimat och klimatvariationer kunnat täckas in.

Den solfångaranläggning som har undersökts uppfördes 1977/78 i Arlööv, ca 5 km norr om Malmö, av Axel Johansson, delägare i AVV-Service AB. Anläggningen består primärt av 42 m^2 solfångarpaneler med en resningsvinkel på 68° och riktade åt söder. Den för solen exponerade absorberytan är 35 m^2 . Denna yta har använts vid beräkningen av instrålade solenergi och energiverkningsgrader. Från början bestod panelen av elva olika typer av solfångare, men efter första mät- och utvärderingsperioden byttes de ut mot fyra andra typer. Solfångarna är placerade på en garage- och förrådsbyggnad intill bostadshuset. Lagrings-tanken med värmeväxlare och kringutrustning finns i denna garage- och förrådsbyggnad.

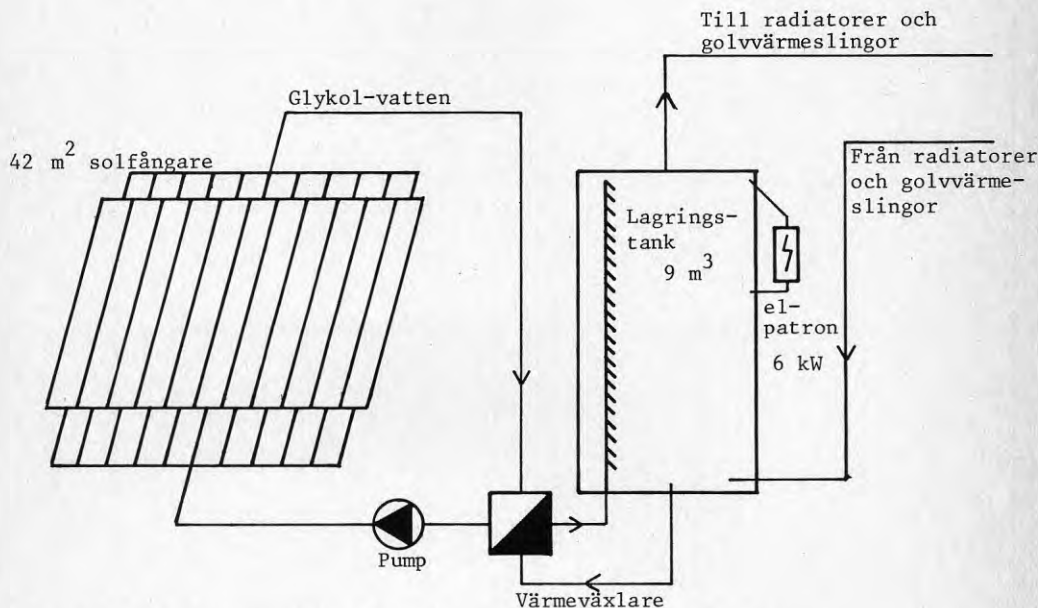


Fig. 1.1. Enkel systemskiss över den undersökta anläggningen

Anledningen till att solfångarna byttes ut efter första mät- och utvärderingsperioden var att de första resultaten visade en mycket dålig energiverkningsgrad för flera av solfångarna. Fyra andra typer av solfångare, med en teoretiskt bättre energiverkningsgrad, valdes ut och monterades upp. Fem mätperioder, under tiden 79-10-01 - 80-08-15, genomfördes med dessa solfångare.

För att få en uppfattning om hur solenergianläggningen reagerar på förändringar av, i första hand, klimatet har mätningarna gjorts noggrant och mätvärdena har registrerats ofta. En datalogger med remsstans har använts för att registrera mätvärdena och allt beräkningsarbete har skett på dator, huvudsakligen med dataprogrammet IDPAC. Mätningarna gjordes så att mätresultaten först och främst skulle ge svar på:

- hur mycket solenergi som strålar mot solfångarpanelen
- hur mycket solenergi som tas upp av vardera solfångaren
- hur mycket solenergi som tas upp av hela solfångarpanelen
- hur mycket solenergi som avlämnas till lagringstanken via värmeväxlaren
- hur mycket solenergi som avlämnas till radiatorer och golvvärmeslingor
- hur mycket elenergi som tillförs lagringstanken och därmed
- storleken på alla energiverkningsgrader i systemet.

En önskan var också att försöka bestämma tidsförskjutningarna i systemet vilket innebär att bestämma hur lång tid det tar för en förändring i t ex solintensiteten att göra sig gällande i systemet, alltså hur snabbt olika delar av systemet reagerar på förändringar i klimatet. Genom att registrera alla energiflöden i systemet kan alla förluster lätt bestämmas. Genom att mätningarna gjordes i ett bebott hus får man även svar på hur brukaraktiviteten påverkar funktionssättet och energiutbytet samt om det extrema lågtemperatursystemet för lokaluppvärmningen ger en acceptabel komfort.

I och med att huset har varit bebott under alla mätperioderna har ingreppet i anläggningen begränsats. Dataloggern har gjort det möjligt att samla in mycket mätresultat utan att någon behöver vara på plats. Det blir ofta ett krav att använda sig av automatisk mätvärdesinsamling vid utvärdering av en bebodd anläggning.

Arbetet inleddes med en litteraturstudie av likartade projekt som har genomförts samt av vissa mättekniska applikationer.

2 ANLÄGGNINGEN

I figur 2.1 visas en mera detaljerad skiss över anläggningen, inklusive distributionssystemet. I bilaga 1 anges data på anläggningskomponenter som t ex pumpar och reglerutrustningar, samt storleken på solfångarna.

2.1 Solfångarna

Den första mätperioden, 79-06-26 - 07-19, bestod solfångarpanelen av elva olika typer av solfångare, specialframtagna av Gränges Aluminium till AVV-Service AB, Malmö. Solfångarna hade olika avstånd mellan vattenrör i absorbatoren, olika absorbatortäckning, -material och -behandling.

I tabellen nedan beskrivs solfångarna

solfångare	centrum- avstånd mellan vattenrör (mm)	absorbator	täckning
A	30	svartlackerad Al	1 glas
B	30	Co-anodiserad Al*	1 glas
C	30	Ni-anodiserad Al*	1 glas
D	100	Co-anodiserad Al*	1 glas
E	90	svartlackerad Al	2 glas
F	30	Co-anodiserad Al*	Kallwall+Tedlar (plast)
G	100	Co-anodiserad Al*	2 isolerglas
H	30	svartlackerad Al	2 isolerglas
I	100	Co-anodiserad Al*	2 isolerglas
J	100	svartlackerad Al	2 isolerglas
K	100	Co-anodiserad Al*	1 plexiglas

* Selektiv yta

Varje solfångare var ca 4 m^2 , utom typ E, som var 10 % större än de andra. Den för solen exponerade absorbatorytan, den effektiva solfångarytan, var ca $3,2 \text{ m}^2$ per solfångare.

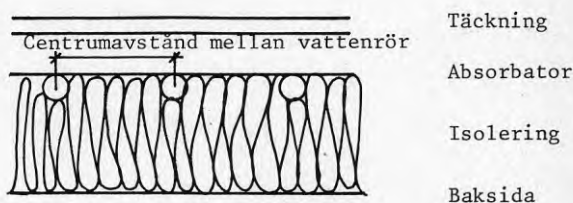


Fig. 2.1.1. Principskiss över solfångare

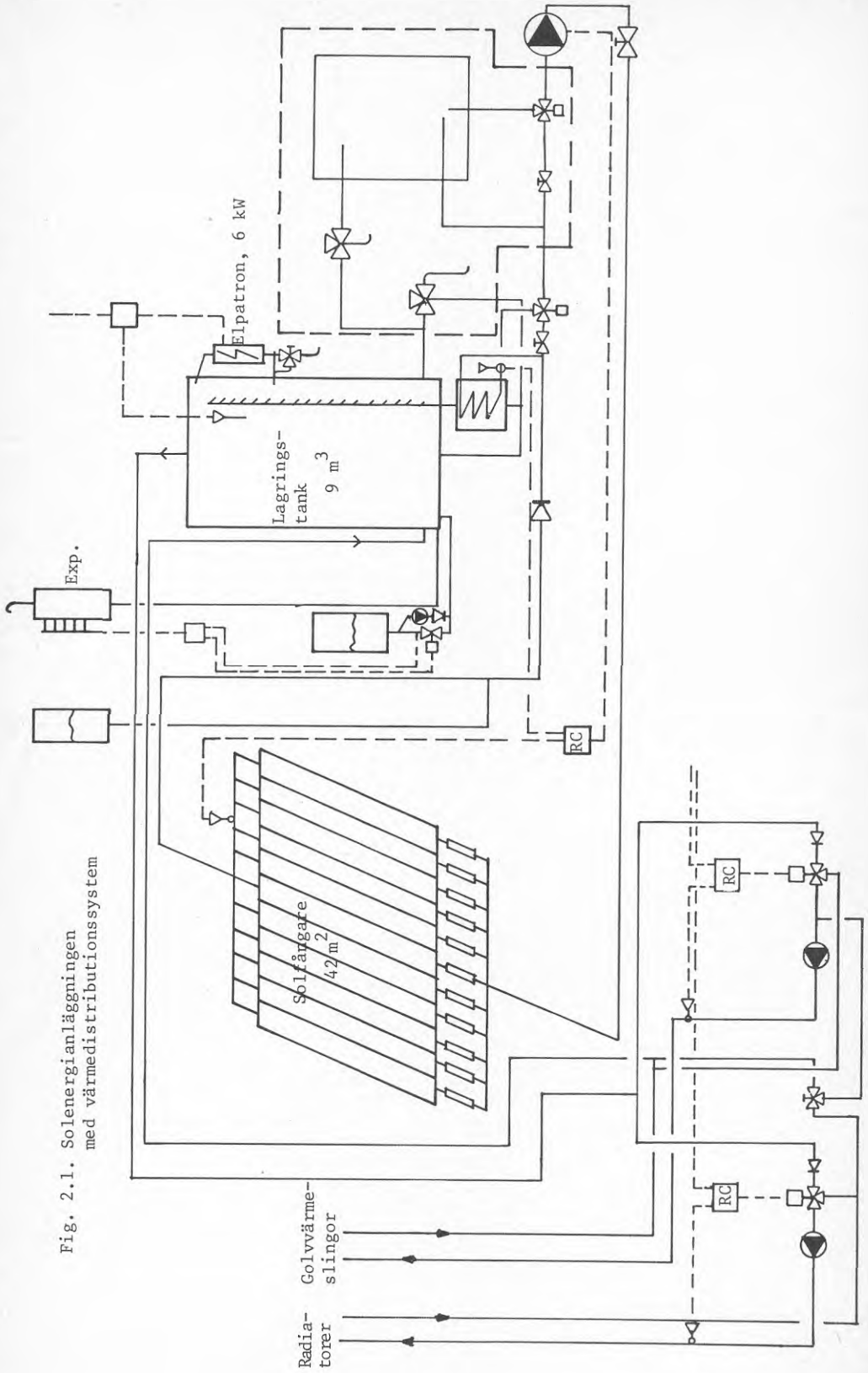


Fig. 2.1. Solenergianläggningen med värmedistributionsystem

De övriga mätperioderna bestod solfångarpanelen av Gränges-Aluminiums aluminium-kopparabsorbator med olika glastäckning enligt tabell.

sol-fångare	centrum-avstånd mellan vattenrör (mm)	absorbator	täckning	folie bakom absorbatorn
A	135	Ni-anodiserad Al*	1 glas	Ja
B	135	Ni-anodiserad Al*	1 glas	Ja
C	135	Ni-anodiserad Al*	1 glas	Nej
D	135	Ni-anodiserad Al*	1 glas	Ja
E	155	Ni-anodiserad Al*	1 glas	Ja
F	135	Ni-anodiserad Al*	2 isolerglas	Ja
G	135	Ni-anodiserad Al*	2 isolerglas	Ja
H	135	Ni-anodiserad Al*	2 isolerglas	Ja
I	135	Ni-anodiserad Al*	2 isolerglas	Nej
J	135	Ni-anodiserad Al*	2 isolerglas	Nej
K	135	Ni-anodiserad Al*	2 isolerglas	Nej

* selektiv yta

Även nu var solfångare E ca 10 % större än de övriga.

Isoleringen bakom absorbatorn är av två olika typer. Solfångare A-E är isolerade med 95+150 mm stenull. Solfångare F-K är isolerade enligt: 2x30 mm stenull+20 mm luftspalt+(70+95 mm stenull). Isoleringen var densamma under alla mätperioderna.

Vattnet i solfångarkretsen är blandat med 30 viktsprocent etylenglykol.

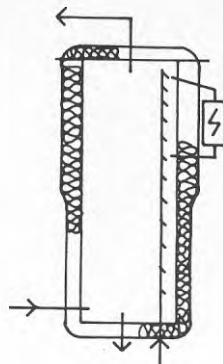
Det totala glykol-vattenflödet i solfångarkretsen uppgår till ca 0,16 kg/s, alltså ett specifikt glykol-vattenflöde på 16,5 kg/h · m² solfångare.

I delledningen till varje solfångare finns en rotameter installerad för inställning av vattenflödet genom vardera solfångaren. Rotametrarna möjliggör samma vattenflöde genom varje solfångare. Detta är nödvändigt för att kunna jämföra de olika solfångarnas energiverkningsgrader.

2.2 Lagringstanken

Glykol-vattenblandningen i solfångarkretsen avlämnar vid övertemperatur i förhållande till tankens bottentemperatur en del av sitt värmeinnehåll till lagringstanken på 9 m³ via en värmväxlare. Lagringstanken av stål är fylld med vatten och bygger på skiktningssprincipen.

Fig. 2.2.1. Principskiss över lagringstank



Lagringstankens diameter är 1,6 m och höjd 4,5 m. Övre hälften av tanken är isolerad med 30 cm stenull och undre hälften med 20 cm stenull. Den är täckt med en aluminiumfolie. När temperaturen i toppen på solfångarna är 3°C högre än i botten på lagringstanken startar pumpen i solfångarkretsen och en del av den upptagna solenergin kommer att övergå till lagringstanken via en värmeväxlare.

Att lagringstanken bygger på skiktningens princip innebär att inkommande vatten från värmeväxlaren stiger upp i ett rör med en mängd avlämningsställen på olika höjd i tanken och det inkommande vattnet lägger sig på den nivå där tanktemperaturen är densamma som den inkommande vattentemperaturen. Vattnet från tanken tillbaka till värmeväxlaren tas från botten på tanken.

I toppen på lagringstanken finns en elpatron på ca 6 kW inkopplad.

Expansionskärl finns i systemet för att utjämna volymförändringar.

2.3 Värmesystemet

Från lagringstanken tas värme dels till radiatorer dels till golvvärmslingor, som är dimensionerade för lågtemperaturuppvärmning, vilka täcker uppvärmningsbehovet för den bebodda villan. Det bör observeras att tappvarmvattenproduktionen inte sker med solenergi utan enbart med elenergi i en varmvattenberedare.

En shuntgrupp finns för radiatorkretsen och en för golvvärme-kretsen. Under alla mätperioderna har ventilinställningarna varit sådana att värmevattnet först har gått till radiatorerna. Returvattnet från radiatorerna har pumpats till golvvärmslingorna och returvattnet har gått till botten på lagringstanken.

Den maximala framledningstemperaturen under året har till radiatorerna varit 40°C och till golvvärmslingorna 33°C. Dessa temperaturer uppträdde vid samma tillfälle.

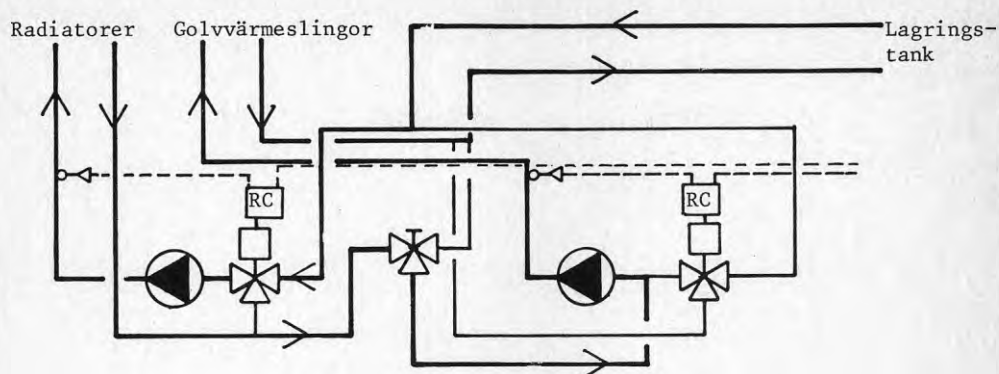


Fig. 2.3.1. Shuntgrupperna till radiator- och golvvärmesystemet

2.4 Reglersystem

Pumpens drift i solfångarkretsen regleras via två temperaturgivare, en i toppen på solfångarna, som mäter vattentemperaturen där, och en i botten på lagringstanken. När temperaturen är 3°C högre i toppen på solfångarna än i botten på lagringstanken startar pumpen. När temperaturen är $2,5^{\circ}\text{C}$ högre stannar pumpen. Dessa temperaturer kan med reglerutrustningen ställas in på ett önskat värde.

Elpatronens drift i toppen på lagringstanken regleras av en temperaturgivare 1 m från toppen på tanken. Då temperaturen understiger en viss inställd temperatur kopplas elpatronen in och när den överstiger en viss temperatur kopplas den ur.

Shuntningen i radiatorkretsen och i golvvärmekretsen styrs via en temperaturgivare i tillloppsledningen samt via utetemperaturgivare.

3 MÄTMETODEN

3.1 Registrering av mätvärden

En förutsättning för att projektet skulle kunna genomföras med tillräcklig noggrannhet samt att de boende inte skulle störas för mycket var att alla mätvärden insamlades med en automatisk mätutrustning, så kallad datalogger. Dataloggern avläser de intressanta processvariablernas ögonblicksvärden med konstanta tidsintervaller och lagrar dessa värden på något medium som medger överföring till en dator. För projektet har en hålstansad pappersremsa använts. Tidsintervallet mellan avläsningarna, det så kallade samplingsintervallet, kan på dataloggern ställas in på önskat värde, från mindre än en minut till flera timmar.

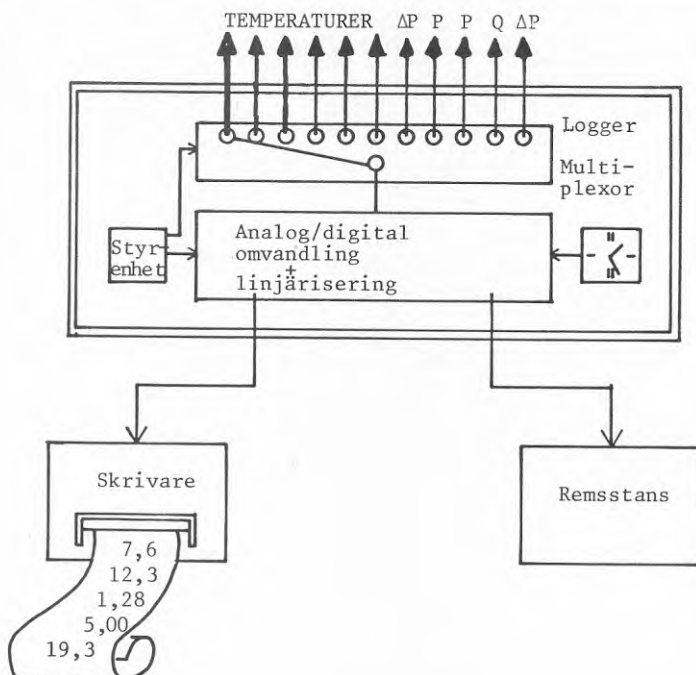


Fig. 3.1.1. Insamling av data med logger.

Till dataloggern kan olika typer av termoelement samt alla givare, som ger en utsignal i form av en spänning, kopplas. Mätarna kopplas till dataloggern på samma sätt som till en skrivare.

3.2 Använda dataprogram

Då alla registrerade mätvärden finns lagrade på en hålstansad pappersremsa, kan denna läsas in på dator och mätvärdena kan behandlas med olika dataprogram. Till hjälp med utvärderingen har dataprogrammet IDPAC och i viss mån även programmet SIMNON använts. Dessa program är framtagna vid Institutionen för Reglerteknik vid Lunds Tekniska Högskola. IDPAC är ett program som är avsett för mätvärdesanalys och processidentifiering och SIMNON är avsett för simulering av olinjära dynamiska system.

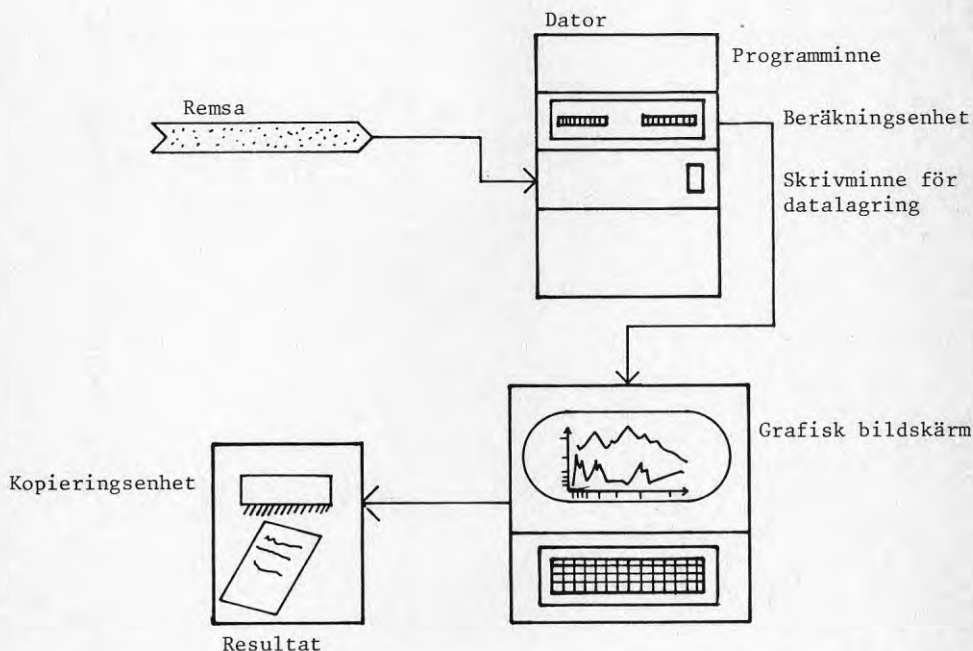


Fig. 3.2.1. Inläsning och behandling av mätvärden

ÅF Energikonsult har tillgång till dessa programpaket.

Båda programmen är uppbyggda för interaktiv användning, vilket innebär att användaren växelverkar med programmen genom att ge kommandon som verkställs ett och ett. Resultatet av ett kommando styr alltså nästa. Det slutliga resultatet av operationerna presenteras oftast i grafisk form, d v s visas i form av diagram på en bildskärm. Dessa diagram kopieras lätt över till vanliga pappersdiagram.

För att få reda på hur solfångaranläggningen uppför sig, alltså vilka insignaler som påverkar processen, hur stora tidsfördröjningarna är, antal tillstånd i processen etc, måste man titta på utsignalerna vid olika typer av insignaler. För solfångaranläggningen består insignalerna huvudsakligen av den klimatpåverkan man får i form av olika utetemperaturer, solstrålning,

vind, nederbörd etc. Genom att mäta periodvis under ett helt år får man automatiskt den variation i signaler som man önskar. Resultatet av en mätning blir alltså en mängd samhörande värden på signaler och utsignaler.

3.3 Registrerade mätvärden

De storheter som har mätts upp och registrerats på dataloggern samt de använda mätgivarna är följande:

- Direkt + diffus solstrålning har mätts med en solarimeter med plan täckning monterad på solfångarpanelen i samma resningsvinkel som denna. Solarimetern kalibrerades före varje mätomgång.
- Temperaturen före och efter de elva olika solfångarna under första mätperioden har mätts med Nil00 givare-motståndstermometrar.
- Temperaturen före och efter hela solfångarpanelen samt före och efter solfångarna under mätperiod två till och med sex har mätts med termoelement typ E - chromel/konstantan (nickel-krom/koppar-nickel).
- Flödet genom solfångarpanelen har mätts med en annubar och en differenströckscell, dp-cell. Lika stora flöden fick passera varje solfångare. Dessa flöden ställdes in med rotametrar före varje solfångare.
- Temperaturerna före och efter värmväxlaren både på primär- och sekundärsidan har mätts med termoelement typ E.
- Temperaturerna på åtta olika nivåer i lagringstanken har mätts med termoelement typ E.
- Tillförd eleffekt till lagringstanken har mätts med en el-effektmätare via en strömmvandlare och spänningstransformator.
- Temperaturerna före och efter radiatorer och golvvärmslingor har mätts med termoelement typ E.
- Flöden i radiator- och golvvärmekrets har mätts med annubarer och dp-celler.
- Utelufttemperaturen, på en plats som alltid är skuggad och ej påverkad av fasadvärme, har mätts med termoelement typ E.
- Lokaltemperaturen har mätts dels med strålningsskyddat termoelement, typ E, för att kunna registrera lufttemperaturen, dels med termoelement, typ E, i svart glob för att kunna beräkna medelstrålningstemperaturen.

3.4 Temperaturgivare

Termoelementen kalibrerades före första mätperioden. De har sedan suttit kvar, tillsammans med kompensationsledningarna som krävs mellan termoelement och datalogger, under alla mätperioderna.

Termoelementen fästes tillsammans med en värmeledande massa direkt mot de ytor där temperaturen skulle mätas och isolering fästes utanpå. I tanken fanns temperaturfickor vilka används vid temperaturmätningen.

Termoelementens kalla lödställe-nollställe- finns inuti dataloggern. Denna visar direkt temperaturen i °C.

Nil00 givarna som mätte temperaturen före och efter varje solfångare under första mätperioden fanns redan installerade. För att kunna bestämma temperaturen vid Nil00 givarna kopplades

alla dessa givare samt ett känt motstånd, referensmotstånd, i serie till ett 1,5 V-batteri. Spänningsfallet över Nil00 givarna mättes. Samtidigt mättes den pålagda strömmen från 1,5 V-batteriet över referensmotståndet. Därigenom kunde resistansen i varje Nil00 givare bestämmas.

Temperaturen vid varje Nil00 givare beräknades enligt formeln

$$Y = -217.042 + 2.50745 \cdot X - 3.39434 \cdot 10^{-3} \cdot X^2 \quad [^{\circ}\text{C}]$$

X = uppmätt resistans i Nil00 givare $[\Omega]$

Y = temperaturen $[^{\circ}\text{C}]$

Formeln är framtagen med ett dataprogram för olinjär regression utifrån data för de Nil00 givare som används (data på motstånd och temperatur).

3.5 Flödesgivare

Flödena i radiator-, golvvärme- och solfångarkretsen mättes alltså med annubarer och dp-celler. Annubaren åstadkommer en tryckdifferens vars storlek beror på flödet (för en viss rördimension, temperatur och ett visst media) och denna tryckdifferens omvandlas i en dp-cell till en spänning i mV. Denna omvandling behövs för att dataloggern skall kunna registrera signalen. Före varje mätomgång kalibrerades dp-cellerna. En annubar, se figur 3.5.1, mäter dels det statiska trycket, dels ett medelvärde av det totala trycket i de fyra motströms riktade hålen. Detta medelvärde registreras automatiskt av interpoleringsröret.

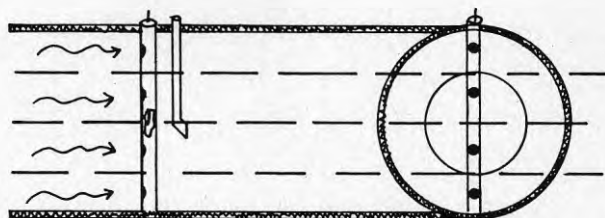


Fig. 3.5.1. Annubarens mätprincip

De fyra ringformade segmenten har lika stora ytor. Varje sektion representeras av en datorbestämd mätpunkt för noggrann mätning av flödet.

Rotametrarna i tillöpsledningarna till varje solfångare används för att kunna ställa in lika stora flöden till varje solfångare. De används dock inte som flödesmätare.

Mätprincipen för rotametern är sådan att en svävkropp är monterad i ett vertikalt mätrör av glas och rör sig fritt.

Vid flöde genom mätröret nedifrån och upp, intar svävkroppen ett sådant läge att drivkraften A, se figur, intar ett jämviktsläge med vikten G. Svävkroppens läge är ett mått på det momentana flödet och avläses på en skala.

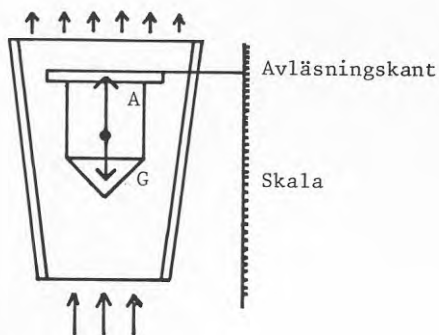


Fig. 3.5.2. Rotameters mätprincip

Mätinstrumenten beskrivs närmare i bilaga 2.

4. FÖRSTA MÄT- OCH UTVÄRDERINGSPERIODEN

Första mätperioden genomfördes under tiden 1979-06-26 - 07-19. Under 318.2 av dessa 552 timmar registrerades alla mätvärden på dataloggern. 58 % av tiden har alltså täckts in.

I tabellen nedan anges kanalnummer och motsvarande mätobjekt. I figur 4.1 är mätgivarnas placeringar under första mätperioden markerade.

Kanalnummer	Mätobjekt	Anmärkning
2	vattentemp. ut från solfångare J	
3	vattentemp. ut från solfångare K	
4	referenstemp för Nil00-givare	
5	eleffekt i toppen på lagrings- tanken	ej igång
6	direkt+diffus solstrålning	
7	glykol-vattenflöde i solfångar- krets	
8	vattenflöde till radiatorer	ej igång
9	vattenflöde till golvvärmslingor	ej igång
10	vattentemp. från radiatorer	
11	vattentemp. till radiatorer	
12	vattentemp. från golvvärmslingor	
13	vattentemp. till golvvärmslingor	
14	vattentemp. från solfångarpanelen före VVX	
15	vattentemp. från solfångarpanelen efter VVX	
16	vattentemp. från VVX (primärsidan)	
17	vattentemp. till VVX (primärsidan)	
18	vattentemp. till VVX (sekundärsidan)	
19	vattentemp. från VVX (sekundärsidan)	
20	tanktemperatur nr 1, nederst	
21	tanktemperatur nr 2	
22	tanktemperatur nr 3	
23	tanktemperatur nr 4	
24	rumstemperatur mätt med strålnings- skydd	
25	tanktemperatur nr 6	
26	tanktemperatur nr 7	
27	tanktemperatur nr 8, överst	
28	rumstemperatur mätt med svart glob	
29	utelufttemp.	
30	vattentemperatur in till alla sol- fångarna	

Kanalnummer	Mätobjekt	Anmärkning
31	vattentemp. ut från solfångare A	
32	vattentemp. ut från solfångare B	
33	vattentemp. ut från solfångare C	
34	vattentemp. ut från solfångare D	
35	vattentemp. ut från solfångare E	
36	vattentemp. ut från solfångare F	
37	vattentemp. ut från solfångare G	
38	vattentemp. ut från solfångare H	
39	vattentemp. ut från solfångare I	

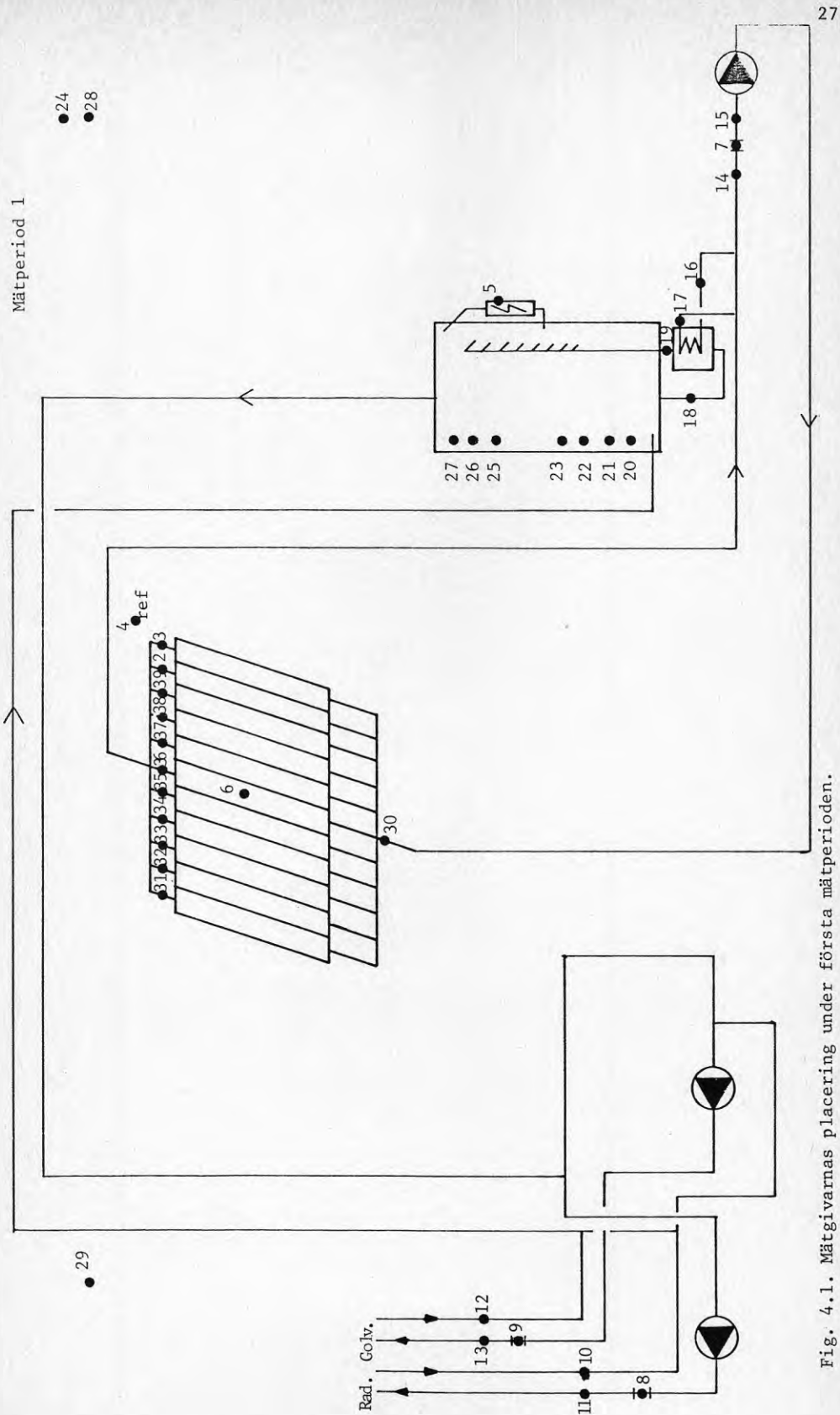


Fig. 4.1. Mätgivarnas placering under första mätperioden.

