



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

R142:1985

Dynamiska egenskaper hos solenergisystem

Fältstorlekens inflytande på energiproduktionen

Jonas Sandgren

*V
GNT*

INSTITUTET FÖR BYGGDOKUMENTATION
Accnr
Plac <i>ser</i>

Byggeforskningsrådet

R142:1985

DYNAMISKA EGENSKAPER HOS SOLENERGISYSTEM

Fältstorlekens inflytande på energiproduktionen

Jonas Sandgren

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 811355-2
från Statens råd för byggnadsforskning till Studsvik
Energiteknik AB, Nyköping.

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

R142:1985

ISBN 91-540-4481-2

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Liber Tryck AB Stockholm 1985

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

	Sid
1. FÖRORD	1
2. FÖRUTSÄTTNINGAR	2
3. BERÄKNINGSMODELL	3
4. MODELLSYSTEMEN	6
4.1 Dimensionering av 100 m ² -fält	7
4.2 1 000 m ² -fält	14
4.3 10 000 m ² -fält	14
5. INSTRÅLNINGSDATA	14
5.1 Modellens känslighet för vädret	14
5.2 Modelldagar	16
6. SIMULERINGSRESULTAT OCH DISKUSSION	25
6.1 Typdagar	25
6.2 Sinusdagar	35
7. SAMMANFATTNING	43
REFERENSER	45

Bilaga A: Instrålnings- och temperaturdata

Bilaga B: Stapeldiagram över energierna för de 9 typdagarna och 3 fältstorlekarna

BETECKNINGAR I DIAGRAM OCH EKVATIONER

G001	Infallande effekt mot solfångarplanet	(W/m ²)
I _o	Max strålningsintensitet under en solig typdag	(W/m ²)
H100	Infallande energi mot solfångarplanet	(MJ/m ²)
Q112	Energi ut ur solfångare	(MJ/m ²)
Q200	Energi till fjärrvärme	(MJ/m ²)
Q120	Förlorad energi, hela systemet	(MJ/m ²)
T(I)	Segmenttemperatur	(°C)
T _{amb}	Omgivningens temperatur	(°C)
SOO2m	Tid mellan soluppgång och solnedgång	(timmar)
SOO2	Tid när instrålningen varit större än 200 W/m ²	(timmar)
t	Aktuell tid	(timmar)
T _S	Temperatur i solfångaren	(°C)
T _B	Reglertemperatur för bypassventil	(°C)
T _P	Temperaturdifferens för pumpstart	(°C)
T _{ret}	Returtemperatur från värmewäxlare	(°C)
T _F	Fjärrvärmemetemperatur	(°C)
MA	Vatteninnehåll i segmentet	(kg)
MB	Metallinnehåll i segmentet	(kg)
K	Total värmeförlustkoefficient	(W/°C)
C _{PM}	Värmekapacitet	(J/°C)
C _P ^{H₂O}	Vattens värmekapacitet	(4 180 J/kg°C)
A _{CS}	Solfångaryta	(m ²)

η_0	=	Solfångarens nollförlustverkningsgrad	
U_L		Alfatau Solfångarens effektiva linjära värmeförlustkoeffi- cient	(W/(m ² °C))
F_{low}		Kylflöde	(kg/sek)
F_{lo}		Kylflöde (parameter)	(kg/sek)
q		Energiflöde i segmentet	(W)
P_{loss}		Förlusteffekt	(W)
P_{in}		Tillförd värmeeffekt från solen	(W)
P_{sol}		Instrålad soleffekt	(W)
P_m		Tillförd effekt genom vätsketransport	(W)
DT		Tidsdifferential	(sek)
N		Segmentnummer för fjärrvärmerör (högsta segmentnummer i systemet)	
M		Segmentnummer för sista solfångarsegmentet (= antal solfångarsegment)	
NVX		Segmentnummer för värmeväxlaren	
V		Strömningshastigheten i röret	(m/sek)
ρ_{H_2O}		Vattens densitet	(1 000 kg/m ³)
L		Periodlängd för instrål- ningspulser i simuleringen	(minuter)
$f=S001$		Solfrekvens	(genomgångar per dag)

Subskript

i	ideal
r	reell

1. FÖRORD

Detta arbete har utförts för Statens råds för byggnadsforsknings räkning på Studsvik Energiteknik AB och hänförs till projektanslag 811355-2.

Syftet har varit att öka kunskapen om solfångarfälts dynamiska beteende för att uppskatta årsverkningsgrad relativt ett idealt solfångarfält.

Under arbetet har jag särskilt haft anledning att tacka Lars Risting för hjälp med simuleringsarbetet och Bengt Perers och Heimo Zinko för synpunkter på framför allt syntetisering av klimatdata.

Jag vill slutligen tacka Lisbeth Ericsson och Gösta Dalmar för att de med kort varsel har kunnat hjälpa till med utformningen av rapporten.

2. FÖRUTSÄTTNINGAR

Ett verkligt solfångarfält har egenskaper som endast ofullständigt beskrivs av de gängse beräkningsmetoderna, t ex Hottel-whillier ekvationen, detta främst på grund av att ett solfångarsystem har fysisk utsträckning och icke masslös kringutrustning, främst till-, från- och förbindelseledningar.

Eftersom man inte endast är intresserad av energi utan i regel av energi över en viss temperatur, leder detta till att mer värmeenergi måste investeras för att föra upp hela systemet från den vanligtvis lägre temperaturen detta har på morgonen till den lägsta tänkbara driftstemperaturen.

Solfångarsystemets energisvar på en given medelinstrålning kommer, till följd av tiden det tar för värmebäraren att fullborda ett varv i det, till följd av det nyss nämnda uppvärmningsbehovet och till följd av att förlusterna beror på medeltemperaturen i solfångaren, inte att vara oberoende av hur instrålningen har varit fördelad under ett givet tidsintervall. Dessa problem har varit föremål för undersökning på flera olika håll (1, 2, 3, 4) där instrålningens inverkan på solfångarens nollförlust-effektivitet, förlustkoefficient och värmekapacitet varit de viktigaste studerade parametrarna.

Till följd av senare tiders satsningar på solenergi i fjärrvärmeställningar, t ex Lyckebo projektet, inställer sig frågan huruvida även fältstorleken kan vara av vikt för ett solenergisystems prestanda under dynamiska instrålningsförhållanden. Detta eftersom vikt och volym hos rör, pumpar och övriga fältinstallationer inte beror linjärt av kollektorytan, särskilt inte när standardiserade komponenter skall användas.

I detta arbete har tre olika fältstorlekar modellerats för tre olika solfångare i en fjärrvärmes tillämpning utan lager med fast inloppstemperatur till solfångarna och konstant flöde. De har simulerats för ett antal typdagar framtagna ur 1982 års mätningar för Knivsta-anläggningen och härur har beräknats de förväntade årliga insamlade energierna.

3. BERÄKNINGSMODELL

Solfångarsystemen har simulerats i ett datorprogram där systemet kan diskretiseras i upp till 50 segment.

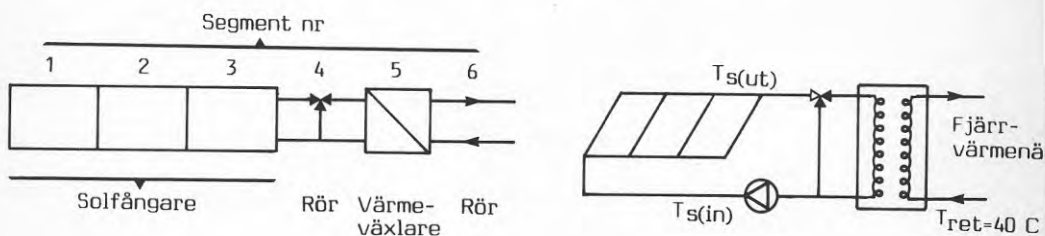
Modelleringen av systemet beskrivs i Figur 1. Sedan de systembeskrivande parametrarna N , M , NV_{VX} , $Flow$, T_p , T_B , T_{ret} , $MA(I)$, $MB(I)$, $C(I)$ där I går från 1 till N och $A_{CS}(J)$, $ALT(J)$ där J går från 1 till M lästs in, beräknas ett största tillåtet tidssteg DTN med hänsyn till den minsta residenstiden i något segment $\frac{AM(I)}{Flow}$ och värmeövergången från metall till vatten. Eftersom för varje segment endast en temperatur finns definierad, måste inom varje beräkningssteg temperaturdifferenser mellan metall och vatten hinna utjämnas. Härfter specificeras eventuellt ett mindre tidssteg.

Nästa steg är att läsa in väderdata omfattande P_{sol} , T_{amb} och DTV , det vill säga instrålning mot solfångarplanet (W/m^2), omgivningstemperatur ($^{\circ}C$), samt tid till nästa läsning av väder (s). Vi återkommer till hur väderdata ser ut i ett senare avsnitt.

Vid varje beräkningssteg kontrolleras först om nytt väder eventuellt skall inläsas och därefter inkrementeras totalt instrålad energi mot sol-

fångarplanet H_{100} (MJ/m^2). Gången är sedan att flödet F_{10} sätts till F_{low} om villkoret ekv 3-3 för drift av pumpen är uppfyllt, annars till 0. Därefter beräknas energibalansen för varje segment.

Figur 1. Exempel på modellering av solfångarsystem



Att specificera:	Totalt antal segment	N	(= 6)	}	3-1
	Antal solfångarsegment	M	(= 3)		
	Värmeväxlarens plats	NVX	(= 5)		
Att specificera för varje segment:	Vatteninnehåll	$MA(I)$	(kg)	}	3-1
	Metallinnehåll	$MB(I)$	(kg)		
	Förlustkoefficient	$C(I)$	($W/^\circ C$)		
Att specificera för varje solfångarsegment	Solfångaryta	$A_{CS}(I)$	(m^2)	}	0 om $I > M$
	Nollförlustkoefficient	$alfatau(I)$			
Driftparametrar att specificera:	Fältflöde	F_{low}	(kg/s)	}	3-2
	Reglertemperaturdifferens för pump	T_p	($^\circ C$)		
	Reglertemperatur för bypassventil	T_B	($^\circ C$)		
	Returtemperatur från värmeväxlare	T_{ret}	($^\circ C$)		
	Begynnelsestemperatur i regel omgivningens temp	$T(I)$	($^\circ C$)		
Pumpen slås till när	$T(M) - T(N) = T_S(ut) - T_S(in) > T_p$				3-3
och från när	$T(M) - T(N) \leq 0$				
Bypassventilen stängs när	$T(NVX - 1) = T_{värmeväxlare}(in) \geq T_B$				3-4
och öppnas när	$T(NVX - 1) \leq T_{ret}$				
Total värmekapacitet per segment:	$CPM(I) = MA(I) * 4180 + MB(I) * 400$		($J/^\circ C$)		3-5

$$\text{Förlusterna: } P_{\text{loss}} = \begin{cases} \left(\frac{(T(I) + T(I-1))}{2} - T_{\text{amb}} \right) * K(I) & \text{om pumpen är tillslagen} \\ (T(I) - T_{\text{amb}}) * K(I) & \text{om pumpen är fränslagen} \end{cases}$$

$$\text{Tillskott utifrån: } P_{\text{in}} = P_{\text{sol}} * A_{\text{CS}}(I) * \text{alfatau}(I)$$

$$\begin{aligned} &\text{Tillskott på grund} \\ &\text{av vätsketransport: } P_{\text{m}} = F_{\text{lo}} * 4\ 180 * (T(I-1) - T(I)) \end{aligned}$$

3-6

Om $I-1 = 0$ används givetvis värdet i segment N istället.

Ur ekvationssystemet 3-6 fås den nya temperaturen i segmentet:

$$T_{\text{ny}}(I) = T_{\text{gamal}}(I) + (P_{\text{m}} + P_{\text{in}} - P_{\text{loss}}) * DT / \text{CPM}(I) \quad 3-7$$

där DT är tidssteget i sekunder och CPM segmentets totala värmekapacitet.

Därefter undersöks om bypass-ventilen skall vara öppen eller stängd. Om den skall vara stängd beräknas uttagen nyttig energi under tidssteget

$$E_{\text{ny}} = \text{CPM}(\text{NVVX}) * (T(\text{NVVX}) - T_{\text{ret}}) \quad 3-8$$

och $T(\text{NVVX})$ sätts till T_{ret} .

E_{ny} adderas till bufferten för total nyttig energi, Q_{200} och energi ut ur solfångaren Q_{112} ökas med $F_{\text{lo}} * DT * 4\ 180 * (T(M) - T(N))$. Tiden TIME ökas med tidssteget DT och ett nytt beräkningsvarv påbörjas.

Efter avslutad körning fås som resultat tiden, instrålning H_{100} , energi ur solfångaren Q_{112} , energi till fjärrvärme Q_{200} och ackumulerade förluster Q_{120} .

Dessutom finns möjlighet att få ut tidsmedelvärden av dessa och temperaturerna i varje segment.

4. MODELLSYSTEMEN

För simulering valdes tre olika fältstorlekar, 100, 1 000 och 10 000 m², och tre olika solfångartyper med nollförlusteffektivitet η_0 och förlustkoefficient U_L (W/(m² * °C)) lika med 0.62 och 2, 0.75 och 3 respektive 0.75 och 5.

Dessutom simulerades för varje solfångare ett idealt system där alla rör och all metall i solfångarna skalats bort.

Fälten dimensionerades för en intemperatur till fältet av 40°C och en uttemperatur vid 1 000 W/m² mot solfångarplanet av 90°C när omgivningens temperatur $T_{amb} = 0^\circ\text{C}$. Strömningshastigheten v i rören bestämdes till 1.5 m/s.

Om q är energiflödet och T_{in} och T_{ut} in- respektive uttemperaturerna i solfångaren gäller

$$q = (P_{sol} * \eta_0 - U_L * ((T_{in} + T_{ut})/2 - T_{amb})) * A_{CS} \quad \text{W} \quad 4-1$$

och

$$q = F_{low} * (T_{ut} - T_{in}) * C_p^{H_2O} \quad \text{W} \quad 4-2$$

4-1 och 4-2 ger

$$F_{low} = \frac{P_{sol} * \eta_0 - U_L * ((T_{in} + T_{ut})/2 - T_{amb})}{(T_{ut} - T_{in}) * C_p^{H_2O}} * A_{CS} \quad \text{kg/s} \quad 4-3$$

vilket i dimensioneringspunkten ger

$$F_{low} = \frac{1\,000 * \eta_0 - U_L * 65}{4\,180 * 50} * A_{CS} \quad \text{kg/s} \quad 4-4$$

4.1 Dimensionering av 100 m²-fält

100 m²-fältet organiseras i två delar förbundna till en slinga. På så sätt minskas behovet av ledningar till och från. Längden av till- och frånledningar är naturligtvis installationsberoende och här har bara antagits en viss längd som en övre, rimlig gräns.

