

Sol- och vedvärme med korttidslagring för energisnåla hus

Krister Lindkvist

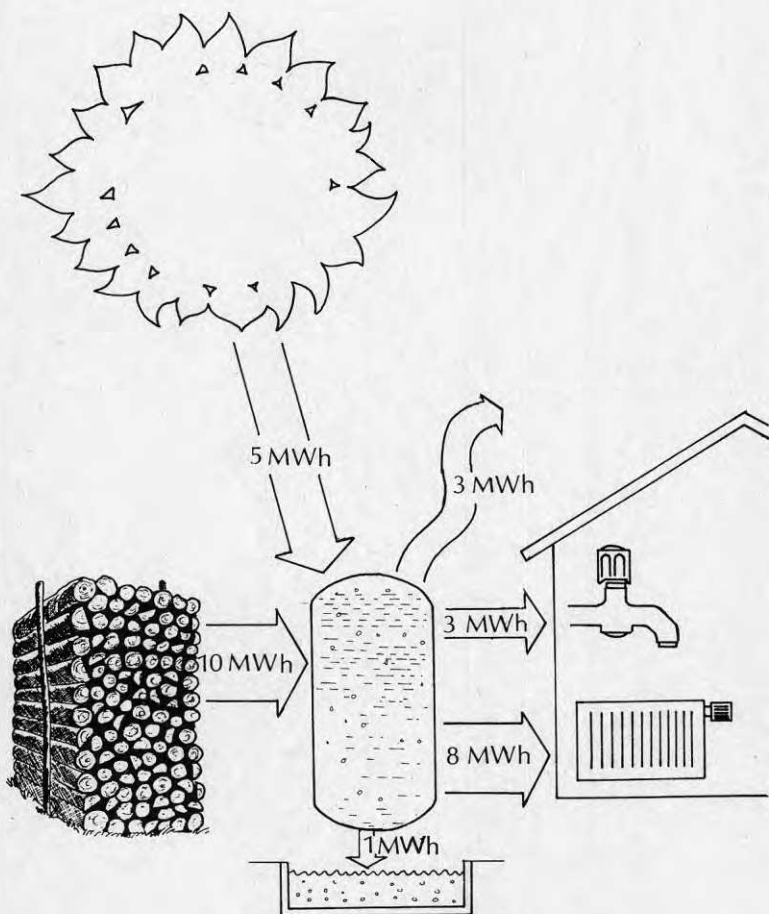
INSTITUTET FÖR BYGGDOKUMENTATION	
Accnr	
Plac	Ser

K
ad

SOL- OCH VEDVÄRME MED KORTTIDSLAGRING
FÖR ENERGISNÅLA HUS

Anghultsmodellen: byggnad-energisystem-
mätresultat-utvärdering

Krister Lindkvist



Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
780739-8 från Statens råd för byggnadsforskning
till A-Byggservice, Ryssby.

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

R75:1982

ISBN 91-540-3738-7

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

LiberTryck Stockholm 1982

INNEHÅLL

1	PROJEKTÖVERSIKT	5
1.1	Sol 1/3 - Ved 2/3	5
1.2	Resultat	5
1.3	Referenshus	5
1.4	Utvärdering	6
1.5	Målgrupper	6
1.6	Demonstrationsutrustning	6
2	SAMMANFATTNING	7
2.1	Försöksobjekt	7
2.2	Läge	7
2.3	Orientering	7
2.4	Klimat	7
2.5	Byggnadsbeskrivning	7
2.6	Energisystem huvuddelar	8
2.7	Energisystem funktion - reglering	8
2.8	Redovisning av mätvärden	9
3	INTRODUKTION	11
3.1	Filosofin bakom projektet	11
3.2	Organisation	12
3.3	Projektets tider	12
4	LOKALISERING OCH KLIMAT	13
4.1	Geografisk placering	13
4.2	Klimatförutsättningar	14
5	BYGGNADSBESKRIVNING	15
5.1	Allmänt	15
5.2	Husens utförande	15
5.3	Byggnadsproportioner - transmission	17
5.4	Teknisk beskrivning - bostadshus	18
5.5	Transmission Experimenthus jfr Referenshus	20
5.6	Ventilation	21
6	ENERGISYSTEM - FUNKTIONSBESKRIVNING	23
6.1	Funktionsprinciper	23
6.2	Ackumuleringsbehov, utförande, förluster	24
6.3	Solfångare och värmeväxlare	29
6.4	Vedpanna	31
6.5	Tappvarmvatten	33
7	DRIFT AV ENERGISYSTEM	35
7.1	Flöden och regleringssystem	35
7.2	Solvärmeutrustning	36
7.3	Vedeldning	37
7.4	Vedförbränning - verkningsgrad	39
7.5	Skiktning i ackumulatortanken	41
7.6	Värmetillförsel till bostad - reglering	42

7.7	Dimensionerande ackumulatortemperatur	43
7.8	Styrd ackumulatorurladdning	44
7.9	Nattsänkning	46
7.10	Automatiskt pumpstopp	47
8	ENERGIBALANSER - MÄTRESULTAT	49
8.1	Redovisning av energibalanser	49
8.2	Kommentarer till mätningar	50
8.3	Elförbrukning	53
9	EXPERIMENTANLÄGGNING - SYSTEM, INVESTERING	57
9.1	Allmänt	57
9.2	Projektinsatser	57
9.3	Investering i energisystemet	57
9.4	Driftsjämförelser Angshultsmodellen-Ref.hus	58
9.5	Uppskattning av vedenergikostnad	58
10	RESULTATDISKUSSION - LÖNSAMHET	59
10.1	Energiprofil	59
10.2	Utvärdering - lönsamhetsdiskussion	60
11	DEMONSTRATIONSUTRUSTNING	65
12	YTTERLIGARE FORSKNINGSBEHOV	67
	LITTERATUR	69
Bil		
1-8	ENERGIFLÖDEN TABELLER PÅ MÄTRESULTAT OCH MÄTSCHEMA	71
9-11	ENERGIBALANSER SPECIALSTUDIER DYGNSVÄRDEN UNDER TRE MÅNADER	79
12-14	FOTON	82
15	MÄTSCHEMA, ENERGIFLÖDEN FRÅN OLIKA ENERGIKÄLLOR OCH FÖRBRUKNINGAR Utvikningsbilaga	85

1 PROJEKTÖVERSIKT

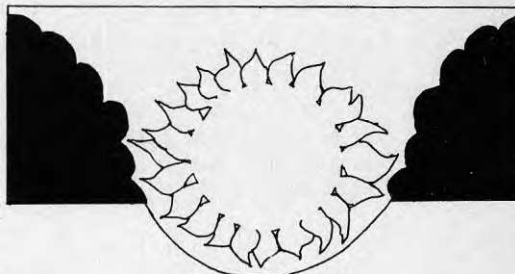
- ANGSHULTSMODELLEN -

1.1 Sol 1/3 - Ved 2/3

Ett energisystem baserat på kombination av två förnybara energislag har studerats.

Experimentbyggnaden försörjs med värme från:

- 23 m² solfångare
- vedpanna som braseldas med gemensam ackumulering



Experimentbyggnaden, bostadshus på 165 m², har en ur energisynpunkt gynnsam form samt förhöjd isolering, förbättrad täthet och återvinning av ventilationsluft. Specifikt värmebehov har beräknats till 90 W/°C för transmission och 32 W/°C för ventilation.

Solvärmen avses klara totala värmebehovet under 5 månader samt ytterligare bidra vår och höst. Resten erhålles från vedpannan, som braseldas och får värma upp systemets 3,4 m³ vatten.

1.2 Resultat

7 st värmemängdsmätare och 14 st el. kWh-mätare har dagligen avlästs. Dessutom har delsystem specialstuderats. Mätresultaten under en årscykel (80.10-81.09) ansluter sig väl till beräknade värden.

Av aktivt tillförd energi tas 1/3 in som solvärme, medan resten kommer från braseldningar om c:a 200 kWh vid totalt 49 tillfällen. Se utveckningsbilaga sid 85.

Därmed har den bekvämlighet som eftersträvats blivit uppnådd. Anläggningens funktioner, styrning och övervakning har under projektets gång uppnått önskvärd nivå av tillförlitlighet och automatik. Utrustningsdelarna har i betydande utsträckning specialtillverkats eller satts i ny användning.

1.3 Referenshus

Jämförelse har även gjorts med ett 'teoretiskt referenshus' - 1½-plans bostadshus på 165 m² - med energiförbrukningsprofil enl. SBN 75.

Referenshusets VV och uppvärmning drar totalt 19 MWh/år tänkt som vedenergi (mot 10 MWh för Angshultsmodellen förutom solvärmen) Referenshusets teoretiska vedförbrukning blir 23 m³/år som för Angshultsmodellen nerbringas till c:a 10 m³.

1.4 Utvärdering

Anläggningen har genom sin experimentkaraktär medfört onormala kostnader. Därigenom kan en klar ekonomisk utvärdering av uppoffring och nytta inte direkt göras.