4.1 Samplingsintervall

Under första mätperioden var samplingsintervallet 15 minuter, vilket betyder att alla mätvärden avlästes och registrerades av dataloggern var 15:e minut.

Noggrannheten var inte större denna första mätperiod. Detta beror på att det under sommartid inte föreligger något behov av lokaluppvärmning utan solenergin utnyttjas enbart till att värma upp vattnet i lagringstanken med solenergi.

En mätning gjordes för att bestämma hur stort felet blir genom att registrera mätvärden var 15:e minut i stället för kontinuerligt. Den storhet som varierar mest och snabbast med tiden är solstrålningen. Därför gjordes en mätning av direkt+diffus solstrålning under ett dygn där mätvärdet registrerades dels kontinuerligt på skrivare dels var 15:e minut på dataloggern. Vid utvärdering av de båda resultaten visade det sig att den under dagen registrerade solenergin blev 3 % större då solstrålningen registrerades var 15:e minut på dataloggern än då den registrerades kontinuerligt på skrivare. Eftersom direkt+diffus solstrålning är den parameter som varierar mest med tiden kan man anta att inga andra mätsignaler uppvisar ett fel på mer än $\pm 3\%$ genom registrering endast var 15:e minut. Detta är ett tillräckligt noggrant värde för mätningarnas genomförande.

4.2 Bearbetning av mätvärdena

De hålstansade pappersremsorna lästes in på ÅF-Energikonsults minidator och alla mätvärden kontrollerades och lagrades i filer med ett speciellt konverteringsprogram, DORICONV, som är framtaget på ÅF-Energikonsult i Malmö. Ca 60 timmars mätvärden får plats på en pappersremsa om alla indata registreras var 15:e minut.

Med hjälp av dataprogrammet IDPAC-IDentification PACKage bearbetades alla mätvärden och beräkningar gjordes utifrån dessa för att erhålla önskade mätresultat.

För varje delmätning, sex stycken inom mätperiod ett, togs följande värden variation med tiden fram:

- temperaturen i lagringstanken på 7 olika höjder
 - utelufttemperatur samt lokaltemperatur mätt med strålnings-skydd och med svart glob
 - glykol-vattentemperaturen före och efter vardera solfångaren
 - glykol-vattenflödet i solfångarkretsen
 - direkt+diffus solstrålning mot hela solfångarpanelen samt mot en solfångare
 - upptagen soleffekt för vardera solfångaren
 - avgiven soleffekt till lagringstanken via värmeväxlaren
 - temperaturen från solfångarna - temperaturen till solfångarna
 - medeltemperaturen i solfångarpanelen - utetemperaturen
- Utifrån dessa värden har alla energiverkningsgrader och förluster i systemet kunnat beräknas.

I bilaga 3 visas exempel på de kurvresultat som har erhållits med IDPAC-programmet utifrån de registrerade mätvärdena. Diagrammen visar resultaten under 60 timmar.

Tabellen i bilaga 4 visar en sammanställning av viktiga mätresultat för den första mätperioden. Sankeydiagrammet i fig. 4.2.1 visar energibalansen för hela systemet under första mätperioden.

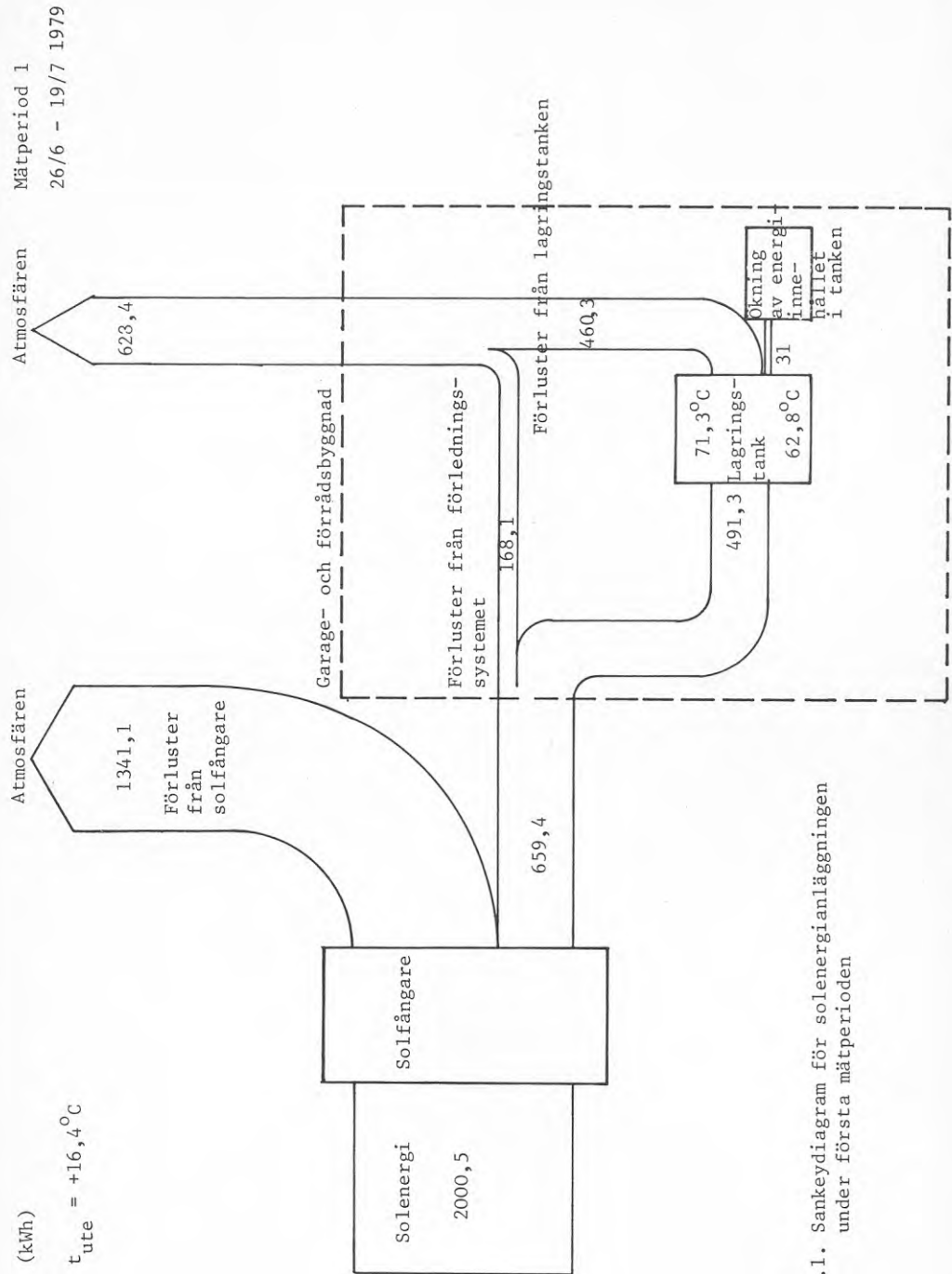


Fig. 4.2.1. Sankeydiagram för solenergianläggningen under första mätperioden

4.3 Energiverkningsgrader

En plan solfångares energiverkningsgrad, $\eta_{\text{solfångare}}$, definieras som den andel av infallande direkt+diffus solstrålning som upptas av solfångaren, förenklat sett

$$\eta_{\text{solfångare}} = \frac{P_{\text{solfångare}}}{I \cdot A} = F_1 - \frac{k}{I} (T_a - T_{\text{ute}})$$

$P_{\text{solfångare}}$ = upptagen effekt av solfångare [W]

I = direkt + diffus solstrålning [W/m^2]

A = solfångarens yta [m^2]

F_1 = transmissionsfaktorn, den del av solstrålningen som transmittteras genom täckglaset [-]

k = solfångarens k-värde [$\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$]

T_a = absorbatorns medeltemperatur [$^{\circ}\text{C}$]

T_{ute} = utelufttemperaturen [$^{\circ}\text{C}$]

För en viss solfångare är alltså energiverkningsgraden beroende av solinstrålningen, utelufttemperaturen samt absorbatorns medeltemperatur. Energiverkningsgraden måste definieras över ett längre tidsintervall för att tidsförskjutningen mellan solstrålning och upptagen effekt inte skall kunna påverka resultatet. Denna tidsförskjutning gör det svårt att definiera en effektverkningsgrad.

Alla energiverkningsgrader som har bestämts är definierade för minst ett dygn.

Energiverkningsgraden kan definieras för vardera solfångaren, för hela solfångarpanelen samt för hela systemet, mätt t ex vid värmeväxlaren.

Om förluster finns mellan solfångarna och lagringstanken är energiverkningsgraden för systemet lägre än för solfångarna.

I bilaga 4 kan man utläsa att under hela mätperioden, 318,2 h, har 2000 kWh solenergi registrerats av solarimetern, som har plan täckning och är monterad på solfångarna i samma vinkel som dessa. Solarimetern registrerar direkt+diffus solstrålning.

Av dessa 2000 kWh har ca 659 kWh tagits upp av solfångarna men bara ca 491 kWh har avlämnats till lagringstanken via värmeväxlaren.

Detta betyder att energiverkningsgraden för hela solfångarpanelen var ca 33 % och för systemet ca 25 % under dessa 318,2 timmar.

Mätningarna gjordes så att energiverkningsgraden över vardera solfångaren kunde beräknas.

I tabellen nedan anges energiverkningsgraden för varje solfångare, dels under varje delmätperiod, dels under hela första mätperioden.

Solfångare	Energiverkningsgrad för vardera solfångaren under delmätperiod 2-7 under mätperiod 1						Energiverkningsgrad för vardera solfångaren under mätperiod 1
	2*	3	4	5	6	7	3-7
B	39	36	35	40	17	24	34,2
C	40	36	36	40	18	26	35,1
D	32	26	27	32	12	18	25,9
E	46	37	37	42	22	26	36,9
F	27	22	23	27	10	17	22,3
G	49	37	39	42	19	27	36,9
H	48	41	40	46	21	27	39,4
I	44	33	35	39	17	24	33,3
J	-	39	40	41	19	28	37,6
K	40	28	30	31	14	23	28,4
hela systemet mätt vid värmewäxlaren	25	25	24	30	11	21	25

*OBS! Rotametrarna är inte kalibrerade.

Några tillförlitliga resultat för solfångare A har inte erhållits. Detta kan bero på trasiga Nil00 givare. Solfångare A har antagits ha samma energiverkningsgrad som genomsnittligt för de övriga solfångarna. Delmätperiod 2 har inte tagits med i beräkningen av den genomsnittliga energiverkningsgraden för varje solfångare eftersom rotametrarna inte var kalibrerade då.

En väldigt stor skillnad uppvisas i energiverkningsgrader för de olika solfångarna. Solfångare H (30 mm mellan vattenrören, svartlackerad aluminiumplåt som absorbator samt 2 isolerglas som täckning) har 77 % högre energiverkningsgrad än solfångare F (30 mm mellan vattenrören, Co-anodiserad aluminiumabsorbator samt plasttäckning).

4.4 Förluster

Av de 2000 kWh som solarimetern har registrerat har 659 kWh tagits upp av solfångarna men bara 491 kWh avlämnats till lagringstanken via värmeväxlaren. Det betyder att man från solfångarna till värmeväxlaren har en förlust på 168 kWh, mätt under 318,2 timmar, vilket innebär en genomsnittlig effektförlust på 0,53 kW. Detta beror till en stor del på en bristfällig isolering av rörledningar i systemet. Man hade också ett kraftigt läckage vid husnocken där samlingsledningen från solfångarna var placerad. Detta bidrog till att öka förlusterna.

491 kWh har avlämnats till lagringstanken via värmeväxlaren, vilket innebär en genomsnittlig värmeeffekt på 1,5 kW under de 318,2 timmar då mätvärdena har registrerats. Under denna tid har tanktemperaturen sjunkit med 4°C, vilket innebär att energi-innehållet har sjunkit med 42 kWh. Någon energi har inte hämtats från tanken till uppvärmningssystemet under denna tiden. Det betyder att förlusterna från tanken, värmeväxlaren samt rörledningarna mellan tanken och värmeväxlaren var 491+42=533 kWh. Detta innebär en effektförlust på över 1,5 kW i genomsnitt. Om energi varken till- eller bortföres tanken aktivt innebär en effektförlust på 1,5 kW att temperaturen i tanken sjunker i genomsnitt 3°C per dag om alla förlusterna hänförs till tanken. Detta är dock inte helt riktigt eftersom en del förluster kommer från värmeväxlaren och från rörledningarna mellan tanken och värmeväxlaren.

Förlusterna kan förklaras av att tankbotten och rörledningarna mellan tank och värmeväxlare är oisolerade samt att värmeväxlaren är dåligt isolerad.

För att kontrollera om detta helt förklarar förlusten har en beräkning av transmissionsförlusterna från tanken gjorts. Beräkningen redovisas i bilaga 5. Vid ett ϵ -värde (emissionsfaktor för värmestrålning) på 0,8 (matt yta) uppgår strålnings- och konvektionsförlusterna från den oisolerade tankbotten till ca 1,1 kW. Transmissionsförlusterna från resten av tanken, den isolerade delen, har beräknats till ca 0,2 kW. Resterande 200 W kan hänföras till värmeväxlaren och rörledningarna mellan tank och värmeväxlare.

Efter denna första mätperiod isolerades tankbotten och rörledningarna till värmeväxlaren provisoriskt.

4.5 Lagringstanken

Temperaturen i toppen på lagringstanken var i genomsnitt 71,4°C och i botten på tanken 62,5°C under första mätperioden. Skiktningen i tanken fungerar utmärkt, vilket man kan utläsa av diagrammet i bilaga 3.1. Denna goda skiktning gör att man kan utnyttja lagringstanken väl. De största temperaturvariationerna uppträder i botten på lagringstanken. Det kan till en stor del förklaras av att förlusterna från tankbotten är så stora i jämförelse med resten av tanken.

Utelufttemperaturen har i genomsnitt under mätperioden varit 16,3°C, vilket innebär att absorbatorns medeltemperatur - utelufttemperaturen i medeltal var 50,7°C.

4.6 Kommentarer till mätresultaten

Det mest slående resultatet efter mätperioden är den stora skillnaden i energiverkningsgrad för de olika solfångarna. I tabellen nedan är solfångarna rangordnade efter energiverkningsgrad för den första mätperioden.

Rang- ordning	Sol- fångare	Energi- verk- nings- grad	Avstånd kanaler	Behandling	
1	H	39,4	30	Svartlackerad Al	2 isoler- glas
2	J	37,6	100	Svartlackerad Al	2 isoler- glas
3	E	36,9	90	Svartlackerad Al	2 glas
4	G	36,9	100	Co-anodiserad Al	2 isoler- glas
5	C	35,1	30	Ni-anodiserad Al	1 glas
6	B	34,2	30	Co-anodiserad Al	1 glas
7	I	33,3	100	Co-anodiserad Al	2 isoler- glas
8	K	28,4	100	Co-anodiserad Al	1 plexi- glas
9	D	25,9	100	Co-anodiserad Al	1 glas
10	F	22,3	30	Co-anodiserad Al	Kallwall+ Tedlar (plast)

F_1 - och k -värdet påverkas i första hand av absorbatortäckningen. Isoleringen bak absorbatoren skiljer åt för de olika solfångarna, men k -värdet för denna är teoretiskt sett ganska lika. Det har varit mycket svårt att bestämma solfångarnas F_1 - och k -värden utifrån mätresultaten på grund av att det inte går att definiera energiverkningsgraden för korta perioder. Därför är det svårt att bestämma den exakta rangordningen för solfångarnas årsenergiverkningsgrad.

Det visade sig att under första mätperioden var absorbatörbehandlingen den viktigaste egenskapen. Svartlackerad Al-absorbator gav det bästa resultatet, därefter kom Ni-anodiserad Al-absorbator och sist Co-anodiserad Al-absorbator. De selektiva ytorna gav alltså det sämsta resultatet under sommarperioden. De selektiva absorbatörerna uppvisade en förändring i ytans beskaffenhet vilket kan förklara deras dåliga energiverkningsgrad. Den näst viktigaste egenskapen var täckningen där två isolerglas var bäst och därefter 2 vanliga glas, 1 glas, plexiglas samt plast, som var klart sämst.

Den minst viktiga egenskapen var avståndet mellan vattenrören i absorbatoren där 30 mm avstånd var något bättre än 100 mm. Solfångare C och B, som har l-glastäckning, kan vintertid visa ett bättre resultat än solfångare H, J, G och E.

Under delmätperiod 6 och 7 uppvisar solintensiteten väldigt snabba och stora variationer. Det kan vara förklaringen till att energiverkningsgraderna för alla solfångarna är mycket lägre under dessa delmätperioder än för de andra.

De avsevärda variationerna i resultatet kan bero på snabba och frekventa växlingar i klimatet. Det är därför viktigt att använda ett kort samplingsintervall samt att mäta över längre tidsperioder.

Det andra viktiga resultatet är att en dåligt isolerad anläggning reducerar den verkliga energiupptagningen så mycket som försöket har visat.

Från solfångarna till värmeväxlaren är förlusten i genomsnitt 530 W och från tanken och värmeväxlaren ca 1500 W. Genom att väl isolera alla ledningar, lagringstanken och värmeväxlaren skulle förlusterna kunna minskas med minst 1500 W, under sommarperioden, vilket betyder att ytterligare ca 36 kWh/dag skulle kunna upptas av lagringstanken. Eftersom systemets energiverkningsgrad är ca 25 % krävs en infallen soleffekt på i genomsnitt 140 W/m^2 (ger dagsmax på ca 700 W/m^2) för att kompensera förlusterna i systemet under denna mätperiod.

I bilaga 6 kan man se att tanktemperaturen har sjunkit under dagen fast att solenergi har tagits upp av lagringstanken. Tanktemperaturens variationer är väldigt stora i botten, troligtvis beroende på att botten är oisolerad.

5 ÖVRIGA MÄT- OCH UTVÄRDERINGSPERIODER

De övriga mätperioderna inföll under följande tider:

Mätning	Tid	(h)	Registrerad tid	(h)	(%)
2	1979-10-01--19	456		303,0	66
3	1979-11-26--12-18	528		217,0	41
4	1980-02-18--03-07	432		245,0	57
5	1980-04-28--05-15	408		105,0	26
6	1980-07-28--08-15	432		86,0	20

Under 956 av dessa 2256 timmar har alla mätvärden registrerats på dataloggern. 42 % av tiden har täckts in.

I tabellen nedan anges kanalnummer och motsvarande mätobjekt. I figur 5.1 är mätgivarnas placeringar under andra till och med sjätte mätperioderna markerade

Kanalnummer	Mätobjekt
2	Lufttemp. i nedre delen av solfångare C
3	Vattentemp. in i solfångare C
4	Lufttemp. i övre delen av solfångare B
5	Eleffekt i toppen på lagringstanken
6	Direkt + diffus solstrålning
7	Glykol-vattenflöde i solfångarkrets
8	Vattenflöde till radiatorer
9	Vattenflöde till golvvärmslingor
10	Vattentemp. från radiatorer
11	Vattentemp. till radiatorer
12	Vattentemp. från golvvärmslingor
13	Vattentemp. till golvvärmslingor
14	Vattentemp. från solfångarpanelen före VVX
15	Vattentemp. till solfångarpanelen efter VVX
16	Vattentemp. från VVX (primärsidan)
17	Vattentemp. till VVX (primärsidan)
18	Vattentemp. till VVX (sekundärsidan)
19	Vattentemp. från VVX (sekundärsidan)
20	Tanktemp. nr 1, nederst
21	Tanktemp. nr 2
22	Tanktemp. nr 3
23	Tanktemp. nr 4
24	Rumstemp. mätt med strålningsskydd
25	Tanktemp. nr 6
26	Tanktemp. nr 7

Kanalnummer	Mätobjekt
27	Tanktemp. nr 8
28	Rumtemp. mätt med svart glob
29	Utelufttemp.
30	Tanktemp. nr 5
31	Vattentemp. ut från solfångare B
32	Lufttemp. i övre delen av solfångare C
33	Vattentemp. ut från solfångare C
34	Lufttemp. i nedre delen av solfångare I
35	Vattentemp. in till solfångare I
36	Lufttemp. i övre delen av solfångare I
37	Vattentemp. ut från solfångare I
38	Lufttemp. i nedre delen av solfångare B
39	Vattentemp. in till solfångare B

Mätperiod 2 - 6

- 24
- 28

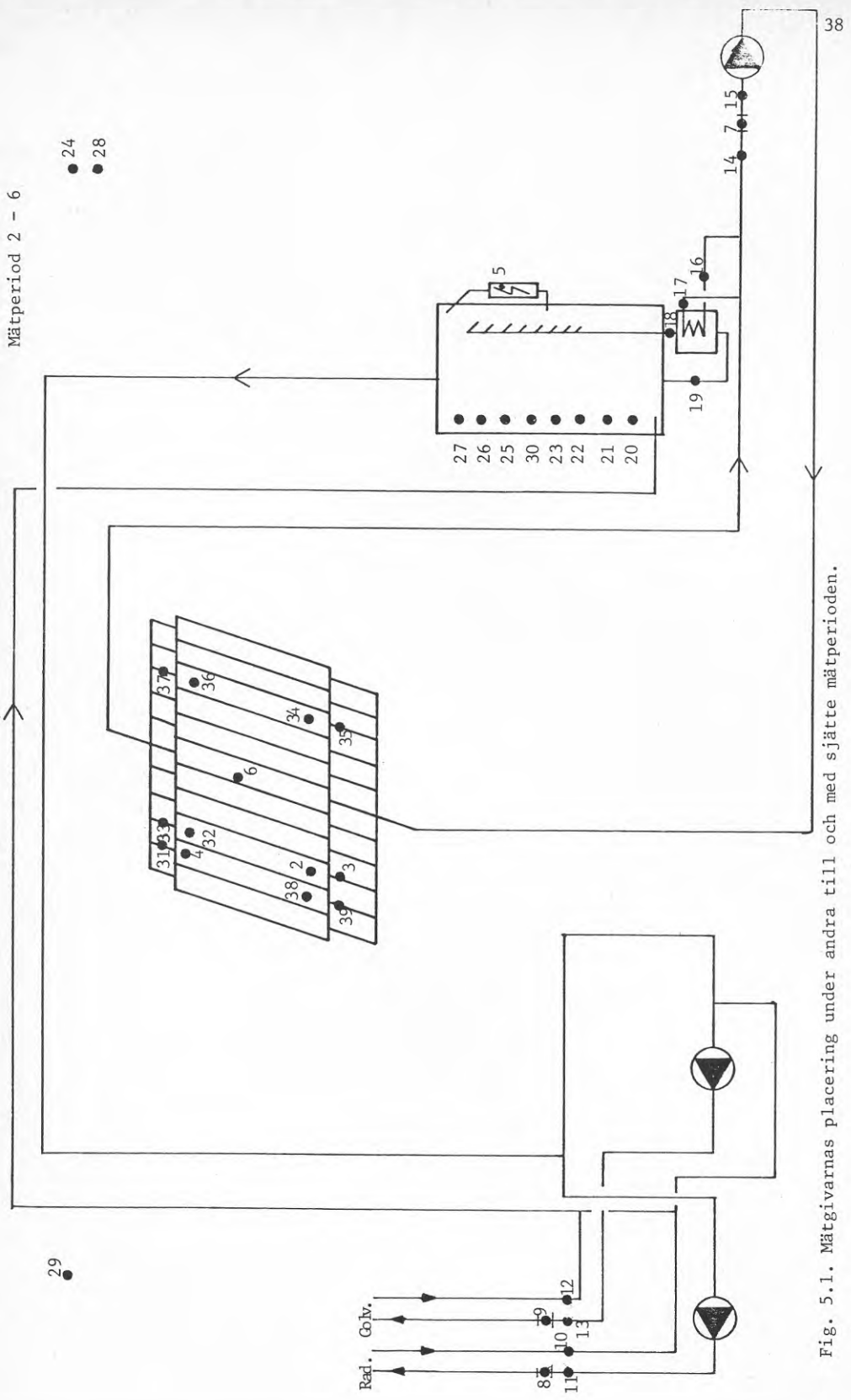


Fig. 5.1. Mätgivarnas placering under andra till och med sjätte mätperioden.

5.1 Samplingsintervall

Under större delen av mätperiod två till och med sex förelåg ett behov av lokaluppvärmning. På grund av detta användes något kortare samplingsintervall för dessa mätningar än för den första mätperioden. Under tre delmätperioder var samplingsintervallet en minut för att kunna beräkna tidsförskjutningarna i systemet. Övriga delmätperioder var samplingsintervallet fem eller tio minuter.

Tio minuter hade under mätperiod ett visat sig vara tillräckligt för att bestämma energiverkningsgrader, med god noggrannhet, för systemet. Fem minuter antogs vara tillräckligt för att i vissa fall kunna beräkna tidsförskjutningarna från infallande solenergi till lagringstanken. Detta visade sig senare vara för långt samplingsintervall för att kunna beräkna tidsförskjutningen.

5.2 Bearbetning av mätvärden

De hålstansade pappersremsorna behandlades på dator på samma sätt som under mätperiod ett.

För varje mätomgång togs följande värdens variation med tiden fram:

- temperaturen i lagringstanken på 8 olika höjder
 - utelufttemperatur samt lokaltemperatur, mätt med strålnings-skydd och med svart glob
 - glykol-vattenflödet i solfångarkretsen
 - direkt + diffus solstrålning mot hela solfångarpanelen samt över en solfångare
 - upptagen soleffekt för solfångare B, C och I (ett glas med folie, ett glas utan folie, två isolerglas utan folie)
 - avgiven soleffekt till lagringstanken via värmväxlaren
 - tillförd eleffekt till toppen på lagringstanken
 - vattenflödet i radiatorkretsen
 - vattenflödet i golvvärmekretsen
 - avgiven värmeeffekt till radiatorerna
 - avgiven värmeeffekt till golvvärmeslingorna
 - temperaturen från solfångarna - temperaturen till solfångarna
 - medeltemperaturen i solfångarpanelen - utetemperaturen
- Utifrån dessa värden har alla energiverkningsgrader och förluster i systemet kunnat beräknas.

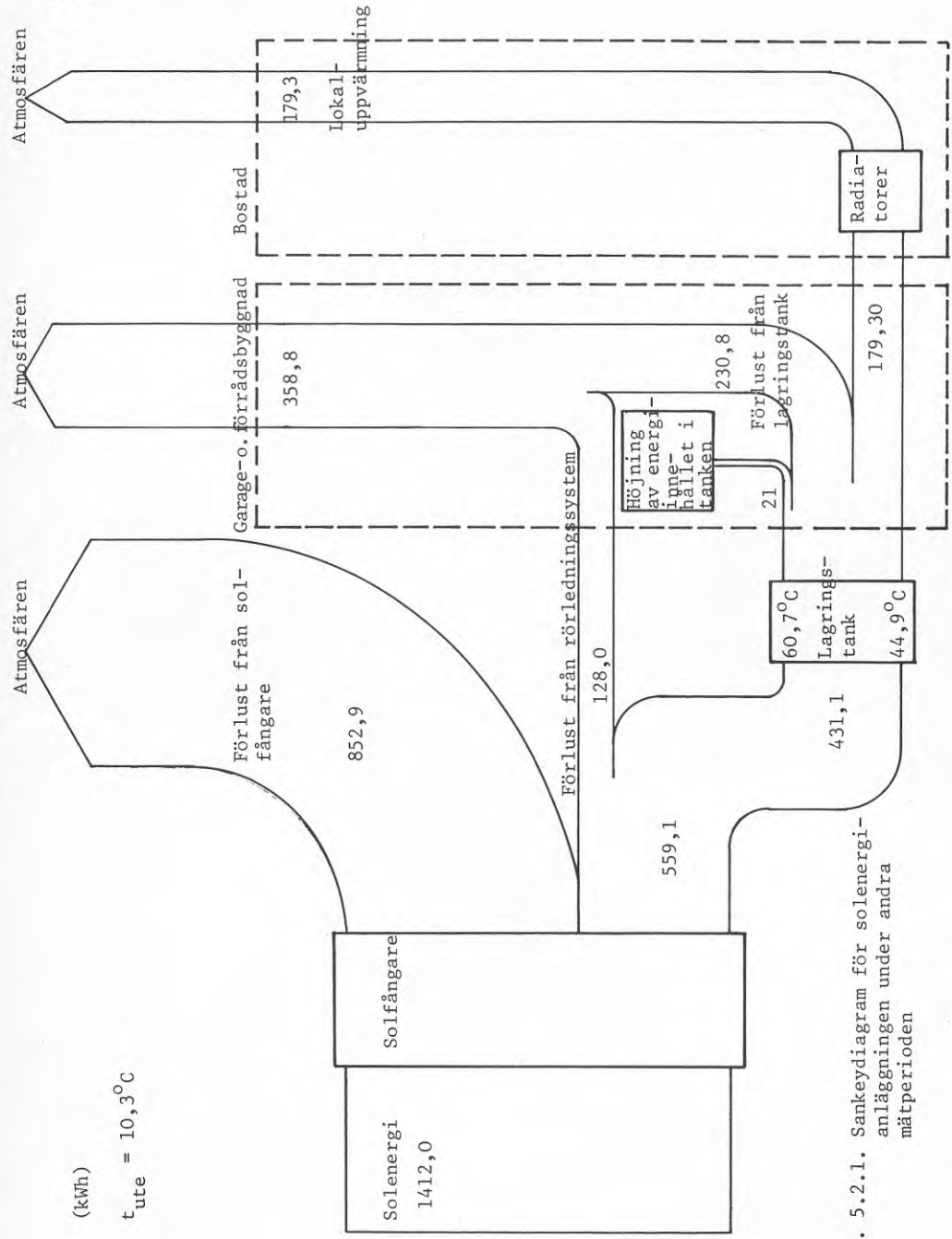
Dessutom beräknades korskorrelationen mellan direkt + diffus solstrålning och upptagen soleffekt av solfångare B, C och I samt avgiven soleffekt till lagringstanken mätt vid värmväxlaren för att bestämma tidsförskjutningarna i systemet.

I bilaga 7 visas exempel på de kurvresultat som har erhållits med IDPAC-programmet utifrån de registrerade mätvärdena. Diagrammen visar mätvärden registrerade varje minut under 4 timmar.

