



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.



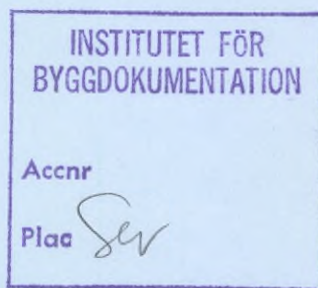
Rapport

R62:1987

**Förvärmning av tilluft med
solfångare och marklager för
småhus i Västerås**

Mätning och utvärdering av fyra hus

Agneta Persson



*u/o
A*

Byggeforskningsrådet

R62:1987

FÖRVÄRMNING AV TILLUFT MED SOLFANGARE OCH
MARKLAGER FÖR SMÅHUS I VÄSTERÅS

Mätning och utvärdering av fyra hus

Agneta Persson

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 820453-8
från Statens råd för byggnadsforskning till Bostadsstiftel-
sen Aroseken, Västerås.

REFERAT

Värmning av tilluft till byggnader är behäftat med flera problem, bland andra

- * energiförbrukning
- * effektbehov
- * dragproblem

Föreliggande rapport behandlar ett system för förvärmning av tilluft med hjälp av solfångare och markenergilagrar. Förutom värmning av tilluften vid värmebehov ger systemet även en viss kylning av tilluften den varmare delen av året.

Förvärmning av tilluft enligt det här systemet har tillämpats på fyra hus i Västerås. För dessa innebar det att energiförbrukningen sänktes med ca 2300 kWh/normalår och att effektbehovet minskade med 1,6 kW vid dimensionerande utetemperatur (DUT).

Husen är av typ fristående villa i ett plan med platta på mark som grund. Husens byggnadsarea är vardera 160 m². Husen ingår som standardtyp i Arosekens produktion. Det specifika värmebehovet för husen har beräknats till sammanlagt 240 W/°C vid ett balanserat luftflöde av 48 l/s (173 m³/h). Om specifika värmebehovet fördelas på transmissions- och ventilationsförluster, så blir fördelningen 182 W/°C (76%) för transmissionsförlusterna respektive 58 W/°C (24%) för ventilationsförlusterna.

Husen tillföres erforderlig värmeenergi med det här beskrivna tilluftssystemet och en värmepump med tillförd maximal eleffekt på 5,5 kW respektive fjärrvärme med anslutningseffekt 11,1 kW. Samtliga radiatorer är försedda med termostatventiler för att så mycket "gratisvärme" som möjligt skall kunna utnyttjas.

Vädrets makter har naturligtvis stor inverkan på ett system med solfångare. Trots detta är den minsta temperaturhöjning som erhållits vid värmebehov 3-4°C.

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

R62:1987

ISBN 91-540-4735-8
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Svenskt Tryck Stockholm 1987

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

<u>Kapitel</u>		<u>Sid</u>
0	SAMMANFATTNING	1
1	INLEDNING	2
2	PROJEKTBESKRIVNING	3
3	BESKRIVNING AV SYSTEMET	4
3.1	Solfångare	5
3.2	Markenergilager	6
3.3	Betongplatta	6
3.4	Klimatmiljö i rummet	7
3.5	Styrning av tilluftstemperaturen	7
4	MÄTVÄRDESINSAMLING	8
5	UTVÄRDERING	10

Bilagor

I	PRINCIPSCHEMA
II	DIAGRAM ÖVER UTVÄRDERING
III	BERÄKNING AV MINSKAT ENERGIBEHOV

0 SAMMANFATTNING

Värmning av tilluft till byggnader är behäftat med flera problem, bland andra

- * energiförbrukning
- * effektbehov
- * dragproblem

Föreliggande rapport behandlar ett system för förvärmning av tilluft med hjälp av solfångare och markenergilagrar. Förutom värmning av tilluften vid värmebehov ger systemet även en viss kylning av tilluften den varmare delen av året.

Förvärmning av tilluft enligt det här systemet har tillämpats på fyra hus i Västerås. Husen är av typ fristående villa i ett plan med platta på mark som grund. Husens byggnadsarea är vardera 160 m². Husen ingår som standardtyp i ArosEkens produktion. Det specifika värmebehovet för husen har beräknats till sammanlagt 240 W/°C vid ett balanserat luftflöde av 48 l/s (173 m³/h). Om specifika värmebehovet fördelas på transmissions- och ventilationsförluster, så blir fördelningen 182 W/°C (76 %) för transmissionsförlusterna respektive 58 W/°C (24 %) för ventilationsförlusterna.

Husen tillföres erforderlig värmeenergi med det här beskrivna tilluftssystemet och en värmepump med tillförd maximal el-effekt på 5,5 kW respektive fjärrvärme med anslutningseffekt 11,1 kW. Samtliga radiatorer är försedda med termostatventiler för att så mycket "gratisvärme" som möjligt skall kunna utnyttjas.

Vädrets makter har naturligtvis stor inverkan på ett system med solfångare. Trots detta är den minsta temperaturhöjning som erhållits vid värmebehov 3-4°C.

1 INLEDNING

Bostadsstiftelsen ArosEken i Västerås sökte efter ett system för dragfri tillförsel av tilluft i varje rum i ett småhus. Dessutom hade man önskemål att sänka energiförbrukningen och effektbehovet i huset.

För att se om dessa problem kan lösas har bostadsstiftelsen ArosEken, på uppdrag av BFR, provat ett system med förvärmning av tilluft i solfångare och markenergilager. Man uppförde först ett provhus och därefter uppfördes tre hus ur standardproduktionen med detta system. Projektet startade under hösten 1981.

Bostadsstiftelsen ArosEken bygger årligen 250-300 småhus inom Västerås kommun. I ett tidigare BFR-projekt 800481-9 har optimering av årlig energiförbrukning i småhus anslutna till fjärrvärme avhandlats. Föreliggande projekt kan ses som en fortsättning på det ovan nämnda projektet.

Föreliggande rapport har utarbetats av civ ing Agneta Persson ÅF-Energikonsult AB Stockholm. Projektledare har varit Lars Danemo, ArosEken.

Underlaget till utredningen har tillhandahållits av ArosEken.