För att få bättre underlag för en allmängiltig kalkyl krävs att systemet ges standardmässig utformning och att dess delar produceras i industriell skala och monteras rutinmässigt - allt inom väl definierade ramar. Uppskattning i sådan riktning framföres under 10. Resultatdiskussion.

Till bedömningssvårigheterna kommer också förhållandet att privata arbetsinsatser vid drift normalt ersätter inköpt energi resp. ersättes av kapitalkostnader för anläggningsinvesteringar. Sådana bedömningar har betydande inslag av subjektiv karaktär.

Denna rapport om Angshultsmodellen vill dock bidra till att ge erfarenheter och beslutsunderlag för energisystem mer eller mindre uppbyggda på redovisade principer.

1.5 Målgrupper

Två viktiga målgrupper för systemet kan skönjas:

- Grupp 1 har nu som huvudsaklig värmekälla vedeldning skött på traditionellt sätt. Resultatet blir förbättring av bekvämlighet och bränsleåtgång men försämring genom ökade kapitalkostnader.
- Grupp 2 använder köpt energi t.ex. olja, men vill sänka sina kostnader. De är därvid inte villiga att sköta passning av traditionell vedeldning, men kan genom här föreslaget värmesystem överväga att öka sin arbetsinsats mot en sänkning av driftskostnaderna. Själva vedeldningen skall därvid inte upplevas som betungande, genom att eldningstillfällena blir få och kan förläggas till tidpunkter som passar brukaren.

1.6 Demonstrationsutrustning

Anläggningen, som är tillgänglig för besökare, har försetts med demonstrationsutrustning uppbyggd som symbolschema för systemet med indikeringar av pumpdrift, ventillägen etc samt digital temperaturindikering i ett 40-tal punkter. Därmed kan information om Angshultsmodellen meddelas i populär form.

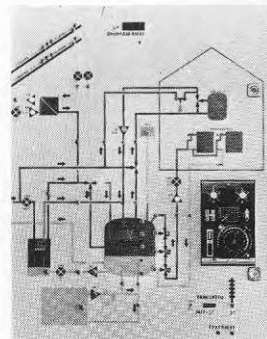


Fig1.1

2 SAMMANFATTNING

2.1 Försöksobjekt

Enfamiljs bostadshus med 165 m² lägenhetsyta utfört med förhöjt väggliv enligt svensk traditionell stil.

I fastighetens ekonomi- byggnad är hela energisystemet placerat, bestående

- av - solvärme på taket
- vedpanna
- ackumulatortank
- reglerutrustning
- vedförråd



Fig 2.1
Byggnader

2.2 Läge

Angshult, Ljungby kommun
SV-sida av småländska hög-
landet 145 m ö h.

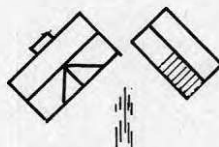


Fig 2.2
Orientering

2.3 Orientering

Se figur 2.2

2.4 Klimat

Medeltemp. årsvärden (Ljungby)	Ref.normal	6,5 °C
	Mätperiod	6,2 °C

Specifikt värmebehov (innetemp 20 °C)	Ref.normal	118 000 °h
	Mätperiod	120 000 °h

Smålands inland får mindre solinstrålning än normalt i landets södra delar på grund av större molnighet. Statistik som möjliggör jämförelse mellan objekt-platsen och södra Sverige i allmänhet under mät-perioden samt detta ställt mot solinstrålning under normalåret saknas.

2.5 Byggnadsbeskrivning

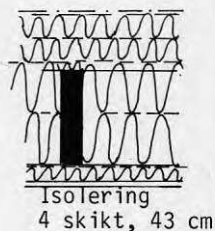
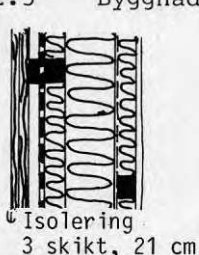


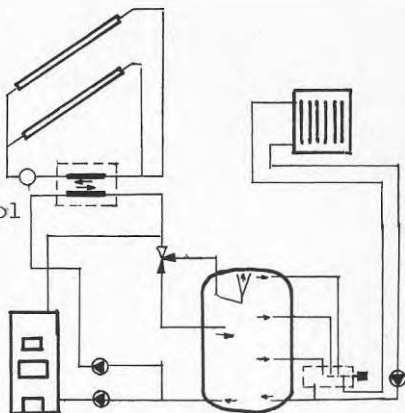
Fig 2.3 Vägg

Byggnadsform

Vindsbjälklag

2.6 Energisystem huvuddelar

- Solfångare 23 m² med
absorbator 21,6 m²
typ Gränges Sun-Strip
täckmtl UV-stabiliserad
armerad polyester
- 2 varianter:
 - typ TRIMCO 11 m²
 - typ GM 12 m²
- Värmebärare 16 lit totalt
0,47 l/min·m², 45% e.glykol



Figur 2.4 System

- Platt-VV i solkrets
ALFA LAVAL CB 25
- Vedpanna EGOR V25
Bränslevoly m 128 lit
Vattenvoly m 380 lit
- Ackumulatortank
cylindrisk 3 000 lit
friskummad med PUR
- Tappvatten från batteriberedare i ackumulatorns topp
ev. förvärmning i vedpannans batteriberedare.
- El. VV-beredare i bostad säkerställer önskad
tappvattentemperatur och ersätter energi förlorad
i kulvert mellan ekonomibyggnad och bostad.

2.7 Energisystem, funktion - reglering

- Solfångare
Differensrelä styr cirkulationspumpar prim. och sek.
Gemensam cirk.pump i primärkrets för solfångardelarna.
Cirkulationspump i sekundärkrets har tidsfördröjd start.
- Vedpanna
termostatreglerad cirkulation
differensrelä för eftervärme
- Temperaturgruppering av tillförd värme till ackumulator.
genom två alternativa tillopp på olika nivåer,
som väljs med differensrelä
- Elpatron i ackumulator för reservvärme
- Extra VV-batteri i ackumulatorbotten för överföring
av överskottsvärme till utomhusbassäng
- Styrning av bostadsvärme
CTC 5-portsshunt för successiv tömning av ackumulatortank
nerifrån ger förbättrad skiktning.
Reglerautomatik med termiskt styrdon och temperatur-
givare utomhus och i framledning

2.8 Redovisning av mätvärden

Mätvärden från kWh-mätarna för vattenburen energi och elenergi har sammanställts i energibalanser fig 8.1-2 utifrån sammanställning av mätresultat bil. 1-8. Energiflöden och mätschema visas grafiskt i utvkningsbilagan sid 85, som är bra att ha utvikt när Du studerar rapporten.

el-VV	500	el-VV	500
ved	10 100	ved	19 000
sol	4 900		
<hr/>		varmvatten	3 100
ackum.för1.	3 300		
översk.pool	1 000		
varmvatten	3 100		
		värme	16 400
värme	8 100		

Fig 2.5 Kombination energislag, aktivt tillförd energi
Angshultsmodellen 15 500 kWh
 (11 200 kWh till bostad) Referenshus 19 500 kWh

VV-ber	3 100	VV-ber	3 100
värme	8 100	värme	16 400
nyttig spill el gratisenergi	7 200	nyttig spill el gratisenergi	7 800
vent	4 600	vent	8 800
<hr/>		transmission	15 500
transmission	10 800		
avlopp	3 000	avlopp	3 000

Fig 2.6 Energibalanser årsvärden
Angshultsmodellen 18 400 kWh

Referenshus 27 300 kWh

3 INTRODUKTION

3.1 Filosofin bakom projektet

Utvecklingen av uppvärmning av bostadshus på landsbygden har följt samma linjer som den i samhället i övrigt. Under de senaste årtiondena har det skett en fortlöpande övergång till oljeeldning samt särskilt på senare tid till elenergi. Den traditionella vedeldningen lämnades dels på grund av de orimligt låga oljepriser som gällt, dels på grund av den arbetsintensiva hanteringen av veden vid såväl omhändertagande som eldning. Vi har intryck av att särskilt bundenheten till vedpannan gör, att veden som energikälla förlorat i attraktionsvärde. Den negativa inställningen förstärks av att röjningsved och hyggesavfall, som använts i bostadshus på jordbruksfastighet fram till för några år sedan beskattats som naturaförmån, trots att det inte haft något kommersiellt värde.

Betydande samhällsekonomiska förluster har därmed uppkommit genom att skogsavfallet inte alls tillvaratagits. Skogsbruket och landsbygds miljön har dessutom ofta försämrats genom att gallringar och röjningar försummas, då ved från sådana åtgärder inte kunnat avsättas.

I den nya situation som uppstått med energipriser på helt annan nivå än tidigare, blir det intressant att finna systemlösningar för småskalig vedeldning.

Det finns i princip två alternativ:

a- Förbränning alltefter förbrukningen genom successiv tillförsel av bränsle - som helved eller i finfördelad form.

Att betydande svårigheter därvid uppkommer i helvedsalternativet är naturligt, då effektbehovet i regel håller sig inom området 0,5-5 kW. Detta stämmer dåligt med pannornas effektstorlekar och andra egenskaper. Resultatet blir därför låg verkningsgrad och en rad andra negativa effekter.