Tabellerna i bilaga 8 visar en sammanställning av alla mätresultat för mätperiod 2-6.

Sankeydiagrammen i fig. 5.2.1. - 5.2.5. redovisar energibalansen för systemet för varje mätperiod.

Mätperiod 2
1/10-19/10 1979



(kWh)
 $t_{ute} = 10,3^{\circ}\text{C}$

Fig. 5.2.1. Sankeydiagram för solenergi-anläggningen under andra mätperioden

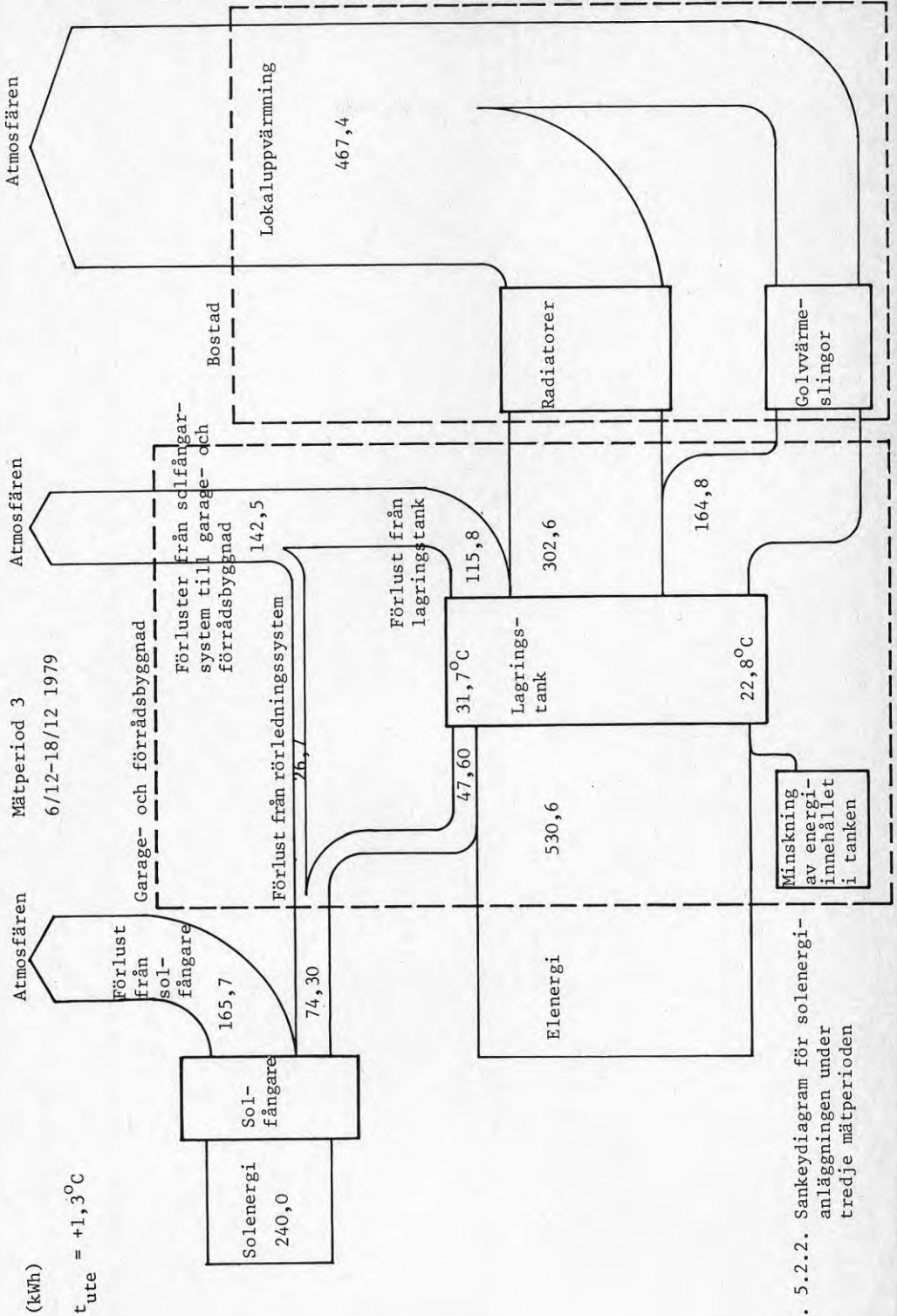


Fig. 5.2.2. Sankeydiagram för solenergi-anläggningen under tredje mätperioden

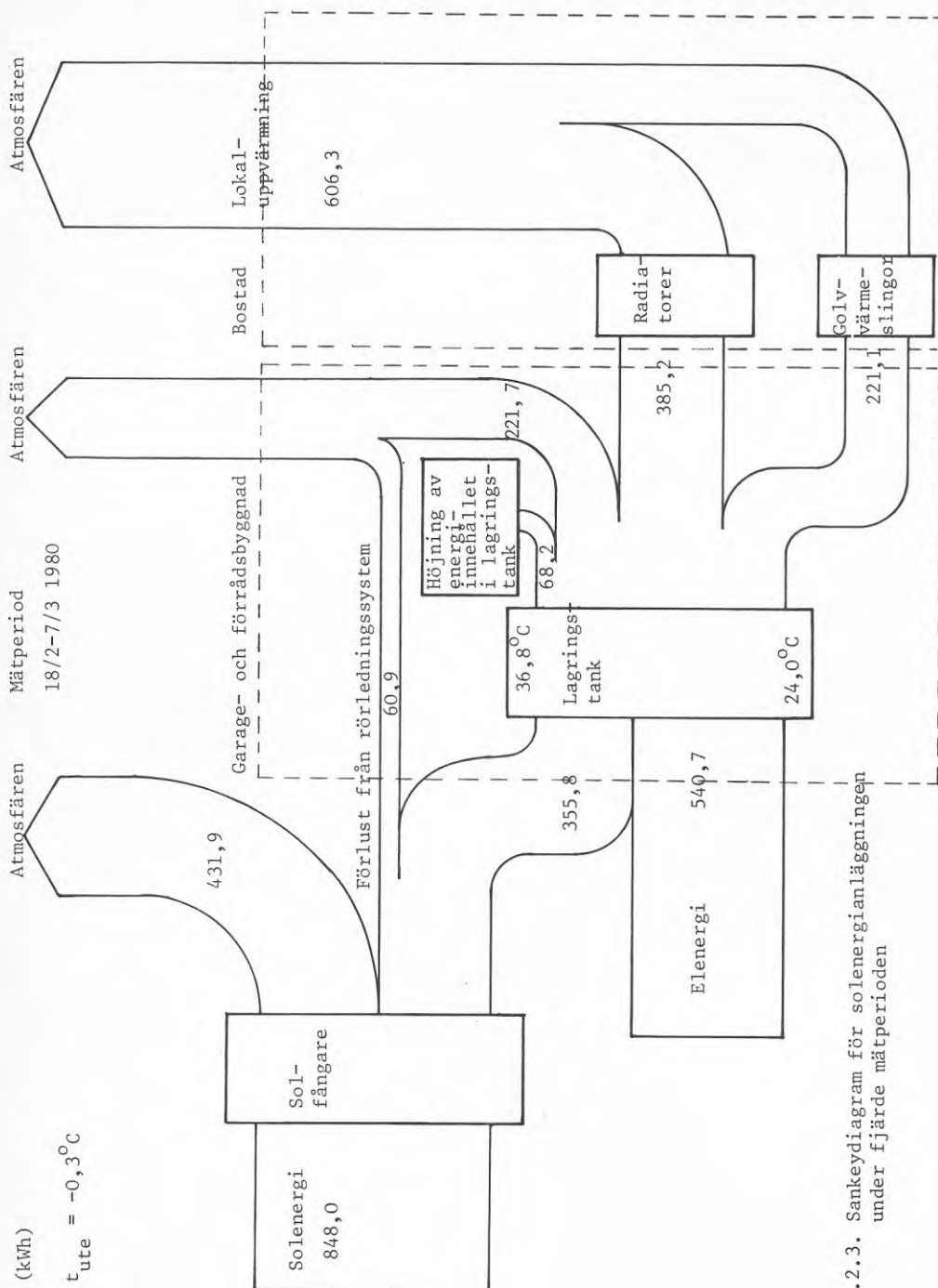


Fig. 5.2.3. Sankeydiagram för solenergianläggningen under fjärde mätperioden

(kWh)
 $t_{ute} = 14^{\circ}\text{C}$

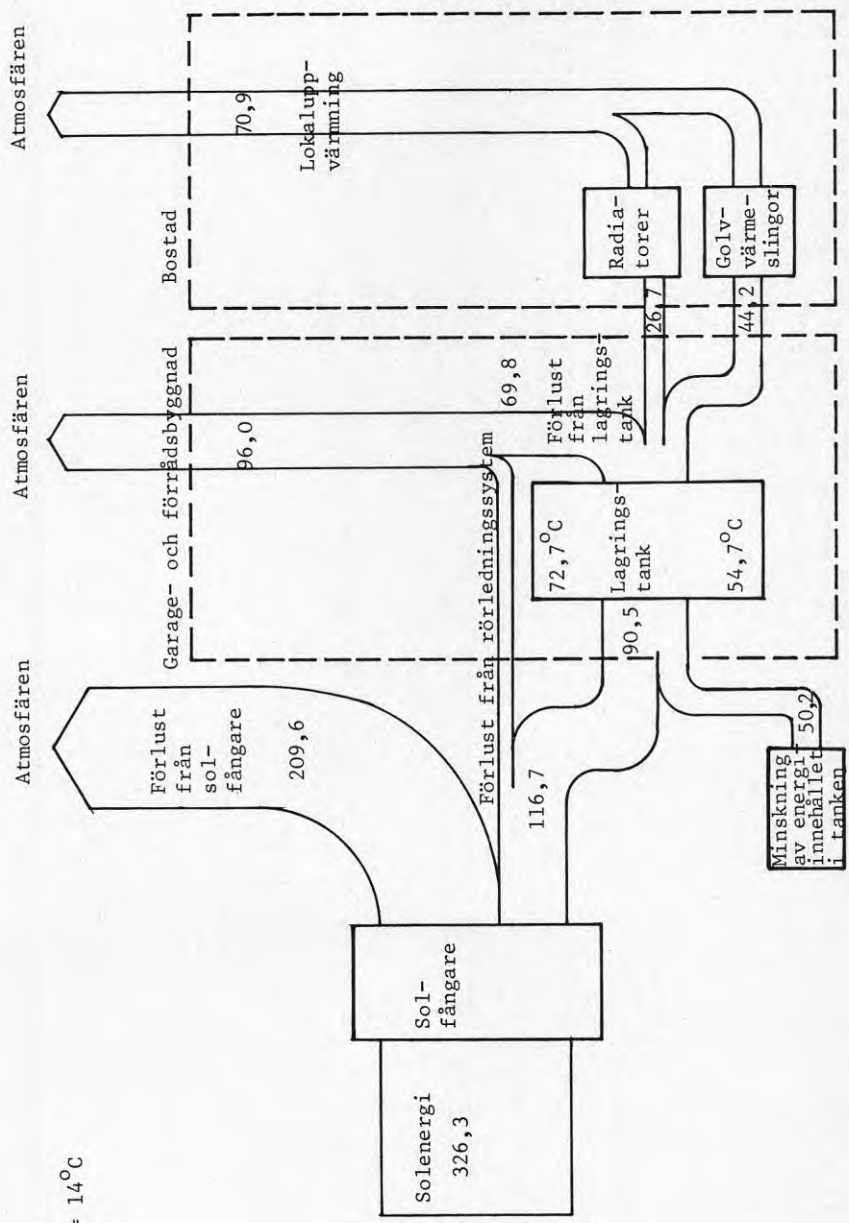


Fig. 5.2.4. Sankeydiagram för solenergianläggningen under femte mätperioden.

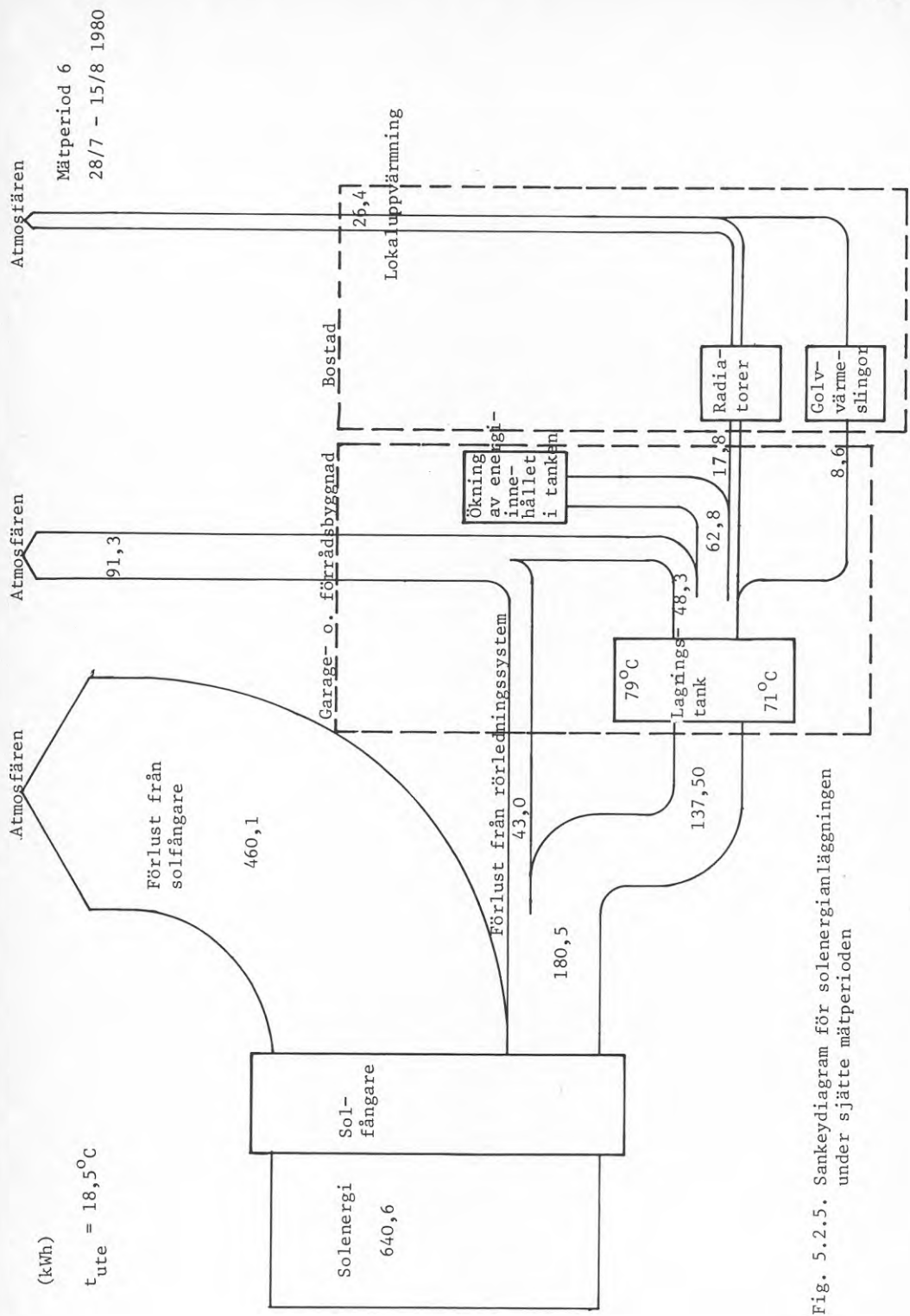


Fig. 5.2.5. Sankeydiagram för solenergianläggningen under sjätte mätperioden

5.3 Beräkning av tidsförskjutningar i systemet

Under tre delmätperioder registrerades alla mätvärden varje minut. Dessa mätperioder inföll under olika klimatologisk påverkan.

Genom att göra en korskorrelation mellan kurvan för infallande solstrålning och kurvan för upptagen soleffekt för vardera solfångaren får man ett mått på tidsförskjutningen mellan infallande solstrålning och upptagen soleffekt. Det betyder att man kan bestämma hur lång tid det tar för en variation i infallande solstrålning att märkas i form av en principiellt likadan variation i upptagen soleffekt för varje solfångare.

En korskorrelation har också gjorts mellan kurvan för infallande solstrålning och kurvan för avgiven soleffekt till lagringstanken, alltså hur lång tid det tar för en variation i infallande solstrålning att märkas som en variation i avgiven soleffekt till lagringstanken.

I tabellen anges tidsförskjutningarna i minuter mellan infallande solstrålning och:

Mätning	soleffekt upptagen av sol- fångare B	soleffekt upptagen av sol- fångare C	soleffekt upptagen av sol- fångare I	soleffekt avgiven till lagrings- tanken	t_{ute} (°C)
1	2	2	3	5	15
2	2	2	2	4	1
3	2	2	2	4	2

Max = 58
Medel = 51
⇒ Tidsförskjutningen = 58 - 51 = 7

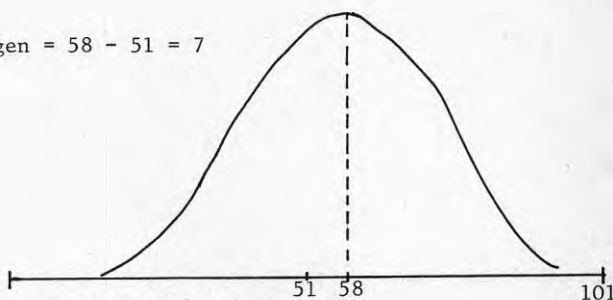


Fig. 5.3.1. Beräkning av tidsförskjutningen

Solfångare med två glas som täckning ger en större tidsförskjutning vid hög utetemperatur än solfångare med ett glas. Detta är förmodligen också anledningen till att tidsförskjutningen till effekt avgiven till lagringstanken är större under sommarklimat än under vinterklimat. Det kan förklaras av att det extra glaset gör att mera värme kan ackumuleras i solfångaren, vilket ökar tidsförskjutningen och minskar systemets snabbhet.

Korskorrelationen beräknas matematiskt ur sambandet:

$$r_{xy}(\tau) = \frac{R_{xy}(\tau)}{\sqrt{R_{xx}(0) \cdot R_{yy}(0)}}$$

$$R_{xy}(\tau) = \frac{1}{N} \sum_{j=\max(1, 1-\tau)}^{\max(N-\tau, N)} (x_{j-m_x}) (y_{j+\tau-m_y}) \quad \tau = -NOL, \dots, NOL$$

N = antalet data i varje indatavektor (kurva)

x_j, y_j = de j :te värdena i indatavektorn

m_x, m_y = medelvärdet av alla värden i indatavektorerna

NOL = antalet värden korskorrelationen beräknas för.

Enkelt uttryckt innebär korskorrelationen att man matematiskt flyttar den ena kurvan så mycket i sidled (i tiden) att kurvorna blir så lika varann som möjligt.

Korskorrelationsberäkningen finns inlagd i IDPAC-programmet.

I bilaga 9 finns resultaten av några korskorrelationsberäkningar som erhållits med IDPAC-programmet utifrån mätvärden som har registrerats under en 4-timmarsperiod varje minut.

Under några delmätperioder registrerades alla mätvärden var 5:e minut för att kunna beräkna tidsförskjutningen från solstrålningen till den avgivna effekten till lagringstanken. Detta samplingsintervall visade sig vara för långt för att kunna få fram något resultat.

5.4 Energiverkningsgrader

För mätperiod två till och med sex har energiverkningsgraderna definierats över minst ett dygn, på samma sätt som för mätperiod ett. Energiverkningsgraden har beräknats för solfångare B, C och I samt för hela systemet (mätt vid värmeväxlaren).

Försörjningsgraden har också bestämts för varje mätperiod.

$$\text{Försörjningsgraden} = \frac{\text{Utnyttjad energi från solvärmsystemet}}{\text{Energibehovet för lokaluppvärmning}}$$

I tabellen nedan anges energiverkningsgraderna för solfångare B, C och I samt för hela systemet, mätt vid värmeväxlaren.

Mät- period	Solfångare			Systemet	Tid (h)	Datum
	B	C	I	TOT		
2:1	-	-	-	29	63	
2:2	42	41	39	33	35	
2:3	45	45	43	36	43	
2:4	48	46	44	37	5	
2:5	34	33	31	23	42	
2:6	28	26	25	21	70	
2:7	0	0	0	0	45	
2	42	41	39	31	303	1/10 - 19/10
3:1	34	33	31	19	46	
3:2	0	0	0	0	47	
3:3	36	50*	34	27	43	
3:4	4,2	4,1	3,9	2	42	
3:5	35	32	27	7	39	
3	33	35*	29	20	217	26/11 - 18/12
4:1	52	53	55	46	4	
4:2	46	47	46	39	42	
4:3	23	23	25	16	42	
4:4	52	54	57	49	26	
4:5	14	15	15	11	42	
4:6	54	58	58	49	42	
4:7	47	49	57	48	4	
4:8	40	41	49	36	43	
4	46	48	51	42	245	18/2 - 7/3
5:1	27	27	25	5	29	
5:2	41	38	37	31	40	
5:3	40	37	36	32	36	
5	38	36	35	28	105	28/4 - 15/5
6:1	40	38	39	32	10	
6:2	29	28	28	21	43	
6:3	22	21	19	13	33	
6	30	28	27	21	86	28/7 - 15/8
TOT	40,0	39,8	38,1	30,6		

* mätfel som ger solfångare C för hög energiverkningsgrad.

Anledning till att den sista mätperioden är så kort är att både datalogger och remsstans gick sönder varför de användbara mätvärdena som erhöles inte var så många.

Under de fyra mätperioderna med högst utetemperatur och högst solstrålningsvärden har solfångarna B och C med ett täckglas, givit de bästa energiverkningsgraderna. Solfångare B, med folie bakom absorbatoren, har givit ett något bättre värde än solfångare C.

För mätperiod fyra (18/2 - 7/3 1980) är resultaten de omvända.

Skillnaden i energiverkningsgrad mellan de olika solfångarna är dock väldigt små, speciellt om man jämför med de skillnader man erhöles i energiverkningsgrader under första mätperioden. Om man beräknar en energiverkningsgrad för alla mätperioderna (2-6) är denna 40,0 % för solfångare B, 39,8 % för solfångare C samt 38,1 % för solfångare I.

Systemets energiverkningsgrad är 30,6 % för alla mätperioderna.

5.5 Försörjningsgraden

Försörjningsgraden för de olika mätperioderna har beräknats till:

$$\text{Mät-} \quad \text{Försörjningsgrad} = \frac{\text{Utnyttjad energi från sol-}}{\text{Energibehovet för lokalupp-}} \cdot 100$$

värmesystemet
värmning

2	100
3	8
4	40
5	100
6	100

Dessa värden på försörjningsgraden gäller om förlusterna från tanken fördelas proportionellt på el- och solenergi enligt följande:

Ex. Energi till radiatorer och golvvärmslingor = 467,4 kWh

Solenergi till lagringstank = 47,6 kWh

Elenergi till lagringstank = 530,6 kWh

Total energi till lagringstank = 578,2 kWh

Tankförluster = 110,8 kWh

$$\text{Tankförluster från solenergi} = \frac{110,8}{578,2} \cdot 47,6 = 9,1 \text{ kWh}$$

$$\text{Tankförluster från elenergi} = \frac{110,8}{578,2} \cdot 530,6 = 101,7 \text{ kWh}$$

$$\text{Utnyttjad energi från solvärmesystemet} = 47,6 - 9,1 = 38,5 \text{ kWh}$$

$$\text{Försörjningsgraden} = \frac{38,5}{467,4} \cdot 100 = 8 \%$$

Man kan också definiera försörjningsgraden så att alla tankförluster hänförs till solenergi. Detta bör vara det korrekta sättet eftersom några tankförluster inte hade uppkommit om inte solenergisystemet hade funnits - alltså en jämförelse med konventionell vattenburen elvärme.

Försörjningsgraden uppgår då till:

Mätperiod	Försörjningsgrad
2	100
3	0
4	11
5	100
6	100

Detta visar att det är av stor vikt att tala om hur man definierar försörjningsgraden.

Detsamma gäller energiverkningsgraden. Resultaten av mätningarna visar att det är en enorm skillnad om energiverkningsgraden definieras för en solfångare, en hel solfångarpanel eller ett helt system.

5.6 Förluster

Efter första mätperioden isolerades tankbotten och rörledningarna till värmeväxlaren provisoriskt och man tätade vid husnocken för att minska luftflödet här.

I tabellen nedan redovisas förlusterna för de olika mätperioderna.

Mät- period	Förlust från sol- fångare till lagringstank		Registrerad tid [h]	Förlust från lagrings- tank	
	[kWh]	[kW]		[kWh]	[kW]
2	128	0,42	303	231	0,76
3	27	0,13	216	116	0,54
4	61	0,25	245	222	0,91
5	26	0,25	105	70	0,67
6	43	<u>0,50</u>	<u>86</u>	48	<u>0,56</u>
TOT (genomsnitt)		0,30	955		0,72

Det visar sig att förlusterna har reducerats till ungefär hälften, men fortfarande försvinner en allt för stor del av den infångade solenergin på grund av dålig isolering.

Förlusterna kommer dock till största delen det garage/förråd, där solfångare och lagringstank är placerade, tillgodo.

Förlusterna i systemet är i genomsnitt 1,02 kW.

Tankförlusterna på ca 0,72 kW motsvarar en sänkning av tanktemperaturen med i genomsnitt 1,7°C/dag utan att energi till- eller bortförs tanken aktivt, under förutsättning att alla tankförlusterna hänförs enbart till tanken. I verkligheten kommer en hel del förluster fortfarande från värmeväxlaren och från rörledningarna mellan värmeväxlaren och lagringstanken.

5.7 Lagringstanken

Då eleffekten inte var inkopplad varierade temperaturen i toppen på tanken mellan 85,4 och 34,7°C. Då eleffekten var inkopplad var temperaturen mellan 46,5 och 32,4°C.

I botten på tanken varierar vattentemperaturen mellan 61 och 12,5°C då effekten inte var inkopplad och mellan 20 och 13°C i annat fall.

Även under dessa mätperioder har skiktningen fungerat utmärkt. Man märker ingen som helst omblandning i tanken.

I tabellen nedan redovisas absorbatorns medeltemperatur - utemperaturen när pumpen är igång för varje mätperiod.

Mätperiod	t (°C)
2	42,5
3	25,5
4	30,7
5	49,3
6	56,0

5.8 Radiatorer och golvvärmslingor - lokaluppvärmning

Trots att den maximala framledningstemperaturen till radiatorerna är så låg som 40°C och till golvvärmslingorna 33°C understiger lokaltemperaturen aldrig 20°C.

Utformningen och storleken av radiator- och golvvärmsystemet framgår av bilaga 1.

Ett lågtemperatursystem är förutsättningen för att en solenergi-anläggning skall kunna användas. Försöket har visat att det fungerar problemfritt.

5.9 Kommentarer till mätresultaten

Energiverkningsgraden för solfångarna är ganska lika för de tre solfångartyperna som har undersökts. Inom varje delmätperiod skiljer energiverkningsgraderna mellan den bästa och den sämsta solfångaren endast ett par procent. För hela året är solfångare B och C bäst med en energiverkningsgrad på 40,0 resp 39,8 %. Solfångare typ I har 38,1 %.

Energiverkningsgraden för solfångarna är däremot väldigt beroende av klimatet och klimatvariationerna.

Energiverkningsgraden är flera gånger högre under en solig dag med en jämn variation i solintensiteten än en dag där solintensiteten varierar mycket snabbt. I bilaga 10 visas exempel på solintensitetens variation med tiden för de båda typerna av soliga dagar.

Detta faktum påverkar en solfångares energiverkningsgrad så att den är betydligt lägre än den som tillverkare anger.

Även sedan viss tilläggsisolering gjordes efter första mätperioden är förlusterna från solfångarna till värmeväxlaren så

stora att energiverkningsgraden för systemet, mätt vid solfångaren, är 7,9 % lägre än för solfångarna i genomsnitt. Det är alltså mycket viktigt att en solfångaranläggning isoleras noggrant för att verkligen utnyttja den energi som solfångarna kan överföra till systemet.

På grund av att tankförlusterna är så stora, så reduceras den del av solenergin som kan utnyttjas för lokaluppvärmning betydligt.

6 SLUTSATSER

Projektet har visat att man till en ganska låg kostnad kan göra en noggrann utvärdering av en solenergianläggning. Det är viktigt att göra mätningar på alla solenergianläggningar som finns för att få reda på hur anläggningen fungerar och anledningen till att den fungerar bra eller dåligt.

6.1 Mätmetoden

Den valda mätmetoden visade sig fungera utmärkt, främst beroende på sättet att registrera mätvärden, alltså med datalogger och tillhörande remsstans.

Dataloggern gjorde det möjligt att registrera mycket data noggrant utan att någon behövde vara på plats, vilket var en förutsättning för projektets genomförande. Dataloggern gjorde det också möjligt att registrera mätvärdena med olika tidsintervall - samplingsintervall. Syftet med en delmätning bestämdes alltså samplingsintervallet. Om en mätning gjordes för att bestämma tidsförskjutningarna i systemet så valdes ett kort samplingsintervall, men skulle enbart energiflödena i solfångaranläggningen bestämmas så kunde ett längre samplingsintervall väljas.

Eftersom alla termoelementen satt kvar mellan de olika mätperioderna gick det både snabbt och lätt att koppla in alla mätinstrumenten till dataloggern under mätperioderna två till och med sex. Arbetet inför första mätperioden blev betydligt mera omfattande beroende på att termoelementen fick sättas upp och annubarerna monteras in i rörledningarna. Termoelementen kalibrerades före första mätperioden. De avvikelser från den verkliga temperaturen som erhöles vid kalibreringen lades in i dataprogrammet för senare utvärdering av mätvärdena. Dataloggern visar termoelementens uppmätta värden direkt i °C, vilket underlättar beräkningarna.

Dataloggern och remsstansen fungerade felfritt fram till mätperiod sex då båda gick sönder. Överföringen mellan datalogger och remsstans upphörde periodvis och dataloggern registrerade mätvärden som var helt orealistiska. Efter byte av både logger och stans erhöles tre delmätperioder med användbara mätvärden. Denna sista mätperiod blev allt för kort i jämförelse med de övriga. Det betyder också att sista mätperioden inte är så klimatmässigt representativ som de övriga.

Annubarerna visade sig vara mycket lätthanvändbara flödesmätare.

Solarimetern var under första mätperioden felkalibrerad. Detta visade sig först vid utvärderingen av mätvärdena direkt efter första mätperioden. Tillverkaren, Jim Nissmo Elektronik AB, kalibrerade om den och mätvärdena kunde korrigeras om efter den felkurva som erhöles vid kalibreringen. Under de övriga mätperioderna förändrades inte solarimetern.

Eftersom mätinstrumenten hyrdes fick mätperioderna bestämmas ca tre månader i förväg. Detta gjorde att klimatet och klimatvariationerna under de registrerade veckorna inte alltid var så som man önskat. Detta har gjort att en väldigt varm och solig period inte har registrerats med den senare typen av solfångare.

De dataprogram som användes för utvärderingen, framförallt IDPAC, var mycket lämpliga för projektet och mycket lätta att använda.

Sammanfattningsvis kan sägas att den mätmetod som skall användas för att noggrant utvärdera en anläggning, som denna, är att mätvärdena måste registreras med en automatisk mätvärdesinsamlare och att beräkningarna utifrån mätvärdena måste ske på dator.

6.2 Solfångaranläggningens utformning

Eftersom tappvarmvattenberedningen inte är inkopplad på solenergisystemet utnyttjas solenergin bara under uppvärmnings-säsongen.

Under resten av året uppvärmer solenergin bara vattnet i tanken, vilket ger en mycket dålig utnyttjning av solenergianläggningen. Om även tappvarmvattenberedning hade skett med solenergi hade temperaturen i tanken sommartid minskat, varvid verkningsgraden för solfångarna blir bättre och därmed tas mer solenergi upp och avlämnas till tanken. Under sommartid skulle man kunna täcka tappvarmvattenbehovet med solenergi. Man skulle alltså kunna utnyttja solenergianläggningen mycket bättre om tappvarmvattenberedningen kopplades in på solenergisystemet.

Det är väldigt viktigt att isolera både lagringstanken och resten av systemet väl. Den tilläggsisolering som gjordes efter första mätperioden förbättrade utbytet av solenergin en del, men en ytterligare förbättrad isolering kunde göras. Det är lättare att vid nyanläggning isolera så noggrant att energiverkningsgraden inte nämnvärt försämras genom otillräcklig isolering.