Tre olika solfångare har behandlats:

Fall 1: vakuurrörsolfångare

Fall 2: högeffektiv plan solfångare

Fall 3: normal plan solfångare

Fall 1: Vakuurrörsolfångare

$$\eta_0 = 0.62, U_L = 2 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$$

Ekvation 4-4 ger fältflödet $F_{\text{low}} = 0.23445 \text{ kg/s}$.

Rördimensionerna bestäms av massflödet och strömningshastigheten v enligt

$$\frac{v \cdot d^2 \cdot \pi}{4} \cdot \rho_{\text{H}_2\text{O}} = F_{\text{low}} = d = 2 \sqrt{\frac{F_{\text{low}}}{v \cdot \pi \cdot \rho_{\text{H}_2\text{O}}}}$$

där d är rörets innerdiameter.

Se Figur 2, tabell a för fältdimensioner och parametrar för programmet. Solfångarfältet delades in i två segment. Körningar gjordes med solfångaren indelad i 5 segment men skillnaden var försumbar.

Fall 2: Högeffektiv plan solfångare

$$\eta_0 = 0.75, U_L = 3 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$$

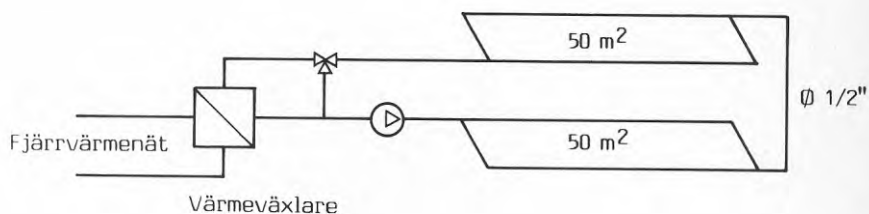
Ekvation 4-4 ger $F_{\text{low}} = 0.26555 \text{ kg/s}$, Se Tabell b för parametrar.

Fall 3: Normal plan solfångare

$$\eta_0 = 0.75, U_L = 5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$$

Ekvation 4-4 ger $F_{low} = 0.20335 \text{ kg/s}$, se Tabell c för parametrar.

Figur 2:1 Fältlayout 100 m²



Tabell a Fall 1: $n_0 = 0.62$, $U_L = 2 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$, $F_{low} = 0.23445 \text{ kg/s}$

	Rör- längd m	Rör- dimension	Vatten- innehåll kg/m	Metall- innehåll kg/m	Förlust- koefficient W/m
Till fält	20	1/2"	0.1267	0.3112	0.33
Från fält	20	1/2"	0.1267	0.3112	0.33
Inom slingan	5	1/2"	0.1267	0.3112	0.33

Tillkommer expansionskärlsvolymen på 20 l, pump mm

Värmeväxlarens massa, pump, isolering mm uppskattas till ca 50 kg metall

Parametrar i simulering:

$N = 5$, $M = 2$, $NVX = 4$

$F_{low} = 0.23445 \text{ kg/s}$, $T_p = 1.5^\circ\text{C}$, $T_B = 50^\circ\text{C}$, $T_{ret} = 40^\circ\text{C}$

	MA kg	MB kg	C W/°C	A _{CS} m ²	Alfatau
Per solfångar- segment	7.5	712.5	100	50	0.62
Högtemperatur- rör	5	30	7	0	0
Lågtemperatur- rör	25	35	10	0	0
Värmeväxlare	15	0	10	0	0

Figur 2:2

Tabell b Fall 2: $n_0 = 0.75$, $U_L = 3 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$, $F_{\text{low}} = 0.26555 \text{ kg/s}$

	Rör- längd m	Rör- dimension	Vatten- innehåll kg/m	Metall- innehåll kg/m	Förlust- koefficient W/m
Till fält	20	3/4"	0.28502	0.4668	0.33
Från fält	20	3/4"	0.28502	0.4648	0.33
Mellanfält	5	3/4"	0.28502	0.4668	0.33

Expansionskärnsvolymen 20 l, pump mm
Värmeväxlarens massa, pump, isolering mm sätts till 60 kg

Parametrar i simulering:

$N = 5$, $M = 2$, $NVX = 4$

$F_{\text{low}} = 0.26555 \text{ kg/s}$, $T_p = 1.5^\circ\text{C}$, $T_B = 50^\circ\text{C}$, $T_{\text{ret}} = 40^\circ\text{C}$

	MA kg	MB kg	C W/°C	ACS m ²	Alfatau
Per solfångar- segment	25	2 000	150	50	0.75
Högtemperatur- rör	6	36	7	0	0
Lågtemperatur- rör	30	42	10	0	0
Värmeväxlare	15	0	10	0	0

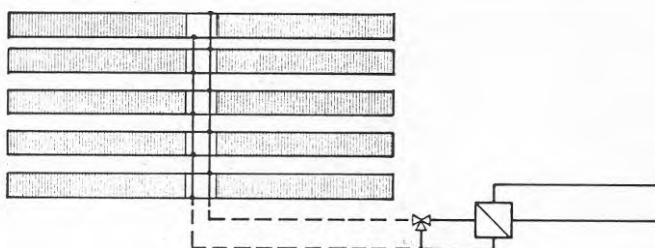
Tabell c Fall 3: $n_0 = 0.75$, $U_L = 5 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$, $F_{\text{low}} = 0.20335 \text{ kg/s}$

Rör som i Tabell a

$N = 5$, $M = 2$, $NVX = 4$

$F_{\text{low}} = 0.20335 \text{ kg/s}$, $T_p = 1.5^\circ\text{C}$, $T_B = 50^\circ\text{C}$, $T_{\text{ret}} = 40^\circ\text{C}$

	MA kg	MB kg	C W/°C	ACS m ²	Alfatau
Per solfångar- segment	40	1 750	250	50	0.75
Högtemperatur- rör	5	30	7	0	0
Lågtemperatur- rör	25	35	10	0	0
Värmeväxlare	10	0	10	0	0

Figur 3:1 Fältlayout 1 000 m²Tabell a Fall 1: $\eta_0 = 0.62$, $U_L = 2 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$, $F_{\text{low}} = 2.3445 \text{ kg/s}$

	Rör- längd m	Rör- dimension	Vatten- innehåll kg/m	Metall- innehåll kg/m	Förlust- koefficient W/m
Matarledning	85	1 3/4"	1.55	2.18	33
Efter 1:a par	20	1 1/2"	1.14	1.87	33
Efter 2:a par	20	1 1/4"	0.79	1.17	33
Efter 3:e par	20	1 1/4"	0.79	1.17	33
Efter 4:e par	20	3/4"	0.2850	0.47	33
Inom slingorna	50	1/2"	0.127	0.31	33

Tillkommer expansionskärl 40 kg vatten och 100 kg metall/sida

Parametrar i simulering:

$N = 5$, $M = 2$, $NVX = 4$

$F_{\text{low}} = 2.3445 \text{ kg/s}$, $T_P = 1.5^\circ\text{C}$, $T_B = 50^\circ\text{C}$, $T_{\text{ret}} = 40^\circ\text{C}$

	MA kg	MB kg	C W/°C	A _{CS} m ²	Alfatau
Per solfångar- segment	75	7 125	1 000	500	0.62
Högtemperatur- rör	103	250	35	0	0
Lågtemperatur- rör	135	240	36	0	0
Värmeväxlare	80	0	40	0	0

Figur 3:2

Tabell b Fall 2: $\eta_0 = 0.75$, $U_L = 3 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$, $F_{\text{low}} = 2.6555 \text{ kg/s}$

	Rör- längd m	Rör- dimension	Vatten- innehåll kg/m	Metall- innehåll kg/m
Matarledning	85	2"		
Efter 1:a par	20	1 3/2"	1.55	2.18
Efter 2:a par	20	1 1/2"	1.14	1.87
Efter 3:e par	20	1 1/4"	0.792	1.17
Efter 4:e par	20	1	0.507	0.93
Inom slingorna	50	3/4"	0.2850	0.47

Parametrar i simulering:

$N = 5$, $M = 2$, $NVX = 4$

$F_{\text{low}} = 2.6555 \text{ kg/s}$, $T_p = 1.5^\circ\text{C}$, $T_B = 50^\circ\text{C}$, $T_{\text{ret}} = 40^\circ\text{C}$

	MA kg	MB kg	C W/°C	A_{CS} m^2	Alfatau
Per solfångar- segment	250	20 000	1 500	500	0.75
Högtemperatur- rör	138	285	35	0	0
Lågtemperatur- rör	168	273	36	0	0
Värmeväxlare	80	0	40	0	0

Tabell c Fall 3: $\eta_0 = 0.75$, $U_L = 5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$, $F_{\text{low}} = 2.0335 \text{ kg/s}$

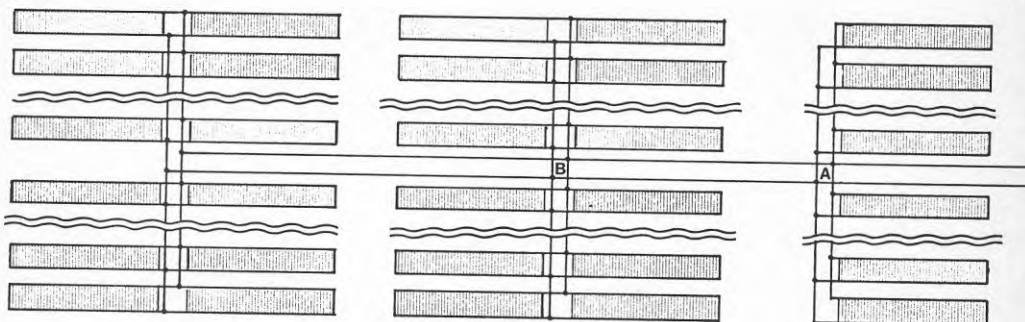
Rör som i Tabell a

Parametrar i simulering

$N = 5$, $M = 2$, $NVX = 4$

$F_{\text{low}} = 0.20335 \text{ kg/s}$, $T_p = 1.5^\circ\text{C}$, $T_B = 50^\circ\text{C}$, $T_{\text{ret}} = 40^\circ\text{C}$

	MA kg	MB kg	C W/°C	A_{CS} m^2	Alfatau
Per solfångar- segment	400	17 500	250	500	0.75
Högtemperatur- rör	103	250	35	0	0
Lågtemperatur- rör	135	240	36	0	0
Värmeväxlare	80	0	40	0	0

Figur 4:1 Fältlayout 10 000 m²

Till par	Stammar med 20 slingor, 4 st				Stammar med 10 slingor, 2 st				
	Rörlängd m	Rördimension		Vattenmängd kg/m	Metallmängd kg/m	Till slinga	Rörlängd m	Rördimension	
		fall 1	fall 2					fall 1,3	fall 2
1	10	2 1/2"		3.17	3.89	1	10	1 3/4"	
			2 3/4"	3.83	4.28				2"
2	20	2 1/4"		2.57	3.50	2	20	1 3/4"	
			2 1/2"						1 3/4"
3	20	2 1/4"		2.57	3.50	3	20	1 1/2"	
			2 1/2"						1 3/4"
4	20	2 "		2.03	2.49	4	20	1 1/2"	
			2 1/4"						1 3/4"
5	20	2 "		2.03	2.49	5	20	1 1/4"	
			2"						1 1/2"
6	20	1 3/4"		1.55	2.18	6	20	1 1/4"	
			2"						1 1/2"
7	20	1 1/2"		1.14	1.87	7	20	1 1/4"	
			1 3/4"						1 1/4"
8	20	1 1/4"		0.79	1.17	8	20	1"	
			1 1/2"						1"
9	20	1 1/4"		0.79	1.17	9	20	3/4"	
			1 1/4"						1"
10	20	3/4"		0.29	0.47	10	20	1/2"	
			1"	0.51	0.93				3/4"
Inom slingorna	100	1/2"		0.13	0.31		50	1/2"	
			3/4"						3/4"

	Matarledning				Längd mm	Tillkommer 500 kg/metall/rörsida Filter, expansionskäril mm, 500 kg vatten på lågtemperatursidan
	Fall 1 mm	Fall 2 mm	Fall 3 mm			
Till "A"	140	150	130	80		
Till "B"	125	140	120	33		
Till "C"	90	100	90	66		

Figur 4:2

Tabell a Fall 1: $\eta_0 = 0.62$, $U_L = 2 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$, $F_{\text{low}} = 23.445 \text{ kg/s}$

Parametrar i simulering:

$N = 5$, $M = 2$, $NVX = 4$

$F_{\text{low}} = 23.445 \text{ kg/s}$, $T_p = 1.5^\circ\text{C}$, $T_B = 50^\circ\text{C}$, $T_{\text{ret}} = 40^\circ\text{C}$

	MA kg	MB kg	C W/°C	A _{CS} m ²	Alfatau
Per solfångarsegment	750	71 250	90 000	5 000	0.62
Högtemperaturrör	2 860	3 540	270	0	0
Lågtemperaturrör	3 360	3 540	300	0	0
Värmeväxlare	750	0	500	0	0

Tabell b Fall 2: $\eta_0 = 0.75$, $U_L = 3 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$, $F_{\text{low}} = 26.555 \text{ kg/s}$

Parametrar i simulering

$N = 5$, $M = 2$, $NVX = 4$

$F_{\text{low}} = 26.555 \text{ kg/s}$, $T_p = 1.5^\circ\text{C}$, $T_B = 50^\circ\text{C}$, $T_{\text{ret}} = 40^\circ\text{C}$

	MA kg	MB kg	C W/°C	A _{CS} m ²	Alfatau
Per solfångarsegment	2 500	200 000	15 000	5 000	0.75
Högtemperaturrör	3 395	3 840	270	0	0
Lågtemperaturrör	3 895	3 840	300	0	0
Värmeväxlare	750	0	500	0	0

Tabell c Fall 3: $\eta_0 = 0.75$, $U_L = 5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$, $F_{\text{low}} = 20.335 \text{ kg/s}$

Parametrar i simulering

$N = 5$, $M = 2$, $NVX = 4$

$F_{\text{low}} = 20.335 \text{ kg/s}$, $T_p = 1.5^\circ\text{C}$, $T_B = 50^\circ\text{C}$, $T_{\text{ret}} = 40^\circ\text{C}$

	MA kg	MB kg	C W/°C	A _{CS} m ²	Alfatau
Per solfångarsegment	4 000	175 000	28 000	5 000	0.75
Högtemperaturrör	2 660	3 450	270	0	0
Lågtemperaturrör	3 160	3 450	300	0	0
Värmeväxlare	750	0	500	0	0

4.2 1 000 m²-fält

1 000 m²-fältet är sammansatt av 10 slingor om 100 m² kopplade till en stamledning enligt Figur 3. Kopplingen är avsedd att minimera rörbehovet. Fältflödena blir 10 gånger större än i föregående fall, matarledningarna till fältet har antagits vara 40 m långa och står för drygt halva totala vatteninnehållet i rören. Solfångarna innehåller i fall 1 ungefär lika mycket medan i fall 2 och 3 vatteninnehållet i solfångaren är väsentligt större.