Finfördelat bränsle som flis, pellets etc ger betydligt bättre förbränningsförhållanden, men kräver också omfattande tilläggsutrustning för bränsleberedning och hantering. Därmed blir alternativet mindre konkurrenskraftigt för enskild småskalig produktion och förbrukning.

b- Vedeldningsutrustning, som förses med termiskt energilager, ger möjlighet till optimal eldning enligt pannutrustningens förutsättningar samt på tider som passar brukaren. Förlusterna blir därmed helt beroende av pannans egenskaper i detta driftsfall samt ackumulatorns isoleringsnivå.

Vid projektstarten våren 1978 då ackumulerande vedsystem var tämligen oprövade, framförde vi projektplan som här redovisas. Nyheten var därvid att vi tillförde solvärme som komplement för att minska vedförbrukningen och höja bekvämlighetsnivån. Den gemensamma nämnaren för energislagen är att båda behöver ackumulator. Ett dubbelutnyttjande är därvid möjligt, och tilläggskostnaderna för solvärmerna blir mindre än annars.

Sol- och vedsystemet ville vi undersöka i drift i ett energisnålt bostadshus -inte i första hand för att totaloptimera med nuvarande prisrelationer utan för att bearbeta ett system med viss giltighet för framtiden.

3.2 Organisation

Praktiskt taget alla delar av projektet har utförts av projektledaren ensam. Detta gäller såväl systemkonstruktion som upphandling samt betydande del av praktiska åtgärder - särskilt vad avser förändringar, trimningar och andra underhandsåtgärder. Därmed har de ekonomiska utläggerna begränsats i den gällande betryckta ekonomiska situationen för projektet.

Projektledaren är bosatt i experimentbyggnaden och utför såväl de regelbundna som de speciella delsystemmätningarna. Beräkningarna vid utvärdering har utförts manuellt.

3.3 Projektets tider

78.03 - 78.06	Huvudsaklig projektering
78.04	Projektbeskrivning
78.06	BFR-projektgodkännande
78.10 - 79.06	Uppförande
79.11	Veddel i drift
80.08	Komplett system i drift
80.08 - 80.09	Provmätningar
80.10 - 81.09	Mätperiod
82.03	Slutrapportering

4 LOKALISERING OCH KLIMAT

4.1 Geografisk placering

Experimentobjektet är lokaliserat till Angshult, bondby i Agunnaryd, Ljungby kommun i skogstrakt på sydvästra utkanten av småländska höglandet.

Geografiskt läge	latitud	56,8°
	longitud	14,0°
Närliggande orter	Ljungby	20 km V
	Växjö	40 km NO
	Älmhult	20 km S

Orientering av byggnader

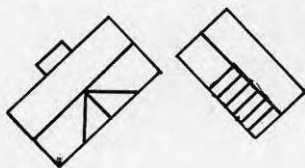


Fig 4.1
Orientering

På grund av lokala förhållanden har byggnaderna förlagts och orienterats enligt figuren.

Solfångarna har SV-läge (40° V) och lutar 34° i förhållande till horisontalplanet.

Bostadsbygganden är 1,5 m högre än ekonomibyggnaden och skuggar därför sent på dagen i viss utsträckning solfångaren. Sådan skuggning kan förekomma, då solhöjden är mindre än 20°. Den instrålande solenergin är då liten och förlusterna torde kunna försummas.

4.2 Klimatförutsättningar

Temperaturmätning

Närmaste mätstationer för SMHI är Ljungby och Växjö. Temperaturmätningar därifrån visar sinsemellan mycket närliggande resultat och kan därför med god noggrannhet även anses gälla för experimentplatsen.

Medeltemperaturen har också med temperaturintegrerande instrument registrerats på experimentplatsen. Detta har emellertid troligen haft för skyddad placering, eftersom högre värden än SMHI:s har uppmätts sommartid. Skillnaden är så stor, att den inte kan bero på lokala klimatavvikelser. Mätvärdena från detta instrument har därför inte kunnat användas.

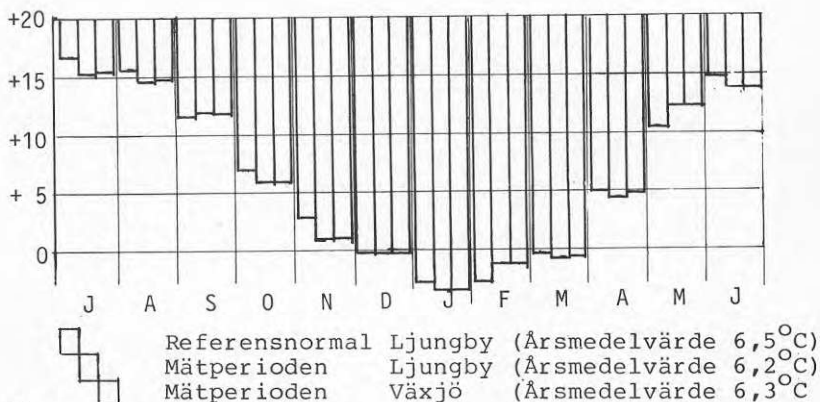


Fig 4.2

Månadsmedelvärden: Önskad bostadstemp. - Utetemp.

Bostadstemperaturen 20° har valts.

Klimatvärden för Ljungby används i fortsättningen.

Siffervärdena finns i bilaga 8.

Specifikt värmebehov brutto (utan hänsyn till gratisvärme och spillvärme från boendet): normalår 118 000 °h
mätperiod 120 000 °h

Med aktuell noggrannhet i mätningar och beräkningar ligger avvikelserna från normalår inom toleransen, varför omräkning inte utförts.

Det är känt, att Smålands inland har solstrålning, som klart understiger genomsnittet för landets södra delar. Vi har dock inte funnit användbara statistiska värden för normalår jämfört med mätperioden.

Som mått på solinstrålningen har vi fått möjlighet att använda mätresultat från solvärmeverket i Ingelstad, som upptagits av CTH/Installationsteknik.

5 BYGGNADSBESKRIVNING

5.1 Allmänt

Byggnadens proportioner och exteriör är baserad på 100-åriga traditioner i svensk bebyggelse. Den är avsedd att ansluta sig väl till befintligt byggnadsbestånd på landsbygden och särskilt då Angshult, där övriga bostadshus är från tiden för laga skift d.v.s. 1850- och -60-tal. Länsantikvariemyndigheten önskar också i sitt regionala program för kulturminnesvården 1979 (efter experimentbyggnaden uppförts) ge Angshults bebyggelse och kulturlandskap skydd mot förändringar.

Experimentbyggnader utföres ofta med ett speciellt utseende bl.a. genom att solfångare placeras på branta takytor. Detta bryter av mot omgivande bebyggelse. Särskilt i känsliga miljöer, menar vi att en sådan stil bör undvikas.

Ur arkitektonisk synpunkt har därför experimentbyggnadernas solfångaryta relativt flack taklutning.