Backventilen i solfångarkretsen är otät vilket har fått till följd att varmt vatten under nattetid kan strömma baklänges genom systemet upp till toppen på solfångarna varvid pumpen startar och kyler ner systemet. Detta har observerats några gånger. Om man med en backventil försöker få flöde bara i en riktning måste man se till att denna är så tät som är möjligt för en backventil.

De solfångare som användes under första mätperioden visade att en selektiv yta försämrade energiverkningsgraden i stället för förbättrade den i jämförelse med en svartlackerad yta. De selektiva absorberarna uppvisade en förändring i ytans beskaffenhet vilket kan förklara deras dåliga energiverkningsgrad. Det bör då påpekas att en absorber med en selektiv yta är mycket dyrare att framställa än en svartlackerad. Den plast och det plexiglas som användes som absorbertäckning under första mätperioden visade sig försämma energiverkningsgraden för solfångarna mycket, vilket troligtvis berodde på en föråldringsprocess i materialet. En del av de nya absorberarna visar en förändring i ytans beskaffenhet i form av vita fläckar, vilket kan bero på ett tillverkningsfel.

Glykol-vattenflödet i solfångarkretsen är 0,16 kg/s. Detta flöde har inte kunnat varieras under projektets gång, varför detta kanske inte är optimalt. Om man jämför med resultaten

från andra praktiskt genomförda projekt kan man vänta sig att ett högre flöde skulle ge en bättre energiverkningsgrad för solfångarna och för systemet.

6.3 Ytterligare mätningar

För att få säkrare information om tidsförskjutningarna i systemet skulle fler delmätperioder gjorts med en minuts samplingsintervall. Som tidigare nämnts skulle mätningarna utförts med olika flöden i solfångarkretsen för att hitta de optimala. Bästa flödet ur energiverkningsgradssynpunkt varierar förmodligen med solintensitet och Δt , absorbatorns medeltemperatur - utetemperaturen. Det skulle också varit intressant att göra mätningar med olika inställningar på reglercentralerna, framförallt för pumpens drift i solfångarkretsen.

Begränsningar både i form av tid och pengar gjorde att mätningarna fick begränsas till den normala driften av anläggningen.

Anläggningskomponenter

Pump i solfångarkrets:	Vadstena VVC-21/210 motorns eleffekt = 250 W
Pump i radiatorkrets:	Perfekta S-20/51 motorns eleffekt = 30 W
Pump i golvvärmekrets:	Perfekta S-20/51 motorns eleffekt = 20 W (har aldrig varit igång)

Reglerutrustning för pumpens drift i solfångarkretsen:

R-S Regler.

Pumpen startar när temperaturen i toppen på solfångarna är 3°C högre än i botten på lagringstanken.

Pumpen stoppar när temperaturen i toppen på solfångarna är $2,5^{\circ}\text{C}$ högre än i botten på lagringstanken.

Reglerutrustning för elpatronens till- och frånslag i lagringstanken:

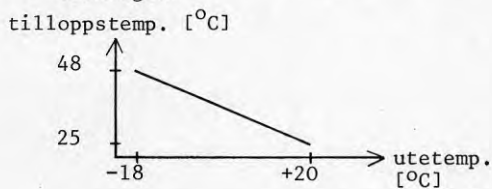
Honeywell.

Inställd på 40°C , har en elektromekanisk tröghet på ca 4°C .

Reglerutrustningar för shuntenheterna i radiatorkretsen och golvvärmekretsen:

Satchwell CXC.

1 utegivare, 1 givare i tillloppsledningen.

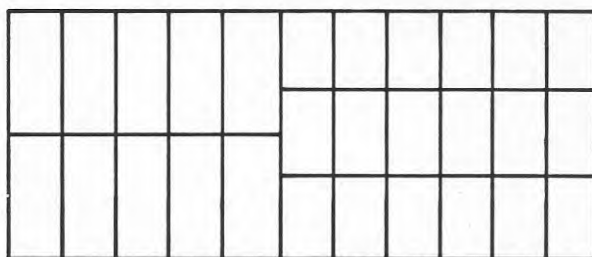


Golvvärmeslingor:

200 m, 16/18 kopparrör, uppdelat på 4 slingor. Finns bara i bottenvåningen.

BILAGA 1.2

Radiatorer:	Ovanvåningen -	3 st MP2-59-20
		2 st MP-44-54
		1 st MP-50-20
	Nedanvåningen -	1 st MP-30-48
		2 st MP-59-40
		1 st MP-59-30
		1 st MP-44-20
		1 st MP-59-20



Total solfångaryta = 42 m²

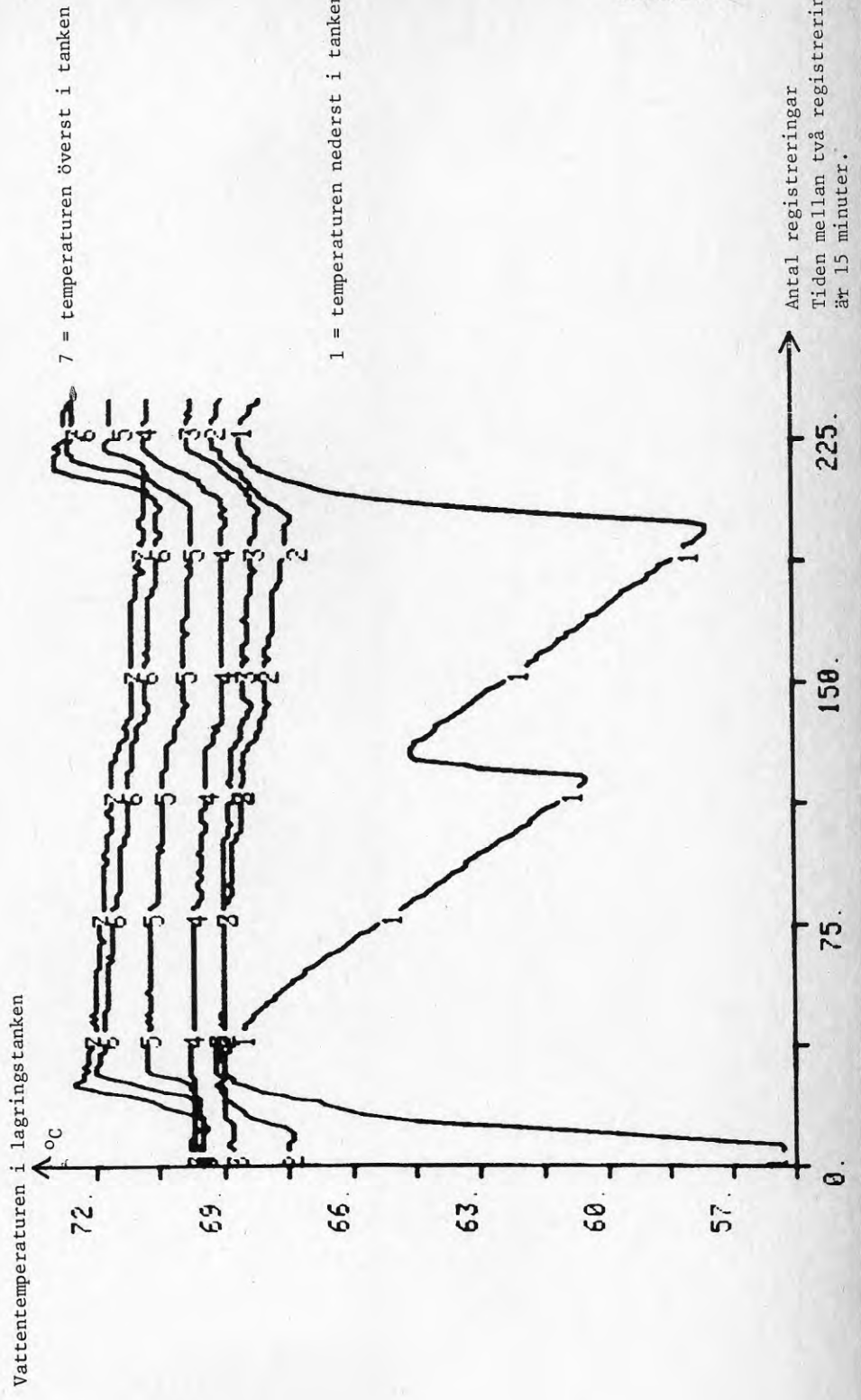
Effektiv solfångaryta = 35 m²

Instrumentspecifikation

Datalogger	- Dorric Digitrend 220
Remsstans	- Facit 40/70
DP-celler	- Rosemount DP-1151
Termoelement + kompensations- ledning	- Honeywell Spec. S001-13c typ E - Chromel-Konstantan
Eleffektjätmätare	- Metrawatt MCE 2DW/MZV
Strömmömvandlare	- H & B
Spänningstransformator	- E1-Induktra/ÄF EBDB
Solarimeter	- Nissmo Elektronik

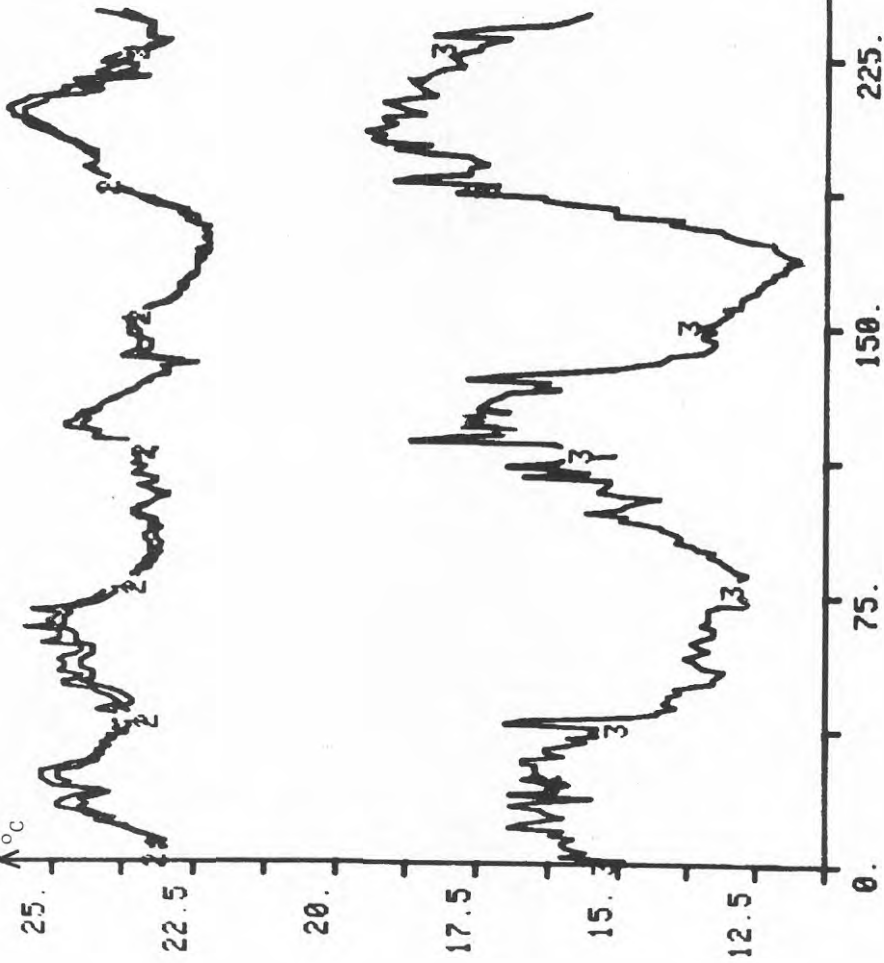
BILAGA 3

Exempel på kurvresultat som har erhållits med IDPAC-programmet utifrån de registrerade mätvärdena.
Diagrammen visar resultaten under 60 timmar.



Temperatur

°C



1 = lokaltemperaturen mätt med svart glob.

2 = lokaltemperaturen mätt med strålningskydd.

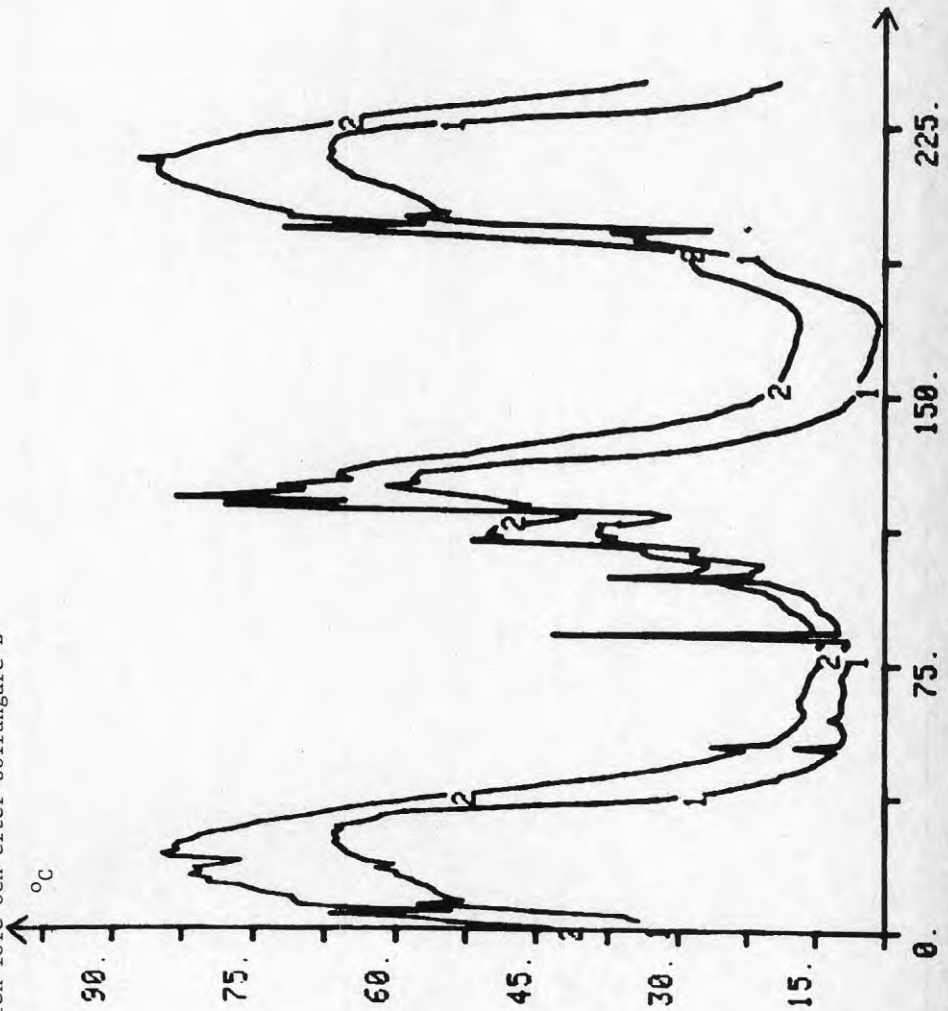
3 = utelufttemperaturen

BILAGA 3.2

Antal registreringar

Tiden mellan två registreringar är 15 minuter.

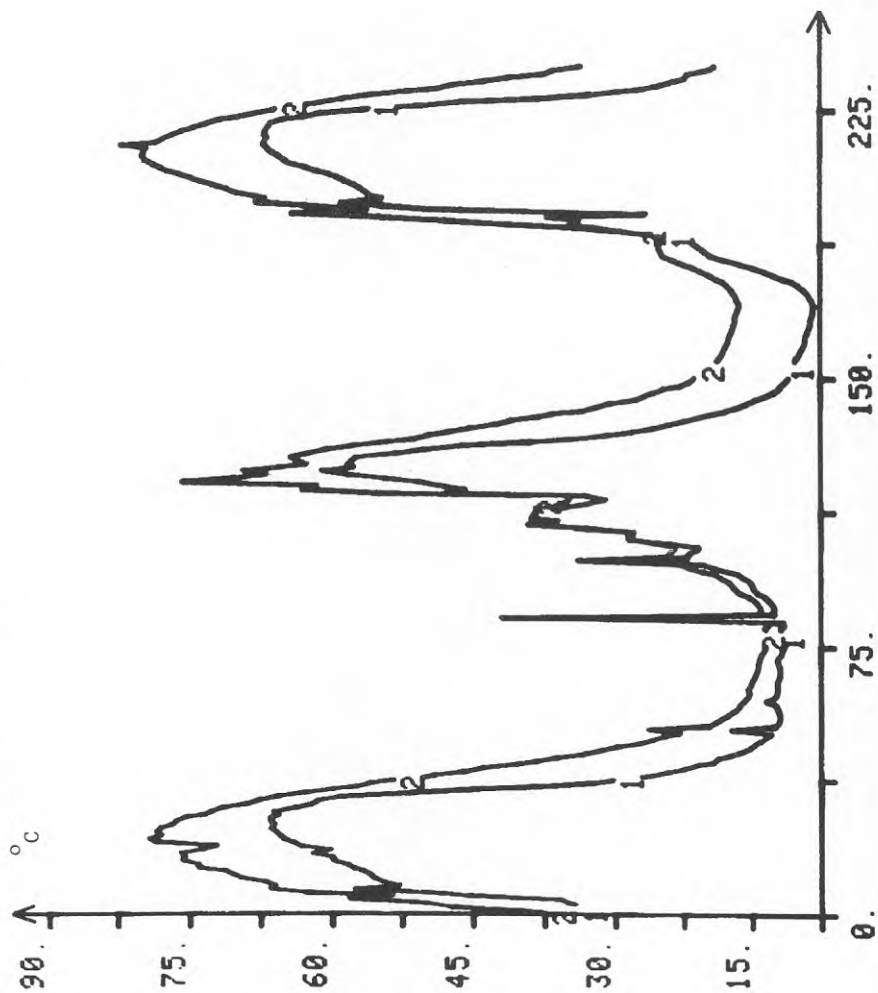
Temperaturen före och efter solfångare B



Antal registreringar

Tiden mellan två registreringar
är 15 minuter.

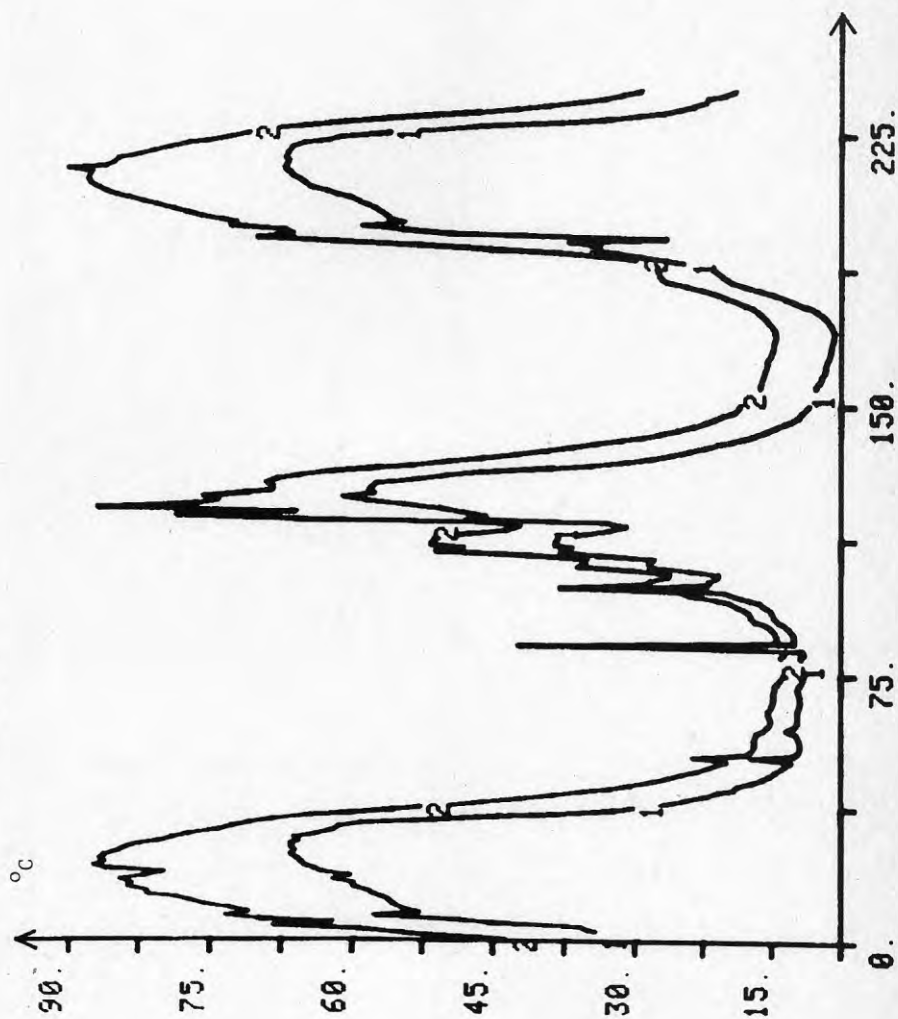
Temperaturen före och efter solfångare D



Antal registreringar

Tiden mellan två registreringar
är 15 minuter.

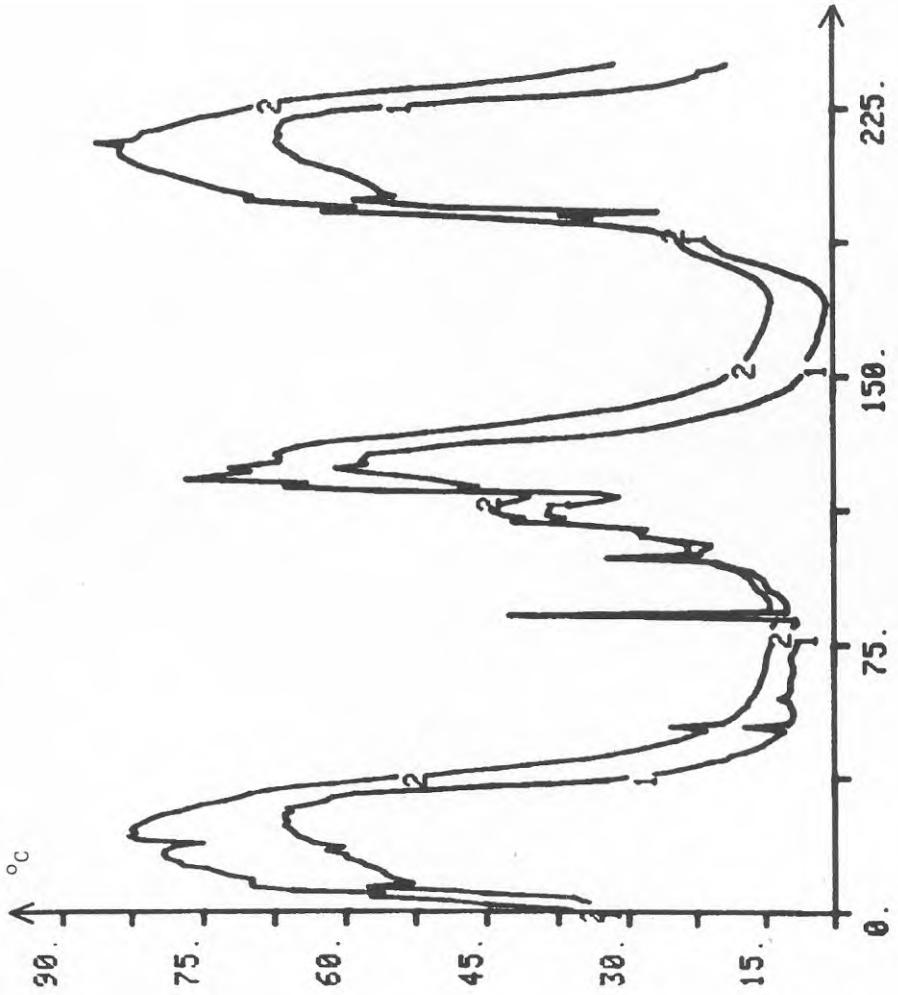
Temperaturen före och efter solfångare E



Antal registreringar

Tiden mellan två
registreringar är
15 minuter.

Temperaturen före och efter solfångare I

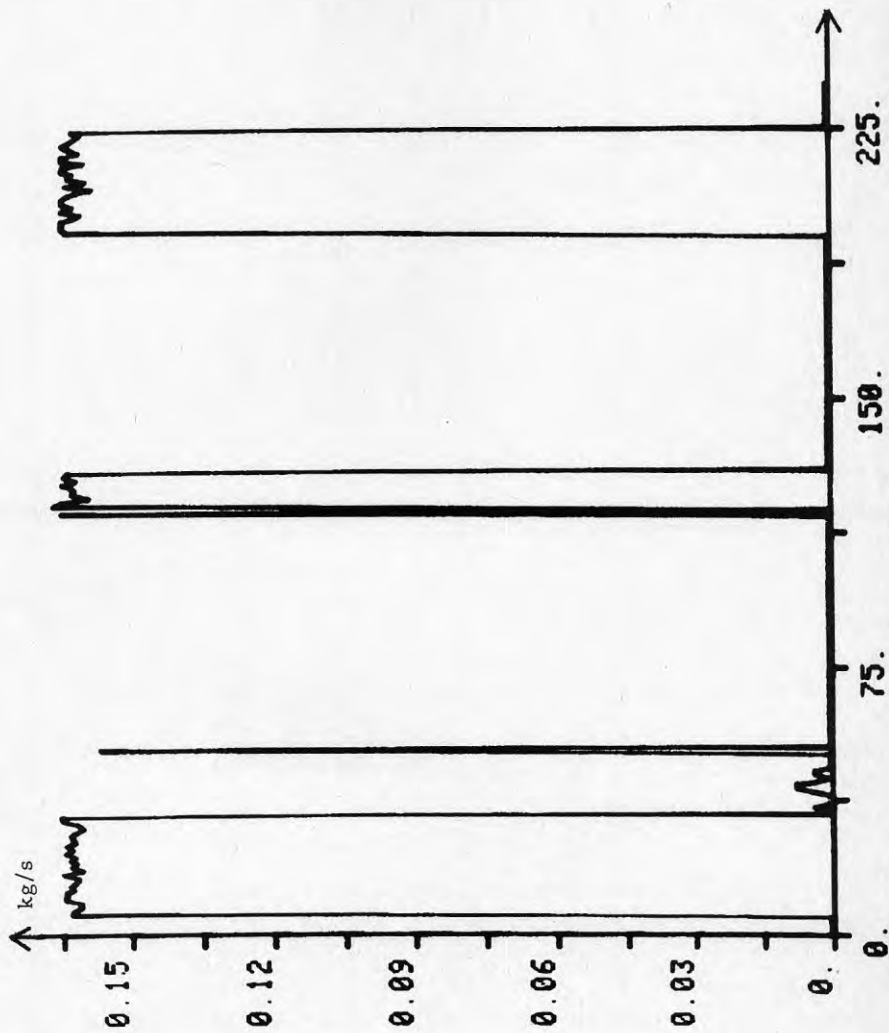


BILAGA 3.6

Antal registreringar

Tiden mellan två registreringar
är 15 minuter.

Vatten-glykolflödet i solfångarkretsen

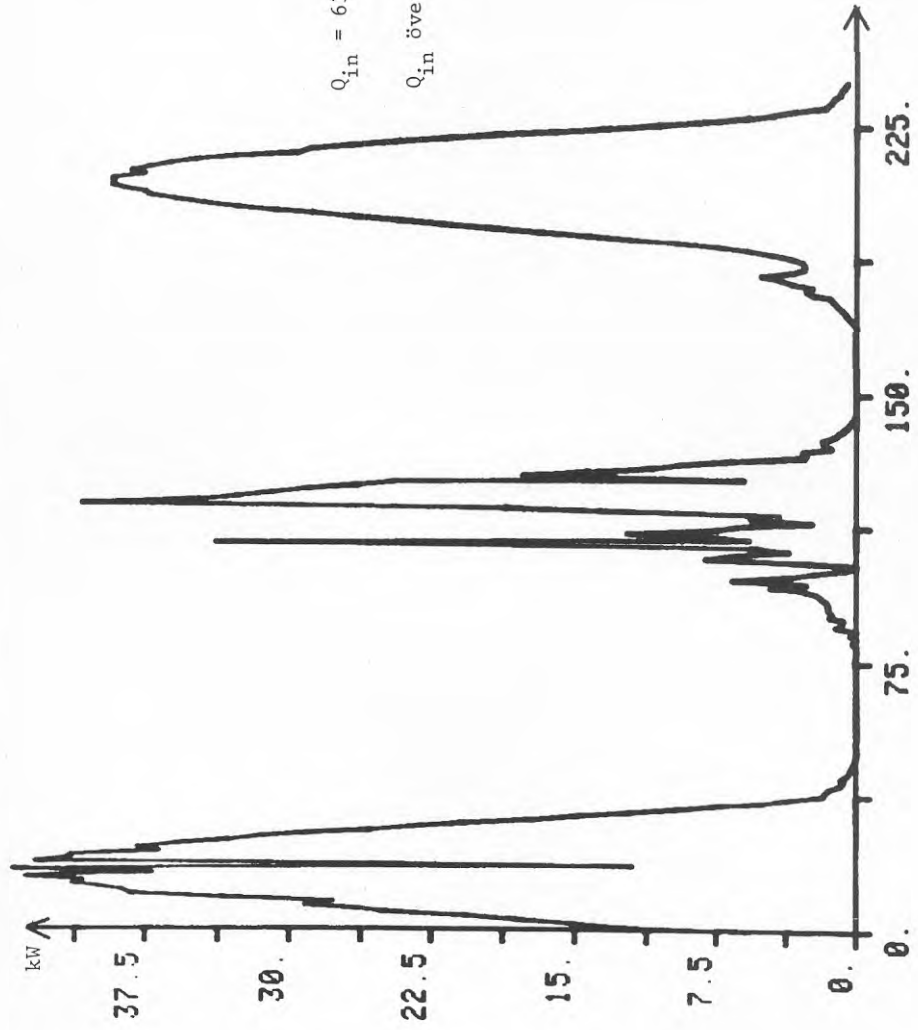


BILAGA 3.7

Antal registreringar

Tiden mellan två registreringar
är 15 minuter.