4.3 10 000 m²-fält

Fältkonfigurationen för ett 10 000 m²-fält blir mera komplicerad än tidigare, se Figur 4. Varje solfångarenhet har en längd av ca 25 - 30 m och för att hålla rördimensionerna nere bör de ordnas så kvadratisk som möjligt.

Med tilltagande fält ökar volymen för expansionskärl, filter m m, och matarledningarna måste göras mycket grövre. Matarledningarna har antagits vara 80 m långa och rören innehåller även för fall 3 ungefär lika mycket vatten som solfångarna, medan rörens vatteninnehåll dominerar i fall 1 och 2.

5. INSTRÅLNINGSDATA

5.1 Modellens känslighet för vädret

Eftersom simuleringsprogrammet använder sig av tidssteg av storleksordningen 0.25 - 1 minut, är det inte realistiskt att simulera ett helt år. Därför måste ett års instrålning kondenseras till ett antal typdagar som sedan simuleras.

Frågan inställer sig då vilka längder på intervall med solsken respektive moln som det är väsentligt att skilja mellan. Något enkelt svar på frågan

finns tyvärr inte, eftersom instrålningsfrekvensens påverkan på energiinsamlingen är beroende av många parametrar, till exempel vilken intensitet på strålningen man har under klar- respektive molnperioden, drifttemperaturen, solinfångarens värmekapacitet samt hurvida solfångaren redan har uppnått drifttemperatur eller ännu är under uppvärmning.

Förlusterna uppkommer huvudsakligen genom att uttemperaturen ur solfångarna kommer att oscillera med instrålningsintensiteten. Om temperaturen faller under drifttemperaturen måste temperaturen återställas igen innan energi kan levereras under nästa solperiod. Härav följer att om den lägre instrålningsnivån är tillräckligt hög för att upprätthålla temperaturen över drifttemperaturen uppstår ingen förlust till följd av fluktuationer i instrålningen.

Några försökskörningar gjordes med en fyrkantvågformad instrålning med högnivån 900 W/m^2 och lågnivån 100 W/m^2 , alltså en ganska drastisk skillnad mellan sol/skugga. 2 timmar simulerades med periodtiden 2 timmar (1 timme 900 W/m^2 respektive 1 timme 100 W/m^2), 1 timme, 30 min, 15 min, 7.5 min, 3.75 min, 112.5 s, 56.25 s samt 500 W/m^2 kontinuerligt under 2 timmar. Se Figur 5:1 och 5:2.

Eftersom körningarna utgår från jämviktstillståndet vid 900 W/m^2 och varje körning utom 500 W/m^2 kontinuerligt avslutas med en skuggperiod, laddas, förutom den insamlade energin, även en del som fanns inbyggd i begynnelsevillkoren ur under avsvavlingen. Mycket riktigt är även ingen sämre än 500 W/m^2 kontinuerligt, se Figur 5:1. Utgångssystemet vid körningarna var fall 1, 100 m^2 .

Om man tar hänsyn till den från början inlagrade energin vid beräkning av energin till fjärrvärme, Q200, genom att subtrahera det energiinnehåll som förlorats av systemet från $t = 0$ till $t = 2$ h, blir Q200 praktiskt taget oberoende av frekvensen utom då $U_L = 8 \text{ W/m}^2 / ^\circ\text{C}$ (se Figur 5:2).

Eftersom endast perioder där

1. Instrålningen är så låg att anläggningen går under drifttemperaturen, och
2. Varaktigheten av den låga instrålningen är så lång att systemet hinner svalna,

är av större vikt, bör det räcka att klassificera dagar med avseende på dessa parametrar; mindre kraftiga fluktuationer integreras bort av systemet.

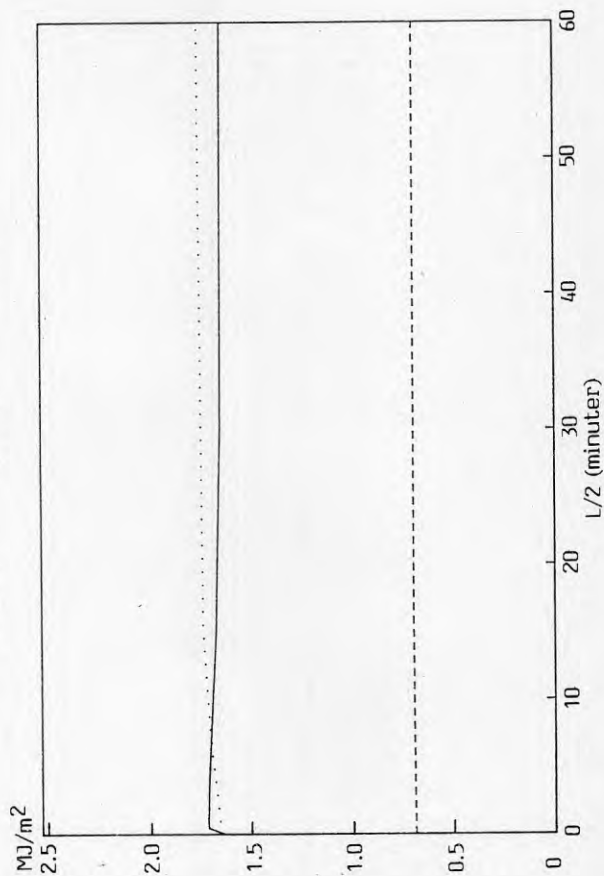
5.2 Modelldagar

Som rådata för instrålningen valdes mätdata från Knivsta-projektet (se Bilaga A). För varje dag användes instrålad energi mot 45° lutande yta (sydororienterad) och antalet gånger intensiteten mot 45° yta passerat 200 W/m^2 (utgående från ett lägre instrålningsvärde). För att kunna klassa dagarna gjordes en frekvenstabell för varje månad där dagarna riktades in mot energiintervall och solfrekvens (se Figur 6). Därefter gjordes en sammanslagning av mängder där dagarna betedde sig likartat. Resultatet visas i tre diagram, Figur 6: 1, 2, 3.

Dagarna delades in i grupper och en medeldag för varje grupp räknades ut. Resultatet blev 9 typdagar, se Tabell 1.

Q112, Q200 och referensfallet 100 m²
vid olika instrålningsfrekvenser

H100 alfatau Q120
-Q120

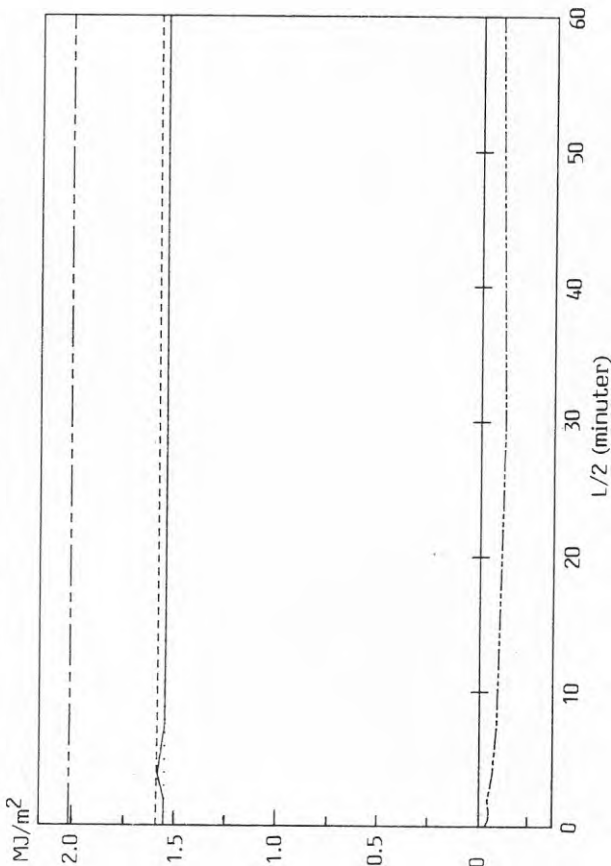


Figur 5:1 Energi ut ur solfångare, förluster och energi till fjärrvärme (för två timmars drift). Svar på en fyrkantvågformad instrålning 900/100 W/m² med solpulslängd = molnpulslängd = L/2 (medeleffekt 500 W/m²; L = 0 motsvarar kontinuerlig instrålning av 500 W/m²).
Fall 1: 100 m²-fält.

Jämförelse av Q200 korrigerad för energi
 upplagrad vid början av simulering (2 h)

referens system 1000 m² 0.45/11.1 7₀=0.75

system 100 m² massor kg/m² UL=8 W/m²



Figur 5:2 $Q_{200} - \sum_{i=1}^N C_{pi} * (T_i(t=0)) - T_i(t=2h)$ vid fyrkantvågformad instrålning för två timmars drift. Jämförelse mellan några olika solfångare och fält. Referenssystem är fall 1, 100 m². Fältet med $U_L = 8 \text{ W}/(\text{m}^2 * \text{°C})$ går snabbt ur drift vid skugga på grund av att drifttemperaturen är för hög för denna solfångare. En medelinstrålning av 500 W/m² förmår ej upprätthålla drift i detta fall.

För att finna en typisk dagslängd användes medeldagslängden inom perioderna och för varje typdag bestämdes en soltid som gav rätt dygnsenergi. Detta gjordes genom att följande ekvation ansattes för klardagskurvan, där $G001$ är intensiteten mot 45° lutande plan och $S002m$ medeldagslängden.

$$G001 = \frac{I_0}{2} (1 - \cos(\frac{2\pi}{S002m} * t)) \quad W/m^2 \quad (5-1)$$

I_0 bestämdes för varje period genom att övre gränsen vid ett energiintervall där de bästa dagarna i perioden befann sig antogs svara mot en klar dag med dagslängden $S002m$, utom för period 2 där $18 MJ/m^2 / dag$ valdes, eftersom dagslängden varierar mycket kraftigt inom period 2 och de bästa dagarna svarar mot betydligt längre dagar än medeldagslängden.

Integrering av 5-1 ger

$$H100 = \int_0^{S002m} G001 dx = \frac{I_0 * S002m}{2} * \frac{3600}{1000000} MJ/m^2 * dag \quad (5-2)$$

om $S002m$ har dimensionen timmar.

Ekvationen 5.2 kan omformas till

$$I_0 = \frac{2 * H100 * 10^6}{S002 * 3600} \quad W/m^2 \quad (5-3)$$

Genom att anta att **alla solskensperioder är lika långa och är jämnt fördelade över den del av klardagskurvan som har $G001 \geq 200 W/m^2$** , att **skuggperioderna ger i genomsnitt $150 W/m^2$** och att instrålningen under solsken når upp till klardagskurvan, kan solskenperiodernas längd iterativt bestämmas för en given solfrekvens och en given dagsenergi.

Tabell 1

	Energiintervall 45°, MJ/m ²	Frekvensintervall per dag	Antal dagar	Korri- gerat antal	Medel- energi MJ/m ² mot 45°	Typ- frekvens	Korrigerad bruttoenergi MJ/m ² mot 45°
Period 1: nov, dec, jan							
Dag 1	0 ≤ H100 < 4	f ≤ 14	73	76	1.12	0	85.1
Dag 2	4 ≤ H100 < 12	f ≥ 2	15	16	7.57	6	121.1
Period 2: feb, mars, sept, okt							
Dag 3	0 ≤ H100 < 4	f ≤ 12	45	54	2.01	0	108.5
Dag 4	4 ≤ H100 < 26	2 ≤ f ≤ 16	35	42	15.49	4	650.6
Dag 5	4 ≤ H100 < 26	f ≥ 20	20	24	12.18	30	292.3
Period 3: april, maj, juni, juli, aug							
Dag 6	0 ≤ H100 < 6	f ≤ 22 utom 4-6 MJ, f ≥ 20	12	12	3.93	0	47.4
Dag 7	6 ≤ H100 < 30	2 ≤ f ≤ 6	23	23	24.48	2	563.0
Dag 8	6 ≤ H100 < 30	8 ≤ f ≤ 18	40	40	19.96	14	798.4
Dag 9	4 ≤ H100 < 30	f ≥ 20	77	78	17.47	36	1 362.7
Summa			340	365			4 029.1

Dag	Medelenergi MJ/m ²	Dagslängd h	Soltid h	Solfrekvens	I ₀ W/m ²	Temperatur °C
1	1.12	6.77	-	0	985	-1
2	7.57	6.77	2.4	6	985	-1
3	2.01	10.96	-	0	912	4.7
4	15.49	10.96	6.0	4	912	4.7
5	12.18	10.96	4.2	30	912	4.7
6	3.93	16.68	-	0	999	12.21
7	24.48	16.68	11.2	2	999	12.21
8	19.96	16.68	6.2	14	999	12.21
9	17.47	16.68	5.2	36	999	12.21

KNIVSTA 82
 Period 1
 november, december, januari

H100 MJ/m ²	S001											
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22
0-2	51	1	2	2	1		Dag 1					
2-4	3	2	2	2	2	2	1	2				
4-6		Dag 2		2						1		1
6-8		3	1									
8-10				1			1					
10-12		2		1			1					1
12-14												
14-16												
16-18												
18-20												
22-24												
28-30												

Figur 6.1 Frekvensdiagram över instrålningsdata från Knivsta 1982.