5.2 Husens utförande

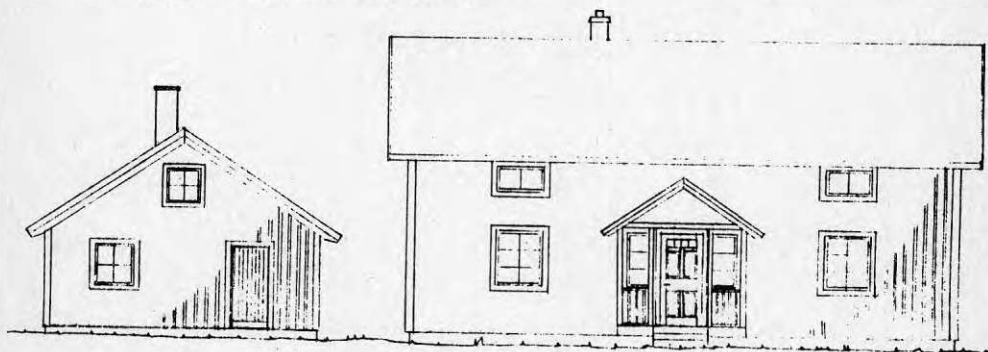


Fig 5.1
Vy mot nordväst

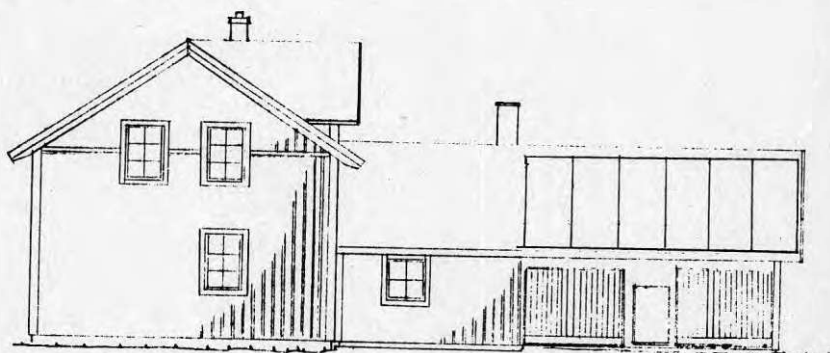


Fig 5.2
Vy mot sydväst



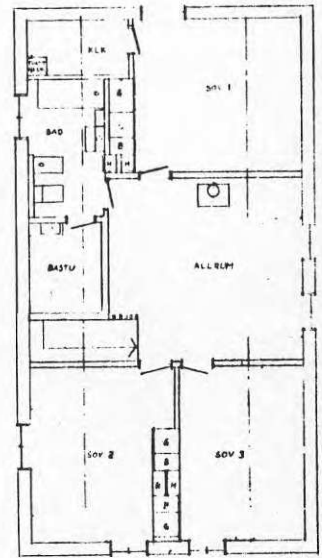
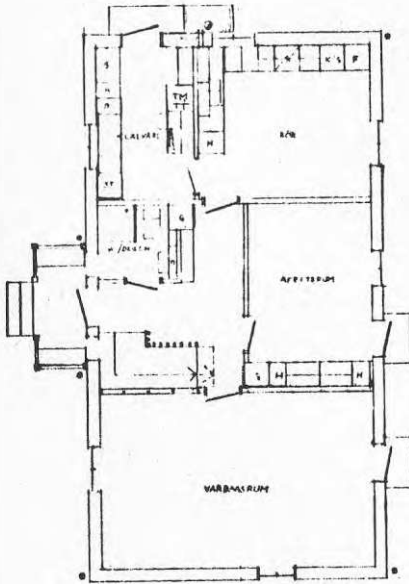
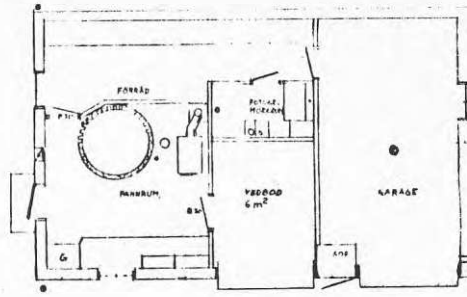


Fig 5.3
Planer

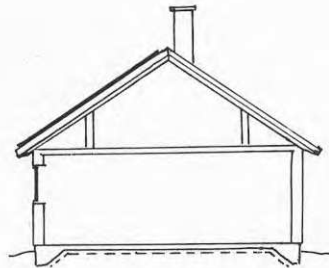
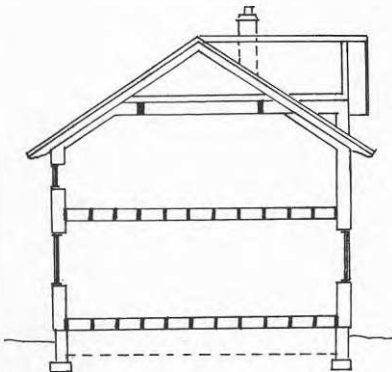


Fig 5.4
Sektioner

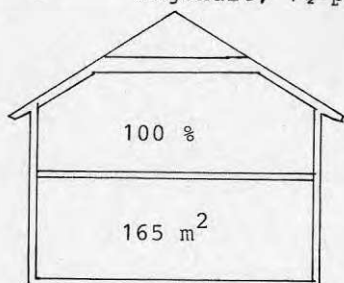
5.3 Byggnadsproportioner - transmission

Bostadshuset får med sitt förhöjda väggliv även en kompakt form, som ger mindre ytterytor och därmed mindre transmissionsförluster än andra småhus av vanliga typer.

Om sådana hustyper, samtliga isolerade enl SBN 75, som har samma transmissionsförluster jämföres på ett primitivt sätt, kan man få en uppfattning om hur stora lägenhetsytor, som kan inrymmas. (Transmission från fönster och dörrar medräknas ej.) SBN 75: golv $k=0,30$

Vid lika transmission: vägg $k=0,30$
tak $k=0,20$

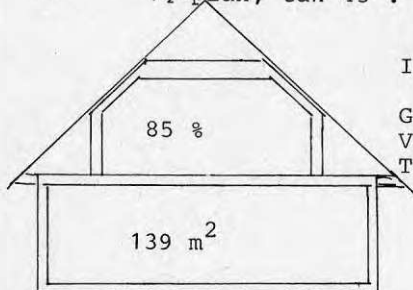
- Angshult, $1\frac{1}{2}$ -plan förhöjt väggliv:



Inv. mått 6,6 x 12,5

Golv	83 m ²	x 0,3 =	24,9
Vägg	162 m ²	x 0,3 =	46,6
Tak	90 m ²	x 0,2 =	18
			<hr/>
			89,5 W/°C

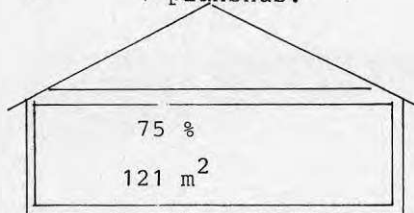
- $1\frac{1}{2}$ -plan, tak 45°:



Inv. mått 7,6 x 11,3

Golv	86 m ²	x 0,3 =	25,8
Vägg	149 m ²	x 0,3 =	17,7
Tak	94 m ²	x 0,2 =	18,9
			<hr/>
			89,5 W/°C

- 1-planshus:



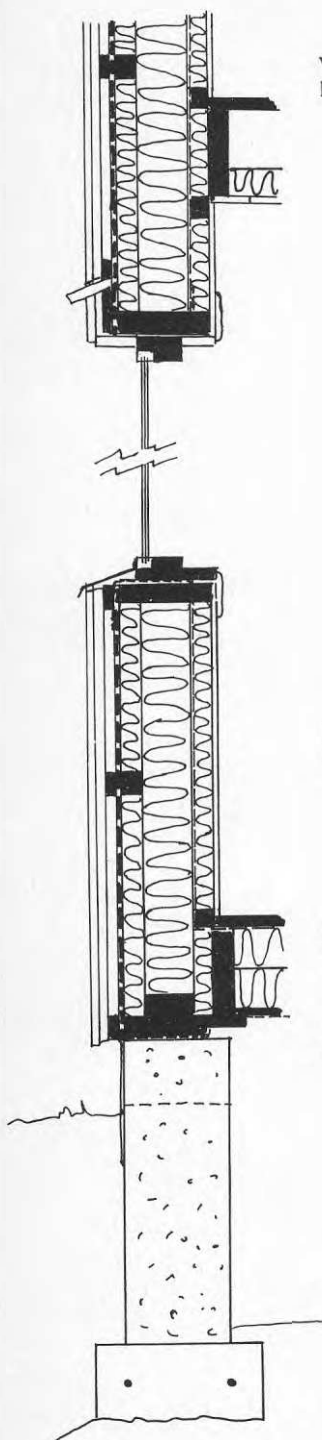
Inv. mått 7,8x14,5

Golv	113 x 0,3	39,9
Vägg	110 x 0,3	33,0
Tak	113 x 0,2	22,6
		<hr/>
		89,5 W/°C

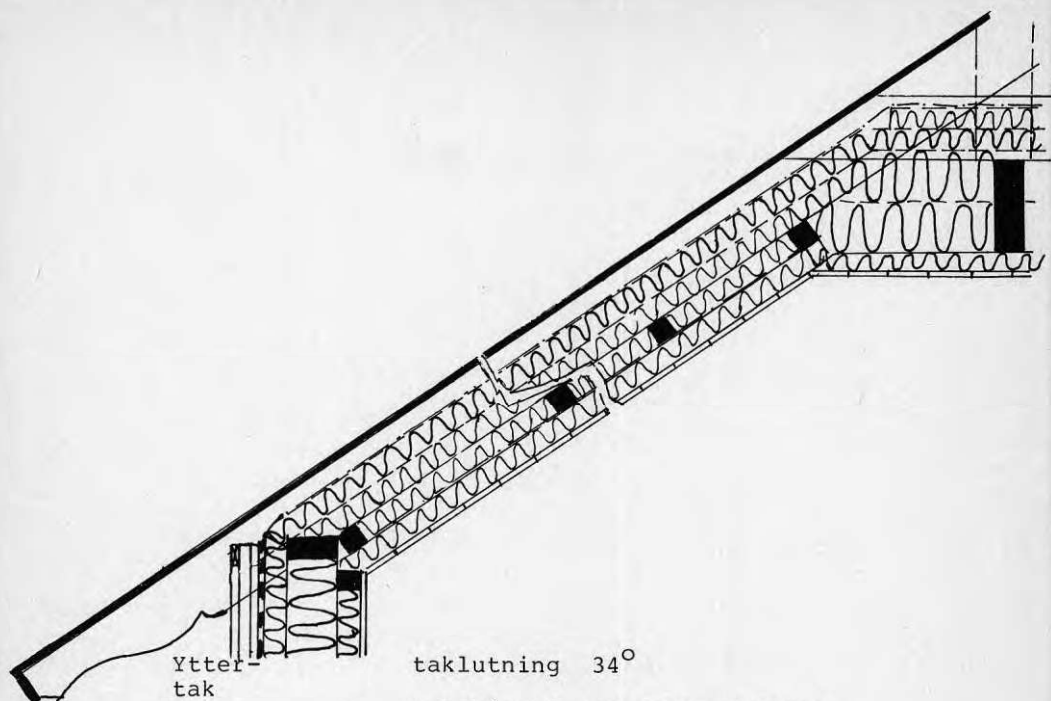
Ett enplanshus inrymmer alltså mindre än 70% av den bostadsyta, som erhålles i första fallet om jämförelsegrunden är lika transmission.