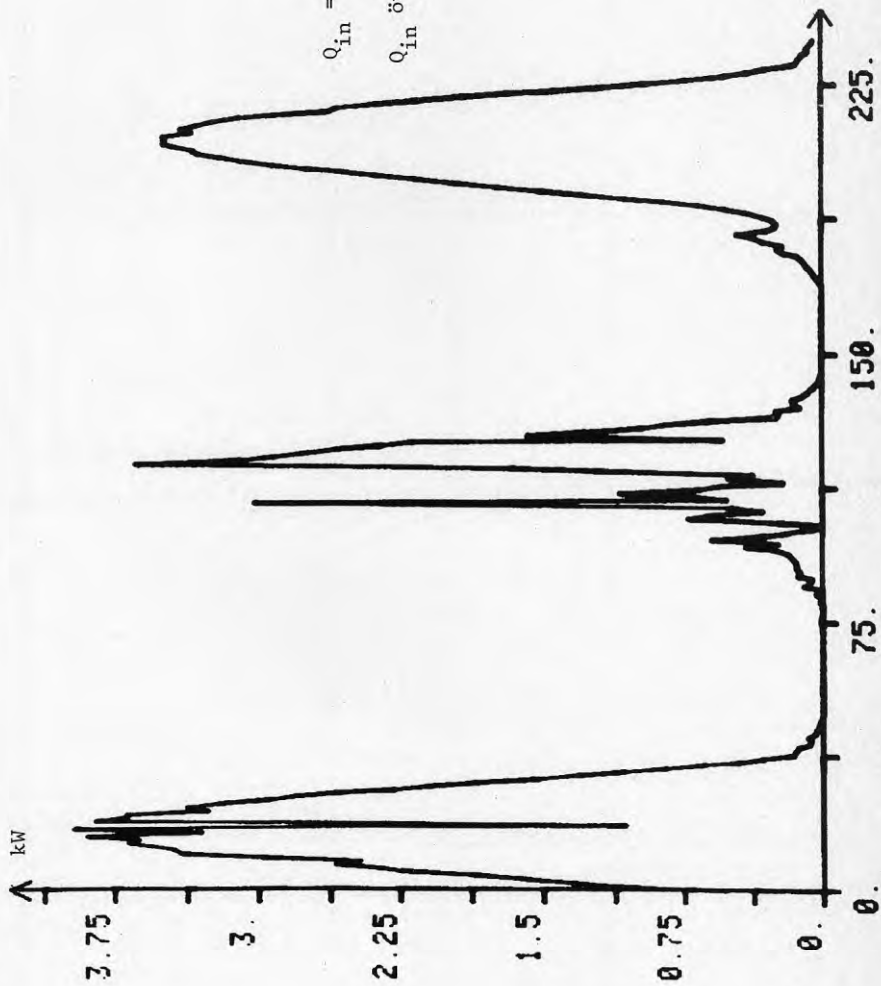
Infallien soleffekt över 45 m² solfångare



$Q_{in} = 639 \text{ kWh}$

Q_{in} över 35 m² solfångare = 497 kWh

Infallen soleffekt över 4 m² solfångare



$Q_{in} = 56,8 \text{ kWh}$

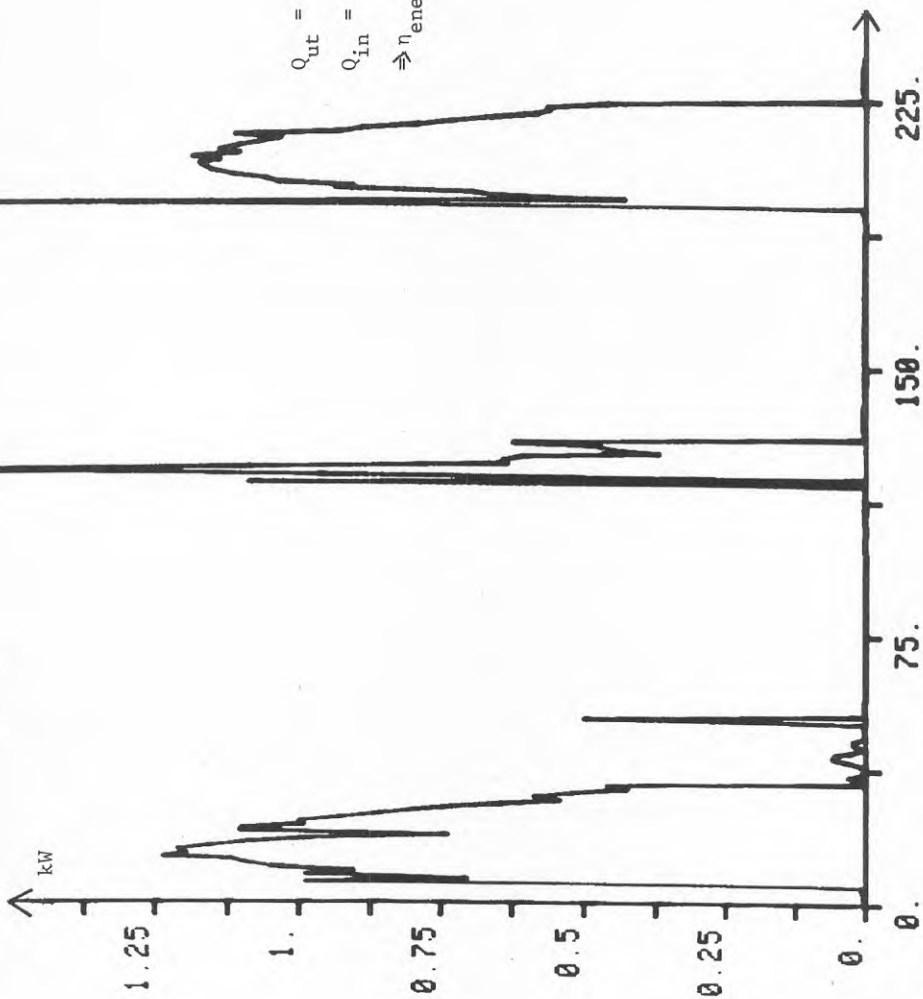
Q_{in} över 3,2 m² solfångare = 45,4 kWh

BILAGA 3.9

Antal registreringar

Tiden mellan två registreringar
är 15 minuter.

Upptagen soleffekt av solfångare B



$$Q_{\text{ut}} = 15,8 \text{ kWh}$$

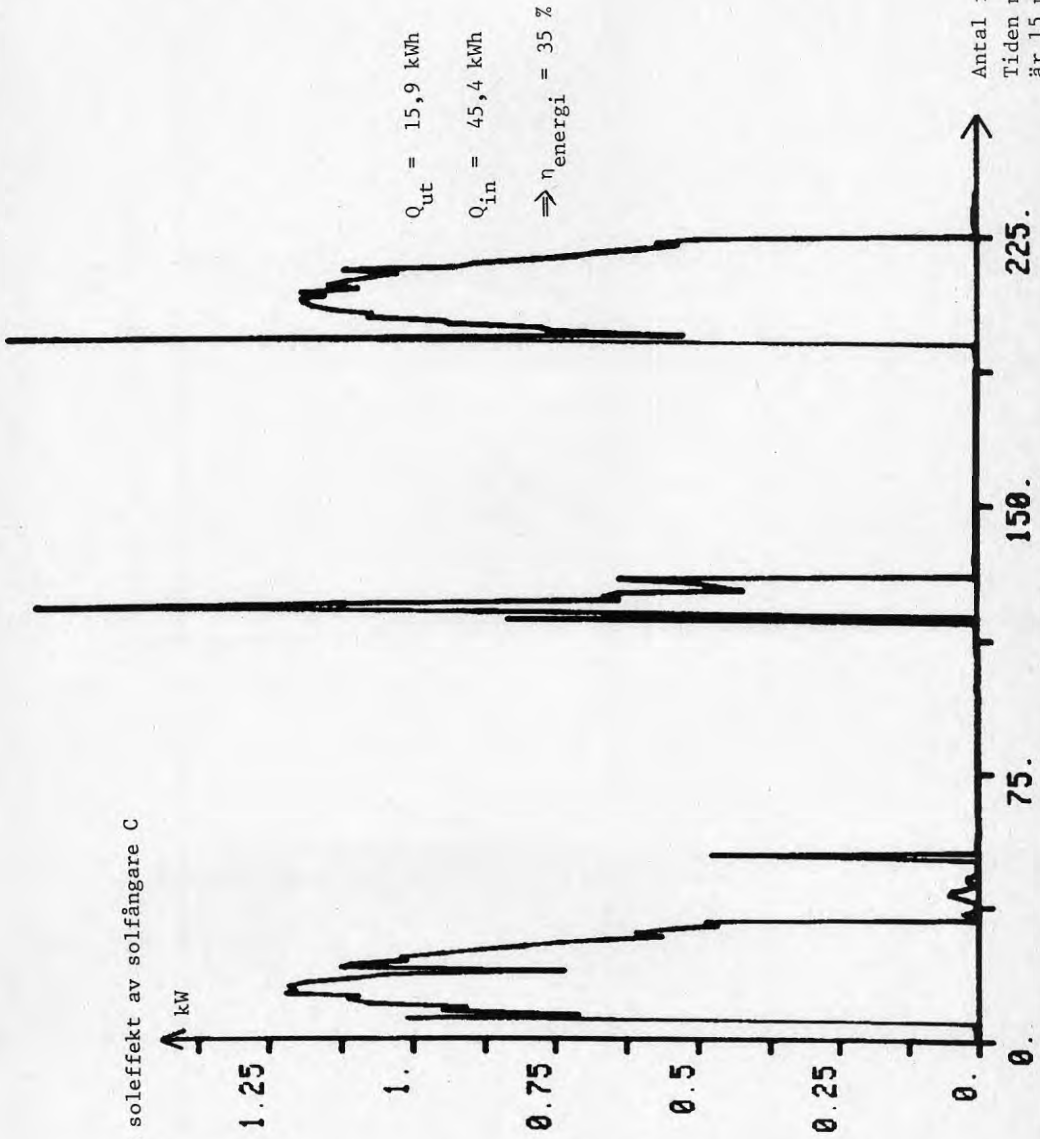
$$Q_{\text{in}} = 45,4 \text{ kWh}$$

$$\Rightarrow \eta_{\text{energi}} = 35 \%$$

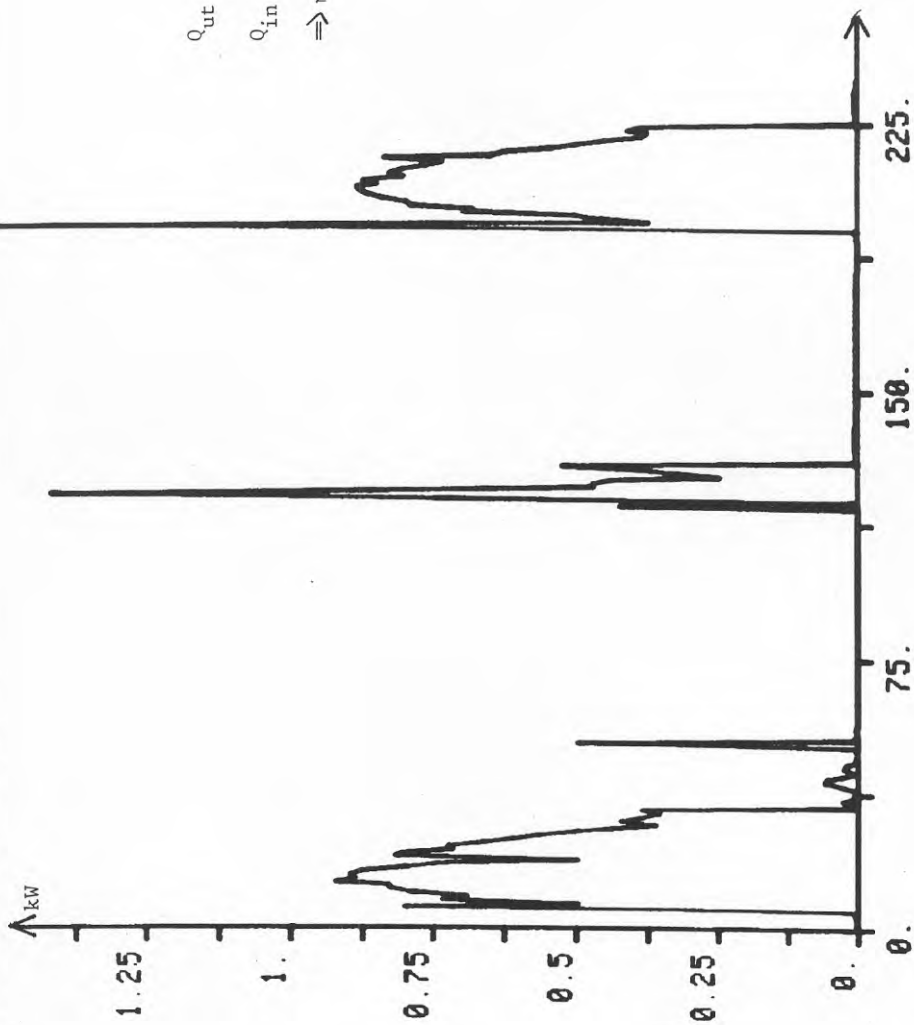
Antal registreringar

Tiden mellan två registreringar är 15 minuter.

Upptagen soleffekt av solfångare C



Upptagen soleffekt av solfångare D



$$Q_{\text{ut}} = 11,6 \text{ kWh}$$

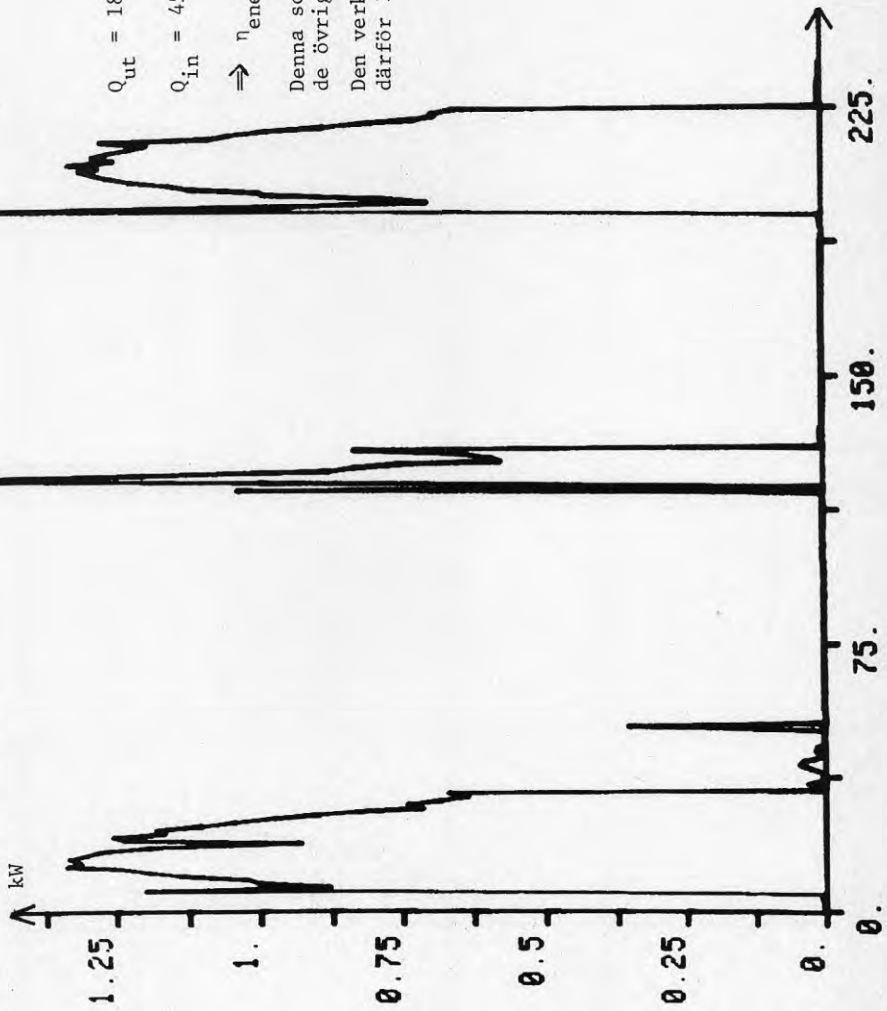
$$Q_{\text{in}} = 45,4 \text{ kWh}$$

$$\Rightarrow \eta_{\text{energi}} = 26 \%$$

Antal registreringar

Tiden mellan två registreringar är 15 minuter.

Upptagen soleffekt av solfångare E



$$Q_{\text{ut}} = 18,2 \text{ kWh}$$

$$Q_{\text{in}} = 45,4 \text{ kWh}$$

$$\Rightarrow \eta_{\text{energi}} = 40 \%$$

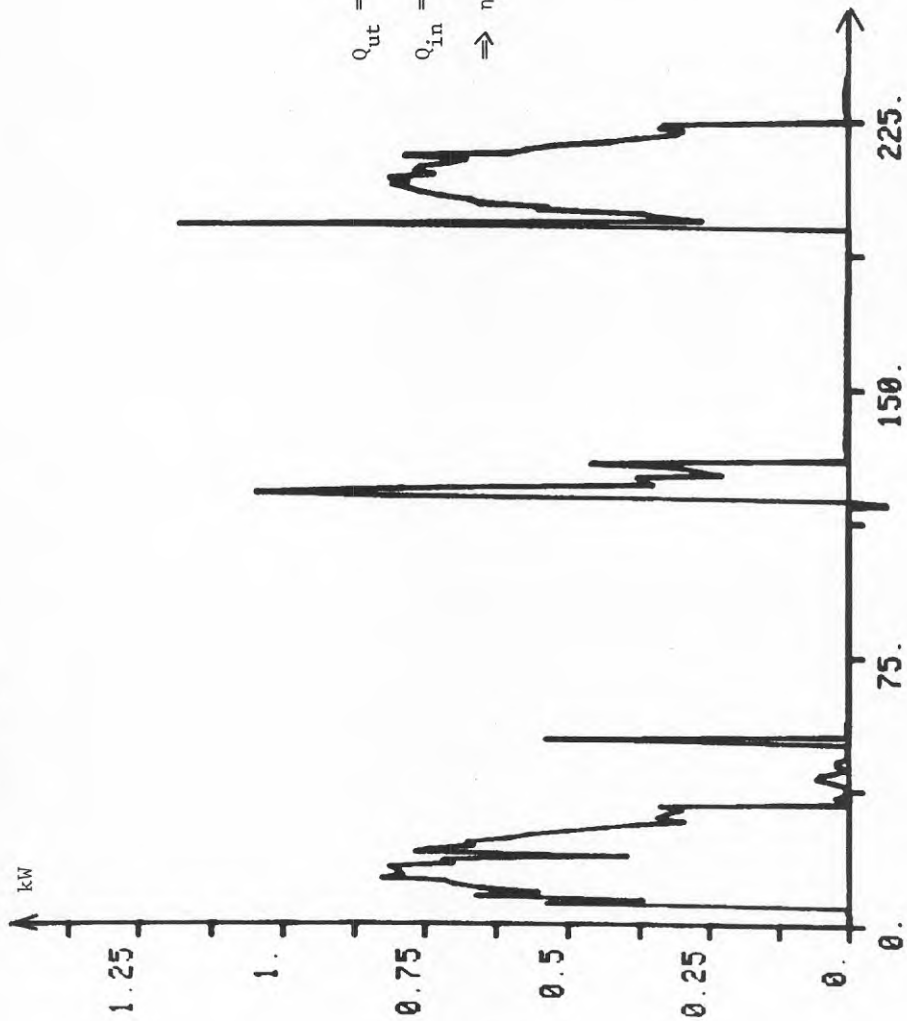
Denna solfångare är 10 % större än de övriga.

Den verkliga energiverkningsgraden är därför 36 %.

Antal registreringar

Tiden mellan två registreringar är 15 minuter.

Upptagen soleffekt av solfångare F



$$Q_{\text{ut}} = 9,9 \text{ kWh}$$

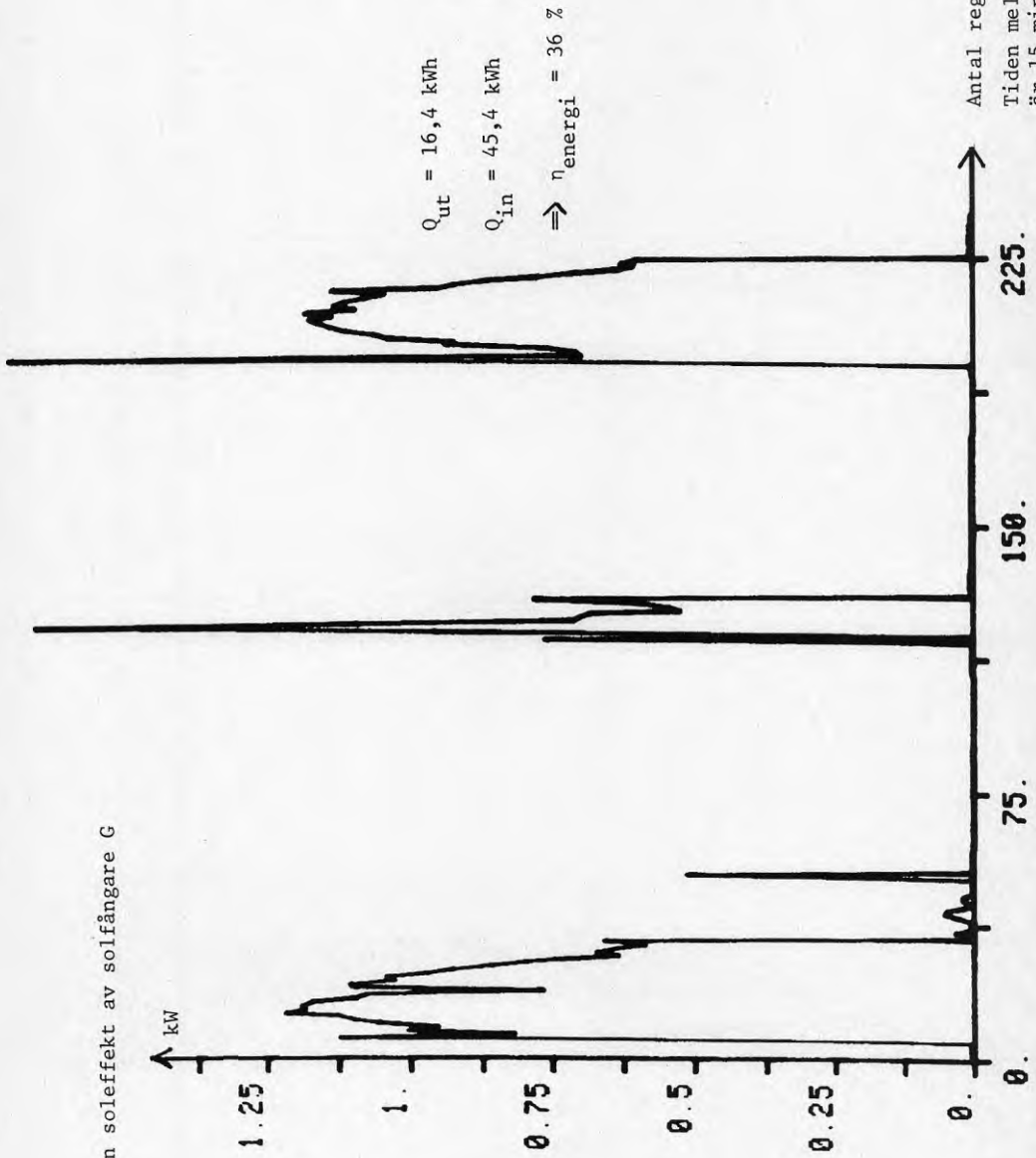
$$Q_{\text{in}} = 45,4 \text{ kWh}$$

$$\Rightarrow \eta_{\text{energi}} = 22 \%$$

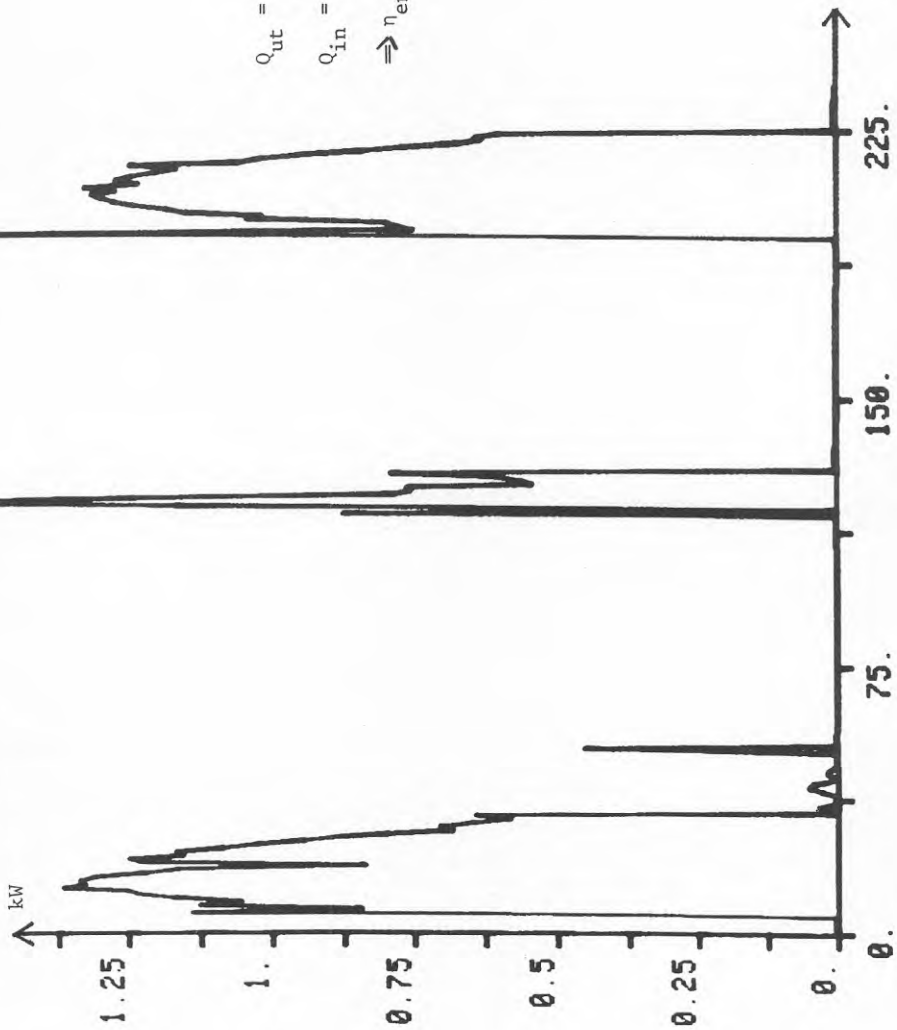
Antal registreringar

Tiden mellan två registreringar är 15 minuter.

Upptagen soleffekt av solfångare G



Upptagen soleffekt av solfångare H

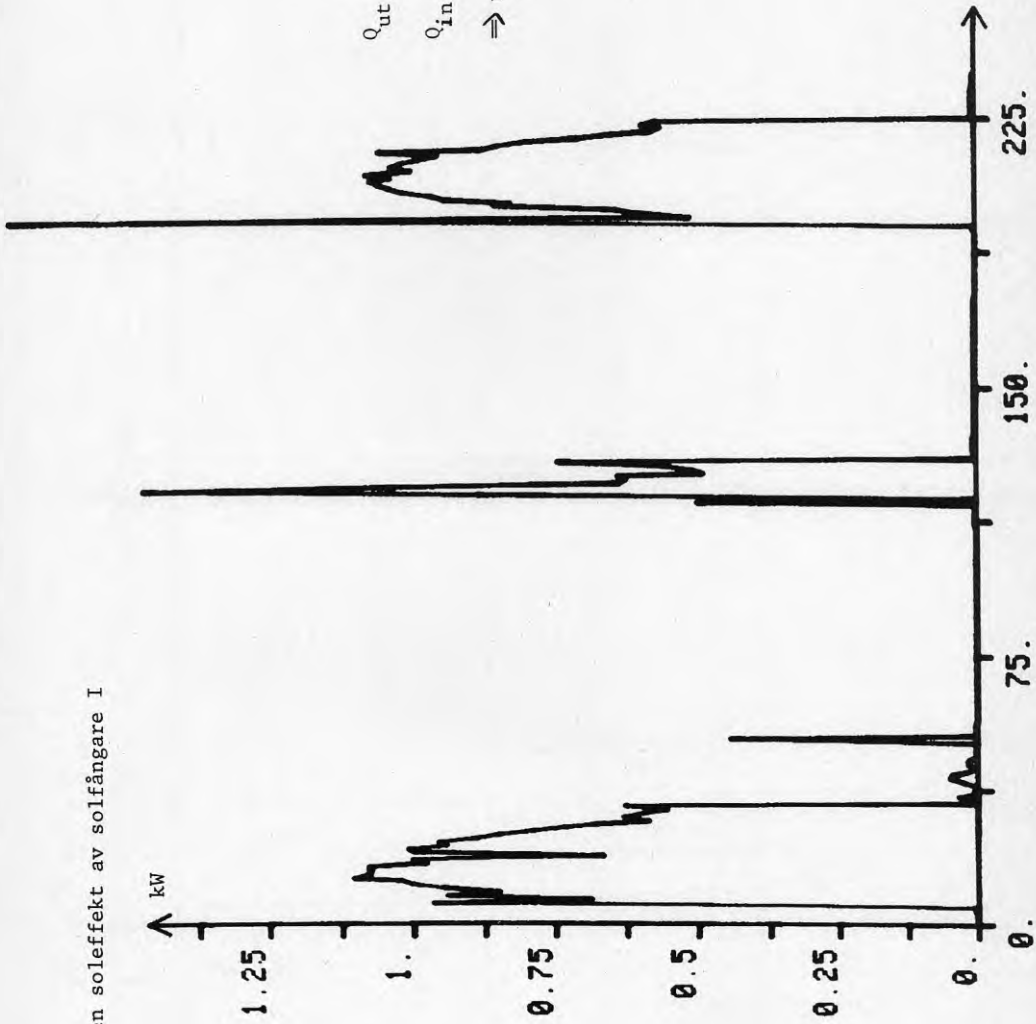


$$Q_{\text{ut}} = 17,9 \text{ kWh}$$

$$Q_{\text{in}} = 45,4 \text{ kWh}$$

$$\Rightarrow \eta_{\text{energi}} = 39 \%$$

Upptagen soleffekt av solfångare I



$$Q_{\text{ut}} = 14,8 \text{ kWh}$$

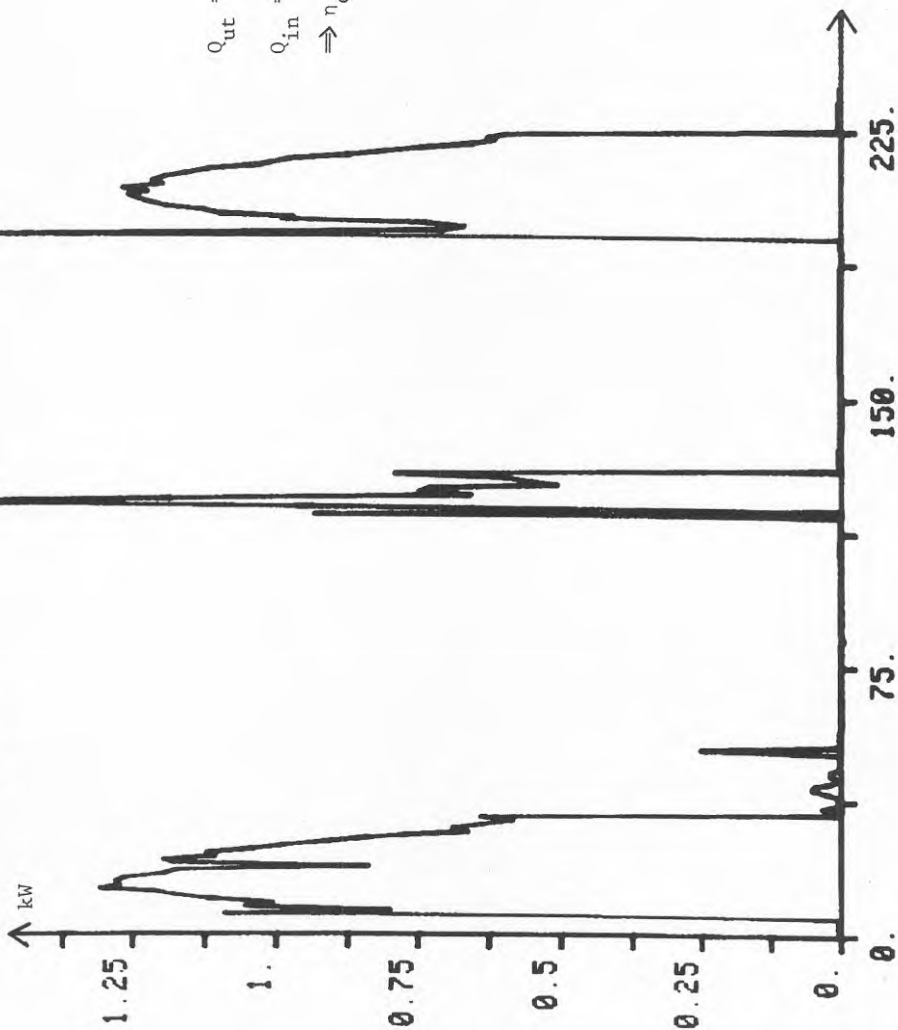
$$Q_{\text{in}} = 45,4 \text{ kWh}$$

$$\Rightarrow \eta_{\text{energi}} = 33 \%$$

Antal registreringar

Tiden mellan två registreringar är 15 minuter.