KNIVSTA 82
Period 2
februari, mars, september, oktober

H100 S001

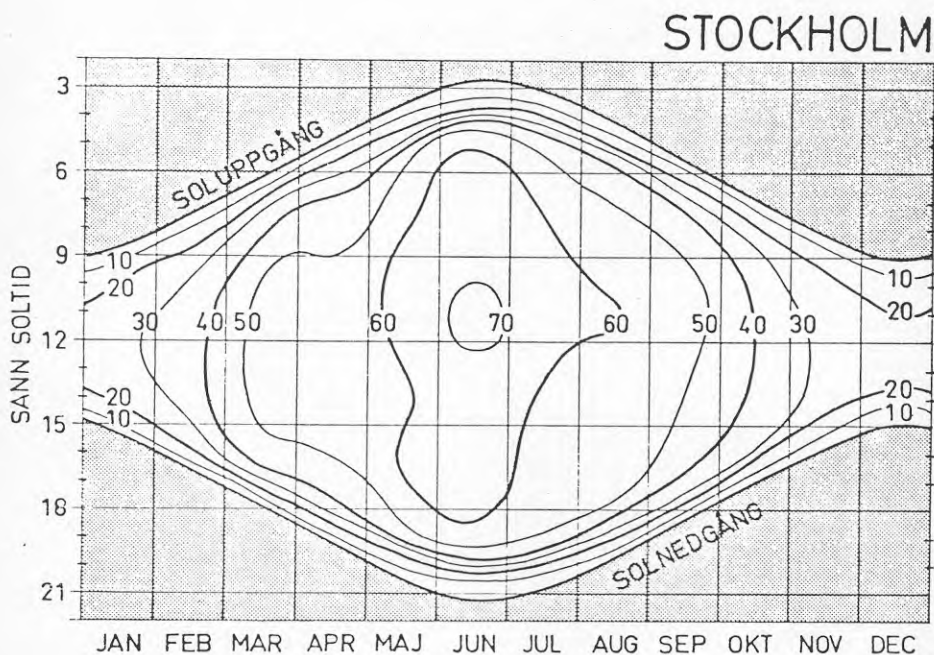
MJ/m ²	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22
0 - 2	24						Dag 3					
2 - 4	9	6	1			3	2					
4 - 6			1	3			Dag 4		1		Dag 5	4
6 - 8				1			1					3
8 - 10			1	1								3
10 - 12		1							1			3
12 - 14		2										1
14 - 16			2	1								
16 - 18		2	3					1				1
18 - 20			1		1			1				
20 - 22		2	1						1		1	2
22 - 24		2	1									1
24 - 26		1	1		1						1	
26 - 28												
28 - 30												

Figur 6.2 Frekvensdiagram över instrålningsdata från Knivsta 1982.

KNIVSTA 82
 Period 3
 april, maj, juni, juli, augusti

H100 MJ/m ²	S001											
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22
0 - 2												
2 - 4	3				1						Dag 6	1
4 - 6	3		1		3						Dag 9	1
6 - 8												2
8 - 10					Dag 8			1		1	2	4
10 - 12						1	1				1	10
12 - 14		Dag 7	1	1		1	1		2	1	2	6
14 - 16							1			1	1	5
16 - 18				1	1			1	2		1	7
18 - 20		1				3				2		5
20 - 22		1					1			1		5
22 - 24		1	1				1		1			10
24 - 26		1			1	1		2	1		1	3
26 - 28		7	1	1	3	1	1	1	2	2		9
28 - 30		3	2	1	1							2

Figur 6.3 Frekvensdiagram över instrålningsdata från Knivsta 1982.



Figur 7. Sannolikhet för solsken i procent. Stockholm.
Ur meddelande från SIB 9:1976.

Det första antagandet kan motiveras med att sannolikheten för moln är relativt oberoende av tidpunkt utom för speciella områden, till exempel kuster eller bergsområden, se Figur 7.

Dygnsmedeltemperaturen för perioden har använts för omgivningens temperatur, eftersom temperaturns koppling till insamlad energi är mycket mindre än för instrålningen, särskilt för en bra solfångare.

För dagar med solfrekvensen 0 har en fast nivå antagits mellan de tidpunkter då klardagskurvan passerar 200 W/m^2 . Denna nivå blir i regel för låg för drift. Vid simuleringen uppdaterades instrålningsvärdet var 6:e minut utom för steget före och efter passagen inom nivån 200 W/m^2 , som uppdelas i 4 steg.

6. SIMULERINGSRESULTAT OCH DISKUSSION

6.1 Typdagar

Simuleringar för de nio dagarna gjordes med de 3 olika solfångarna och fältstorlekarna som beskrevs i avsnitt 4 samt för varje fall som en ideal solfångare utan metallisk massa och rör.

Resultaten för beräkningarna finns presenterade i Tabell 2, 3 och 4 tillsammans med en jämförelse mellan de icke ideala systemen och de ideala. Se även figurerna i Bilaga B. Generellt gäller att ju klarare dag, desto mindre betydelse har rörsystemen och solfångarnas kapacitet. Inget av de modellerade systemen ger energi på dagarna 1, 3 och 6, det vill säga dagar utan solsken.

Fälten med rör och solfångarmassa har mer energi ut ur solfångare, Q112, och mindre energi till fjärrvärme, Q200, än de ideala fälten. Se Bilaga B, Figur 11, 12 och 13.

Detta är naturligt eftersom energi måste samlas in för att höja temperaturen på vattnet och metallen i rör och solfångare. De icke masslösa fältens termiska tröghet håller ner medeltemperaturen i solfångaren, så att energi samlas in vid en lägre temperatur där förlusterna är mindre. Energi som representeras av en temperatur under 40°C kan dock

inte utnyttjas vid fältets avsvavling på eftermiddagen, utan förloras under natten.

Q_{200_r} för solfångarfält blir mindre än den ideala Q_{200_i} eftersom en större andel av den tillgängliga energin måste användas vid uppvärmning av fältet till 40°C .

Dock blir i fall 3 på dag 7, det vill säga den "vackraste" dagen, Q_{200} för fälten $1\ 000\ \text{m}^2$ och $10\ 000\ \text{m}^2$ större än i det ideala fallet. Värme-kapacitetseffekterna i returledningen bidrar till att sänka ingångstemperaturen till solfångaren. Det kan resultera i att en solfångare med högt U_L -värde kan ha fördel av att rörsystemet håller ner medeltemperaturen under en klar dag. Även fall 1 och fall 2 ligger mycket nära den ideala Q_{200} , men i verkligheten skulle en sådan effekt inte kunna ses, eftersom man inte har ett idealt system att jämföra med.

Icke oväntat avviker fall 1 minst från motsvarande ideala system, däremot är spridningen mellan 100 , $1\ 000$, och $10\ 000\ \text{m}^2$ fältstorlek minst i fall 2.

I samtliga fall ligger $100\ \text{m}^2$ -fältet lägst i förhållande till motsvarande ideala fält, 3-4 %, medan $1\ 000\ \text{m}^2$ -fältet ligger högst. Skillnaden mellan $1\ 000\ \text{m}^2$ och $10\ 000\ \text{m}^2$ är emellertid liten, 0.1 - 0.4 %. Att skillnaden ideal - verkligt är såpass liten beror troligen på att den simulerade tillämpningen är en bra solenergianvändning, där energin kan utnyttjas så fort den finns tillgänglig och drifttemperaturen hålls konstant. Inte heller påverkas systemet av trögheten i något lager, som även skulle tendera att öka omloppstiden för vatten i systemet.

Tabell 2. Fall 1

Dag	Idealt fält			100 m ²		
	Q112 MJ/m ²	Q200 MJ/m ²	Q120 MJ/m ²	Q112 MJ/m ²	Q200 MJ/m ²	Q120 MJ/m ²
1	0.0133	0	0.6746	0.9864	0	0.5821
2	2.6704	2.6582	2.0214	2.6578	2.3432	2.0362
3	0.0529	0.0428	1.1844	0.1645	0	1.1387
4	6.4195	6.4087	3.1846	6.5315	6.0930	3.3786
5	4.5986	4.5878	2.9506	4.6764	4.2609	3.1558
6	0.1577	1.4817	2.2795	0.3135	0	2.3530
7	10.9094	10.9013	4.2681	11.1481	10.5994	4.5022
8	8.3862	8.3779	3.9884	8.5644	8.0391	4.2512
9	7.0182	7.0099	3.8131	7.1521	6.6420	4.1050

Tabell 2. Fall 1, forts

Dag	1 000 m ²			10 000 m ²		
	Q112 MJ/m ²	Q200 MJ/m ²	Q120 MJ/m ²	Q112 MJ/m ²	Q200 MJ/m ²	Q120 MJ/m ²
1	0.557	0	0.5824	0.7812	0	0.5569
2	2.6359	2.4771	2.0221	2.6582	2.4347	1.9904
3	0.9590	0	1.1394	0.1130	0	1.1016
4	6.5020	6.2942	3.1846	6.5239	6.2626	3.1489
5	4.6444	4.4471	2.9768	4.6699	4.4190	2.9376
6	0.1537	0	2.3544	1.8799	0	2.300
7	11.1132	10.8608	4.2440	1.1131	10.8417	4.2091
8	8.5309	8.2900	4.0043	8.5478	8.2696	3.9711
9	7.1294	7.8961	3.8545	7.1384	6.8674	3.8300

Tabell 2. Fall 1, forts

Dag	Fältstorlek m ²	$\frac{Q_{112_r}}{Q_{112_i}}$	$\frac{Q_{200_r}}{Q_{200_i}}$	H100	n
				MJ/m ²	ideal
1	100	7.41	-	1.1131	0
	1 000	4.18	-		
	10 000	5.86	-		
2	100	0.9953	0.8815	7.5701	0.3512
	1 000	0.9871	0.9319		
	10 000	0.9954	0.9181		
3	100	3.1088	0	1.9984	0.0214
	1 000	1.8122	0		
	10 000	2.1361	0		
4	100	1.0174	0.9507	15.4922	0.4137
	1 000	1.0128	0.9821		
	10 000	1.0163	0.9772		
5	100	1.0169	0.9288	12.1781	0.3767
	1 000	1.0099	0.9693		
	10 000	1.0155	0.9632		
6	100	1.9886	0	3.9326	0.0381
	1 000	0.9749	0		
	10 000	1.1918	0		
7	100	1.0219	0.9723	24.4814	0.4453
	1 000	1.0187	0.9963		
	10 000	1.0203	0.9946		
8	100	1.0212	0.9596	19.9606	0.4197
	1 000	1.0173	0.9895		
	10 000	1.0193	0.9871		
9	100	1.0191	0.9475	17.4715	0.4012
	1 000	1.0159	0.9838		
	10 000	1.0171	0.9797		

Tabell 3. Fall 2

Dag	Idealt fält			100 m ²		
	Q112 MJ/m ²	Q200 MJ/m ²	Q120 MJ/m ²	Q112 MJ/m ²	Q200 MJ/m ²	Q120 MJ/m ²
1	0.0097	0	8.1684	0.0770	0	0.6166
2	2.7835	2.7716	2.8847	2.5254	2.2122	2.8681
3	0.0108	0	1.4839	0.1332	0	1.2657
4	6.9487	6.9379	4.6666	6.9177	6.4666	4.7192
5	4.8258	4.8150	4.3038	4.7494	4.3286	4.3689
6	0.0115	0	2.9354	0.2545	0	2.7079
7	12.0593	12.0506	6.2996	12.2608	11.6866	6.3954
8	9.0932	9.0849	5.8744	9.1533	8.6065	6.0649
9	7.4988	7.4905	5.6023	7.5718	7.0520	5.7524

Tabell 3. Fall 2, forts

Dag	1 000 m ²			10 000 m ²		
	Q112 MJ/m ²	Q200 MJ/m ²	Q120 MJ/m ²	Q112 MJ/m ²	Q200 MJ/m ²	Q120 MJ/m ²
1	0.0472	0	0.6102	0.0669	0	0.5936
2	2.4966	2.3238	2.7533	2.5294	2.2939	2.7144
3	0.0749	0	1.2567	0.0950	0	1.2341
4	3.2944	6.6747	4.5054	6.9156	6.6441	4.4762
5	4.7214	4.5126	4.1796	4.7491	4.4884	4.1443
6	0.1324	0	2.6953	0.1623	0	2.6626
7	12.2349	11.9765	6.0980	12.2526	11.9574	6.0707
8	9.1177	8.8682	5.7971	9.1465	8.8596	5.7586
9	7.5423	7.30296	5.4950	7.5654	7.2886	5.4630

Tabell 3. Fall 2, forts

Dag	Fältstorlek m ²	$\frac{Q112_r}{Q112_i}$	$\frac{Q200_r}{Q200_i}$	H100 MJ/m ²	n ideal
1	100	7.93	-	1.1132	0
	1 000	4.85	-		
	10 000	6.89	-		
2	100	0.9074	0.7982	7.5701	0.3661
	1 000	0.8970	0.8384		
	10 000	0.9088	0.8276		
3	100	12.3	0	1.9984	0
	1 000	6.9	0		
	10 000	8.8	0		
4	100	0.9955	0.9321	15.4922	0.4478
	1 000	0.9922	0.9621		
	10 000	0.9952	0.9577		
5	100	0.9842	0.8990	12.1781	0.3954
	1 000	0.9784	0.9372		
	10 000	0.9841	0.9322		
6	100	22.1	-	3.9326	0
	1 000	11.5	-		
	10 000	14.1	-		
7	100	1.0167	0.9698	24.4814	0.4922
	1 000	1.0146	0.9938		
	10 000	1.0160	0.9923		
8	100	1.0066	0.9473	19.9606	0.4551
	1 000	1.0027	0.9761		
	10 000	1.0059	0.9752		
9	100	1.0097	0.9415	17.4715	0.4287
	1 000	1.0058	0.9750		
	10 000	1.0089	0.9730		

Tabell 4. Fall 3

Dag	Idealt fält			100 m ²		
	Q112 MJ/m ²	Q200 MJ/m ²	Q120 MJ/m ²	Q112 MJ/m ²	Q200 MJ/m ²	Q120 MJ/m ²
1	0.0148	0	0.8122	0.0522	0	0.7042
2	1.7669	1.7381	3.8981	1.4598	1.1984	4.1299
3	0.0169	0	1.4774	0.0871	0	1.3766
4	4.7120	4.6854	6.9012	4.7012	4.3009	7.1024
5	2.8322	2.8289	6.2694	2.8429	2.4746	6.4328
6	0.0180	0.0180	2.9286	1.6272	0	2.8436
7	8.5234	8.5234	9.8348	8.8848	8.3502	9.8845
8	6.1678	6.1678	8.7919	6.2302	5.7369	9.0957
9	4.6843	4.6836	8.3869	4.8092	4.3398	8.6242

Tabell 4. Fall 3, forts

Dag	1 000 m ²			10 000 m ²		
	Q112 MJ/m ²	Q200 MJ/m ²	Q120 MJ/m ²	Q112 MJ/m ²	Q200 MJ/m ²	Q120 MJ/m ²
1	0.0270	0	0.7042	0.0396	0	0.6923
2	1.4166	1.2812	4.0493	1.4692	1.2744	3.9931
3	0.0439	0	1.3759	0.0576	0	1.3600
4	4.6591	4.4748	6.9275	4.6958	4.4636	6.8846
5	2.7972	2.6240	6.2831	2.8321	2.6107	6.2420
6	0.0767	0	2.8429	0.0928	2.9495	2.8210
7	8.8412	8.6083	9.6239	8.8657	8.6000	9.5904
8	6.1678	5.9544	8.8776	6.1999	5.9515	8.8387
9	4.7466	4.5410	8.4226	4.7790	4.5385	8.3826

Tabell 4. Fall 3, forts

Dag	Fältstorlek m ²	$\frac{Q_{112_r}}{Q_{112_i}}$	$\frac{Q_{200_r}}{Q_{200_i}}$	H100 MJ/m ²	η ideal
1	100	3.54	-	1.1131	0
	1 000	1.83	-		
	10 000	2.68	-		
2	100	0.8262	0.6895	7.5701	0.2296
	1 000	0.8018	0.7372		
	10 000	0.8315	0.7332		
3	100	5.15	-	1.9984	0
	1 000	2.60	-		
	10 000	3.40	-		
4	100	0.9977	0.9179	15.4922	0.3024
	1 000	0.9888	0.9551		
	10 000	0.9966	0.9527		
5	100	1.0038	0.8748	12.1780	0.2323
	1 000	0.9877	0.9276		
	10 000	1.0000	0.9229		
6	100	9.04	0	3.9326	0
	1 000	4.26	-		
	10 000	5.10	-		
7	100	1.0424	0.9823	24.4814	0.3472
	1 000	1.0373	1.0126		
	10 000	1.0401	1.0116		
8	100	1.0101	0.9324	19.9605	0.3083
	1 000	1.0000	0.9677		
	10 000	1.0052	0.9672		
9	100	1.0267	0.9266	17.4715	0.2681
	1 000	1.0133	0.9696		
	10 000	1.0202	0.9690		

Tabell 5. Sammanställning av årliga energier och verkningsgrader för de olika typdagarna och solfångarna. Korrektionsfaktorn är beroende av fältstorleken och definieras som kvoten Q_{200r}/Q_{200i} ur Tabell 2, 3 och 4.