En anledning till att så få småhus med förhöjt väggliv byggs torde vara det i relation till andra hustyper ogynnsamma förhållandet mellan produktionskostnad och låneunderlag.

5.4 Tekn. beskrivning - bostadshus



Vägg	22x(150-225)	bräddklädsel med
k=0,20	19x50	läkt (lockläktpanel)
19	luftspalt mellan	
19x50	spikläkt	cc 600 horisont.
9	vindskyddsskiva gips GNU 9 med	
	hotmeltklisterremsa	över skarvar
45	isolerskiva A (3024) mellan	
45x45	horisont. regler	cc 600
120	isolerskiva A (3028) mellan	
50x120	vert. regler	cc 600
0,2	ångspärr plastfolie (Tenotät) med	
	tejpade skarvar (typ K163 N Kartro)	
45	isolerskiva A (3024) mellan	
45x45	horisont. regler	cc 600
13	väggskiva gips GN 13	
	Ångspärr och vindskydd delvis	monterat vid stomresning
Fönster	3-glas	tot. 13 kvm glasytor
k=2,0		(Myresjö energifönster)
	vindskydd/ångspärr runt karmar	före montering (Rasco remsa typ 3)
	anslutes mot tätskikt in- och utv.	
Dörrar	2 st	FYD 920/103G14 (FIAB)
k=0,55		isolerade med PUR-skum
Golv	golvbeklädnad	
k=0,26	23	golvspånskiva
	2x95	isolerskiva A (3024) mellan
	50x195	golvreglar cc 600 i husets längdr.
	16	blindbottenskiva
		vindskyddande papper uppspänt på
		bjälklagets undersida
	16x95	kantstöd på golvreglar för blindb.
Grund	200	torpargrund av
		lättklinker murblock
		kryputrymme
Mellan-	50x195	golvreglar i husets längdriktning
bjälklag	50	stegljudsisolering



Ytter
tak

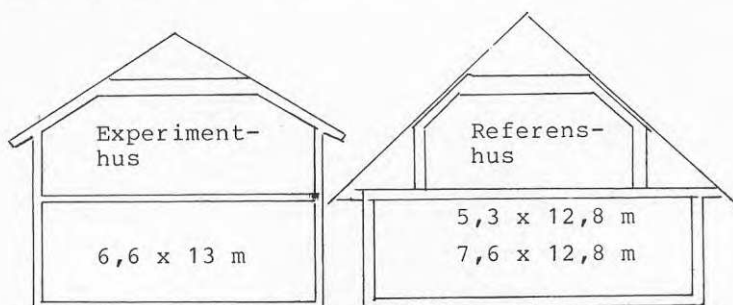
taklutning 34°

		takshingel typ Isola Trippel
		underlagspapp
	17	plywood
		monterat med fogmassa i skarvar
	30	luftspalt
Snedtak		vindskyddande papper
k=0,20	70+50	byggmatta A (5126)
		mellan takstolars överram
	45	isolerskiva (3024) mellan
	45x45	längsgående regler
	0,2	ångspärr med tejpade skarvar
	45	isolerskiva A (3024) mellan
	45x45	tvärgående regler cc 600
	16	invändig panel
Horisont.		vindskyddande papper
tak	2x70	byggmatta A (5126) mellan
	50x150	takstolars underram cc1200
	2x120	bjälklagsskiva A (1260) mellan
	75x220	takåsar 2 st cc 3000
	0,2	ångspärr plastfolie m. tejp ad skarv
	45	isolerskiva A (3024) mellan
	45x45	tvärgående regler cc 600
	16	invändig panel

5.5 Transmission Experimenthus jfr med Referenshus

Bostadshusets totala transmission beräknas

Därvid jämföres med 1½-planshus av ofta förekommande typ med isolering enligt SBN 75 samt med samma fönster- och dörrar som experimenthuset.



Byggnadsdel	Experimenthus			Referenshus			Experim. hus	Referenshus
	Yta m ²	k W/m ² ·°C	Värme- avgivn. W/°C	Yta m ²	k W/m ² ·°C	Värme- avgivn. W/°C	Transmission kWh/år	Transmission kWh/år
Golv	83	0,26	21,6	105	0,30	31,5	2 550	3 720
Vägg	113	0,20	22,6	135	0,30	40,5	2 670	4 780
Fönster	15	2,00	30,0	15	2,0	30,0	3 540	3 540
Dörrar	6	0,55	3,3	6	1,0	6,0	390	710
Snedtak	38	0,20	7,6	33	0,2	6,6	900	780
Tak	50	0,10	5,0	79	0,2	15,8	590	1 860
Totalt			<u>90</u>			<u>130</u>	<u>10 600</u>	<u>15 400</u>

Under mätperioden har ekonomibyggnaden i experimentet inte aktivt tillförts värme. Den har enbart värmts med spillvärme från panna och ackumulator, och beräknas därför inte i energibalanserna.

5.6 Ventilation

Experimentbyggnadens totala volym 375 m³.

FTX-system (Reginair) med tvärströms värmeväxlare är installerat.

Utsug från kök, klädvärd, bastu, toalett, badrum.
Tilluft till 2 rum nedre våning, 3 rum + allrum övre

Till- och frånluftsentiler har ställts in enligt konstruktionsanvisningar i avsikt att uppnå en balanserad ventilation med 0,5 oms/tim av kontrollerad ventilation vid inställning på maxdrift. Genom tyristoreglering av fläkten är ventilationen normalt inställd på ett lägre värde. Detta uppskattas till 0,4 oms / timma.

Friskluftintaget till värmeväxlaren omkopplas manuellt mellan två alternativa luftintag. Under sommaren tas luften in vid byggnadens nordsida. Under uppvärmningssäsongen tas luften inifrån vindsutrymmet. Detta får förhöjd temperatur vid solbestrålning av det shingelbelagda yttertakets (se teknisk beskrivn. 5.4) Beräkningar eller mätningar för att bedöma effekten av åtgärden har inte gjorts.

Elektrisk kanalvärme, som skall säkerställa tilluftstemperatur på +12^o C ingår i ventilationsanläggningen. Denna har dock kopplats ur för att förenkla utvärdering samt besparing av inköpt energi.

Ångspärren har byggts in i väggkonstruktionen för att undvika punkteringar och särskilda vindtättningsåtgärder har vidtagits (se tekn. beskrivn. 5.4) för att minska okontrollerad ventilation till ett minimum. I beräkningarna har detta uppskattats till 0,1 oms/h, vilket troligen ligger över det verkliga.

På grund av projektets betryckta ekonomiska villkor har byggnadens täthet samt ventilationens till- och frånluftsmängder inte kunnat studerats ytterligare.

Primitiv temperaturmätning av ingående lufttemperatur indikerar systemverkningsgrad på c:a 60%. Tillverkaren uppger 70% verkningsgrad på växlarenheten under laboratoriemässiga förhållanden. I praktisk drift är återvinningen troligen lägre. Dessutom uppstår ytterligare förluster i kanaler, som är förlagda i ouppvämt vindsutrymme. Dessa ventilationskanaler är isolerade med ett lager 50 mm byggmatta som najats fast, och därvid även i viss mån tryckts ihop.

Ventilationsförluster för experimentbyggnaden beräknas och jämföres med det tänkta referenshuset med frånluftsystem.

För experimenthuset har i beräkningarna värmeväxlarnas verkningsgrad satts till 60% men osäkerheten är betydande för detta såväl som för luftomsättningen.

Referenshusets frånluftsventilation uppskattas ge 0,4 oms/h samt ha större ofrivillig ventilation än Experimenthuset nämligen 0,15 oms/h.

Kalkylerad värmeavgivning för ventilation:

$$P_{V/{}^{\circ}\text{C}} = c \cdot n \cdot V \quad (\text{W}/{}^{\circ}\text{C}) \quad c = 0,33 \text{ Wh}/\text{m}^3 \quad (\text{enl SBN})$$

$$n = \text{omsättning}/\text{h}$$

$$V = \text{Byggnadsvolym (375)} \text{ m}^3$$

	<u>Experimentbyggnad</u>		<u>Referenshus</u>
Ofrivillig	$0,1 \times 375 = 37,5$	12 W/°C	$(0,15 \times)$ 18
Mekanisk	$0,4 \times 375 = 150$	50	50
Återvinning	$60\% \times 150 = -90$	-30	-
	97,5	32 W/°C	68 W/°C

Energiförluster från ventilation under normalår med 118 000 h :

Experimentbyggnad	$118\ 000 \times 32 = 3\ 800$ kWh/år
Referenshus	$118\ 000 \times 68 = 8\ 000$ kWh/år

Till ventilationsförlusterna kommer också elenergi för fläkt, som uppmätts med kWh-mätare till 60-65 kWh/månad. (W_{flv}). Den förlustvärme, som tas tillvara från detta, medverkar till att höja tilluftstemperaturen. Den tillvaratagna energin anses vara inräknad i återvinningsuppgiften ovan.