Upptagen soleffekt av solfångare J

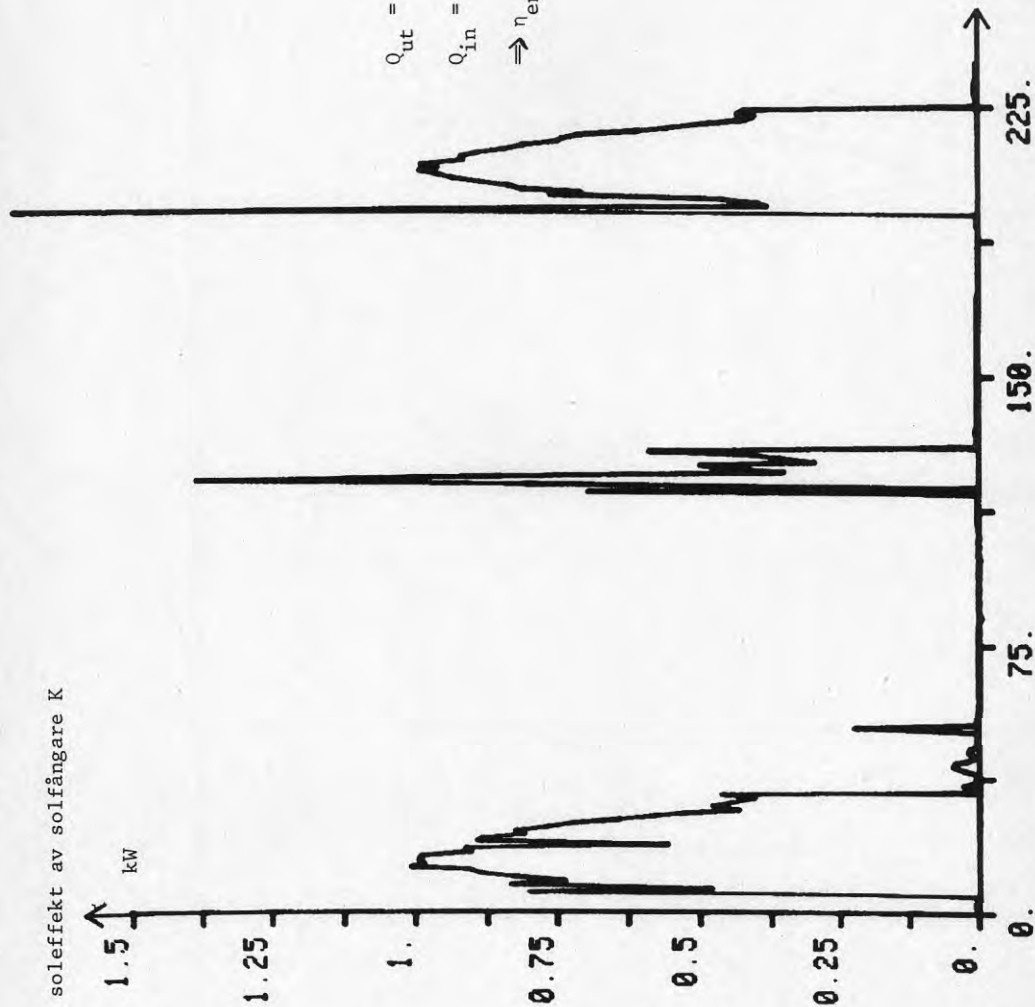


$$Q_{\text{ut}} = 17,1 \text{ kWh}$$

$$Q_{\text{in}} = 45,4 \text{ kWh}$$

$$\Rightarrow \eta_{\text{energi}} = 38 \%$$

Upptagen soleffekt av solfångare K



$$Q_{\text{ut}} = 12,6 \text{ kWh}$$

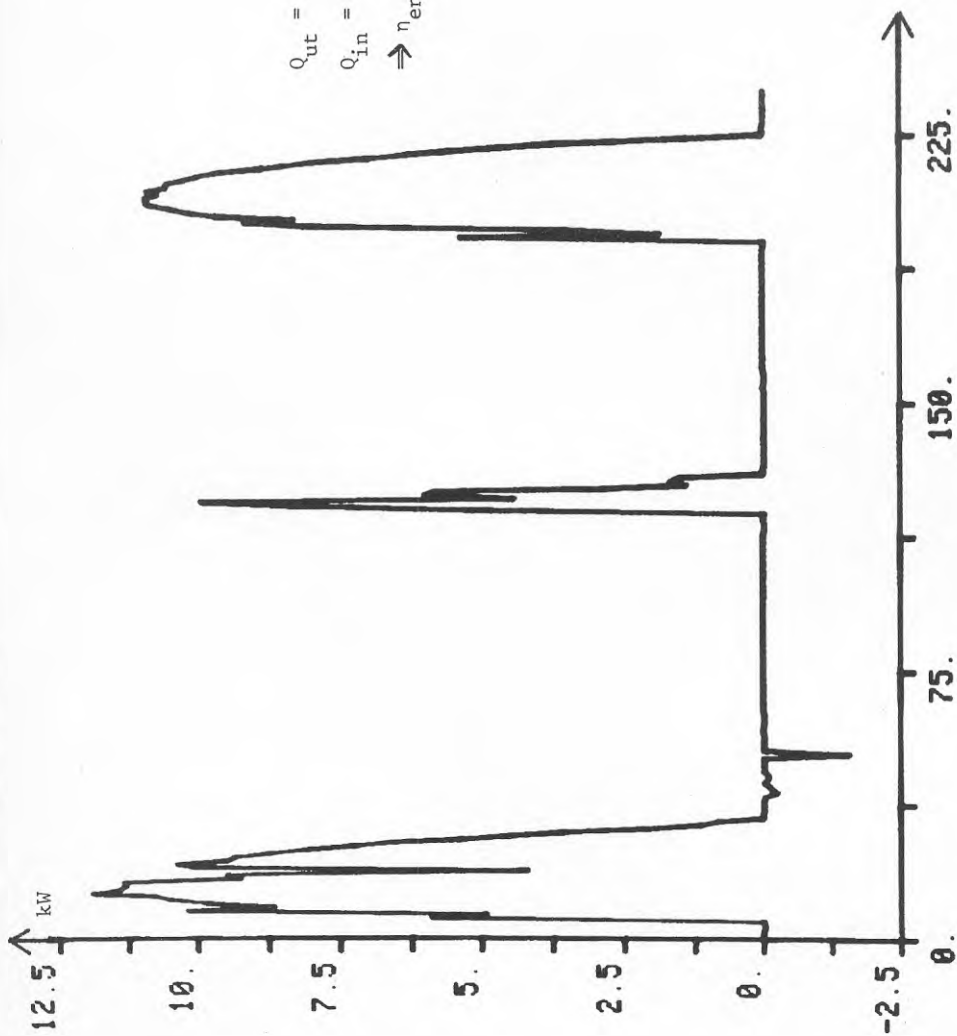
$$Q_{\text{in}} = 45,4 \text{ kWh}$$

$$\Rightarrow \eta_{\text{energi}} = 28 \%$$

Antal registreringar

Tiden mellan två registreringar är 15 minuter.

Avlämnad soleffekt till lagringstanken



$$Q_{\text{ut}} = 122,8 \text{ kWh}$$

$$Q_{\text{in}} = 497 \text{ kWh}$$

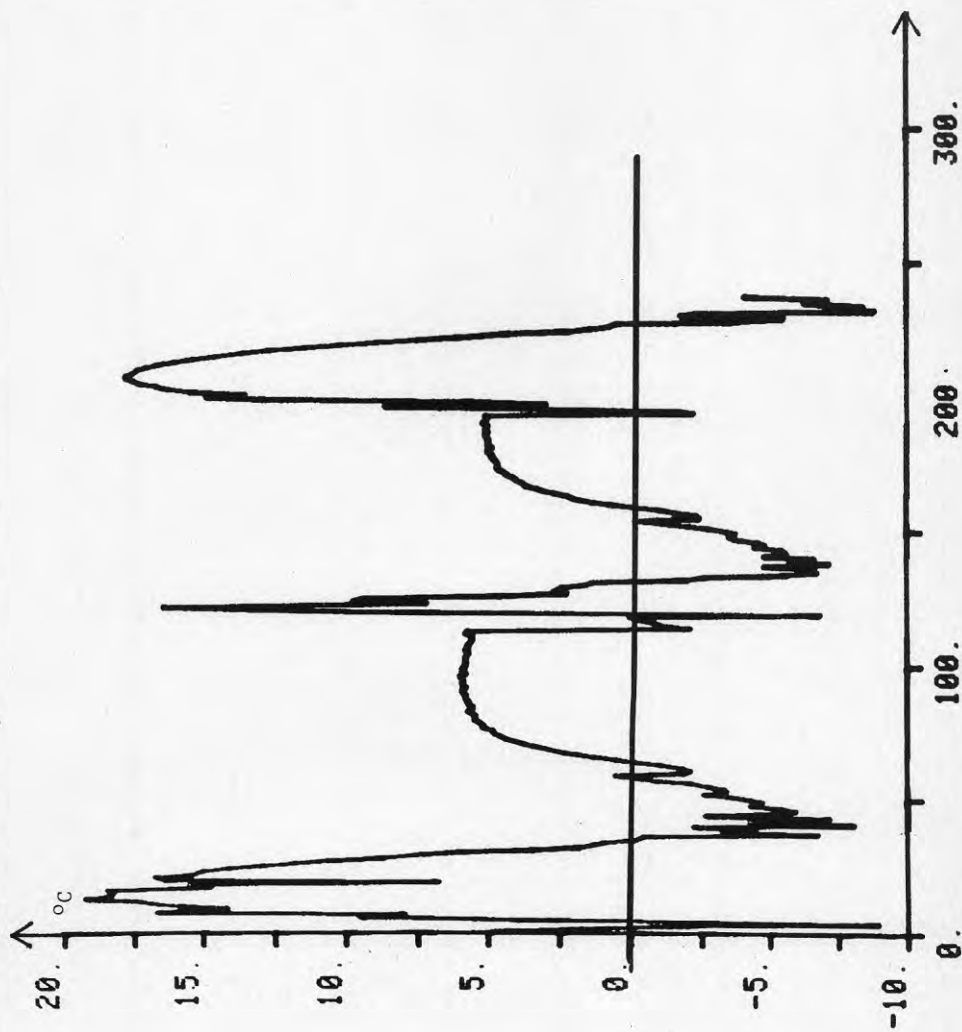
$$\Rightarrow \eta_{\text{energi}} = 25 \%$$

BILAGA 3.20

Antal registreringar

Tiden mellan två registreringar
är 15 minuter.

Temperaturhöjning i solfångarkretsen, mätt vid värmväxlaren

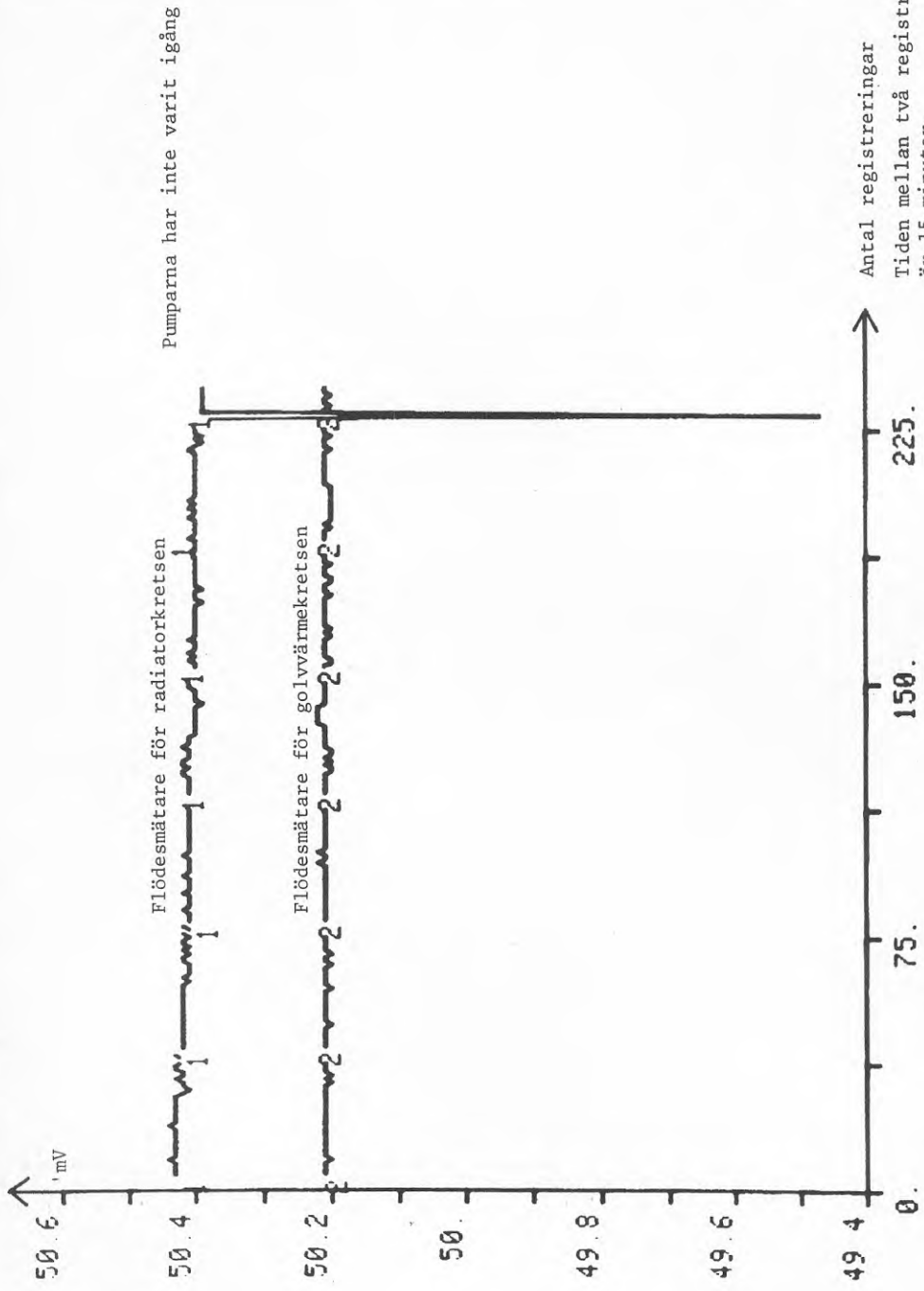


BILAGA 3.21

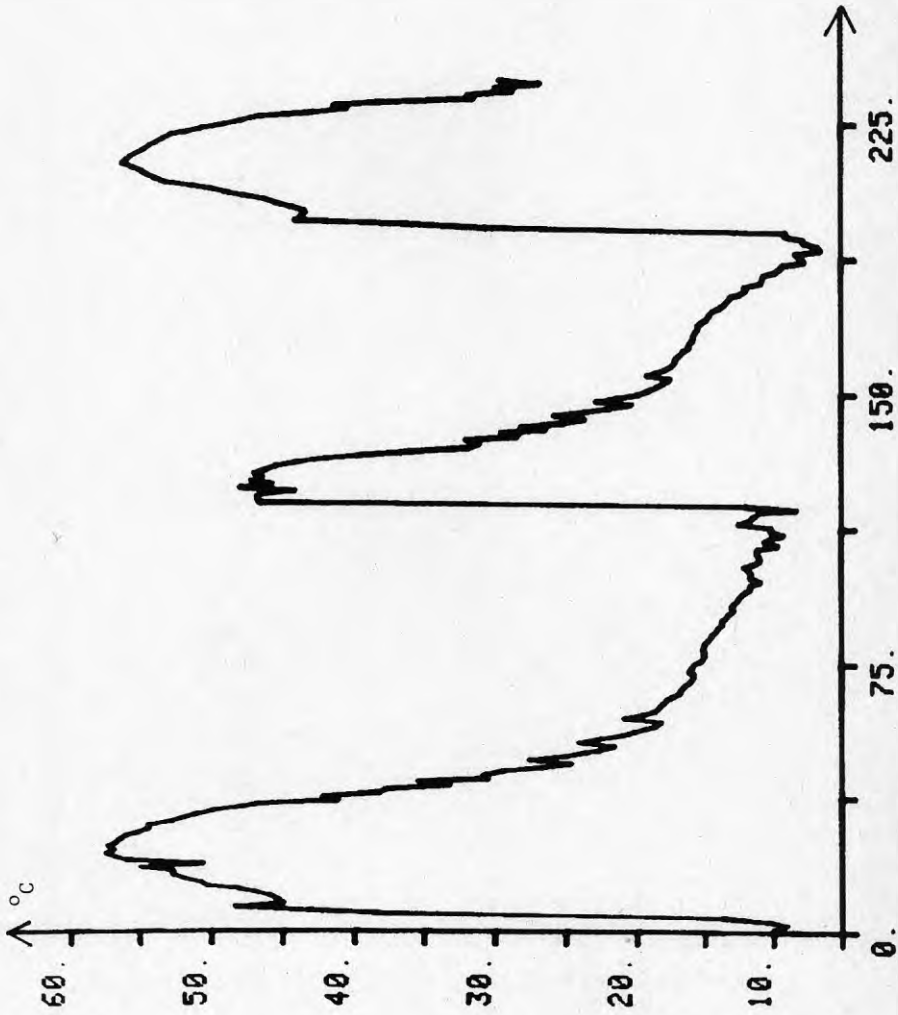
Antal registreringar

Tiden mellan två registreringar
är 15 minuter.

Flödesmätarnas utsignal



Absorbatorns medeltemperatur - utetemperaturen



Antal registreringar

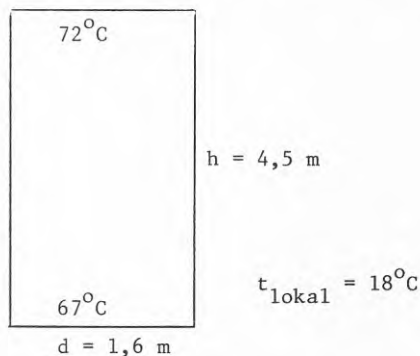
Tiden mellan två registreringar
är 15 minuter.

Sammanställning av mätresultat för mätperiod 1

BILAGA 4.1

	Del- mätning 2	Del- mätning 3	Del- mätning 4	Del- mätning 5	Del- mätning 6	Del- mätning 7	Mät- period 1
Datum	26/6 16 ¹² - 29/6 2 ⁴²	2/7 9 ⁰⁵ - 4/7 20 ³⁵	5/7 10 ⁵⁹ - 7/7 16 ⁴⁴	11/7 14 ³⁰ - 13/7 18 ³⁰	14/7 15 ⁰⁰ - 15/7 14 ⁰⁰	16/7 9 ⁰⁰ - 19/7 4 ³⁰	26/6 16 ¹² - 19/7 4 ³⁰
Registrerad tid	(h) 58,5	59,5	53,75	52	23	67,5	314,25
Tanktemp.-topp,botten	(°C) 73 67	71 63	72,5 66	70 57	71,5 64,5	70 59	71,3 62,8
Utetemp.	(°C) 17,5	15,5	17,5	17	15,5	15,5	16,4
Totalt infallen solenergi mot solfångarpanelen	(kWh) 225,1	497,0	423,7	456,3	94,9	303,5	2000,5
Upptagen energi i tanken	(kWh) 56,1	122,8	101,3	135,7	10,8	64,6	491,3
Upptagen energi av sol- fångarna	(kWh) 91,2	165,2	142,8	171,9	15,5	72,8	659,4
Förlust i ledning mellan solfångare och värme- växlare	(kWh) 35,1	42,4	41,5	36,2	4,7	8,2	168,1
η _{energi} , solfångare	(%) 41	33	34	38	16	24	33
η _{energi} , system	(%) 25	25	24	30	11	21	25
Ändring av energi- innehåll i tank	(kWh) -11	+22	+10	+27	-9	-8	+31
Tankförlust	(kWh) 67,1	100,8	91,3	108,7	19,8	72,6	460,3

Beräkning av lagringstankens transmissionsförluster



Ingen isolering i botten.

200 mm stenull som isolering på nedre hälften av lagringstanken.

300 mm stenull som isolering på övre hälften av lagringstanken.

Botten

$$Gr \cdot Pr = 72 \cdot 10^6 \cdot 1,6^3 \cdot (67 - 18) = 1,45 \cdot 10^{10}$$

$$\Rightarrow a = 0,13, \quad b = 1/3$$

$$Nu_f = 0,13 (1,45 \cdot 10^{10})^{1/3} = 317$$

$$\alpha_k = \frac{Nu_f \cdot \lambda}{d} = \frac{317 \cdot 0,0267}{1,6} = 5,3 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

$$\alpha_s = 0,8 \cdot 5,67 \frac{\left(\frac{273 + 67}{100}\right)^4 - \left(\frac{291}{100}\right)^4}{67 - 18} = 5,8 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

$$P_{\text{botten}} = (5,3 + 5,8) \cdot \frac{\pi \cdot 1,6^2}{4} \cdot (67 - 18) = 1090 \text{ W}$$

$$\frac{1}{k_{\text{nedre}}} = \frac{0,200}{0,05} + 0,26 = 0,23 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

$$\frac{1}{k_{\text{övre}}} = \frac{0,300}{0,05} + 0,26 = 0,16 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

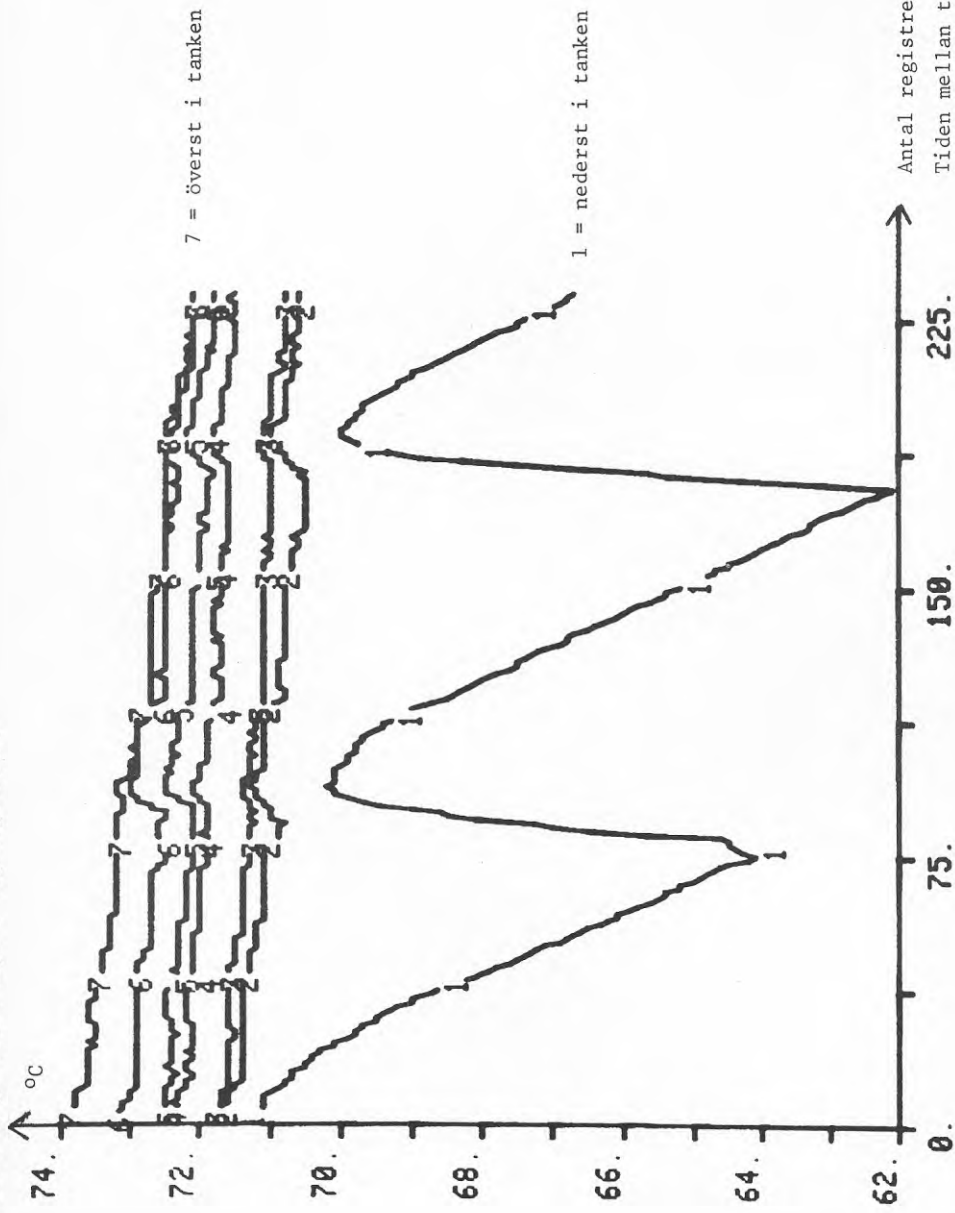
$$P_{\text{övrigt tank}} = \left(0,16 \left(\frac{\pi \cdot 1,6^2}{4} + \pi \cdot 1,6 \cdot 2,25 \right) + 0,23 \cdot \pi \cdot 1,6 \cdot 2,25 \right) \cdot (67 - 18) = 230 \text{ W}$$

$$P_{\text{tot}} = 1090 + 230 = 1320 \text{ W}$$

Tankförluster

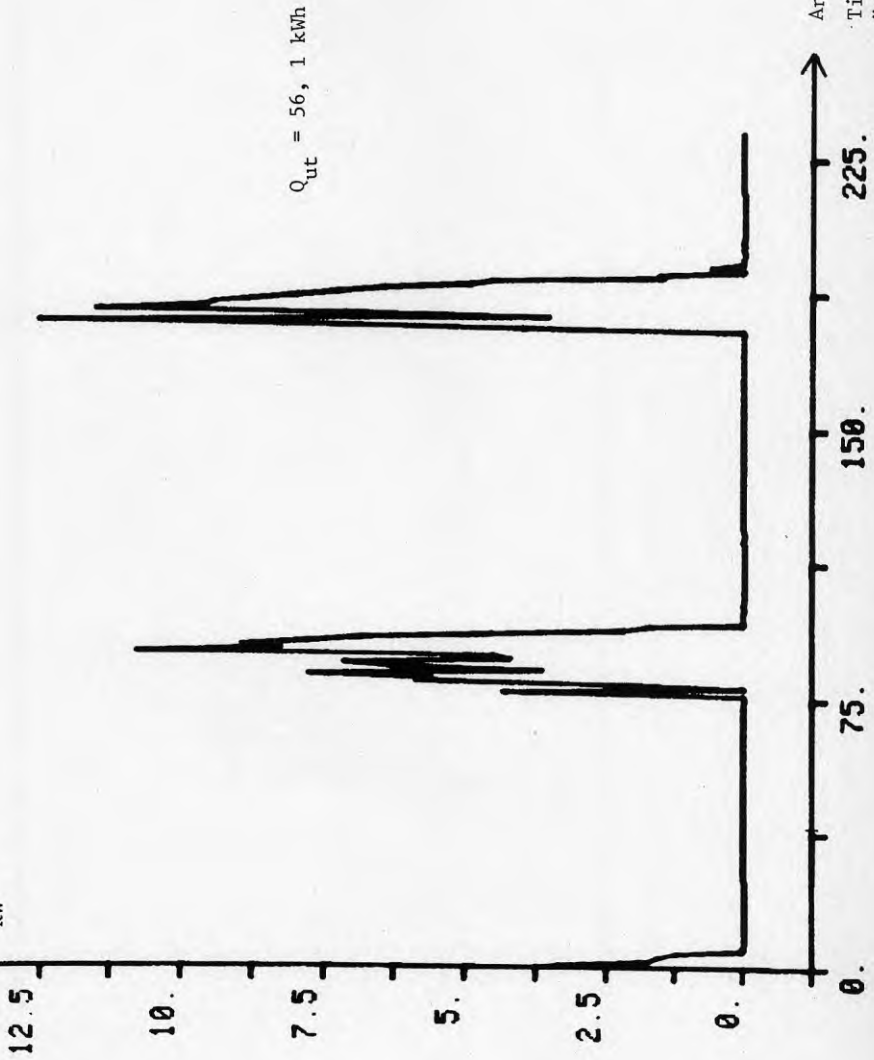
Bilaga 6.1. visar att temperaturen i tanken har sjunkit.
Ändå har 56,1 kWh tagits upp av lagringstanken enl. bilaga 6.2.
Detta visar att tankförlusterna är betydande.

Vattentemperaturen, på olika höjd i lagringstanken



Avlämnad effekt till lagringstanken

kW

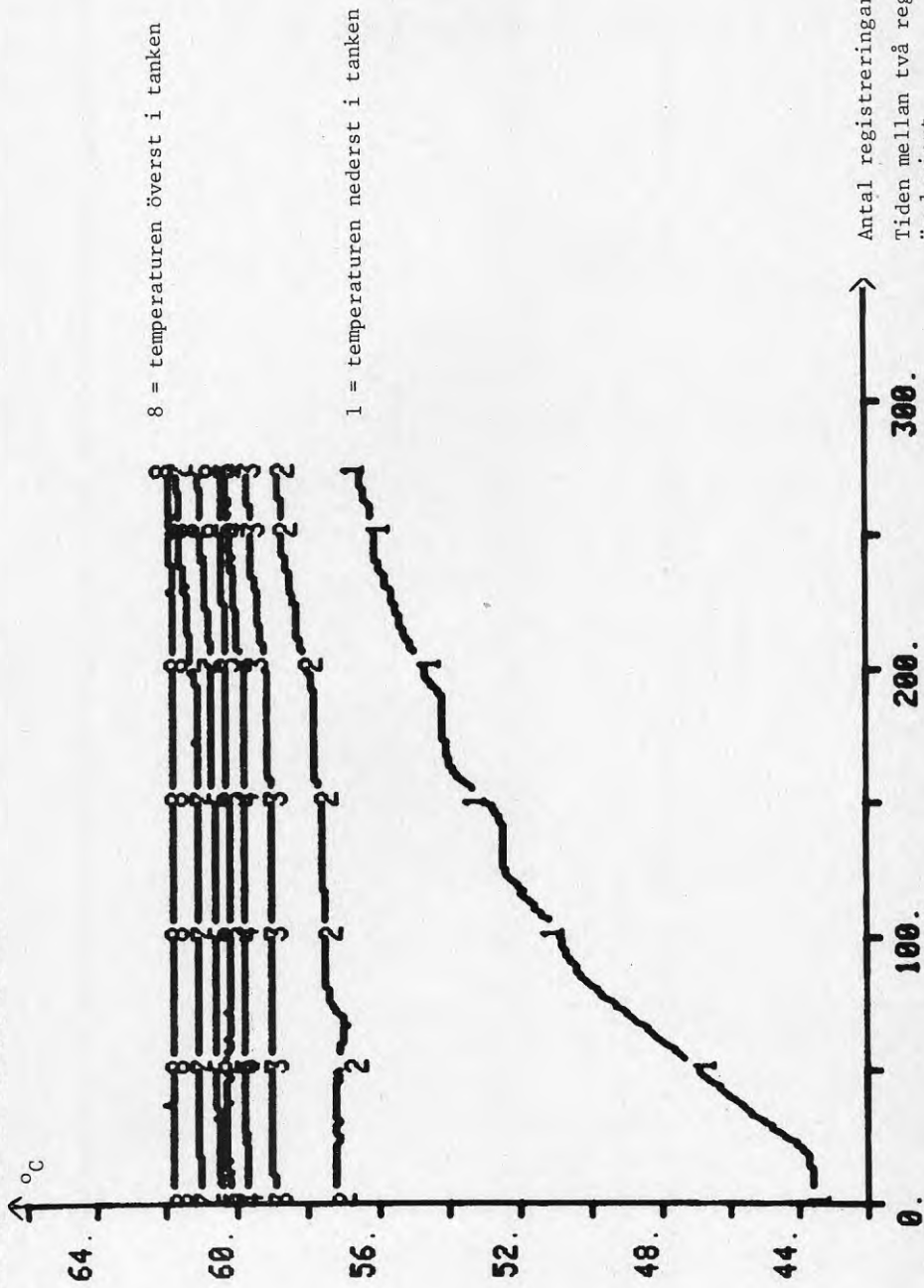


Antal registreringar

Tiden mellan två registreringar är 10 minuter.

Exempel på kurvresultat som har erhållits med IDPAC-programmet utifrån de registrerade mätvärdena. Diagrammen visar mätvärden registrerade varje minut under 4 timmar.

Vattentemperaturen i lagringstanken



Temperaturen

27.5 ↑ °C

25.

22.5

20.

17.5

15.

12.5

0.

- 1 = lokaltemperaturen mätt med strålnings-
skydd
- 2 = lokaltemperaturen mätt med svart
glob

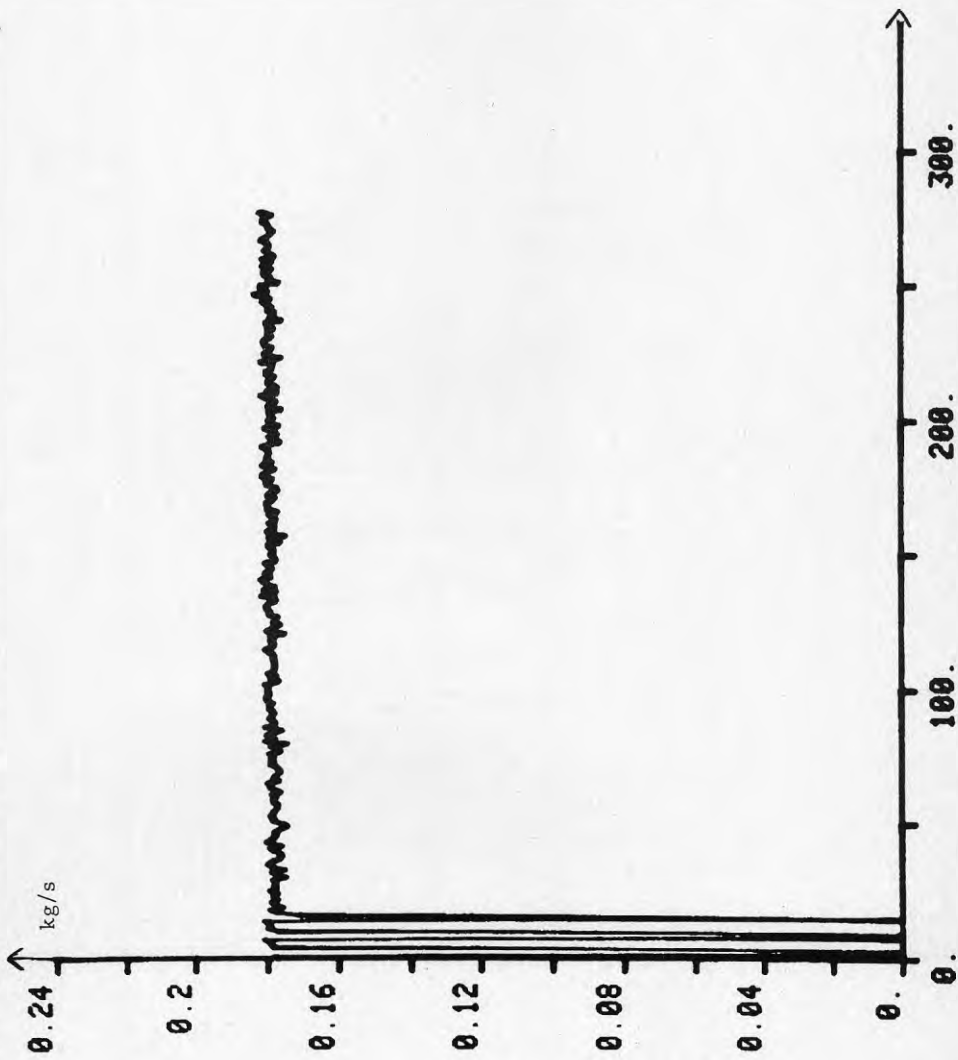
3 = utelufttemperaturen



Antal registreringar

Tiden mellan två registreringar
är 1 minut.