2 PROJEKTBESKRIVNING

Tillförsel av luft i dagens moderna byggnader är behäftat med flera problem, t ex:

- * energiförbrukning
- * effektbehov
- * dragproblem

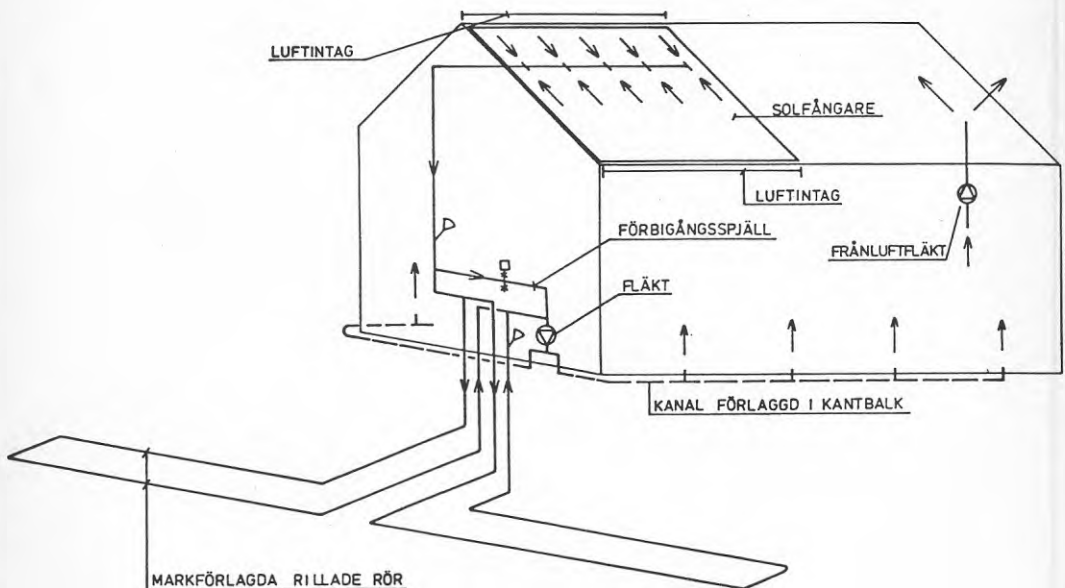
Vid nybyggnad idag strävar man efter att minimera energiförbrukningen.

En minst lika viktig strävan är att byggnadens anslutnings-effekt för såväl el- som fjärrvärmeabonnemang skall bli så låg som möjligt. Detta är viktigt inte bara för konsumenten utan även för kraft- eller värmeleverantören. Konsumenten får ju lägre avgifter vid lägre anslutningseffekt och leverantören kan ansluta fler abonnenter till sitt nät utan att utbyggnad erfordras av produktionsanläggnings- och distributionssystem.

3 BESKRIVNING AV SYSTEMET

Förvärmning av tilluft enligt det här systemet har tillämpats på fyra hus i Västerås. Husen är av typ fristående villa i ett plan med platta på mark som grund. Husens byggnadsarea är vardera 160 m². Husen ingår som standardtyp i ArosEkens produktion. Det specifika värmebehovet för husen har beräknats till sammanlagt 240 W/°C vid ett balanserat luftflöde av 48 l/s (173 m³/h). Om specifika värmebehovet fördelas på transmissions- och ventilationsförluster, så blir fördelningen 182 W/°C (76 %) för transmissionsförlusterna respektive 58 W/°C (24 %) för ventilationsförlusterna.

Husen tillföres erforderlig värmeenergi med det här beskrivna tilluftssystemet och en värmepump med tillförd maximal el-effekt på 5,5 kW respektive fjärrvärme med anslutningseffekt 11,1 kW. Samtliga radiatorer är försedda med termostatventiler för att så mycket "gratisvärme" som möjligt skall kunna utnyttjas.



Figur 1: Principschema över system för tilluftsvärmning med solfångare och markenergilagrar

Den uteluft som skall tillföras huset tas in via plana solfångare. Från solfångaren kan luften gå två vägar, antingen via marklagret till rör i betongplattan eller via en förbigångskanal direkt från solfångaren till betongplattan. Luften blåses in i rummet genom don placerade bakom radiatorerna.

3.1 Solfångaren

Systemets solfångare är ca 40 m². Taklutningen på de hus där systemet provats är 14°, och husen har orienterats så att solfångarna är riktade mot sydost.

Luftintaget består av korrugerad plast som ersätter ordinarie takbeläggning, dvs tegel- eller betongplattor. Luften dras från takfot ochnock till ett flertal luftintag.

Tilluften får här en högre temperatur än uteluften tack vare solintensiteten. Vid klar sol har temperaturen i solfångaren klart överstigit 60°C, som är den övre begränsningen på termometerens mätområde.

Men det är inte bara den direkta solstrålningen som ger en temperaturhöjning. Även den diffusa himmelstrålningen har gett tilluften en inte marginell temperaturhöjning. Vid mätningar mulna dagar har en höjning av tilluftstemperaturen med åtminstone 3-4°C erhållits.

För att kunna tillgodogöra sig hela det energiöverskott som erhålls från solfångaren erfordras möjlighet att ackumulera den upptagna solvärmens.

3.2 Energilager i mark

Från solfångaren leds luften via en samlingskanal från taket till energilagret i marken, alternativt via ett förbigångspjäll direkt till betongplattans kanaler.

Energilagret består av ett antal rillade plaströr med en längd av vardera 20 m. Antalet rör beror på vilket luftflödesbehov som föreligger. Rören placeras i befintlig mark, på ett djup av ungefär 1,5 m. Återfyllning skall helst ske med lera.

Genom att luftflödet går genom markförlagda slangar av rillade rör har värme tillförts marken när temperaturen från solfångaren varit större än marktemperaturen. På samma sätt har luften tagit upp värme från marken när marktemperaturen överstigit lufttemperaturen från solfångaren. Sålunda har alltså en viss ackumulering av såväl värme- som kyleffekt erhållits beroende på säsong.

Lufttemperatur från marklagret har aldrig understigit $+3^{\circ}\text{C}$ under mätperioden, trots att utetemperaturer på ner till -23°C har uppmätts.