Hur väl verkligheten ansluter sig till dessa beräkningar är svårt att bedöma. Det är tydligen vanligt att de boende i större eller mindre utsträckning stänger av sina ventilationsutrustningar, för att "det drar och förbrukar så mycket energi!"

Totala energiförbrukningen minskar förstås därmed och likaså skillnaden mellan de båda fallen.

Det kan ifrågasättas om inte normerna för minimiventilation skulle fastställas till lägre nivåer t.ex. 0,3 oms/h och praktiskt utföras så att arbetsområdet för tyristorregleringen i ventilationsutrustningen utökas neråt.

Vid jämförelse av F- och FTX-system bör också komfortskillnader vägas in, som är till FTX-systemens fördel.

6 ENERGISYSTEM - FUNKTIONSBESKRIVNING

6.1 Funktionsprinciper för Angshultsmodellen

Energisystemet har konstruerats utifrån följande principer och krav.

- o Sol- och ved skall kombineras som energikällor
- o Solvärmeambitionerna begränsas till tillförsel under den gynnsamma tiden
- o Energi korttidslagras som varmvatten
- o Energi säsongslagras som helved
- o Energikällorna avlämnar värmen i den gemensamma ackumulatorn
- o Solfångarna skall klara hela energibehovet för varmvatten och ev. uppvärmning större delen av sommarhalvåret
- o Vintermånaderna är bruttointålningen av sol så liten och omständigheterna i övrigt så ogynnsamma, att energibehovet helt baseras på ved
- o Vår- och höstperioder skall källorna samverka och automatiskt arbeta parallellt
- o Temperaturskiktningen i ackumulatorn beaktas för att öka den aktiva energimängden och därmed uppnå längre eldningsintervaller och förbättrad energiupptagning av solfångare
- o Tappvattentemperaturen säkerställs automatiskt
- o Ackumulatorvolym dimensioneras efter
 - önskade eldningsintervaller
 - önskad eldningstid per tillfälle
 - att aktiv energi skall motsvara 1 dygns behov vid - 20^o utomhus
- o Elenergi för uppvärmning används enbart som reservenergikälla

6.2 Ackumuleringsbehov, utförande, förluster

Vid framräkning av ackumulatorstorlek beräknas:

6.2.1 Ett dygns energibehov

Utomhustemperatur - 20°C
 Bostadstemperatur + 20°C
 Spillvärme, gratisenergi höjer temperatur 7°C
 Uppvärmning över värmesystem 33°C

Uppvärmning bostad	24x33x (90+32)	100 kWh
Tappvarmvatten		15 kWh
Akkumulatorförluster	(medeltemp 65°C)	15 kWh
	Totalt behov	130 kWh

Uppvärmningssystemets effektförbrukning 4 kW
 Flöde 0,36 m³/h
 Temperatursänkning $\Delta t = 4,0 / 0,36 \times 1,16 = 10$ °C

Framledningstemperatur vid -20°C 60°C
 Returvattentemperatur 50°C

Fulladdad ackumulatortemp topp 85°C
 mitt 80°C
 botten 65°C medel 80°C

"Urladdad" medel 50°C

Aktiv energi vid dimensionerande klimat

$$W = (80-50) \times V \times 1,163 = 120 \text{ kWh} \quad \text{volym } V = 3 \text{ 400}$$

Akkumuleringsvolym: Vedpanna innehåller 380 lit
 Akkumulator: välj 3 000 lit

Förbrukning under pågående uppvärmning behöver naturligtvis inte ackumuleras, varför eldningsstiden 5-8 tim ökar eldningsintervallet till c:a 30 tim.

I praktiken har under mätperioden laddning av ackumulatören aldrig behövt göras oftare än varannat dygn. Under mätperioden okt -80 till sept -81 har ackumulatören laddats vid 8 eller 9 tillfällen per månad under de 4 vintermånaderna.

Som regel har ju ackumulatören kunnat laddas ur till betydligt lägre temperatur än som angivits ovan. 30-45 °C är normala värden. Se typisk laddnings- och urladdningskurva i avsnitt 7.3 och 7.8 samt kurva för reglering av framledningstemperaturen i avsnitt 7.6

6.2.2 Solvärmeackumulering - optimering

Solfångares behov av ackumulering beskrivs t.ex. i ref. 1 (figur 5.6) Volymen över 75-100 liter ackumuleringsvolym / m^2 solfångaryta medför mycket begränsad ökning av solfångarnas täckningsgrad av årets energi-behov.

En ansats kan göras till ekonomisk (sub-)optimering av ackumulatorstorlek för fastställd solfångaryta ($23 m^2$) där ökning av solvärmens nyttjande vid ökad ackumuleringsvolym ställs mot den ökade anläggningskostnaden.

I figur 6.1 har marknads prisnivåer på ackumulatorer av varierande volym från 6 olika tillverkare inritats. Tjockare kurvan är en av detta konstruerad "typisk" marknadspris-kurva.

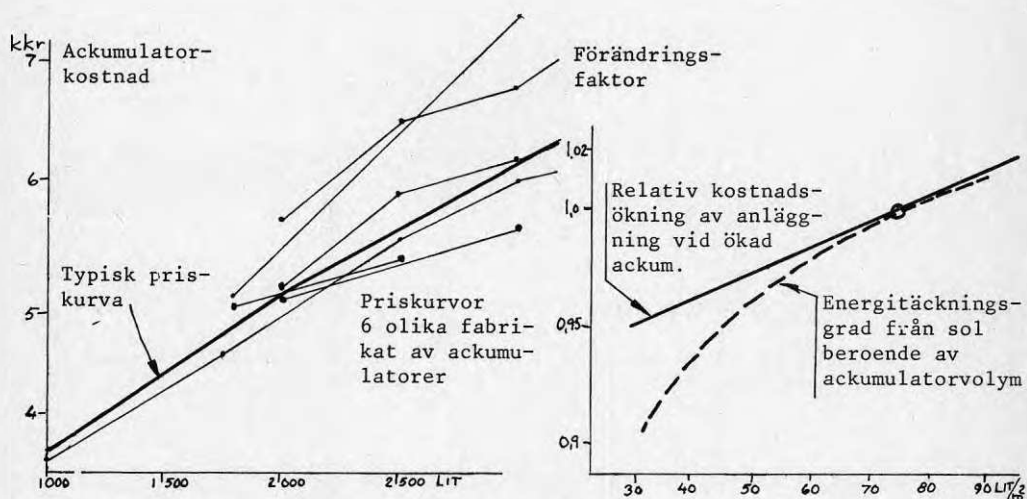


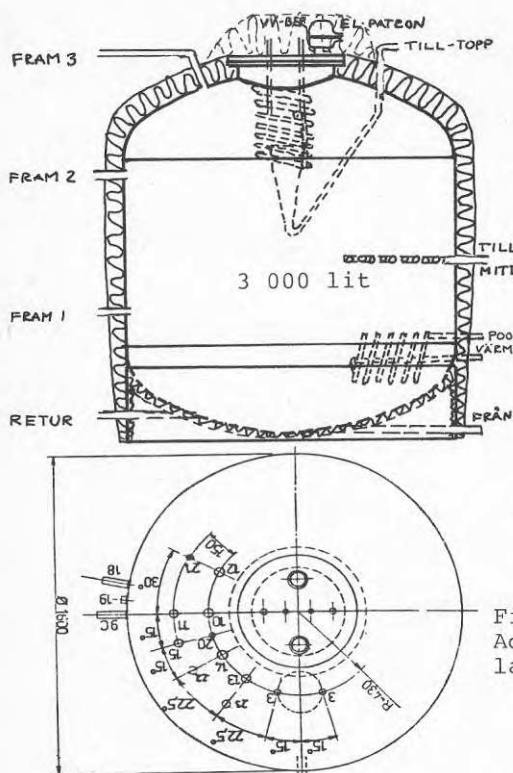
Fig 6.1 Ackumulatorers marknadspris med volymberoende

Fig 6.2 Jämförelse ökning täcknings-grad solvärme med ökning systemkostn

I fig 6.2 avsättes den typiska marknadspris-kurvan såsom den relativa kostnadsökningen för den totala solvärmeanläggningen jämfört med den relativa ökningen av energitäckningsgraden för anläggning av denna storlek enl. ref 1 fig 5.6. Övriga kostnader anses oförändrade och förutsättes i detta optimeringsexempel vid solfångaryta $23 m^2$ vara 30 000 kr utöver ackumulator.

Här erhålles optimum vid volym c:a $80 lit/m^2$. Vid högre total anläggningskostnad ligger optimum på större volym. Dock torde inte optimal ackumulator-volym vid befintlig solfångaryta överstiga den som valts i experimentanläggningen.

6.2.3 Akkumulatorutförande



Akkumulatoren är specialbeställd och försedd med anslutningar R 1" för ledningar och R ½" för givarfickor för temperatur-indikering och temperatur-givare för reglerutrustning.