Vatten-glykolfliödet i solfångarkretsen

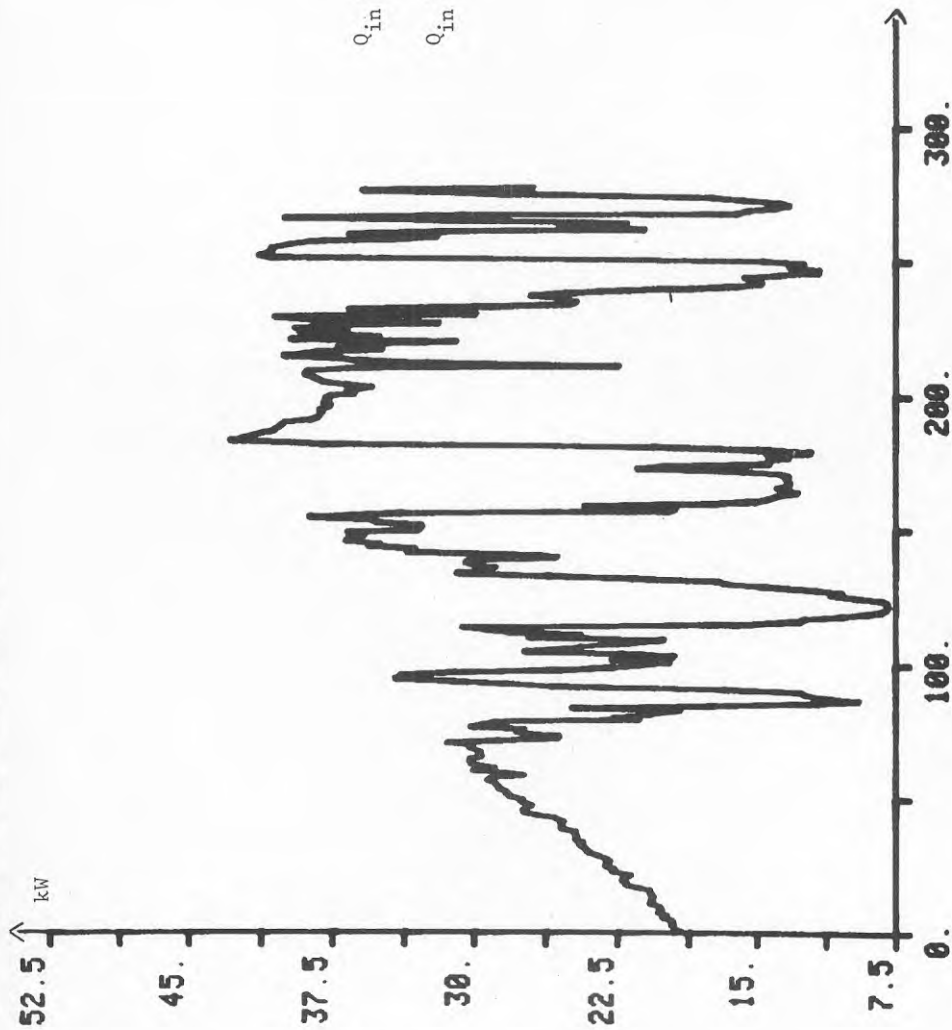


BILAGA 7.3

Antal registreringar

Tiden mellan två registreringar
är 1 minut.

Infallen soleffekt över 45 m² solfångare



$Q_{in} = 121 \text{ kWh}$

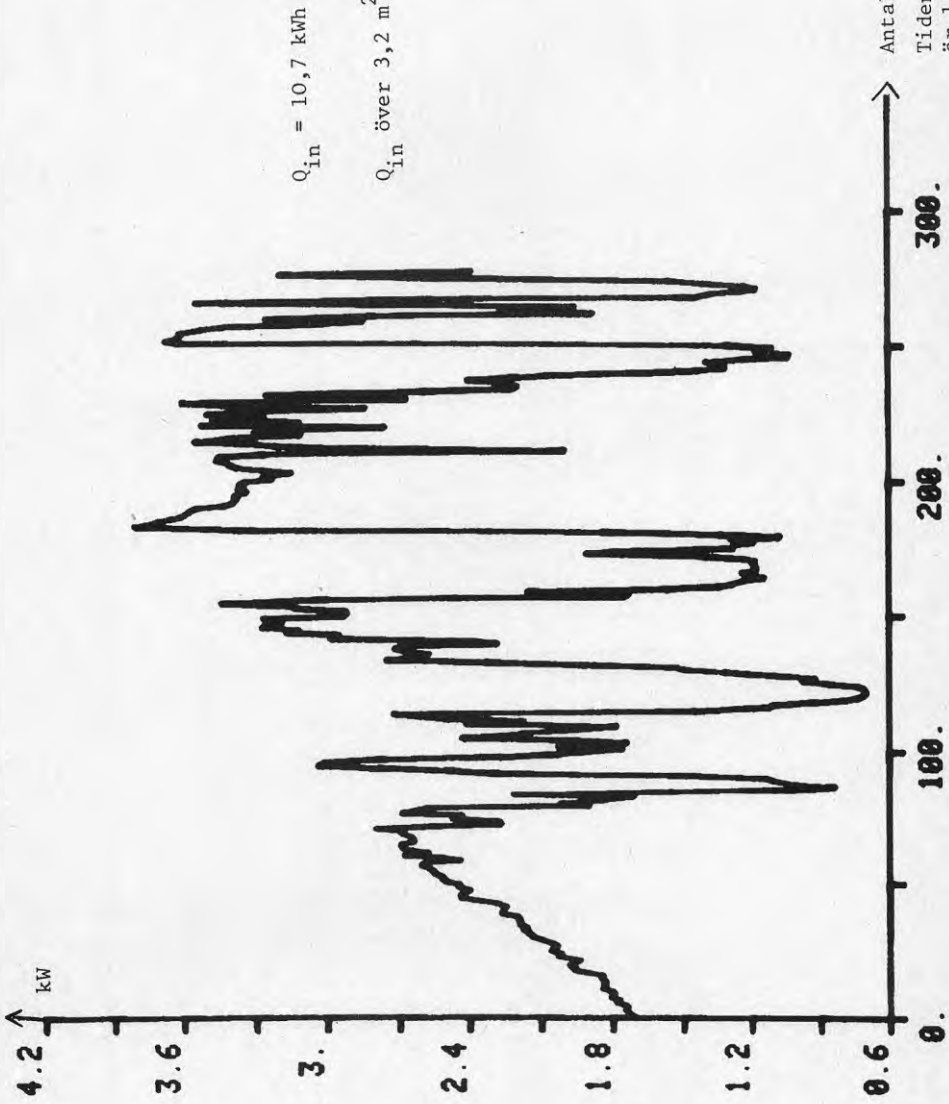
Q_{in} över 35 m² solfångare = 94,1 kWh

BILAGA 7.4

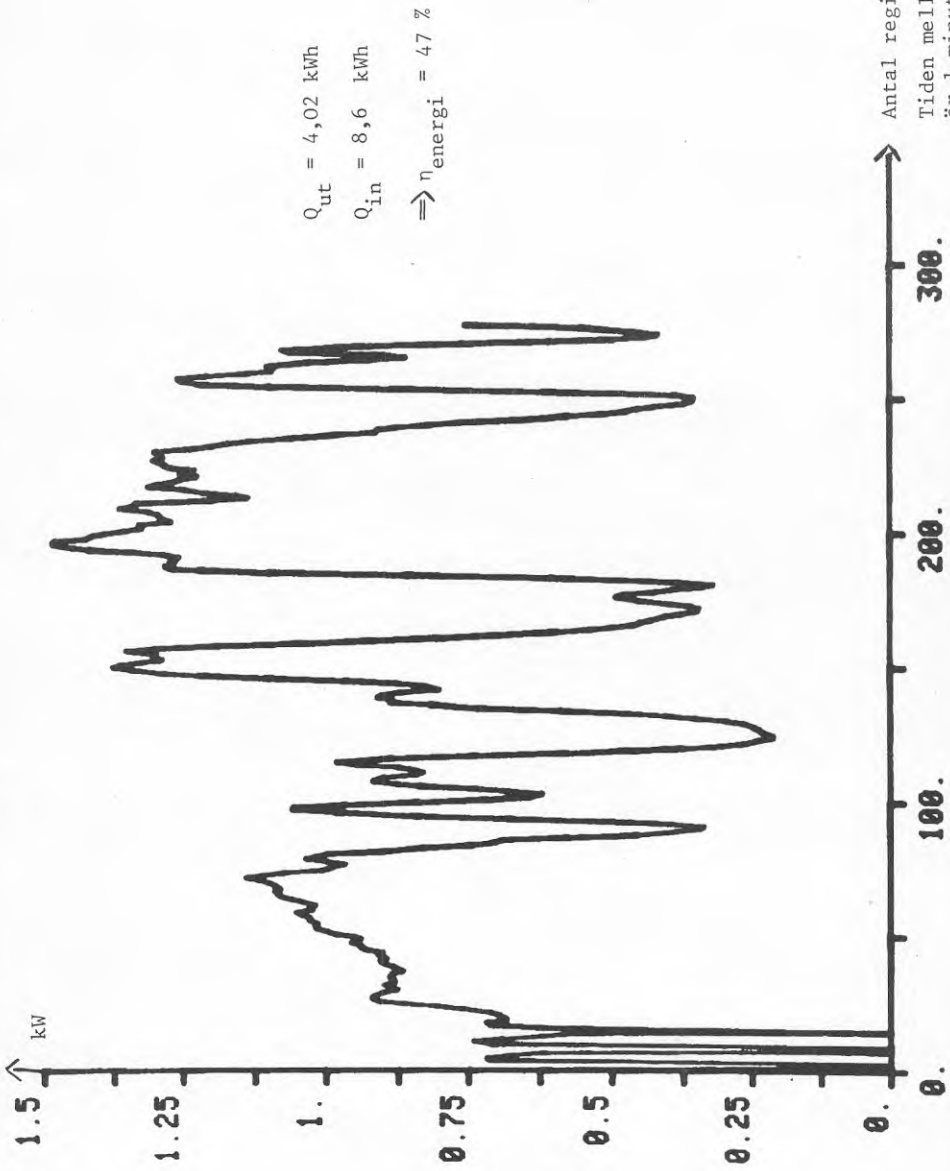
Antal registreringar

Tiden mellan två registreringar
är 1 minut.

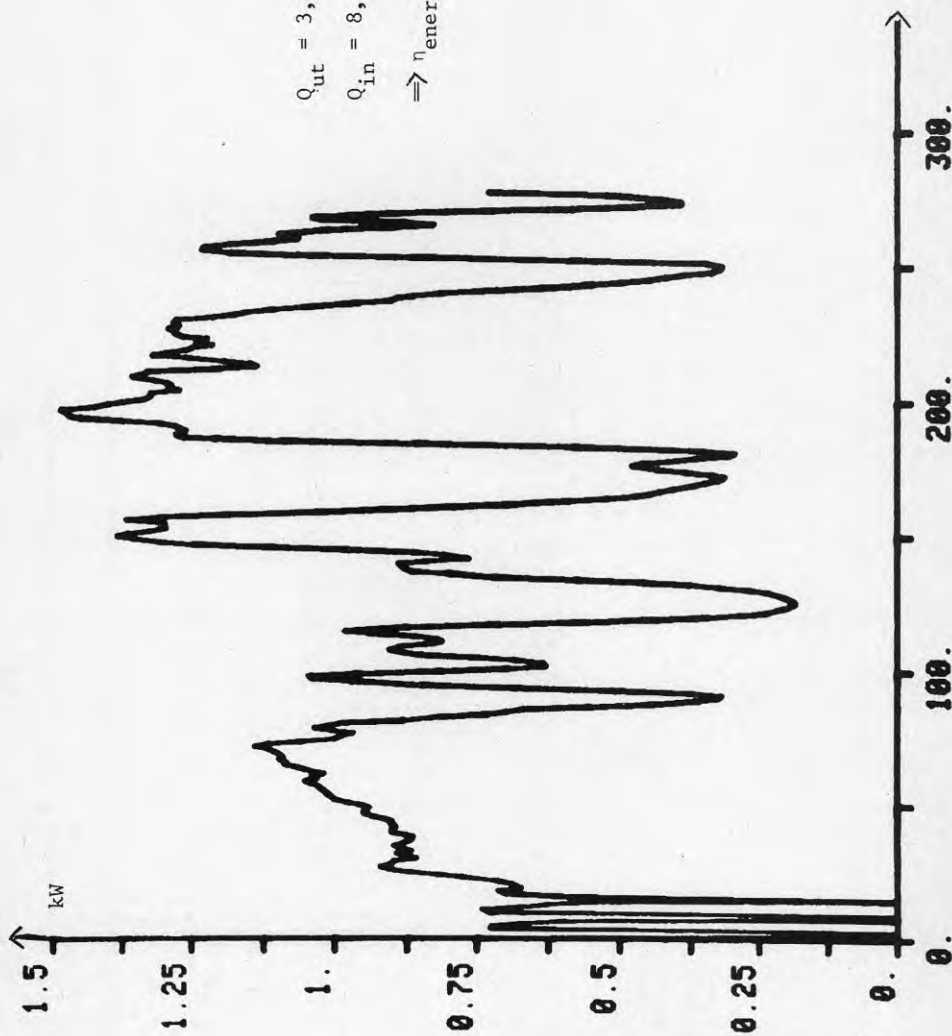
Infallen soleffekt över 4 m² solfångare



Uptagen soleffekt av solfångare B



Upptagen soleffekt av solfångare C

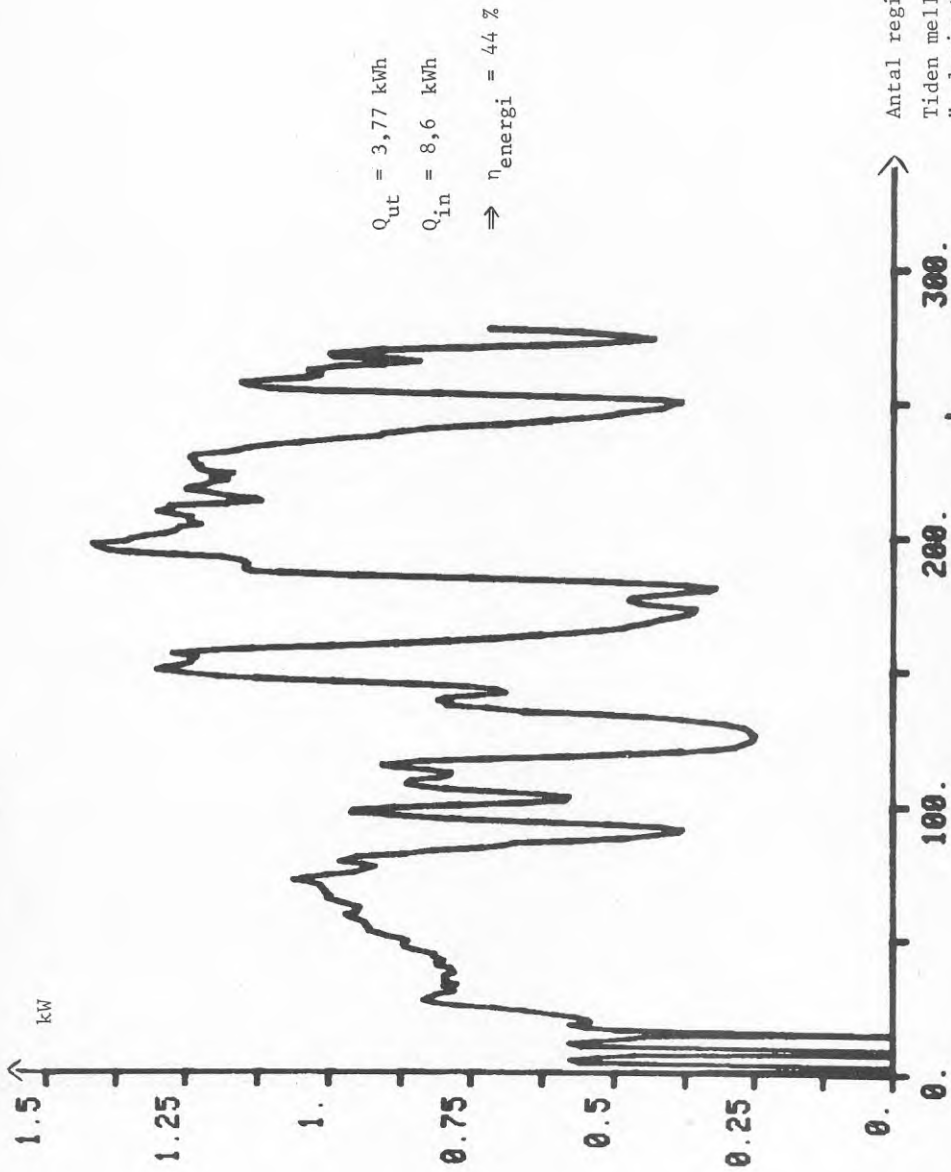


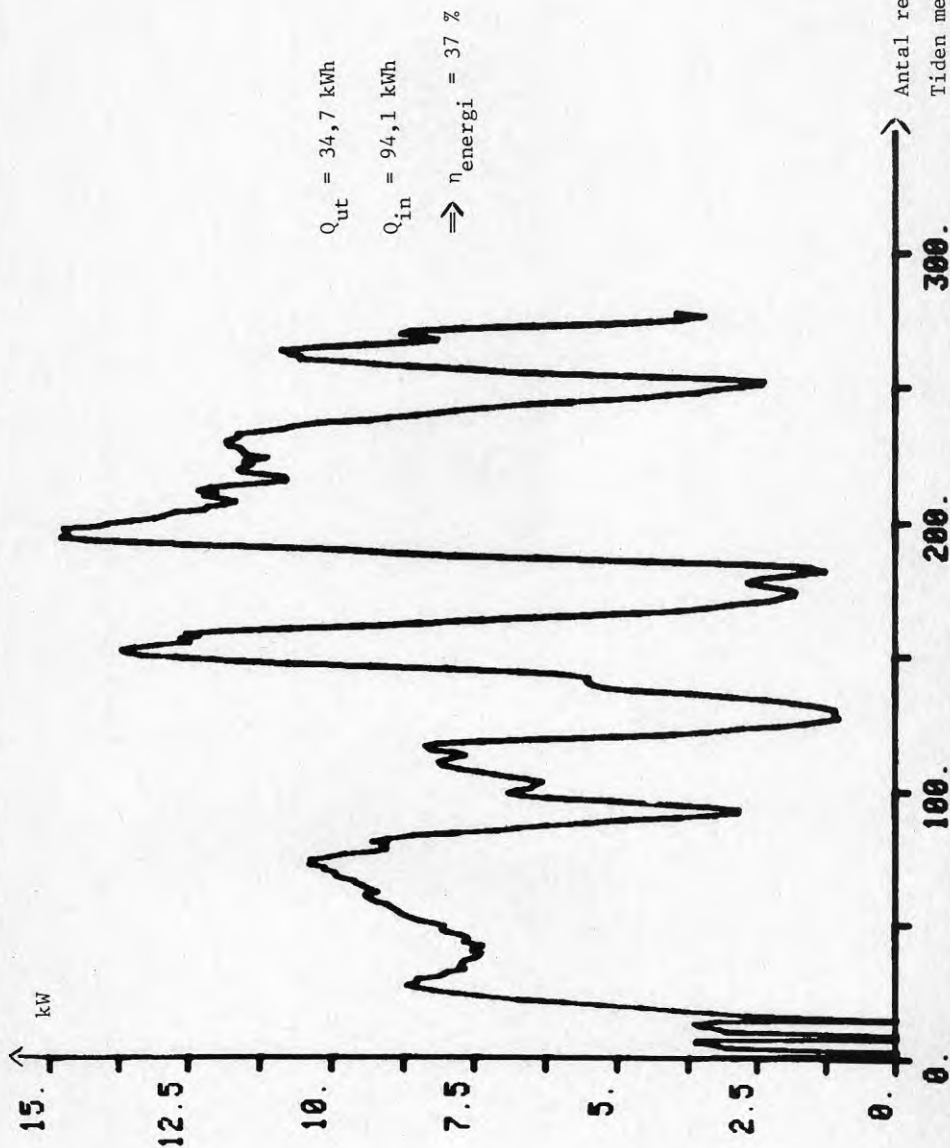
$$Q_{\text{ut}} = 3,97 \text{ kWh}$$

$$Q_{\text{in}} = 8,6 \text{ kWh}$$

$$\Rightarrow \eta_{\text{energi}} = 46 \%$$

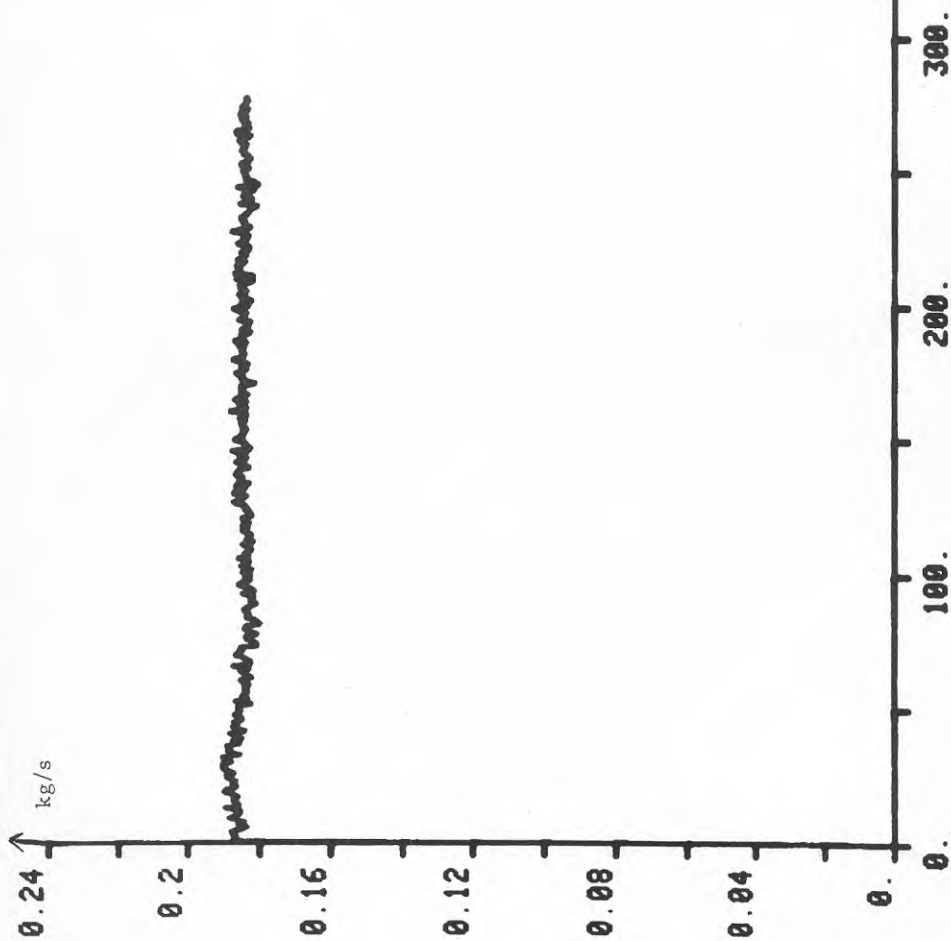
Upptagen soleffekt av solfångare I





Antal registreringar
Tiden mellan två registreringar
är 1 minut.

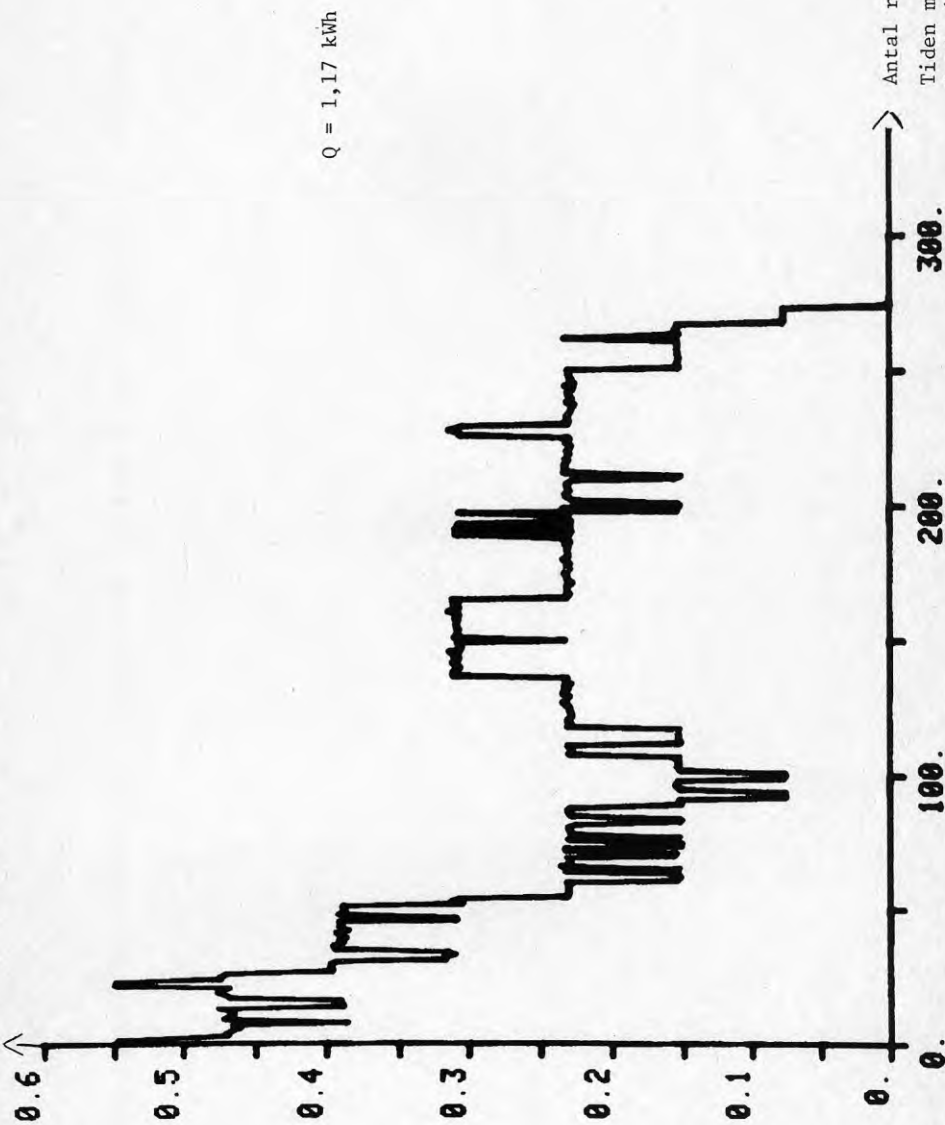
Vattenflödet i radiatorkretsen



BILAGA 7.10

Antal registreringar
Tiden mellan två registreringar
är 1 minut.

Avlämnad effekt av radiatorerna



Sammanställning av mätresultat för mätperiod 2-6

	Delmätning 1	Delmätning 2	Delmätning 3	Delmätning 4
Datum	1/10 15 ⁰⁰ - 4/10 6 ⁰⁰	5/10 10 ⁰⁰ - 6/10 21 ⁰⁰	6/10 21 ⁰⁰ - 8/10 16 ⁰⁰	9/10 10 ⁰⁰ - 14 ⁴⁰
Registrerad tid	(h) 63	35	43	4 ⁴⁰
Tanktemp.-topp, botten	(°C) 59 45	58 45	61 50	62 52
Utetemp.	(°C) 7	8	8	16
Totalt infallen solenergi mot solfångarpanelen (kWh)	301,6	271,7	433,1	93,9
Upptagen energi i tanken (kWh)	87,7	89,3	154,9	34,7
Upptagen energi av solfångarna (kWh)	128,0	109,8	190,9	42,6
Förlust i ledning mellan solfångare och värmväxlare (kWh)	40,3	20,5	36,0	7,9
η energi, solfångare (%)	42	40	44	45
η energi, system (%)	29	33	36	37
Energi till radiatorer (kWh)	44	21,5	25,5	1,2
Energi till golvvärmslingor (kWh)	0	0	0	0
Ändring av energinnehåll i tank (kWh)	0	+40	+50	+32
Tankförlust (kWh)	43,7	27,8	79,4	1,5

Lufttemp. i solfångarna: Solfångare B har lägst absoluttemperaturer i nedre och övre delen av solfångaren men högst temperaturskillnad.

Solfångare I har högst absoluttemperaturer i nedre och övre delen av solfångaren men lägst temperaturskillnad.