3.3 Betongplatta

En fläkt suger luften från solfångaren och markenergilagret och distribuerar tilluften via ett kanalsystem placerat i betongplattans kantbalk till respektive rum. På så sätt tillgodogörs även en viss del av de transmissionsförluster som går ut genom betongplattan. Att kanalerna är placerade i betongplattans kantbalk beror på att den största mängden betong per areaenhet finns här, och därmed innebär det även att de största möjligheterna för luftens värmeupptagning finns här. Från kanalsystemet i betongplattans kantbalk tillförs luften rummen via den placerade bakom radiatorerna.

Kanallängden i betongplattan är maximalt 10 m, kanalerna består av rillade rör.

Vid temperaturmätningar har en temperaturhöjning på 6-10°C uppmätts vid det längst bort belägna donet. Det innebär följaktligen en temperaturhöjning med 0,6-1,0°C/m bjälklagsförlagd kanal.

3.4 Klimatmiljö i rummet

Genom att tillföra rummet förvärmad tilluft har vi sålunda erhållit en dragfri inblåsning. Systemet minskar dessutom behovet av köpt energi samt sänker den erforderliga anslutna effekten.

Dragförminnelse i denna typ av byggnad, som är mycket tät och normalt har direkt utelufttillförsel via springventil eller liknande, är vanligtvis ett stort problem.

Med det här systemet har förutom värmningen av tilluft under uppvärmningssäsong dessutom en kyleffekt erhållits under sommartid. Tilluftstemperaturer kring +16-18°C har erhållits sommartid.

3.5 Styrning av tillufttemperaturen

De fyra hus som uppförts med detta system för värmning av tilluften är samtliga försedda med en styrutrustning som känner av temperaturen från solfångaren och från marklagret. Denna utrustning styr via ett förbigångsspjäll om tilluftflödet skall passera marklagret eller inte. Vilken väg tilluften skall ta beror på dess temperatur och vilken säsong det är.

Tilluftens temperatur har under hela mätperioden varierat mellan +14°C och +23°C.

4 MÄTVÄRDESINSAMLING

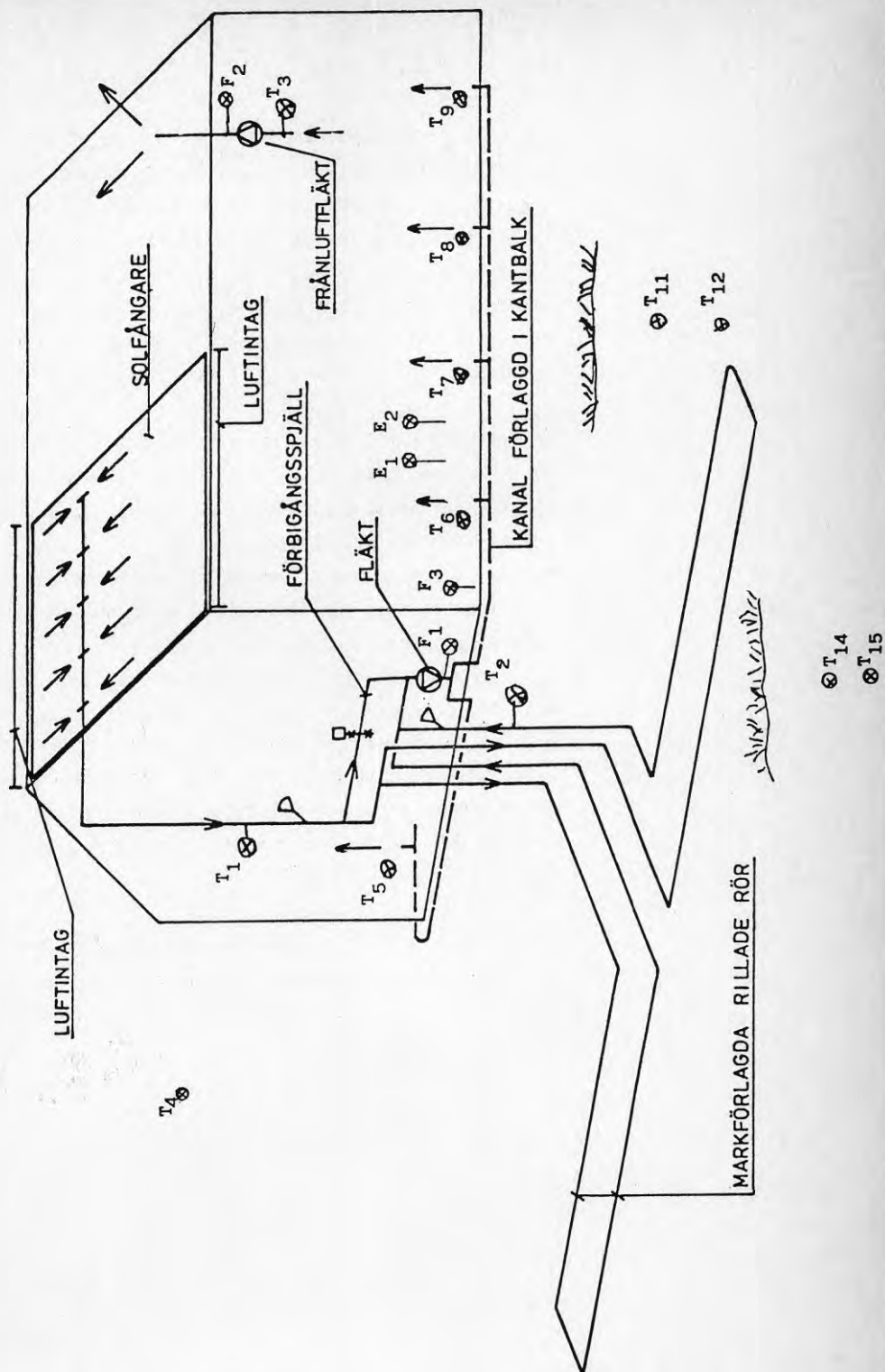
För det första referenshuset utfördes mätningar under ca ett års tid, för de tre senare byggda husen samlades mätvärden in under ca fem månader.