De två tilloppen från värmekällorna har anordningar för att förbättra skiktningen. (se vidare skiktning 7.5 nedan) Övre tilloppet mynnar i en uppåtvänd trutt med toppvinkel 13° för att åstadkomma laminär strömning. Val av toppvinkel baseras på provresultat från lab. Parca Norrahammar. Tilloppet vid mitten är ett halvmeterlångt rör försedd med många hål, som är horisontellt riktade. Tillverkare av akkumulatorertank är AB Nibeveren.

Fig 6.3
Akkumulator

Elpatroner 2 och 6 kW är installerade som reservvärme och har hög placering för att bara värma övre delen. De har inte använts under mätperioden.

Värmeväxlarbatteri dels för tappvatten dels för överskottsvärme till utomhusbassäng består vardera av 2x8 m kamrör 22, total ytteryta 4 m²/batteri.

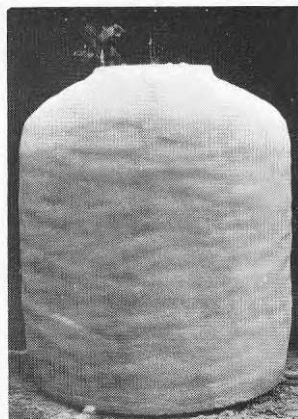


Fig 6.4 PUR-isolering

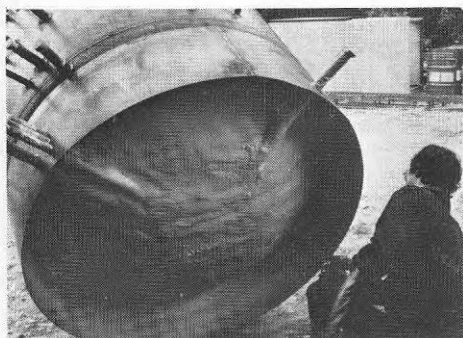


Fig 6.5 Friskumning av akkumulator

Akkumulatoren är isolerad med polyuretanskum, som sprutats direkt på mantelytan. Medeltjockleken är 10 cm fördelat i ett tjockare lager uppe och tunnare längre ner.

Genom friskumningen har isoleringen blivit så effektiv som möjligt mellan alla anslutningar - totalt 30 st. 10 cm PUR-skum motsvarar isolerresultatet vid c:a 20 cm mineralull mellan reglar.

6.2.4 Ackumulatorförluster

Akkumulatorns teoretiska förlusteffekt beräknas:

$$p = A \times \lambda / d \quad \text{W/}^{\circ}\text{C} \quad \text{där } d = 0,1 \text{ m isolertjocklek}$$

$$\lambda = 0,025 \text{ PUR-skum}$$

$$A = 12 \text{ m}^2 \text{ ackum. mantelyta}$$

$$\underline{p_t = 3 \text{ W/}^{\circ}\text{C}}$$

Akkumulatorns totala energiläckage visar sig dock vara betydligt större än det teoretiskt beräknade.

För att närmare undersöka detta har avsvälningssförloppet registrerats vid vilande ackumulator. Mätningar återges i fig 6.6 tillsammans med framräknad medeltemperaturförändring.

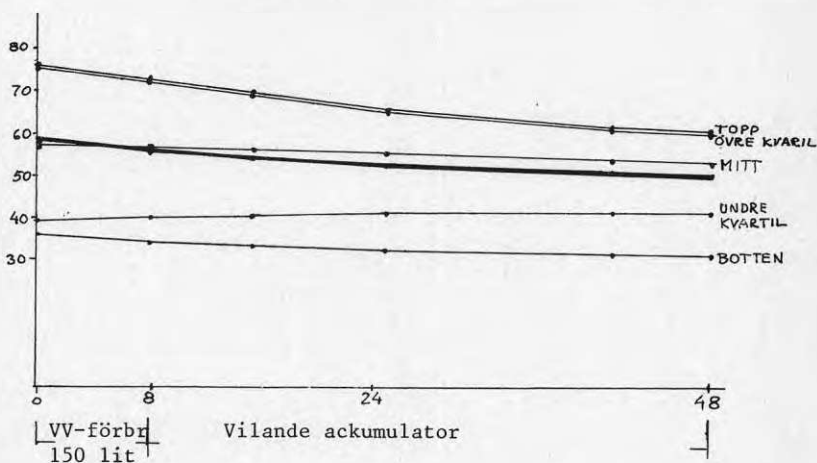


Fig 6.6 Ackumulators avsvälning (omgivningstemp +12°C)

Under 40 timmar (timme 8-48) har medeltemperaturen sjunkit från 55,25 - 50,13 °C utan energiuttag. Omgivningstemperaturen var 12°C.

Akkumulatorns minskade energinnehåll beräknas utan att ta hänsyn till förändring i specifikt energinnehåll för vatten då felet är marginellt jämfört med annan bristande noggrannhet.

$$p_v = \frac{V_a \cdot \Delta t_a \cdot 1,163}{h}$$

p_v = verklig förlusteffekt

V = ekvivalent vattenvolym
(vatten 3000 lit,
stålackumul. 550 kg)

$$p_v = \frac{3060 \cdot 5,12 \cdot 1,163}{40}$$

$$p_v = 450 \text{ W}$$

Δt_a = temperatursänkning medel

h = 40 tim

$$\underline{p_v = 11 \text{ W/}^{\circ}\text{C}}$$

temperaturskillnad mot omgivn 40°C

Det visar sig alltså att mer än 2/3 av förlusterna hittar andra vägar ut än genom isoleringen, i första hand genom strålning från anslutningar, ventiler mätare etc, som inte kunnat isoleras. Rören till och från ackumulatören var heller inte isolerade under de första månaderna av mätperioden, varför värmespillet var än större då.

Som jämförelse kan nämnas att denna ackumulatör har förluster som är c:a 40% större än vad som redovisas för ackumulatör på 1000 liter som undersökts på KTH enligt ref 6.

Direkt avskräckande är förlusterna från mindre ackumulatörer för sol-tappvattenanläggningar som undersökts av DTH och redovisas i ref 3. Medeltemperaturfallet på 24 tim uppgår till c:a 10 - 15 °C.

Även för här redovisat experimentsystem finns anledning att förbättra ackumulatörens isolering. Fogskum på anslutningar och andra oskyddade metall-detaljer borde ge märkbar förbättring.

Vid temperaturskillnad mot rummet om c:a 40° uppgår spillvärmerna från ackumulatören alltså till c:a 10 kWh/dygn. Under uppvärmningssäsongen är detta ingen direkt nackdel i experimentanläggningen, då energin kommer till nytta i ekonomibyggnaden.

Sommartid däremot, då solfångarna så långt som möjligt skall hålla med tappvatten under regniga perioder, nedsättes möjligheterna betydligt. Energiförlusterna från ackumulatören är ju av samma storleksordning som värmebehovet för tappvatten. Elberedaren (se 6.5 nedan) får därför arbeta så mycket mer.

Med mindre ackumulatörförluster hade solfångarytan kunnat minska med bibehållet totalt solenergiutnyttjande.

6.2.5 Expansionskärl

Expansionskärlet, som är av öppen typ och anslutna till ackumulatören medverkar förstas till att höja förlusterna. Det uppvärmda vatten som undanträngs vid uppladdning avger sin värme. Dessutom kan eventuellt dubbelcirkulation förekomma, så att det avsvalnade vattnet i expansionskärlet sjunker tillbaka ner i tanken och ersätts med varmt vatten, som vill stiga uppåt.

6.3 Solfångare och värmeväxlare

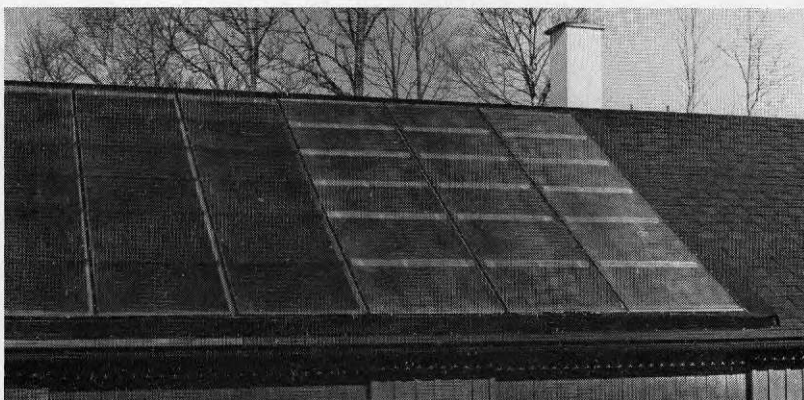


Fig 6.7 Solfångaryta

Solfångarna har en total yta av 23 m^2 och är placerade på ekonomibyggnadens tak SV-vänt 40° och har 34° lutning. De består av två varianter typ GM (vänster på bild ovan) och TRIMCO och har 12 resp 11 m^2 totalyta varav absorбатыtan är $10,9$ resp $10,7 \text{ m}^2$. Båda varianterna är prototyputförande med uppbyggnad avsedd att ge en mer prisvärd solfångare än de som finns på marknaden genom att uppnå medelgoda prestanda till låga kostnader. Utvecklingsarbetet samt utvärdering av detta är ej slutfört men har i stort sett gett önskade resultat. Särskilt har solfångare typ TRIMCO bearbetats, som vid industriell produktion förväntas hamna på c:a 40 % lägre kundpris än vad som vanligen förekommer i klassen.