	Delmätning 5	Delmätning 6	Delmätning 7	Mätperiod 2
Datum	10/10 16 ⁰⁰ - 12/10 10 ⁰⁰	14/10 15 ⁰⁰ - 17/10 13 ⁰⁰	17/10 13 ⁰⁰ - 19/10 10 ⁰⁰	1/10 15 ⁰⁰ - 19/10 10 ⁰⁰
Registrerad tid	(h) 42	70	45	302 ⁴⁰
Tanktemp.-topp, botten	(°C) 64 55	61 41	60 26	60,7 44,9
Utetem.	(°C) 11	12	10	10,3
Totalt infallen solenergi mot solfångarpanelen (kWh)	194,4	97,4	19,9	1412,0
Upptagen energi i tanken	(kWh) 43,9	20,6	0	431,1
Upptagen energi av solfångarna	(kWh) 62,5	25,3	0	559,1
Förlust i ledning mellan solfångare och värmeväxlare	(kWh) 18,6	4,7	-	128
η energi, solfångare	(%) 32	26	0	40
η energi, system	(%) 23	21	0	31
Energi till radiatorer	(kWh) 27,5	29,0	30,6	179,3
Energi till golvvärmslingor	(kWh) 0	0	0	0
Ändring av energiinnehåll i tank	(kWh) -3	-48	-50,0	+21
Tankförlust	(kWh) 19,4	39,6	19,4	230,8

BILAGA 8.2

	Del- mätning 1	Del- mätning 2	Del- mätning 3	Del- mätning 4	Del- mätning 5	Mät- period 3
Datum	6/12 18 ¹⁵ - 8/12 15 ¹⁵	9/12 18 ⁴⁵ - 11/12 17 ⁴⁵	12/12 8 ⁴⁵ - 14/12 3 ⁴⁵	14/12 9 ¹⁵ - 16/12 3 ¹⁵	16/12 17 ¹⁵ - 18/12 8 ¹⁵	6/12 18 ¹⁵ - 18/12 8 ¹⁵
Registrerad tid	(h) 45	47	43	42	39	216
Tanktemp.-topp, botten	(°C) 32,5 22,5	33 22,5	36 23	29 23	28 23	31,7 22,8
Utetemp.	(°C) 3	2,5	-2	0	3	1,3
Totalt infallen solenergi mot solfångarpanelen	(kWh) 61,9	8,3	130,5	27,2	12,1	240,0
Upptagen energi i tanken	(kWh) 11,5	0	34,6	0,6	0,9	47,6
Upptagen energi av solfångarna	(kWh) 19,8	0	49,8	1,1	3,6	74,3
Förlust i ledningen mellan solfångare och värmeväxlare	(kWh) 8,3	0	15,2	0,5	2,7	26,7
η energi, solfångare	(kWh) 32	0	38	4	30	31
η energi, system	(kWh) 19	0	27	2	7	20
Elenergi	(kWh) 94,6	95,2	117,5	129,2	94,1	530,6
Energi till radiatorer	(kWh) 58,1	53,9	65,0	71,9	53,7	302,6
Energi till golvvärmslingor	(kWh) 30,9	30,4	38,7	37,4	27,4	164,8
Ändring av energinnehåll i tank	(kWh) -10	-10	+15	0	0	-5
Tankförlust	(kWh) 27,1	20,9	33,4	20,5	13,9	115,8

BILAGA 8.3.1

	Del- mätning 1	Del- mätning 2	Del- mätning 3	Del- mätning 4	Del- mätning 5
Datum	18/2 11 ¹⁵ - 18/2 15 ¹⁵	18/2 16 ⁰⁰ - 20/2 10 ⁰⁰	20/2 14 ⁰⁰ - 22/2 8 ⁰⁰	25/2 8 ¹⁵ - 26/2 10 ¹⁵	26/2 14 ²⁰ - 28/2 8 ²⁰
Registrerad tid	4	42	42	26	42
Tanktemp., -topp, botten	37 24	36 23	36 24	37 24	36 23
Utetem.	1	-2	-1	-1	-2
Totalt infallen solenergi mot solfångarpanelen	48,8	125,1	34,9	161,9	40,4
Upptagen energi i tanken	22,6	48,5	5,7	78,8	4,3
Upptagen energi av sol- fångarna	26,2	57,3	8,3	88,7	5,9
Förlust i ledning mellan solfångare och värmeväxlare	3,6	8,8	2,6	9,9	1,6
η energi, solfångare	54	46	24	55	15
η energi, system	46	39	16	49	11
Energi	0	131	92,7	66,4	137,0
Energi till radiatorer	4,9	85,8	66	45,0	68,5
Energi till golvvärmslingor	3,3	40	36,9	25,3	40,6
Ändring av energiinnehåll i tank	+10	+10	-35,3	+47,0	-8
Tankförlust	4,4	43,7	30,8	27,9	39,9

	Del- mätning 6	Del- mätning 7	Del- mätning 8	Mät- period 4
Datum	1/3 8 ⁴⁰ - 3/3 2 ⁴⁰	4/3 10 ⁰⁰ - 4/3 14 ⁰⁰	5/3 17 ¹⁵ - 7/3 12 ¹⁵	18/2 11 ¹⁵ - 7/3 12 ¹⁵
Registrerad tid	(h) 42	4	43	245
Tanktemp.-topp, botten	(°C) 36 23,5	38,6 25,5	37,9 25,2	36,8 24,0
Utetemp.	(°C) 2	2	-1	-0,3
Totalt infallen solenergi mot solfångarpanelen	(kWh) 222,4	78,1	137,0	848,6
Upptagen energi i tanken	(kWh) 109	37,1	49,8	355,8
Upptagen energi av sol- fångarna	(kWh) 126,8	41,2	62,3	416,7
Förlust i ledning mellan solfångare och värmeväxlare	(kWh) 17,8	4,1	12,5	60,9
η energi, solfångare	(%) 57	53	45	49
η energi, system	(%) 49	48	36	42
Elenergi	(kWh) 71,3	0	42,3	540,7
Energi till radiatorer	(kWh) 52,2	5,5	57,3	385,2
Energi till golvvärmeslingor	(kWh) 32,8	2,6	39,6	221,1
Ändring av energinnehåll i tank	(kWh) +55,3	+19,2	-30	+84,2
Tankförlust	(kWh) 40	9,8	25,2	221,7

BILAGA 8.3.2

BILAGA 8.4

	Del- mätning 1	Del- mätning 2	Del- mätning 3	Mät- period 5
Datum	28/4 12 ⁰⁵ - 29/4 17 ⁰⁵	2/5 8 ²⁰ - 4/5 0 ²⁰	14/5 7 ¹⁵ - 15/5 19 ¹⁵	28/4 12 ⁰⁵ - 15/5 19 ¹⁵
Registrerad tid	(h) 29	40	36	105
Tanktemp.-topp, botten	(°C) 74 50	72 52	72 62	72,7 54,7
Utetemper.	(°C) 14	14	13,5	13,8
Totalt infallen solenergi mot solfångarpanelen	(kWh) 48,3	153,6	124,4	326,3
Upptagen energi i tanken	(kWh) 2,5	48	40	90,5
Upptagen energi av sol- fångarna	(kWh) 12,4	57,9	46,4	116,7
Förlust i ledning mellan solfångare och värmeväxlare	(kWh) 9,9	9,9	6,4	26,2
η energi, solfångare	(%) 26	38	37	36
η energi, system	(%) 5	31	32	28
Energi	(kWh) 0	0	0	0
Energi till radiatorer	(kWh) 6,4	12	8,3	26,7
Energi till golvvärme- slingor	(kWh) 31,8	7,8	4,6	44,2
Ändring av energinnehåll i tank	(kWh) -50,2	0	0	-50,2
Tankförlust	(kWh) 14,5	28,2	27,1	69,8

BILAGA 8.5

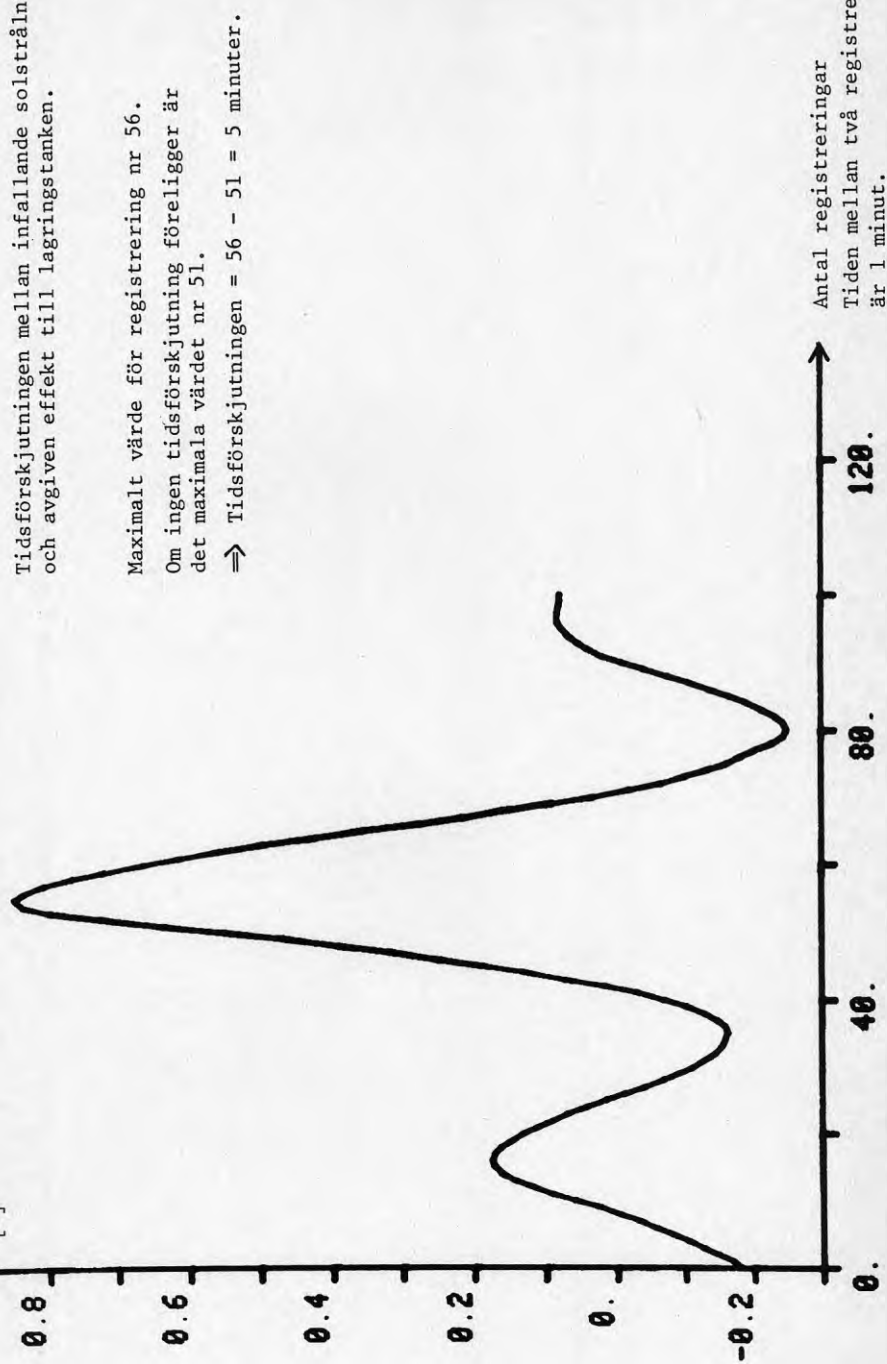
	Del- mätning 1	Del- mätning 2	Del- mätning 3	Mät- period 6
Datum	28/7 8 ⁰⁵ - 28/7 18 ⁰⁵	3/7 12 ⁴⁰ - 5/7 7 ⁴⁰	14/7 7 ²⁰ - 15/7 16 ²⁰	28/7 8 ⁰⁵ - 15/7 16 ²⁰
Registrerad tid	(h) 10	43	33	86
Tanktemp.-topp, botten	(°C) 71,5 60	81 75	84,5 78	79 71
Utetemp.	(°C) 16,5	19	20	18,5
Totalt infallen solenergi mot solfångarpanelen	(kWh) 133,5	352,3	154,8	640,6
Upptagen energi i tanken	(kWh) 43,1	74,5	19,9	137,5
Upptagen energi av solfångarna	(kWh) 51,5	97,4	31,6	180,5
Förlust i ledning mellan solfångare och värmeväxlare	(kWh) 8,4	22,9	11,7	43
η energi, solfångare	(kWh) 39	28	20	28
η energi, system	(kWh) 32	21	13	21
Elenergi	(kWh) 0	0	0	0
Energi till radiatorer	(kWh) 2,9	10,1	4,8	17,8
Energi till golvvärmeslingor	(kWh) 1,8	3,5	3,3	8,6
Ändring av energiinnehåll i tank	(kWh) +34,4	+32,7	-4,3	+62,8
Tankförlust	(kWh) 4	28,2	16,1	48,3

Resultaten av några korskorrelationsberäkningar som har erhållits med IDPAC-programmet utifrån mätvärden som har registrerats under en 4-timmars-period varje minut.

BILAGA 9.1

Korskorrelationen

[-]



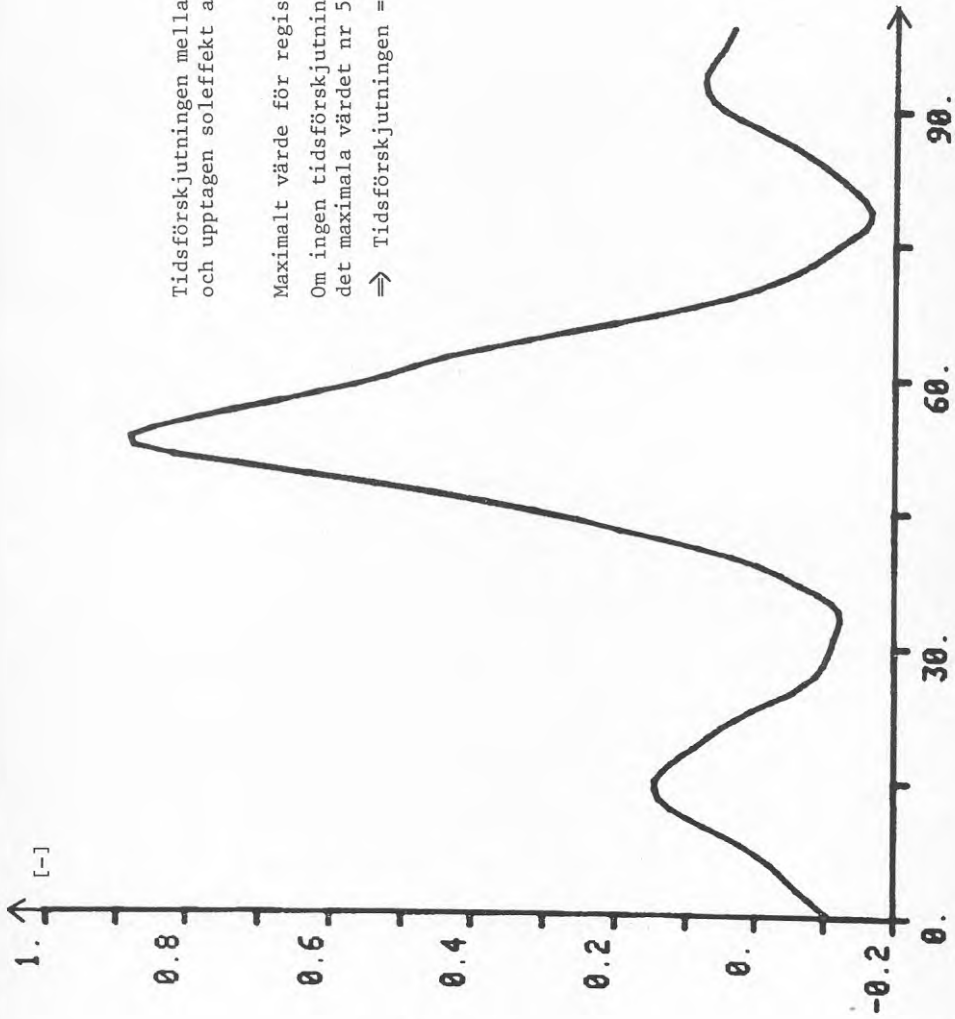
Tidsförskjutningen mellan infallande solstrålning och avgiven effekt till lagringstanken.

Maximalt värde för registrering nr 56.

Om ingen tidsförskjutning föreligger är det maximala värdet nr 51.

⇒ Tidsförskjutningen = 56 - 51 = 5 minuter.

Korskorrelationen



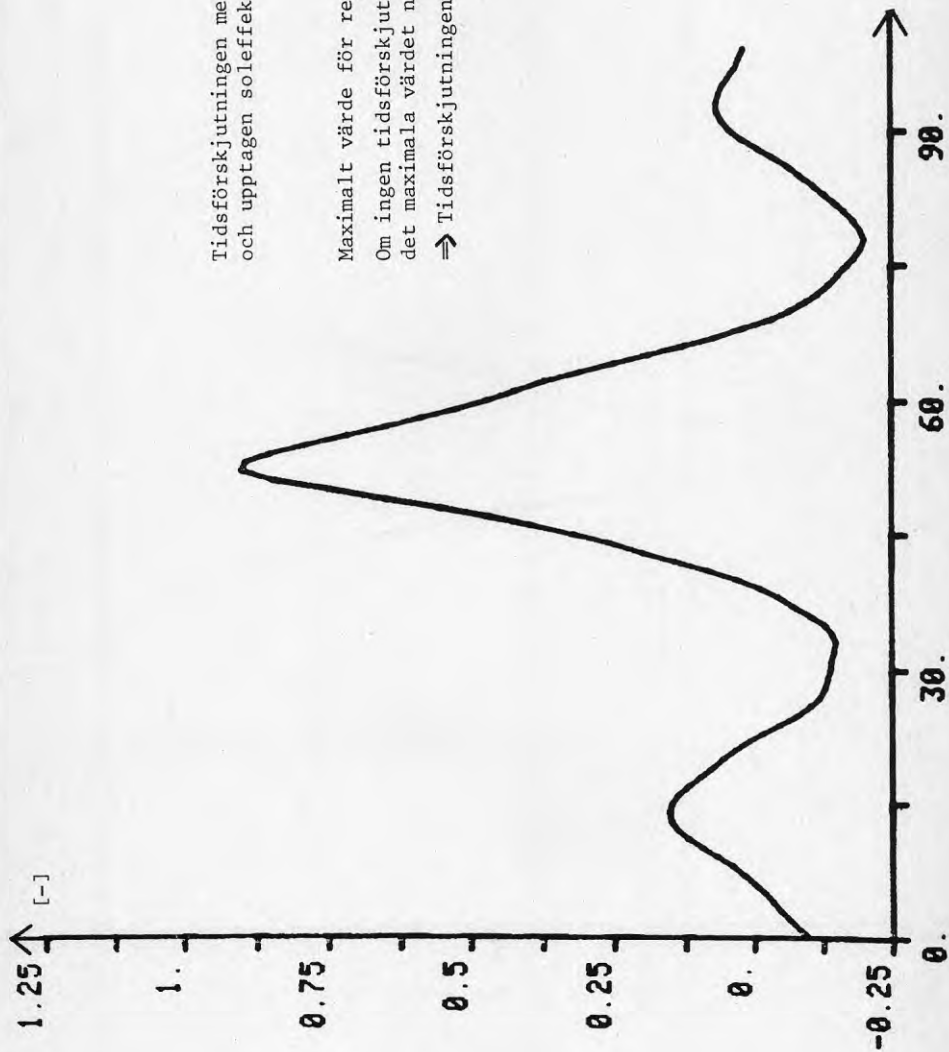
Tidsförskjutningen mellan infallande solstrålning och upptagen soleffekt av solfångare B.

Maximalt värde för registrering nr 53.

Om ingen tidsförskjutning föreligger är det maximala värdet nr 51.

⇒ Tidsförskjutningen = 53 - 51 = 2 minuter.

Korskorrelationen



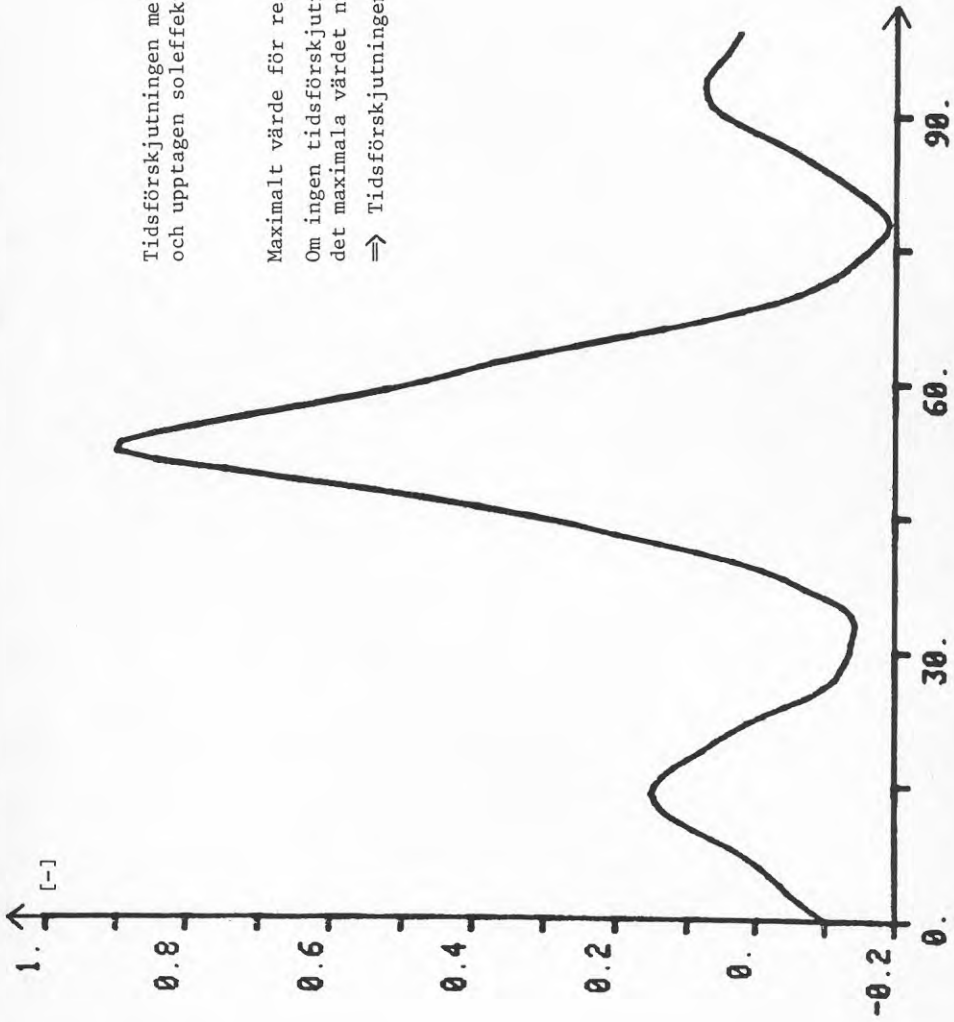
Tidsförskjutningen mellan infallande solstrålning och upptagen soleffekt av solfångare C.

Maximalt värde för registrering nr 53.

Om ingen tidsförskjutning föreligger är det maximala värdet nr 51.

⇒ Tidsförskjutningen = 53 - 51 = 2 minuter.

Korskorrelationen



Tidsförskjutningen mellan infallande solstrålning och upptagen soleffekt av solfångare I.

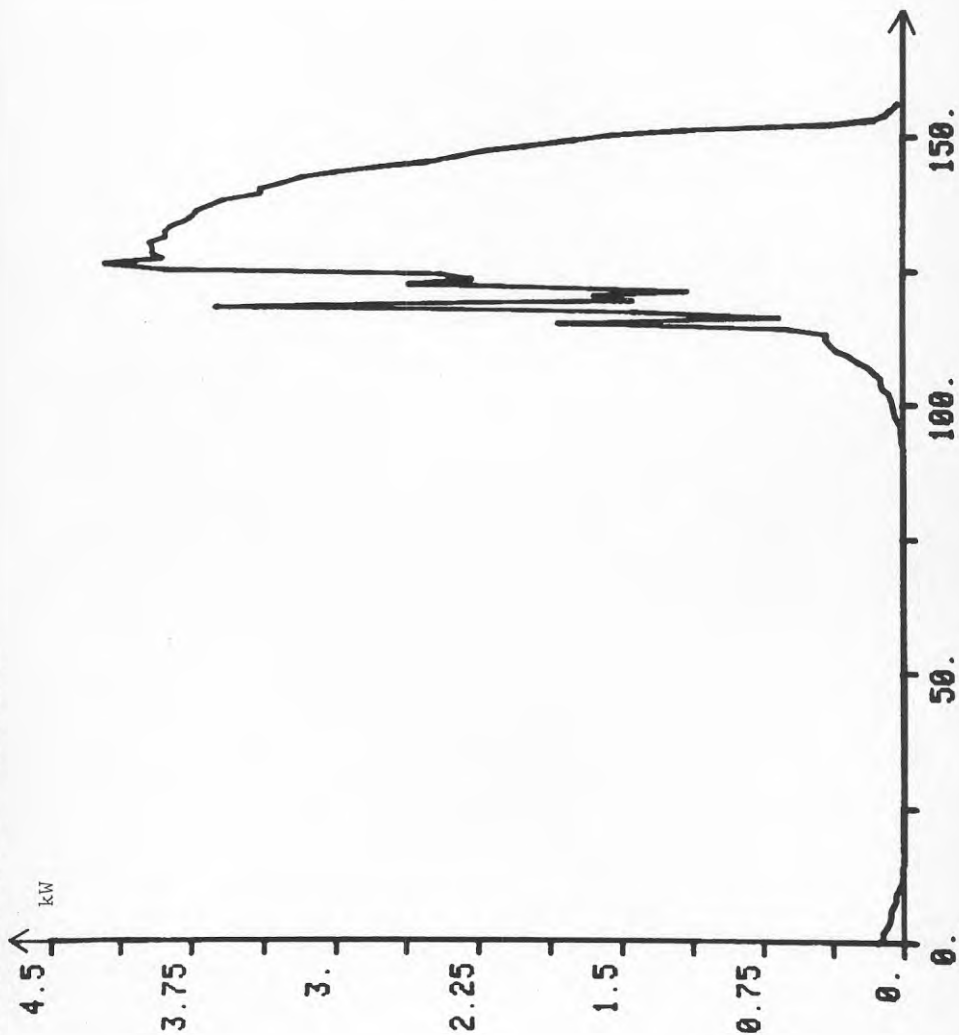
Maximalt värde för registrering nr 54.
Om ingen tidsförskjutning föreligger är det maximala värdet nr 51.
⇒ Tidsförskjutningen = 54 - 51 = 3 minuter.

BILAGA 9.4

Antal registreringar
Tiden mellan två registreringar
är 1 minut.

Solintensitetens variation under en dag med jämn variation i intensiteten samt under en dag där intensiteten varierar mycket snabbt.

Infallen soleffekt över 4 m² solfångare

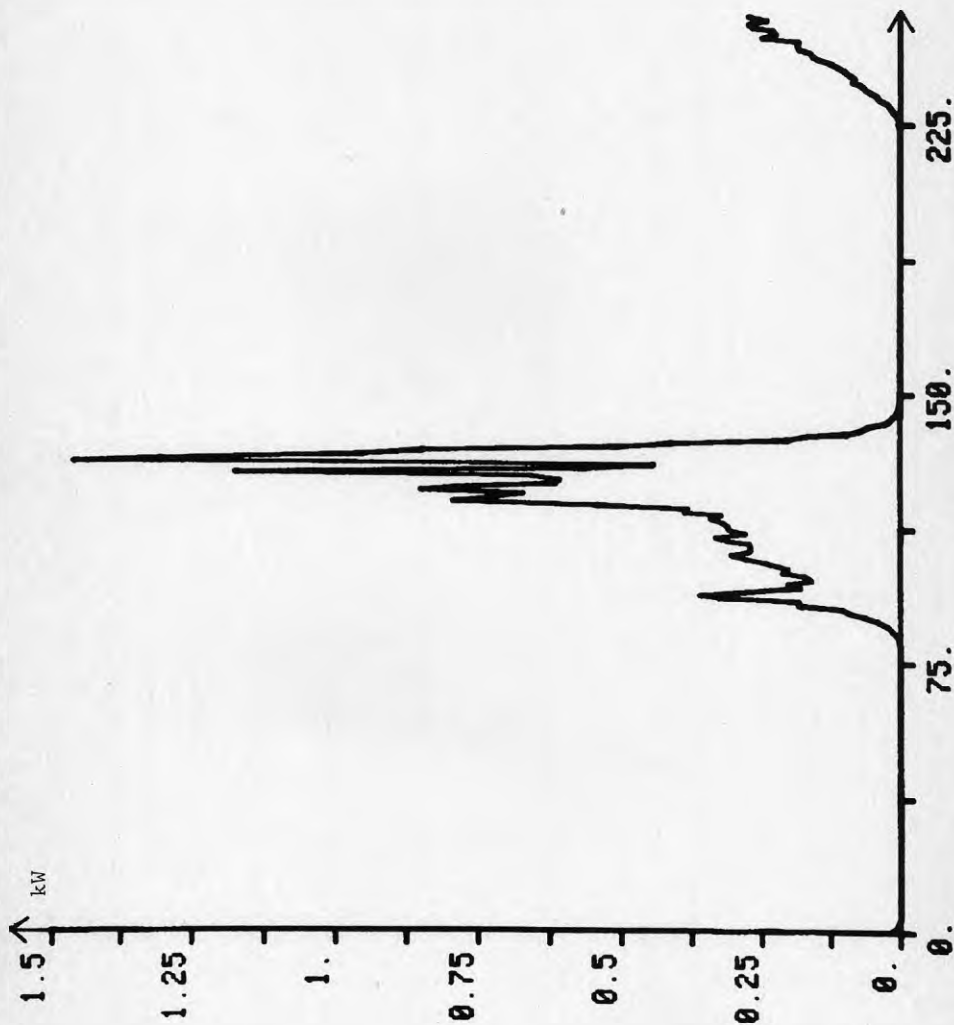


BILAGA 10.1

Antal registreringar.

Tiden mellan två registreringar är 10 minuter.

Infallen soleffekt över 4 m² solfångare



BILAGA 10.2

Antal registreringar
Tiden mellan två registreringar
är 10 minuter.



LITTERATUR

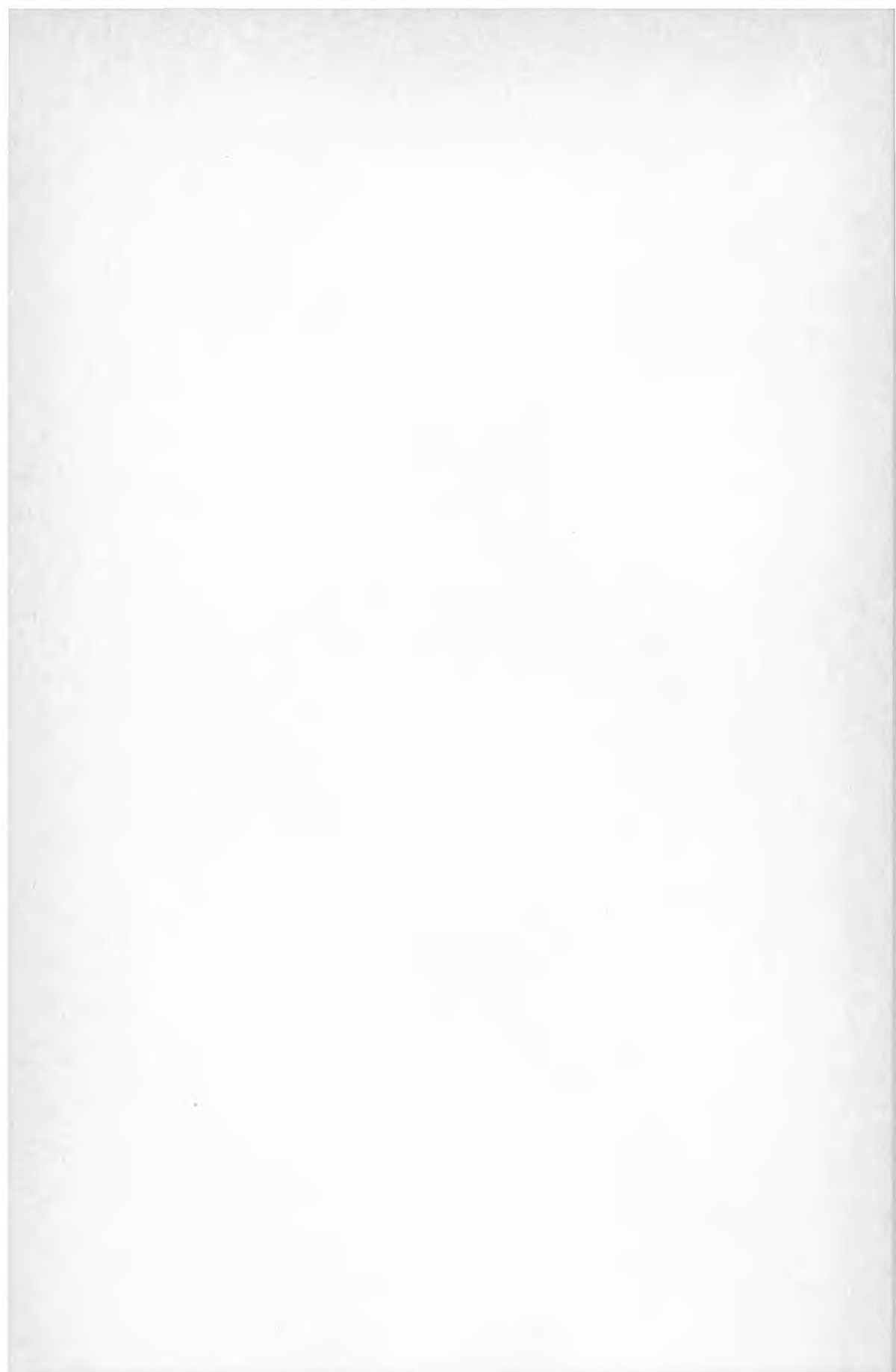
Wieslander, I. IDPAC user's guide. Department of Automatic control, Lund Institute of Technology.

Isakson, P. Plana termiska solfångare. En fysikalisk bakgrund. Byggeforskningens rapport R35:1978.

Girdo, V. Grundläggande förutsättningar för soluppvärmning av byggnader i Skandinavien. Beräkningsmetod, parameteranalys, effektivitet och optimering. Byggeforskningens rapport R108:1978.







Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 790515-5 från Statens råd för byggnadsforskning till ÅF-Energi-konsult, Malmö.

R46: 1981

ISBN 91-540-3473-6

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6700346

Abonnemangsgrupp:
W. Installationer

Distribution:
Svensk Byggtjänst, Box 7853
103 99 Stockholm

Cirkapris: 35 kr exkl moms