Nio olika temperaturer avlästes automatiskt med hjälp av en datalogger en gång i timmen. Dessa temperaturer var:

- T₁ Lufttemperatur från solfångare
- T₂ Lufttemperatur från marklager
- T₃ Frånluftstemperatur
- T₄ Utetemperatur
- T₅-T₉ Tilluftstemperatur i fem olika rum

Manuellt avläste man dessutom:

- T₁₁-T₁₂ Marktemperatur vid marklager (två punkter)
- T₁₄-T₁₅ Marktemperatur som referens (två punkter)
- F₁ Tilluftflöde
- F₂ Frånluftsflöde
- F₃ Kallvattenflöde
- E₁-E₂ Tillförd energi



Figur 2: Givarplaceringen vid mätvärdesinsamling vid tilluftsvärmning med solfångare och markenergi

5 **UTVÄRDERING**

Av de erhållna mätvärdena kan konstateras att tilluftens temperatur varierar tämligen lite oavsett utetemperatur, samt att temperaturförloppet måste betraktas som stabilt. Diagram uppritade med hjälp av erhållna mätvärden presenteras i bilaga II

Vidare har det konstaterats att anläggningarna har fungerat störningsfritt efter åtgärdande av en del injusteringsproblem.

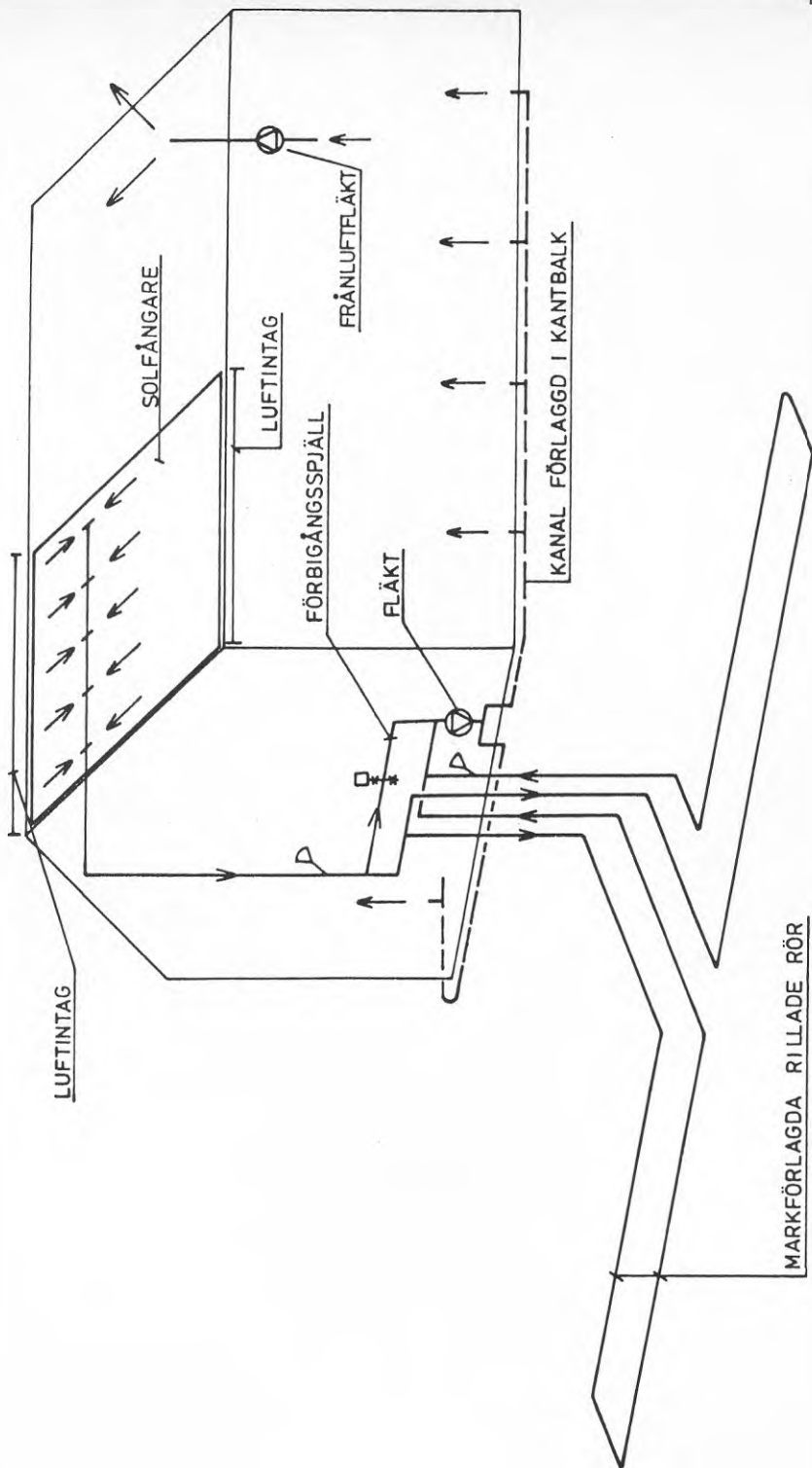
Enligt beräkningar som bifogas i bilaga II erfordras endast 25 % av energibehovet för ventilation vid låga utetemperaturer mot vad som normalt skulle vara fallet. Vad gäller effektbehovet för ventilation blir det för ett hus med det här systemet endast 70 % av det effektbehov som erfordras i ett likadant hus utan förvärmning av tilluften med hjälp av solfångare och marklager.

Årsenergibehovet för ventilation blir på samma sätt endast 55 % av det normala. Ventilationsenergibehovet i denna typ av hus uppgår normalt till 24-40 % av det totala värmebehovet. Således minskar värmeenergibehovet med 13-22 % och effektbehovet med 17-28 % när man använder detta förvärmningssystem för tilluften.