Tabell 5:1. Fall 1

Dag	H100 MJ/m ²	Ideal verknings- grad	Q200 _i MJ/m ²	100 m ²		1 000 m ²		10 000 m ²	
				Korrektion	Q200 _r MJ/m ²	Korrektion	Q200 _r MJ/m ²	Korrektion	Q200 _r MJ/m ²
1	85.1	0	0	-	0	-	0	-	0
2	121.1	0.3512	42.53	0.8815	37.49	0.9319	39.63	0.9181	39.05
3	108.5	0.0214	2.32	0	0	0	0	0	0
4	650.6	0.4137	269.15	0.9507	255.88	0.9821	264.34	0.9772	263.02
5	292.3	0.3767	110.11	0.9288	102.27	0.9693	106.73	0.9632	106.06
6	47.4	0.0381	1.81	0	0	0	0	0	0
7	563.0	0.4453	250.70	0.9723	243.76	0.9963	249.78	0.9946	249.35
8	798.4	0.4197	335.09	0.9596	321.55	0.9895	331.57	0.9871	330.77
9	1 362.7	0.4012	546.72	0.9475	518.01	0.9838	537.86	0.9797	535.62
Summa	4 029.1	0.3868	1 558.4		1 479.0		1 529.9		1 523.9
Korrekationer på årsbasis				0.9490		0.9817		0.9778	

Tabell 5:2. Fall 2

Dag	H100 MJ/m ²	Ideal verknings- grad	Q200 _i MJ/m ²	100 m ²		1 000 m ²		10 000 m ²	
				Korrektion	Q200 _r MJ/m ²	Korrektion	Q200 _r MJ/m ²	Korrektion	Q200 _r MJ/m ²
1	85.1	0	0	-	0	-	0	-	0
2	121.1	0.3661	44.33	0.7982	35.39	0.8384	37.17	0.8276	36.69
3	108.5	0	0	-	0	-	0	-	0
4	650.6	0.4478	291.34	0.9321	271.56	0.9621	280.30	0.9577	279.02
5	292.3	0.3954	115.58	0.8990	103.90	0.9372	108.32	0.9322	107.74
6	47.4	0	0	-	0	-	0	-	0
7	563.0	0.4922	277.11	0.9698	268.74	0.9938	275.39	0.9923	274.97
8	798.4	0.4551	363.35	0.9473	344.20	0.9761	354.67	0.9752	354.34
9	1 362.7	0.4287	584.19	0.9415	550.01	0.9750	569.58	0.9730	568.42
Summa	4 029.1	0.4159	1 675.9		1 573.8		1 625.43		1 621.18
Korrekationer på årsbasis				0.9391		0.9699		0.9673	

Tabell 5:3. Fall 3

Dag	H100 MJ/m ²	Ideal verknings- grad	Q200 _i MJ/m ²	100 m ²		1 000 m ²		10 000 m ²	
				Korrektion	Q200 _r MJ/m ²	Korrektion	Q200 _r MJ/m ²	Korrektion	Q200 _r MJ/m ²
1	85.1	0	0	-	0	-	0	-	0
2	121.1	0.2296	27.8	0.6895	19.17	0.7372	20.5	0.7332	20.39
3	108.5	0	0	-	0	-	0	-	0
4	650.6	0.3024	196.74	0.9179	180.59	0.9551	187.91	0.9527	187.44
5	292.3	0.2323	67.90	0.8748	59.40	0.9276	62.96	0.9229	62.67
6	47.4	0	0	-	0	-	0	-	0
7	563.0	0.3472	195.47	0.9823	192.01	1.0126	197.94	1.0116	197.74
8	798.4	0.3083	246.15	0.9324	229.51	0.9677	238.20	0.9674	238.12
9	1 362.7	0.2681	365.34	0.9266	338.52	0.9696	354.23	0.9690	354.01
Summa	4 029.1	0.2729	1 099.4		1 019.2		1 061.74		1 060.37
Korrektion på årsbasis				0.9271		0.9657		0.9645	

En blick i Tabell 1 visar att det viktigaste är att ha bra prestanda under dagar som hänför sig till typdag 9, eftersom 34 % av den under året tillgängliga energin kommer på sådana dagar. Därefter kommer typdag 8 med 20 % och typdag 4 med 16 %. Över hälften av den tillgängliga energin kommer på dagar där man har flera kraftiga moln (18 molnpassager på typdag 9 och 7 på typdag 8). Det är alltså viktigt att U_L -värdet är så högt att solfångarens stagnationstemperatur är högre än drifttemperaturen vid instrålning av 100 - 150 W/m².

I Tabell 5 har energier Q200 och korrektionsfaktorer för olika fältstorlekar beräknats för hela året. Fall 1 ligger närmast sitt ideala fält och har även det skarpaste maximat för fältstorleken 1 000 m².

Fall 2 och 3 ligger någon procent sämre jämfört med sina idela fall och maximat för 1 000 m² fältstorlek är flackare. Observera att fall 2 i

kraft av den fördelaktigaste kombinationen n_0 , U_L , är det system som samlar in mera energi än fall 1, trots att fall 1 kan utnyttja kortare solglimtar för energiproduktion.

6.2 Sinusdagar

Skillnaden mellan de olika systemen kan även åskådliggöras genom att simulera den för en ren sinus. Halvtimmesmedelvärden för sådana simuleringar finns i Figur 8, 9 och 10.

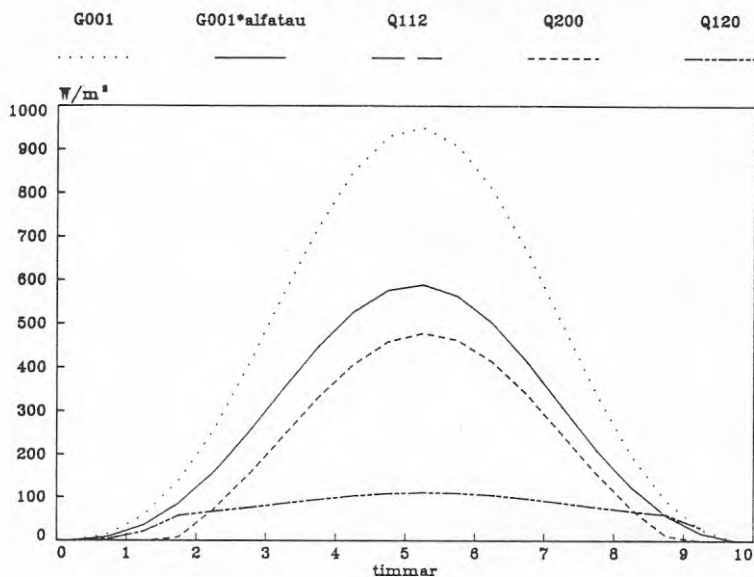
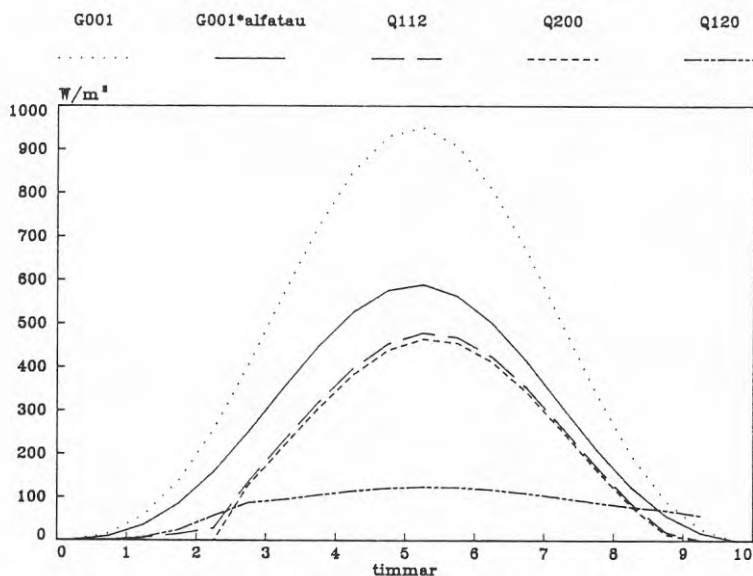
Skillnaden mellan masslöst och verkligt fält består främst i att det verkliga systemet behöver en längre tid för uppvärmning innan energi kan levereras till fjärrvärme, det vill säga mer energi måste samlas för att nå drifttemperatur.

Fördelen med en solfångare med liten termisk massa består ju också främst i att den kan utnyttja kortare solperioder, eftersom den snabbare kommer i drift. Ett lågt U_L -värde är också av stor vikt eftersom solfångaren då har lättare att hålla sig kvar i drift.

Ett fält med större massa levererar å andra sidan energi senare på dagen, det vill säga i systemet upplagrad energi laddas ur under avsvälningen. Dock kan bara lagrad värme utnyttjas så länge temperaturen är högre än 40°C . I ett stort fält med välisolerat rörsystem och eventuell nattäckning av solfångarna skulle uppvärmningsbehovet väsentligt reduceras, med ett bättre utnyttjande av den tillgängliga energin som följd.

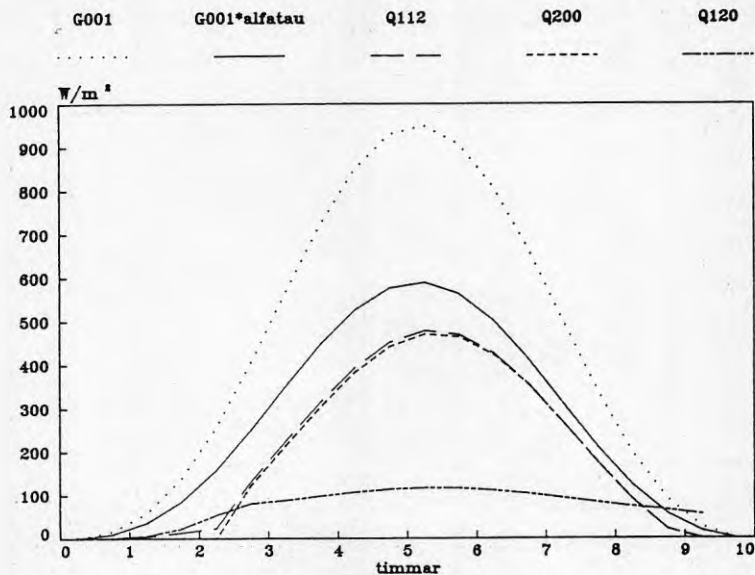
Skillnaderna mellan det mycket "lätta" fall 1 och de trögare fall 2 och 3 framgår ju av ett mindre distorderat svar på den sinusformade instrålningen och en mindre fasförskjutning, ca 0.5 tim i detta fall.

Simulerad dag fall 1: idealt fält

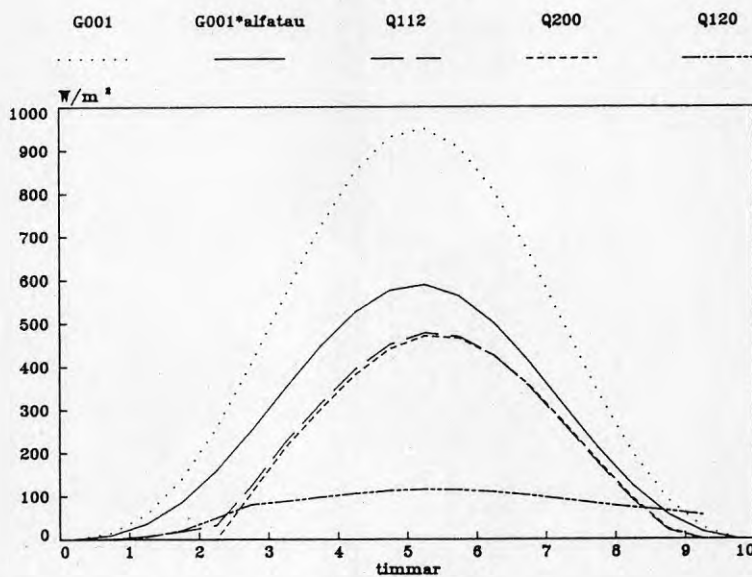
Simulerad dag fall 1: 100 m²

Figur 8.1 Simuleringsmodellens sinussvar för fall 1. Halvtimmes medelvärden av instrålning, effekt ur solfångare, effekt till fjärrvärme och förlorad effekt.