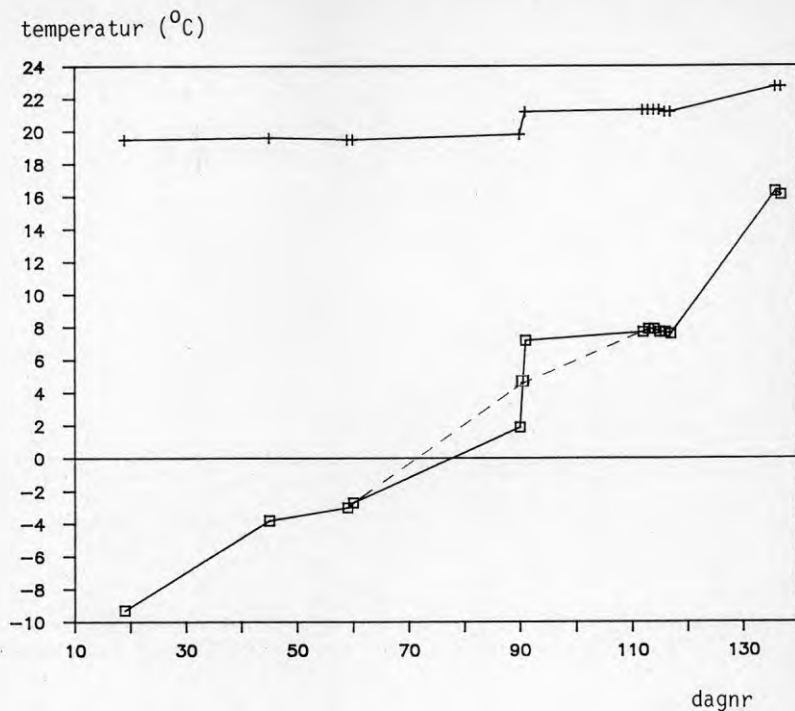
För de fyra hus där systemet provats innebär det en sänkning av energiförbrukningen med i runda tal 2 900 kWh/normalår och ett minskat effektbehov på 1,6 kW vid dimensionerande utetemperatur (DUT).

BILAGOR

- I PRINCIPSCHEMA FÖR SYSTEMET
- II DIAGRAM ÖVER UTVÄRDERING
- III BERÄKNING AV MINSKAT ENERGIBEHOV



PRINCIP - TILLUFT

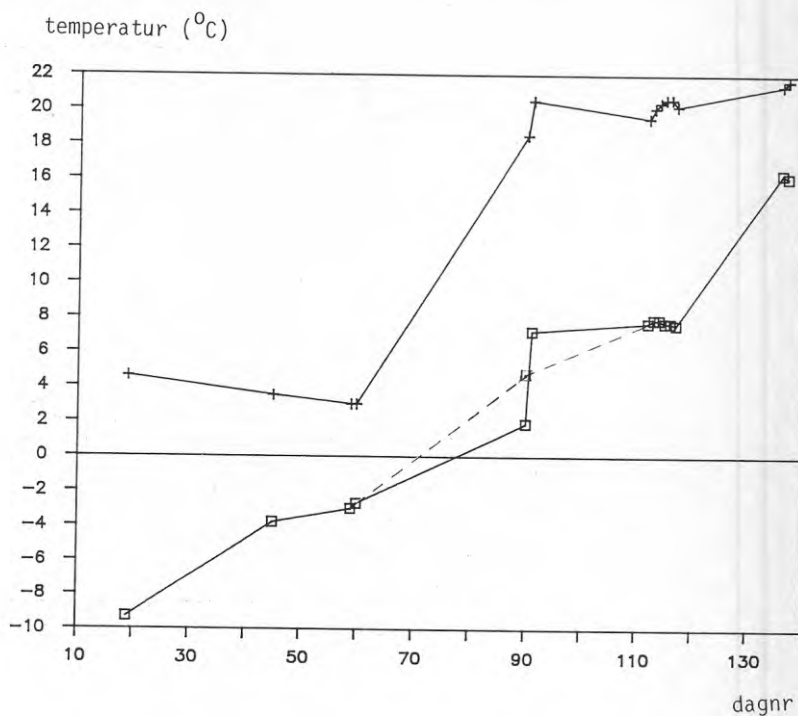


□ utetemperatur

+ frånluftstemperatur

GRAF 1 visar utetemperatur och frånluftstemperatur i förhållande till årstiden (dag 1 motsvarar 1 januari). För dag 90 (mulet väder) och 91 (klart väder) har medelvärdesbildning för utetemperaturen gjorts (streckad linje) för att visa på en mer generell temperaturutveckling.

Som framgår av grafen är frånluftstemperaturen relativt konstant oavsett utetemperaturen. Först vid utetemperaturer över $+5^{\circ}\text{C}$ börjar frånluftstemperaturen stiga.

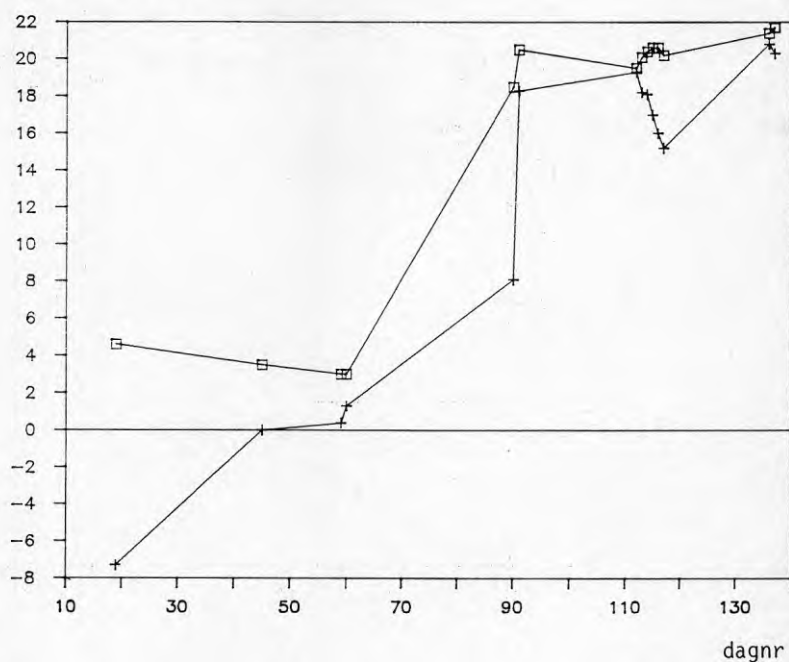


□ utetemperatur

+ lufttemperatur från solfångare

GRAF 2 visar utetemperatur och frånluftstemperatur i förhållande till årstiden (dag 1 motsvarar 1 januari). För dag 90 (mulet väder) och 91 (klart väder) har medelvärdesbildning för utetemperaturen gjorts (streckad linje) för att visa på en mer generell temperaturutveckling.