Simulerad dag fall 1: 1000 m²

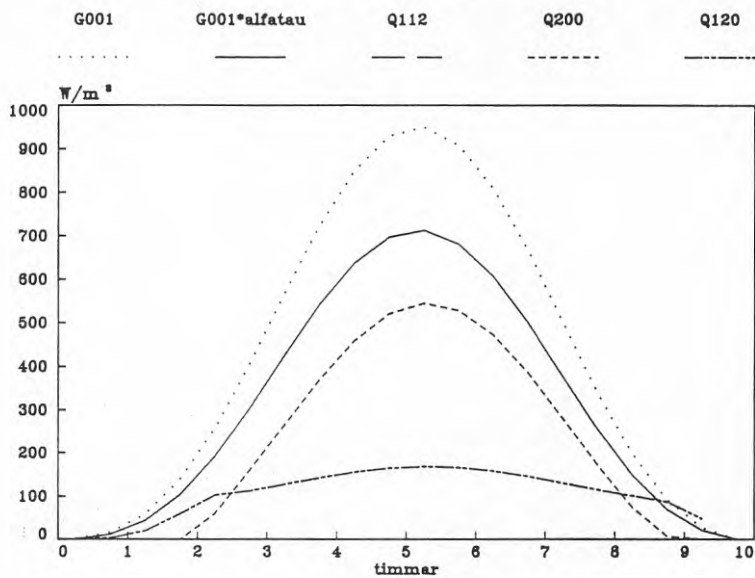
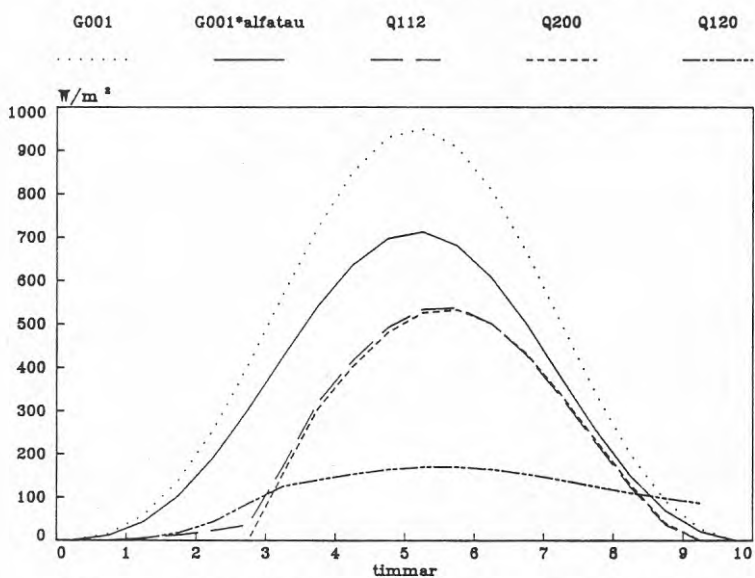


Simulerad dag fall 1: 10000 m²



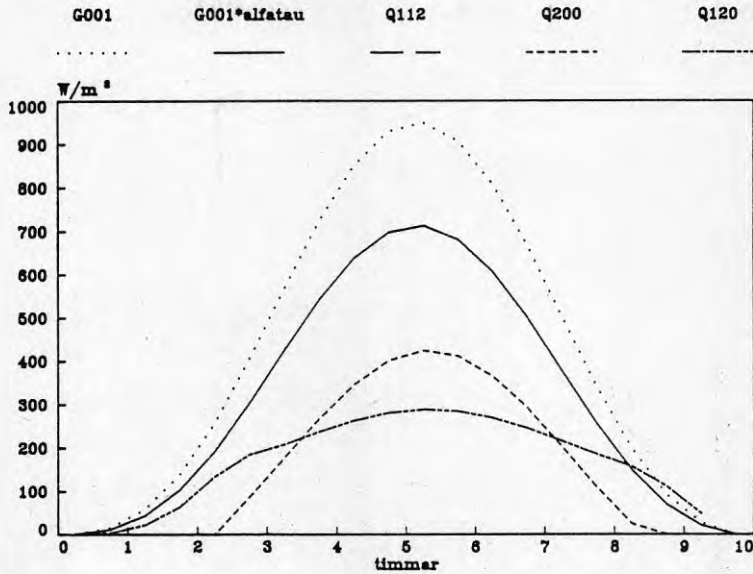
Figur 8.2 Simuleringsmodellens sinussvar för fall 1.

Simulerad dag fall 2: idealt fält

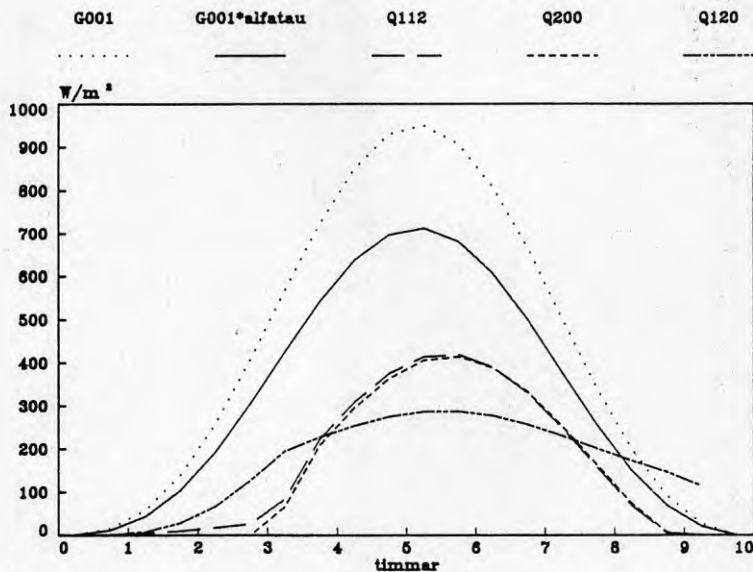
Simulerad dag fall 2: 10000 m²

Figur 9. Simuleringsmodellens sinussvar för fall 2.

Simulerad dag fall 3: idealt fält

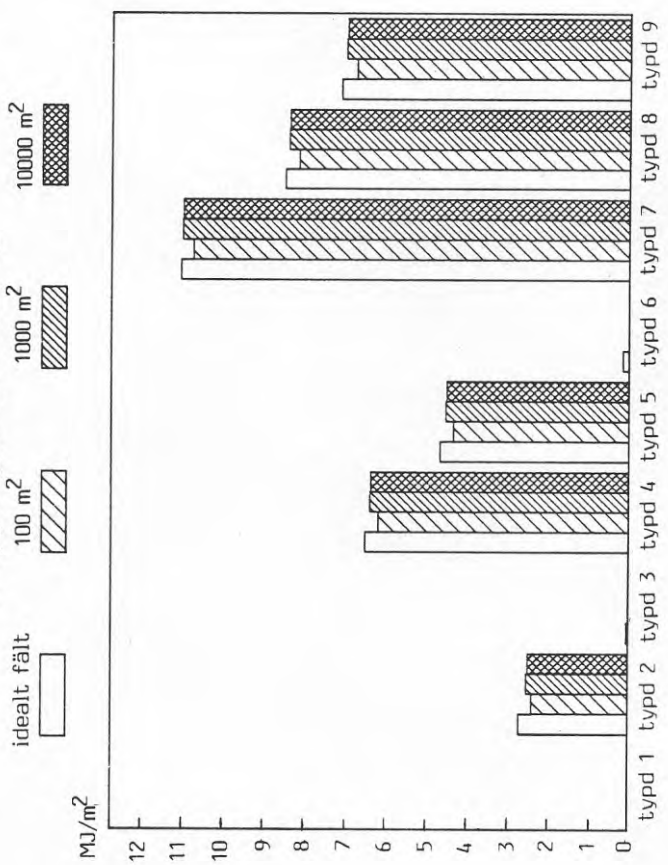


Simulerad dag fall 3: 10000 m²



Figur 10. Simuleringsmodellens sinussvar för fall 3.

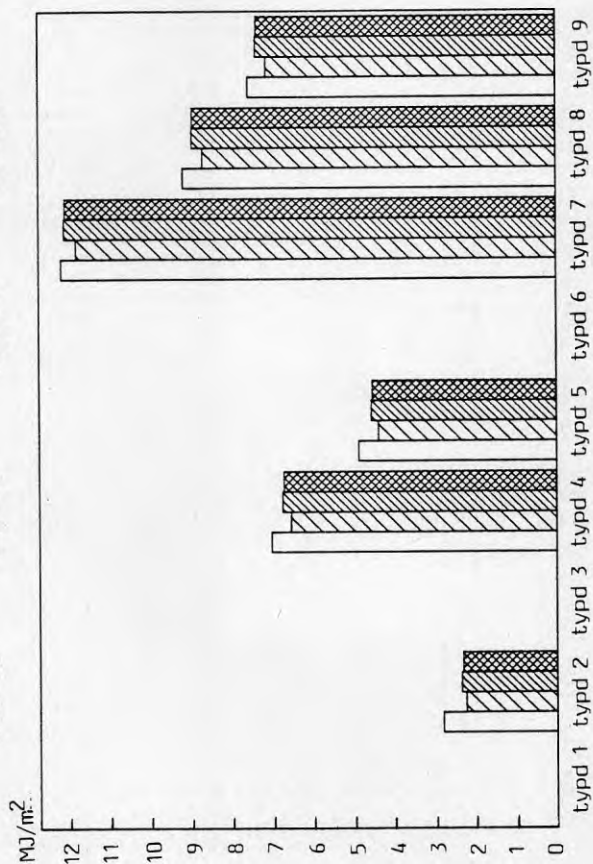
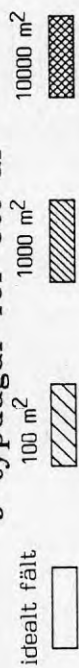
Jämförelse mellan Q200 för olika fält: fall 1 9 typdagar för ett år



Figur 11. Energi till fjärrvärme för de olika typdagarna och fältstorlekarna. Fall 1.

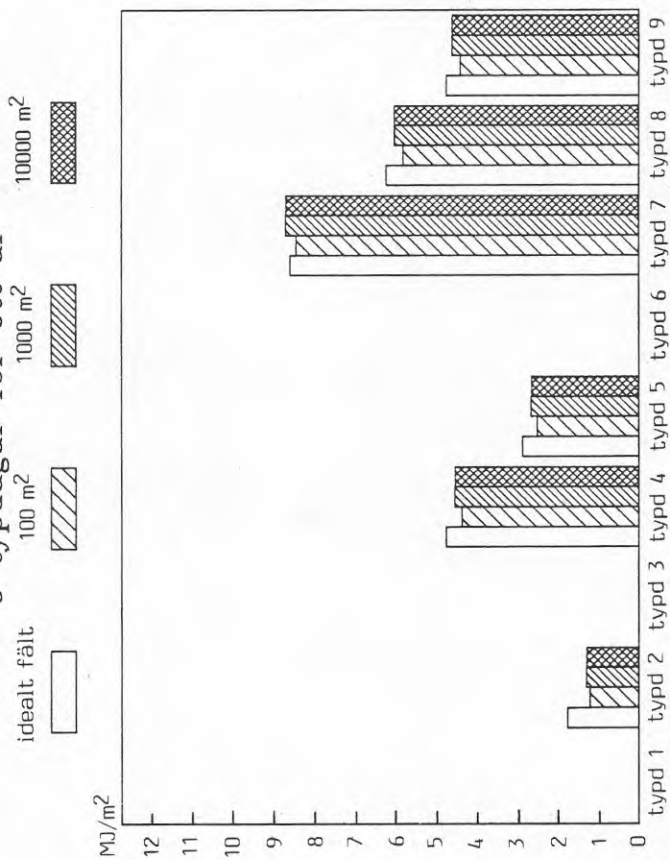
Jämförelse mellan Q200 för olika fält: fall 2

9 typdagar för ett år



Figur 12. Energi till fjärrvärme för de olika typdagarna och fältstorlekarna.
Fall 2.

Jämförelse mellan Q200 för olika fält: fall 3
9 typdagar för ett år



Figur 13. Energi till fjärrvärme för de olika typdagarna och fältstorlekarna. Fall 3.

7. SAMMANFATTNING

Sammanfattningsvis kan sägas att simuleringarna gav följande resultat:

Ju mindre termisk massa en solfångare har, desto snabbare kan den leverera användbar energi. Å andra sidan kallnar den fortare vid skuggperioderna, men detta är av mindre vikt. Den kortare uppvärmningstiden gör den mindre känslig för dynamiska förluster.

Av stor vikt är också förlustkoefficienten U_L . Ju större den är, desto snabbare kallnar solfångaren och desto högre är också den lägsta instrålningsnivån som kan upprätthålla drifttemperaturen.

Eftersom över 50 % av den under året tillgängliga energin kommer på dagar med flera kraftiga molnpassager, är det viktigt att matcha η_0 - och U_L -värdena mot drifttemperaturen, så att solfångarens stagnationstemperatur vid instrålning av 150 W/m^2 är högre än drifttemperaturen.

Simuleringarna pekar på att det existerar ett samband mellan fältstorlek och utvunnen energimängd i förhållande till den maximalt tillgängliga. Ett maximum finns i storleksordningen $1\ 000 \text{ m}^2$ solfångaryta, men större fält är endast obetydligt mindre effektiva. Det undersökta området är $100 - 10\ 000 \text{ m}^2$ solfångaryta. Skillnaderna mellan olika fältstorlekar beror främst på hur stor kvoten (värmekapacitet i rör)/(solfångaryta) är. Det är därför av vikt att minimera rörens vätske- och metallinnehåll.

En extremt lätt solfångare med lågt U_L -värde, fall 1, förlorar på helårsbasis 5 % för 100 m^2 -fält och 2 % för $1\ 000 - 10\ 000 \text{ m}^2$ jämfört med

motsvarande ideala fall. Fall 1 är tänkt att spegla en bra vakuumrörsolfångares beteende.

Fall 2, motsvarande en plan solfångare med lågt U_L -värde, förlorar 6 % för 100 m^2 och 3 % för de större fälten.

Fall 3, en mer normal plan solfångare, förlorar 7 % för 100 m^2 och 3.5 % för $1\,000 \text{ m}^2$.

Observera att jämförelserna är gentemot respektive ideala fält och att skillnaderna mellan de olika fallen är något annat. Se Tabell 5 för detaljer.

REFERENSER

1. S-E Ransmark
Solvärmeanläggningars prestanda i områ-
den med växlande molnighet.
LUTMDN/(TMVK-1004)/1-172/(1982).
2. W A Beckman
Duct and pipe losses in solar energy
systems.
Solar Energy, Vol 21, pp 531 - 532.
3. A J de Ron
Dynamics modelling and verification of a
flat plate solar collector.
Solar Energy, Vol 24, pp 117 - 128.
4. Y Zarmi
Transition time effects in collector
systems coupled to a well mixed storage.
Solar Energy, Vol 29, pp 3 - 11.

INSTRÅLNING- OCH TEMPERATURDATA

Knivsta, första kvartalet 1982

Dag	Januari			Februari			Mars		
	H100 MJ/m ²	S001	T001 °C	H100 MJ/m ²	S001	T001 °C	H100 MJ/m ²	S001	T001 °C
1	0.1	0.0	-4.3				1.3	0.0	1.5
2	0.2	0.0	-10.2				3.8	12.0	2.6
3	0.1	0.0	-6.1				2.9	4.0	1.2
4	0.1	0.0	-15.8				1.7	0.0	0.3
5	0.6	0.0	-13.4				5.4	24.0	-4.3
6	0.6	0.0	-13.8				17.9	4.0	-3.9
7	0.5	0.0	-15.3				19.5	8.0	0.6
8	1.1	0.0	-17.4	2.4	2.0	-5.9	21.7	1.0	-0.4
9	1.0	0.0	-16.6	0.7	0.0	-4.7	18.7	4.0	-0.5
10	0.1	0.0	-9.7	0.3	0.0	0.8	5.8	6.0	0.1
11	0.6	0.0	-7.7				1.0	0.0	0.9
12	1.2	0.0	-10.4				1.8	0.0	1.0
13	0.6	0.0	-7.5	6.0	12.0	0.8	1.3	0.0	0.4
14	0.7	0.0	0.8				2.5	2.0	1.3
15	1.1	0.0	-0.4	3.4	12.0	-0.8	3.3	2.0	2.2
16	1.8	6.0	-5.1	2.6	10.0	-4.6	15.1	4.0	4.0
17	3.1	14.0	-2.7	2.5	2.0	-3.7	6.5	32.0	2.1
18	6.3	2.0	-4.5	11.4	1.0	-5.6	1.0	0.0	1.3
19	0.5	0.0	-4.5	11.9	16.0	-6.5	2.3	0.0	0.8
20	0.4	0.0	-5.0	16.4	2.0	-6.0	1.7	0.0	0.3
21	0.0	0.0	-8.3	17.8	2.0	-7.2	3.4	0.0	0.9
22	0.5	0.0	-6.8	14.8	6.0	-9.0	4.7	5.0	-0.1
23	0.3	0.0	-3.3	9.1	3.0	-6.7			
24	5.3	6.0	-11.8	6.3	5.0	-3.8	3.2	0.0	2.5
25	0.3	0.0	-4.1	2.0	0.0	0.1	15.8	4.0	5.1
26	0.4	0.0	-2.8	17.1	3.0	-2.7	24.3	2.0	6.3
27	6.0	2.0	-8.6	1.4	0.0	-2.0	23.4	4.0	6.1
28				2.1	0.0	-2.6	22.5	2.0	3.5
29							13.1	2.0	1.5
30							24.2	4.0	2.6
31							18.2	14.0	6.3

Blanka positioner innebär att mätningar saknas för väsentlig del av dagen.

Knivsta, andra kvartalet 1982

Dag	April			Maj			Juni		
	H100 MJ/m ²	S001	T001 °C	H100 MJ/m ²	S001	T001 °C	H100 MJ/m ²	S001	T001 °C
1	22.7	2.0	7.9	16.0	64.0	7.1	28.6	2.0	20.3
2	20.8	2.0	3.6	23.0	24.0	5.6	27.6	6.0	22.1
3	17.3	8.0	4.6	19.5	40.0	5.1	26.3	12.0	22.1
4	16.9	16.0	5.7	12.7	6.0	5.8	19.8	10.0	22.0
5	22.3	4.0	2.2	19.9	2.0	7.7	21.4	12.0	19.6
6	22.3	24.0	4.5	10.0	32.0	8.3	26.3	22.0	10.7
7	8.2	20.0	5.6	28.2	4.0	9.4	27.0	34.0	10.9
8	2.0	0.0	2.4	12.6	48.0	7.7	20.7	56.0	9.7
9	6.7	26.0	-2.1	22.3	12.0	9.4	13.0	18.0	6.8
10	11.6	42.0	-1.2	11.4	40.0	7.7	15.3	42.0	7.9
11	3.7	24.0	-0.3	12.1	23.0	6.5	11.8	12.0	9.3
12	15.9	48.0	-1.7	18.7	17.0	13.9	4.4	0.0	7.1
13	9.5	18.0	0.1	29.7	22.0	10.3	18.7	38.0	6.2
14	24.4	24.0	2.4	28.7	24.0	8.5	10.9	24.0	7.4
15	26.8	16.0	5.0	27.7	14.0	9.6	28.5	8.0	9.6
16	8.0	14.0	5.8	16.8	22.0	9.7	26.0	28.0	10.7
17	12.4	32.0	5.3	24.9	16.0	13.3	14.5	18.0	11.2
18	22.5	52.0	5.0	12.4	16.0	7.3	19.9	18.0	11.5
19	14.9	24.0	4.7	26.4	36.0	6.4	22.7	24.0	15.0
20	22.6	30.0	4.3	4.3	0.0	6.9	11.0	10.0	11.9
21	28.3	2.0	3.5	13.7	10.0	8.8	5.8	8.0	8.7
22	25.9	20.0	5.0	12.5	20.0	9.9	18.3	44.0	10.8
23	16.7	14.0	8.0	17.8	24.0	9.4	16.9	42.0	13.0
24	12.5	20.0	7.8	5.6	30.0	10.0	17.8	16.0	13.6
25	26.1	4.0	8.4	21.9	96.0	12.9	25.3	46.0	14.0
26	17.9	64.0	6.3	20.4	64.0	14.4	26.2	18.0	15.6
27	21.6	18.0	7.2	10.5	22.0	14.8	13.6	12.0	14.8
28	5.4	8.0	5.3	15.9	20.0	14.4	13.2	4.0	14.8
29	10.3	28.0	4.1	25.8	34.0	13.6	4.3	0.0	10.4
30	4.9	8.0	3.6	28.4	4.0	17.0	2.7	0.0	10.1
31				27.8	8.0	19.9			

Knivsta, tredje kvartalet 1982

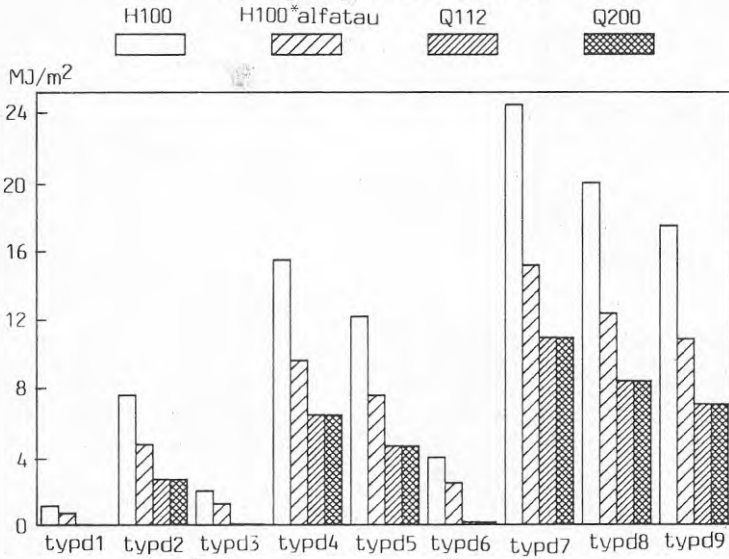
Dag	Juli			Augusti			September		
	H100 MJ/m ²	S001	T001 °C	H100 MJ/m ²	S001	T001 °C	H100 MJ/m ²	S001	T001 °C
1	8.0	34.0	11.8	27.4	2.0	21.3	7.2	46.0	12.7
2	13.1	16.0	13.4	26.6	2.0	22.1	20.9	16.0	11.6
3	19.5	10.0	12.9	25.2	8.0	22.9	23.0	40.0	11.0
4	13.9	48.0	14.4	23.4	24.0	22.1	5.8	16.0	8.9
5	27.1	44.0	15.6	24.8	10.0	24.0	25.3	20.0	8.4
6	13.5	22.0	14.3	17.3	20.0	20.5	12.9	2.0	8.0
7	20.4	24.0	13.6	24.4	2.0	21.9	8.7	6.0	9.6
8	27.9	8.0	17.2	16.0	5.0	19.9	11.6	46.0	12.5
9	27.0	18.0	18.4	9.1	22.0	19.4	24.2	8.0	12.0
10	27.1	2.0	20.0	14.5	44.0	16.2	20.3	42.0	11.8
11	28.5	2.0	20.5	27.0	32.0	16.4	9.8	44.0	13.4
12				25.9	14.0	18.5	20.4	3.0	11.3
13	26.9	16.0	17.8	20.3	72.0	18.2	4.1	4.0	11.5
14	27.8	2.0	18.5	8.3	30.0	13.2	2.3	0.0	10.7
15	26.0	2.0	19.3	4.7	4.0	11.8	5.2	6.0	13.8
16	26.0	2.0	22.0	10.9	30.0	14.1	20.3	20.0	14.9
17	19.4	38.0	20.3	11.1	30.0	14.5	23.2	2.0	12.7
18	27.5	30.0	19.1	8.1	20.0	16.3	5.6	22.0	13.8
19	23.6	30.0	20.8	8.9	22.0	14.8	8.1	24.0	14.6
20	23.7	16.0	19.7	15.7	48.0	12.5	2.5	0.0	12.8
21	10.4	42.0	15.2	11.4	34.0	11.9			
22	22.5	24.0	15.3	26.0	10.0	13.8			
23	15.3	12.0	18.3	19.3	46.0	14.4	20.9	2.0	9.2
24	28.0	6.0	18.7	13.3	26.0	13.7	20.8	36.0	8.5
25	22.3	50.0	21.7	8.3	28.0	13.2	17.2	14.0	11.2
26	2.2	0.0	14.7	17.2	64.0	14.1	16.9	28.0	11.3
27	26.6	42.0	15.8	3.0	8.0	13.6	1.9	0.0	11.9
28	17.6	76.0	16.1	22.1	36.0	13.9	1.8	0.0	11.5
29	27.3	24.0	18.1	25.3	14.0	13.3	2.6	2.0	10.7
30	27.4	8.0	20.2	19.5	10.0	14.1	1.6	0.0	10.9
31	26.9	2.0	20.9	11.4	20.0	16.1			

Knivsta, fjärde kvartalet 1982

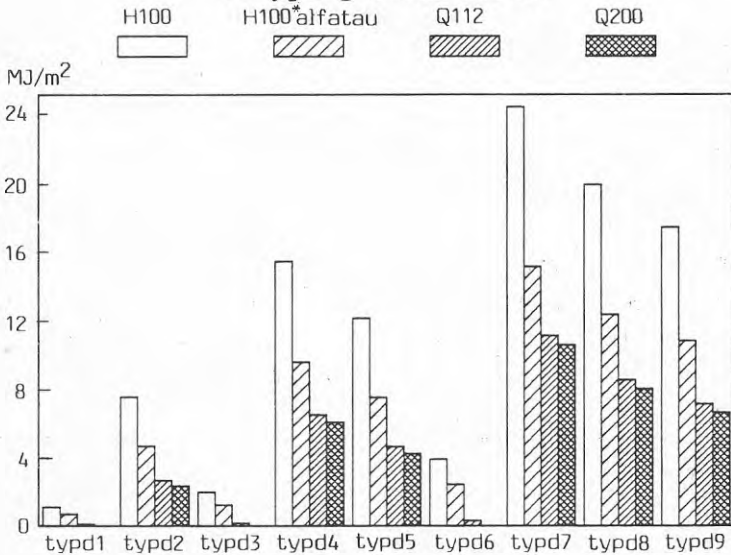
Dag	Oktober			November			December		
	H100 MJ/m ²	S001	T001 °C	H100 MJ/m ²	S001	T001 °C	H100 MJ/m ²	S001	T001 °C
1	1.3	0.0	11.0	0.8	0.0	6.9	2.5	0.0	2.7
2	3.8	10.0	11.8	10.3	30.0	8.4	2.5	6.0	-0.0
3	12.7	24.0	11.5	10.3	11.0	5.4	1.1	4.0	0.7
4	9.9	24.0	10.7	9.0	11.0	1.6	0.2	0.0	0.7
5	5.7	30.0	10.3	10.0	6.0	-1.8	0.2	0.0	1.6
6	17.0	4.0	9.9	10.3	2.0	-1.0	2.6	10.0	1.8
7	4.9	28.0	8.7	10.9	2.0	0.6	6.3	3.0	-0.5
8	1.5	0.0	9.0	8.1	6.0	2.4	0.3	0.0	-5.3
9	2.1	0.0	7.7	3.6	10.0	7.1	0.2	0.0	0.3
10	3.3	2.0	4.1	3.1	14.0	9.8	0.1	0.0	2.7
11	1.1	0.0	4.0	4.2	58.0	9.0	0.1	0.0	3.0
12	1.4	0.0	4.7	4.1	18.0	7.6	0.1	0.0	-1.8
13	10.9	32.0	6.9	0.3	0.0	7.8	3.2	6.0	-6.4
14	1.5	0.0	8.3	1.9	8.0	4.2	0.2	0.0	-5.1
15	0.9	0.0	5.5	1.4	6.0	2.1	0.1	0.0	0.1
16	1.6	0.0	3.5	1.6	4.0	3.8	2.5	12.0	0.3
17				3.0	4.0	2.4	3.9	8.0	-3.8
18				1.1	0.0	0.3	4.6	6.0	-2.3
19				1.2	2.0	5.3	0.3	0.0	0.7
20				0.7	0.0	3.9	0.1	0.0	1.2
21				7.8	4.0	-0.5	0.5	0.0	2.6
22				0.7	0.0	5.6	1.3	0.0	3.2
23				2.6	8.0	6.8	0.7	0.0	0.3
24	0.9	0.0	7.5	0.1	0.0	6.9	1.5	0.0	0.6
25	7.8	32.0	4.3	0.8	0.0	3.8	0.2	0.0	1.0
26	0.6	0.0	5.5	1.1	0.0	5.5	0.1	0.0	4.0
27	3.3	10.0	4.6	0.3	0.0	5.2	2.1	0.0	1.3
28	11.5	24.0	6.5	0.0	0.0	4.3	3.4	4.0	-0.4
29	2.1	0.0	6.5	2.9	2.0	1.4	3.9	2.0	-2.1
30	1.9	0.0	7.4	1.9	0.0	-0.6	2.7	0.0	-4.3
31	1.9	0.0	7.5				0.2	0.0	2.0