Temperaturen efter solfångaren sjunker till en början för att därefter öka proportionellt sett mer än utetemperaturen. Här har naturligtvis solhöjd och solintensitet en mycket betydande roll, och dessa båda faktorer är som bekant mycket beroende av årstiden.

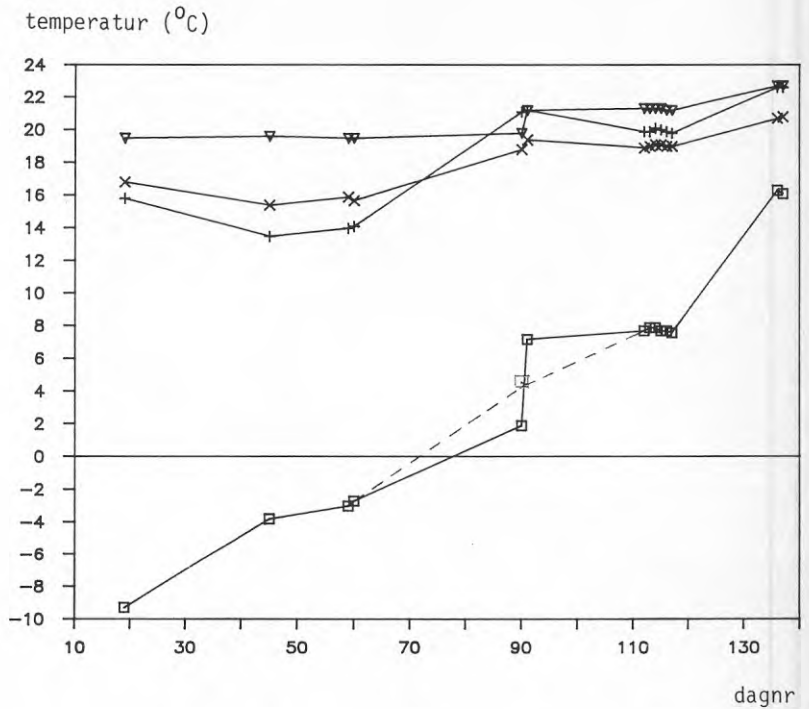
temperatur ($^{\circ}\text{C}$)

□ lufttemperatur från marklager

+ lufttemperatur från solfångare

GRAF 3 visar lufttemperatur från marklager respektive solfångare i förhållande till årstid (dag 1 motsvarar 1 januari).

Lufttemperaturen från marklagret är i samtliga fall högre än lufttemperaturen från solfångaren, skillnaden varierar emellertid. Största orsaken till detta är vädrets variation (klart eller mulet, vilket ger direkt solstrålning respektive diffus himmelstrålning).



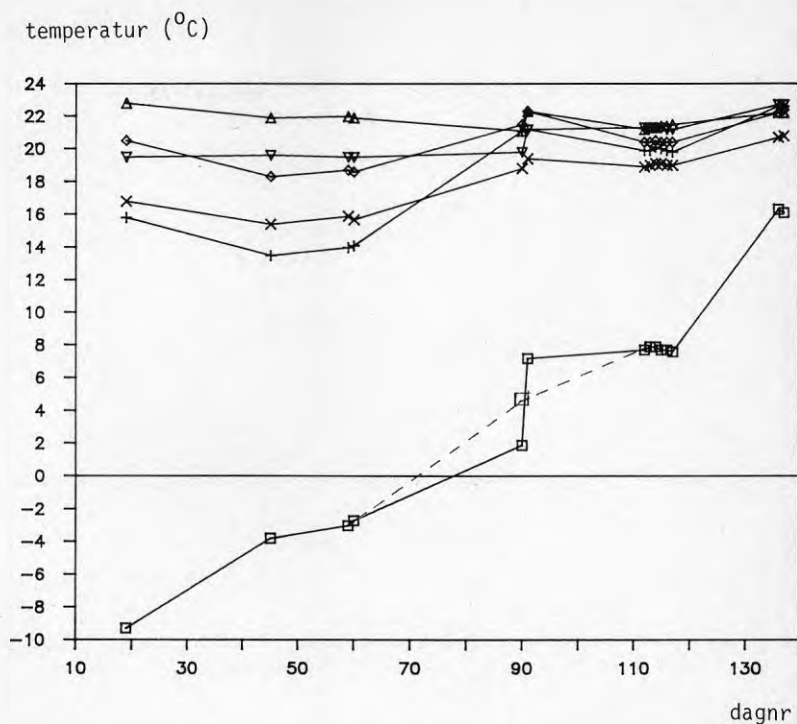
□ utetemperatur

□ frånluftstemperatur

+ tilluftstemperatur i rum 2

x tilluftstemperatur i rum 5

GRAF 4 visar utetemperatur, frånluftstemperatur och tilluftstemperatur i två av rummen i förhållande till årstiden (dag 1 motsvarar 1 januari). För dag 90 (mulet väder) och 91 (klart väder) har medelvärdesbildning för utetemperaturen gjorts (streckad linje) för att visa på en mer generell temperaturutveckling. Som framgår av grafen är tilluftstemperaturerna och frånluftstemperaturen tämligen konstanta vid temperaturer lägre än ca $\pm 0^{\circ}\text{C}$ respektive $+4^{\circ}\text{C}$. Därefter ökar temperaturerna något.



□ utetemperatur

△ frånluftstemperatur

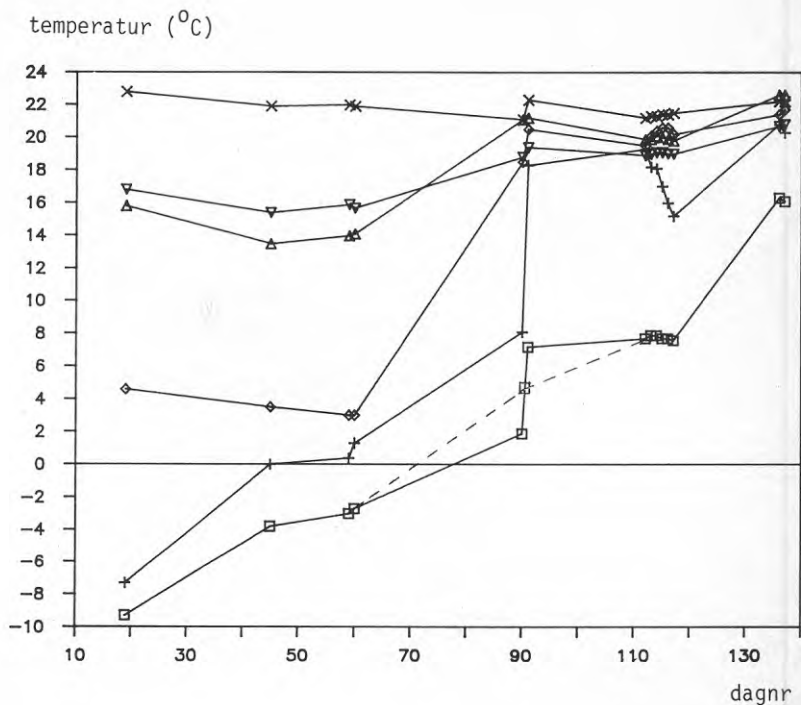
+ tilluftstemperatur i rum 2

▽ tilluftstemperatur i rum 3

○ tilluftstemperatur i rum 4

× tilluftstemperatur i rum 5

GRAF 5 är likadan som graf 4 förutom en komplettering med två tilluftstemperaturer.



□ utetemperatur

+ lufttemperatur från solfångare

△ lufttemperatur från marklager

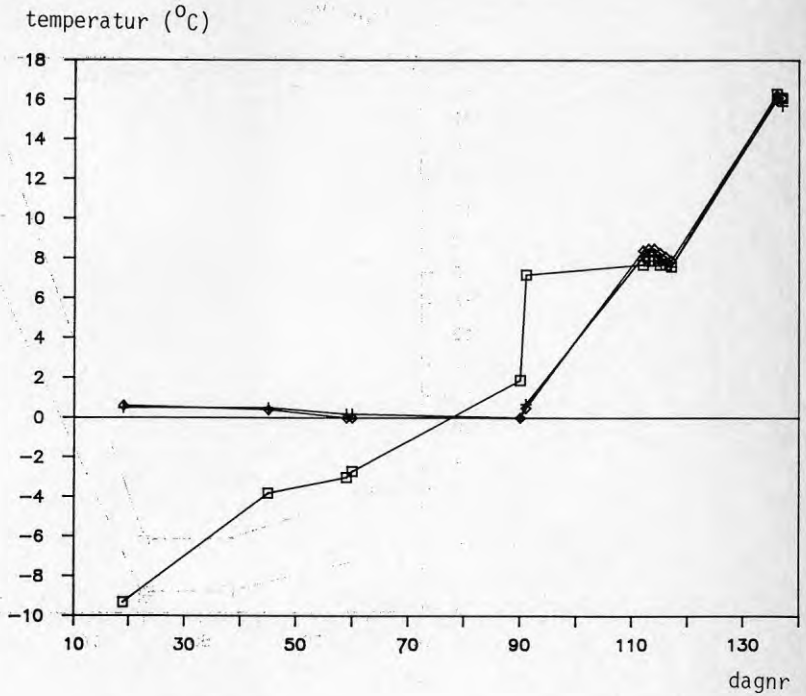
× tilluftstemperatur i rum 2

* tilluftstemperatur i rum 4

◇ tilluftstemperatur i rum 5

GRAF 6 visar utetemperatur, lufttemperatur från solfångare respektive marklager samt tre tilluftstemperaturer i förhållande till årstid (dag 1 motsvarar 1 januari). För dag 90 och 91 har medelvärdesbildning för utetemperaturen gjorts.

Jämför med graferna 2, 3 och 4.

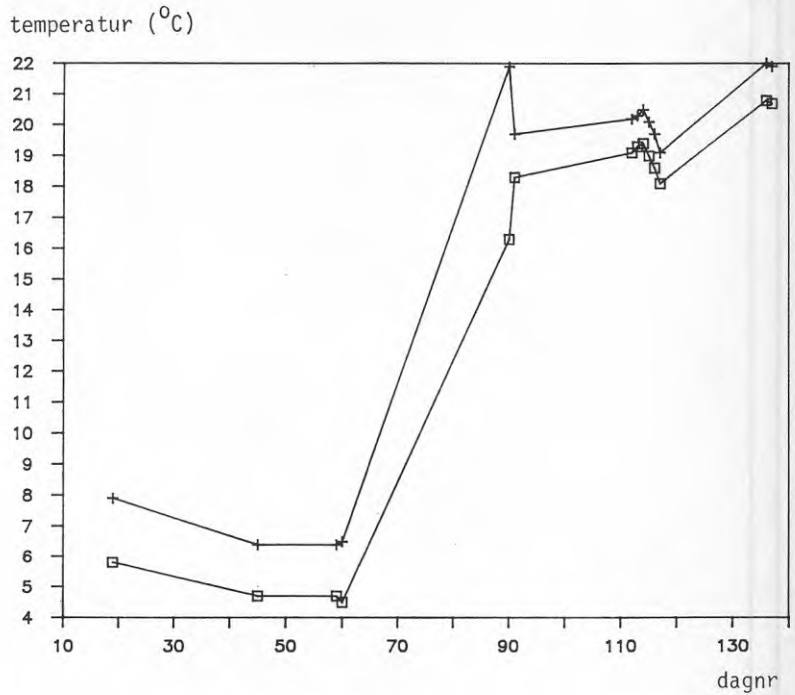


□ utetemperatur

+ temperatur i marklager

referenstemperatur i mark

GRAF 7 visar utetemperatur och temperatur i marklager och referenstemperatur i mark i förhållande till årstid. Som grafen visar ligger såväl marktemperatur som referenstemperaturen konstant vid strax över 0°C så länge för att därefter stiga till samma nivå som utetemperaturen.