STAPELDIAGRAM ÖVER ENERGIERNA FÖR DE 9 TYPDAGARNA
OCH 3 FÄLTSTORLEKARNA

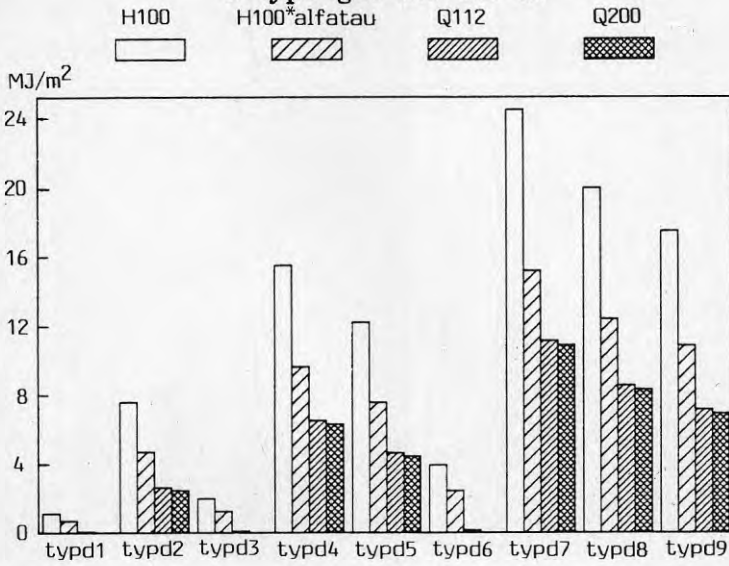
Energi-staplar för fall 1: idealt fält
9 typdagar för ett år



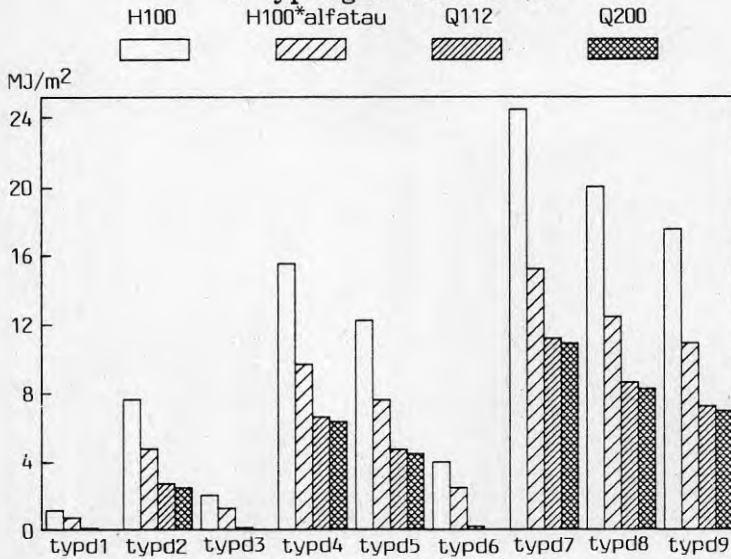
Energi-staplar för fall 1: 100 m²
9 typdagar för ett år



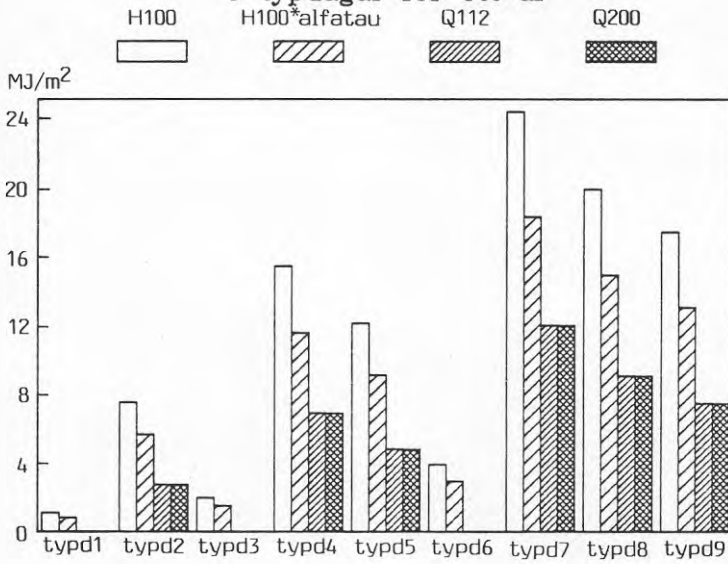
Energi-staplar för fall 1: 1000 m²
9 typdagar för ett år



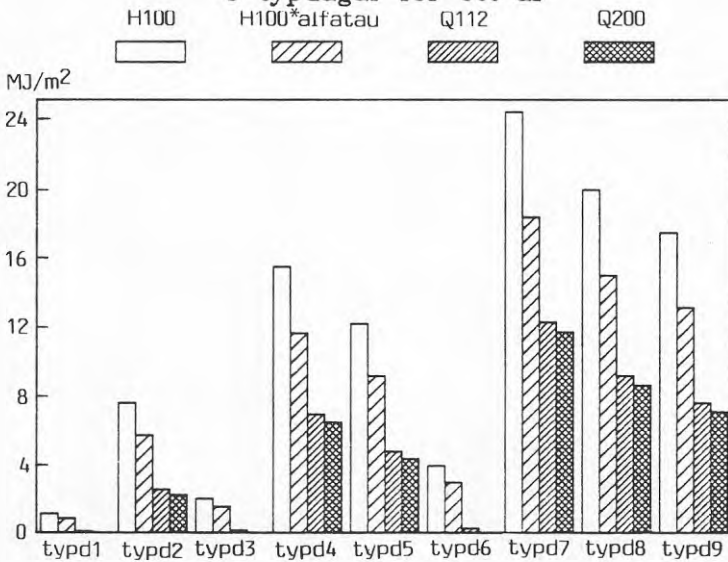
Energi-staplar för fall 1: 10000 m²
9 typdagar för ett år



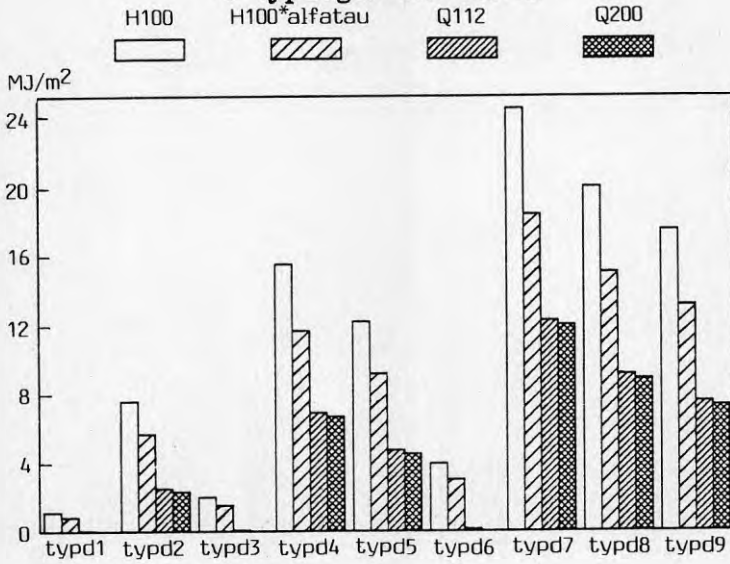
Energi-staplar för fall 2: idealt fält
9 typdagar för ett år



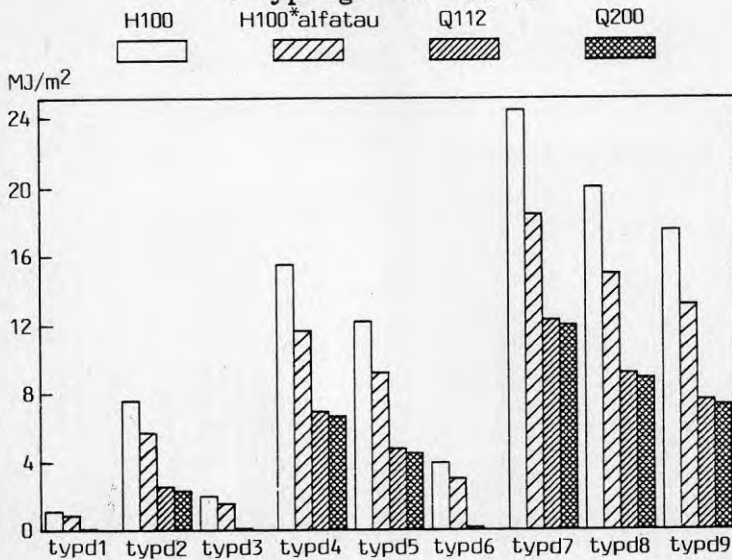
Energi-staplar för fall 2: 100 m²
9 typdagar för ett år



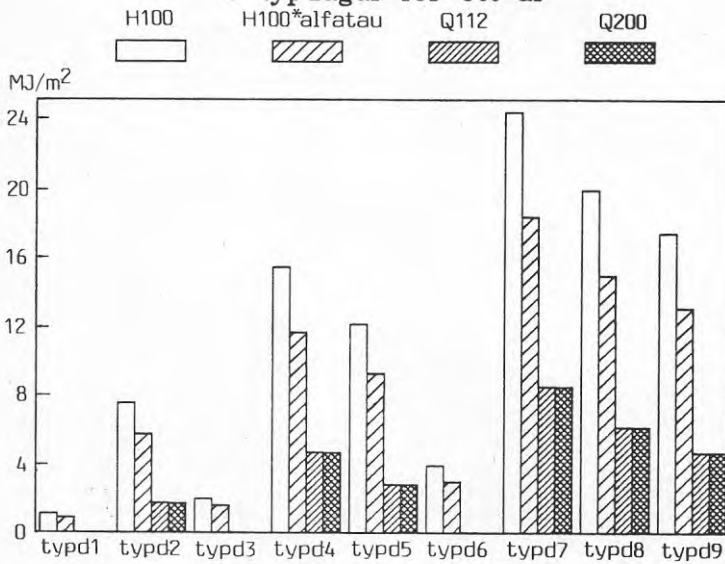
Energi-staplar för fall 2: 1000 m²
9 typdagar för ett år



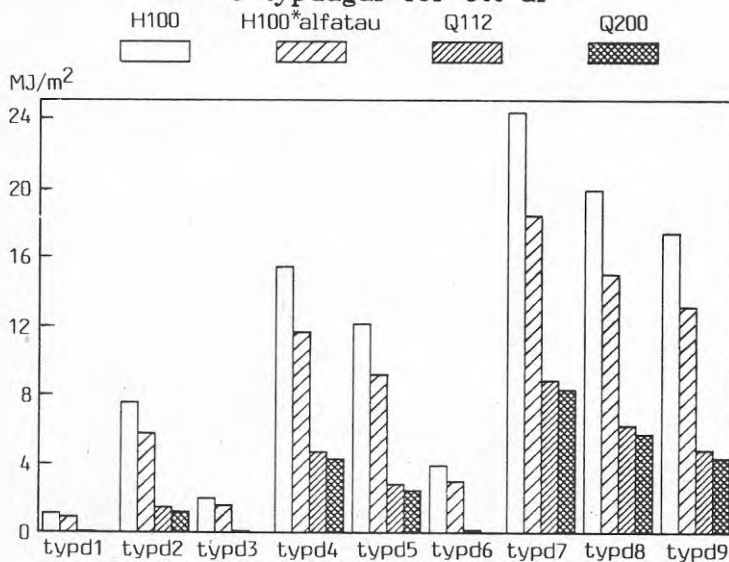
Energi-staplar för fall 2: 10000 m²
9 typdagar för ett år



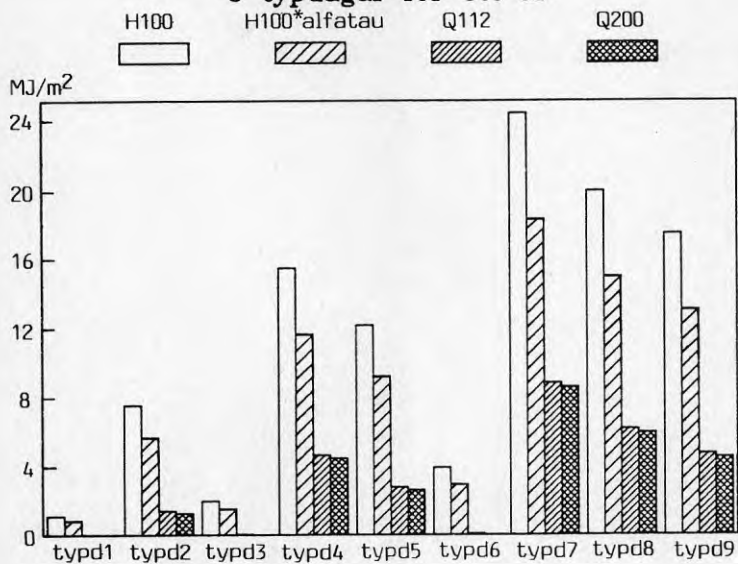
Energi-staplar för fall 3: idealt fält
9 typdagar för ett år



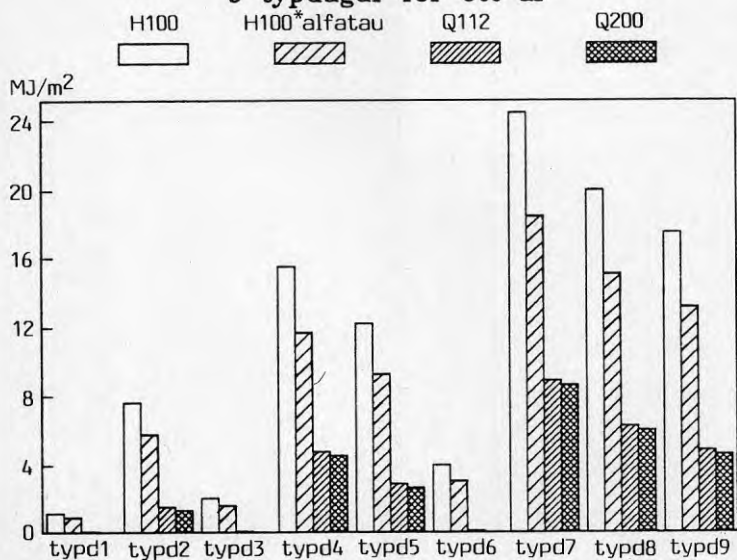
Energi-staplar för fall 3: 100 m²
9 typdagar för ett år



Energi-staplar för fall 3: 1000 m²
9 typdagar för ett år



Energi-staplar för fall 3: 10000 m²
9 typdagar för ett år





**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 811355-2
från Statens råd för byggnadsforskning till Studsvik
Energiteknik AB, Nyköping.**

R142: 1985

ISBN 91-540-4481-2

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6705142

**Abonnemangsgrupp:
Ingår ej i abonnemang**

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

Cirkapris: 30 kr exkl moms