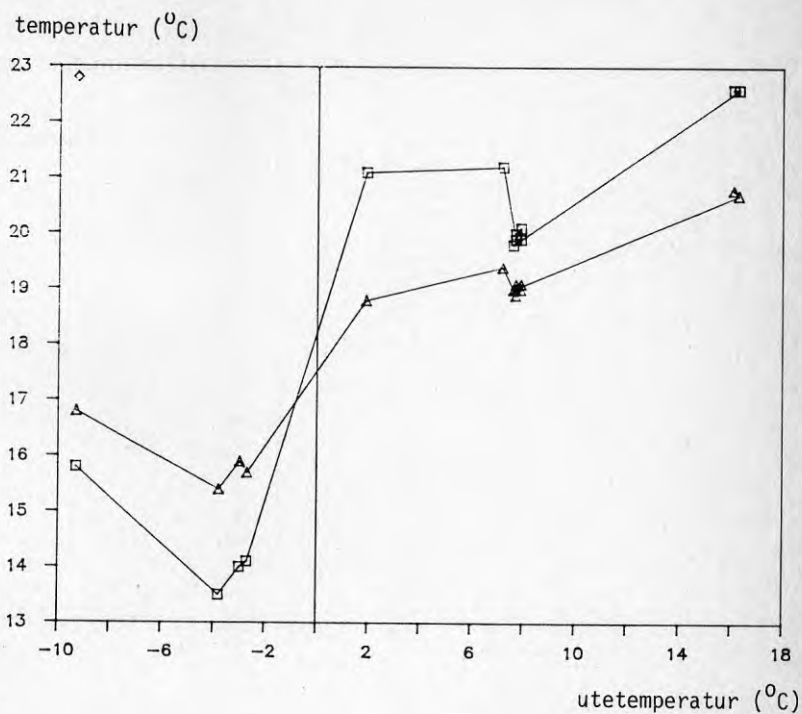


□ lufttemperatur före tilluftsfläkt

+ lufttemperatur efter tilluftsfläkt

GRAF 8 visar lufttemperaturen före respektive efter tilluftsfläkten relaterat till årstiden.

Tilluftstemperaturen är generellt 1-2 $^{\circ}\text{C}$ högre efter fläkten, utom i ett fall där temperaturhöjningen över fläkten är så stor som 5,5 $^{\circ}\text{C}$.



□ tilluftstemperatur i rum 2

△ tilluftstemperatur i rum 5

GRAF 9 visar två av rumstemperaturerna i förhållande till utetemperaturen.

Anledningen till att dessa båda temperaturer inte beskrivs som två (i stort sett) rätta linjer är naturligtvis i första hand vädret, dvs solintensiteten, om det varit klart eller mulet etc.

Redovisning av 25 mätresultat på 1 timmes basis

Mätpunkt T₄ utetemp
 T₃ rumstemp
 T₁ luftens temp efter solfångare
 T₂ luftens temp efter marklager
 T₅ inblåsningstemp
 F teoretiskt effektbehov utan solfångare
 G uppmätt effektbehov med solfångare
 1 mätperiod kl 10-11
 2 mätperiod kl 14-15

År	Dag	Tid	Mätpunkt °C						Effekt G	Watt Q
			T ₄	T ₃	T ₁	T ₂	T ₅	F		
1981	0925	1	17,5	22	31,5	17,5	*19,5	261	145	1,79
		2	17	22,5	34	17	*20	319	145	2,22
	1211	1	-8	20	-8	4,5	7,5	1624	725	2,22
		2	-4,5	20,5	-4,5	4,5	7,5	1450	754	1,92
	1218	1	-9,5	20	-7,5	3,5	6,5	1711	783	2,17
		2	-9	20,5	-7,5	3,5	6,5	1711	812	2,13
	1226	1	-12,5	18	-8,5	5	8	1769	500	3,00
		2	-12	18	-8,5	5	8	1740	500	3,00
1982	0102	1	-8,5	18	-4,5	5	8	1537	580	2,63
		2	-7,5	18	-5	5	8	1479	580	2,56
	0104	1	-20	16,5	-15	4,5	7,5	2117	522	4,00
		2	-20,5	16	-15,5	4	7	2117	522	4,00
	0109	1	-14,5	18	-12,5	3	6	1885	696	2,70
		2	-12,5	19	-10,5	3	6	1827	754	2,44
	0116	1	-3,5	20,5	-2	4,5	7,5	1392	754	1,85
		2	-4,5	21,5	-2	4,5	7,5	1508	812	1,85
	0123	1	-1,5	20,5	-1	4	7	1276	783	1,64
		2	-1	21	-0,5	4	7	1276	812	1,64
	0130	1	-3	19,5	-1	4,5	7,5	1305	696	1,89
		2	-4	19,5	-0,5	4,5	7,5	1363	696	1,96
	0204	1	-4,5	20,5	-3,5	4	7	1450	783	1,85
		2	-3	21,5	-1,5	4	7	1421	841	1,69
	0213	1	2	21	7	5	10	1102	638	1,72
		2	3	21	9	5,5	11	1044	522	2,00
	0220	1	-4	20	15	4	*15	1392	290	4,76
		2	-1	21	11	4,5	*11	1276	580	2,22
	0227	1	-1,5	19	1,5	4	7	1189	696	1,69
		2	-1	19	3	4	7	1160	696	1,67
	0306	1	1,5	21	14,5	4	*14,5	1131	377	3,00
		2	0,5	21,5	13,5	4,5	*13,5	1218	464	2,63
	0313	1	1	19	2,5	4,5	7,5	1044	667	1,56
		2	2,5	19,5	6	4,5	9	986	609	1,61

Inblåsningstemperatur värde E, är på basis av manuella temperaturmätningar värde D +3°C i medeltal.

Värde E med * är registrerade värden.

Q betecknar faktorn mellan teoretisk energi - (effekt-) behov och tillförd betald energi (effekt).



**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 820453-8
från Statens råd för byggnadsforskning till Bostadsstiftelsen,
Aroseken, Västerås.**

R62: 1987

ISBN 91-540-4735-8

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6707062

**Abonnemangsgrupp:
W. Installationer**

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

Cirkapris: 30 kr exkl moms