Varianterna är båda försedda med Gränges absorbatör Sun-Strip med selektiv yta och täcks av plastmaterial. De är även konstruerade för att hålla nere den termiska massan och få snabba reaktioner på korta solglimtar. De båda varianterna skiljer sig från varandra genom den mekaniska uppbyggnaden av ramkonstruktion, isolering etc. Vad avser insamlad energi har de båda varianterna närliggande resultat. Varianten TRIMCO har c:a 5 % bättre insamling och visar också den klart snabbaste temperaturökningen vid solstart.

Under mätperioden 12 mån har solfångarna startat 229 dagar. Dock har ofta helt obetydliga energimängder överförts. Att diffus solstrålning även samlas in illustreras av att solfångarna startat alla dagar utom åtta under perioden 1 april - 10 sept 1981.

Solfångarna arbetar i en primärkrets med frostskyddad vätska (vatten + 45% etylenglykol) Trots detta har isbildning uppträtt i systemet - dock utan sönderfrysning. Isen har kunnat konstateras genom att manometern visat förhöjt tryck, och då har heller inte cirk.pumpen förmått driva runt vätskan. Manuellt har pumpen startats vid några tillfällen vintertid för att minska risken för att glykol och vatten skiktat sig efter bildning av iskristaller.

Den insamlade värmen har överförts till ackumulatorn med en plattvärmväxlare av nyutvecklad typ (CB 25 från ALFA LAVAL) med mycket liten vätskemängd - 0,3 l

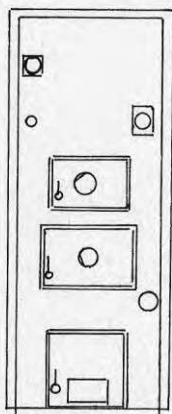
Hela primärkretsen för solvärme med absorbatörer, värmväxlare, expansionskärl och ledningar innehåller totalt inte mer än 16 liter vätska. Tillsammans med att solfångarnas termiska massa hållits nere, har ett mycket snabbt solfångarsystem erhållits.

Solfångarytan med plasttäckning ger i solsken ett mörkt intryck medan den i övrigt ser ljus ut. Jämför foto fig 6.7 och 6.8.



6.4 Vedpanna

En panna helt konstruerad för vedeldning har valts med följande data:



Princip	underförbränning
Effekt	c:a 25 kW
Eldstad	volym 128 lit för ½-metersved
Vattenvolym	380 liter
VV-beredare	batteri användn. se ned.
Elpatron	utnyttjas ej
Typ	EGOR V25

Fig 6.9
Vedpanna

Pannan innehåller sådan utrustning, som ej behövs för aktuellt system och snarare är till nackdel vid ackumulatoranslutning. Den stora vattenvolymen gör att onödigt lång tid går åt för egenuppvärmning av pannan innan överföring av värme till pannan startar, (se laddningskurva under avsnitt 7.3 nedan. och att restförlusterna ökar.

Pannans shunt nyttjas inte. Varmvattenberedaren används för förvärmning av tappvatten. Därmed kan större del av pannans restvärme tas tillvara efter eldning. (se vidare 6.5 tappvatten nedan)

På senare tid har ett flertal panntyper kommit ut på marknaden, som är direkt konstruerade för ackumulatoreldning. Dessa har små vattenvolymer och får därmed mindre förluster. Dessutom saknas beredare och shunt, vilket sänker priset.

Akkumulatören kan normalt tömmas till betydligt lägre temperatur än vad som gäller vid dimensionerande temperatur. Därför har c:a 200 kWh kunnat tillföras vid varje eldningstillfälle, vilket innebär totalt 8-12 timmars drifttid för pannan.

Under en uppladdningscykel har pannan fyllts med ved c:a 3 ggr samt setts till ytterligare ett par gånger under de första 5-7 driftstimmarna. Som ovan angivits har under 12 månaders mätning pannan braseldats 49 ggr vilket totalt inte kräver mer än att en stor del av egnahemsägare kan vara tilltalade av systemet. Attitydundersökning har inte gjorts.

För att minska förlusterna mellan eldningstillfällena stängs spjäll i rökrör och sekundärluftventil manuellt samt dragluckan automatiskt mellan varje eldning.

Vid analys har pannan grundjusterats och rökgasförluster uppmätts till 17-20 %. Genom att pannan får arbeta i sitt gynnsammaste område, blir verkningsgraden relativt sett hög och jämn.

Hur verkningsgraden för den aktuella pannan påverkas av effektuttaget redovisas i verkningsgradskurva fig 6.10. Denna baseras på laboratiemätningar med kompletterande beräkningar utförda av tillverkaren. Resultatet från mätningar inom projektet avviker negativt från dessa verkningsgradsuppgifter, vilket redovisas i 7.4. Principiellt måste dock en högre panneffekt ge en bättre verkningsgrad.

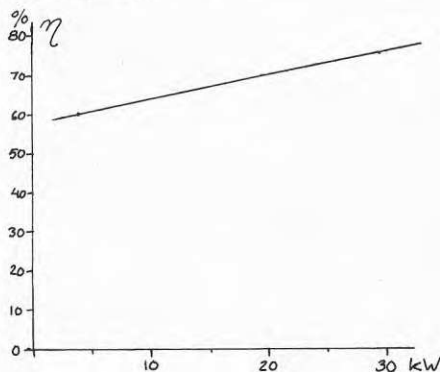


Fig 6.10
Verkningsgradens beroende
av pannans effekt.

Fortfarande finns det en stor förbättringspotential för pannornas utnyttjande av vedenergin. Vid vedeldning påverkas förbränningen av ett antal parametrar, som inte utan vidare låter sig optimeras. Sådana parametrar är t.ex. vedens beskaffenhet som kvalitet, fukthalt och storlek samt väderbetingelser som påverkar självdraget.

För att uppnå betydande förbättringar måste förbränningsrummet vara så konstruerat att tillräckligt hög temperatur för fullständig förbränning kan uppnås. Mekanisk tilluft samt styrutrustning som kan kontrollera och reglera lufttillförsel för att få lämpligt syreöverskott vid förbränningen borde också införas.

6.5 Tappvarmvatten

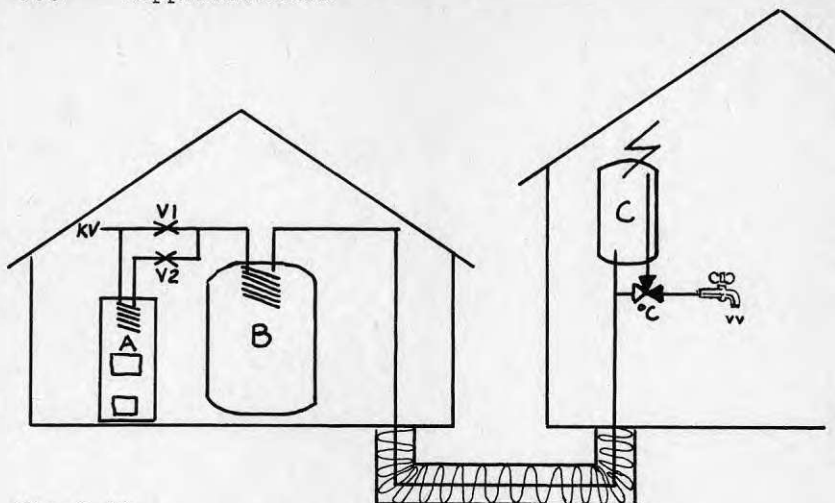


Fig 6.10
Tappvattenberedning

Beredning av tappvarmvatten sker i tre steg A - B - C.

Den huvudsakliga uppvärmningen sker i B i VV-batteriet i ackumulatorns övre del. För att undvika skållningsrisk begränsas vattentemperaturen till 55°C genom termostatblandare.

Kallvattnet leds dock först in genom vedpannans batteri för förvärmning (A). Därmed utnyttjas restvärmen i pannan och förlusterna genom egenavsvälning av pannan minskar. Under säsongen då vedpannan inte används är ventil V2 stängd och V1 öppen, för att undvika att pannans temperatur blir lägre än omgivningens. I annat fall skulle kondensskador kunna riskeras.

Genom att produktion och förbrukning sker i olika byggnader installerades VV-cirkulation från början. VVC-pumpen förbrukar dock 60 W, d.v.s. 1,5 kWh/dygn och har störande ljud i pannrum. Funktionen ersattes därför av följande, som har flera fördelar.

En mindre elektrisk varmvattenberedare (NIBE EVH 60) har installerats vid VV-fördelning i bostaden. Denna (C) har påmonterad termostatblandare och har tomgångsförluster på c:a 1,3 kWh/dygn. Det vatten, som avkylts i kulverten, släpps inte fram genom termostatblandaren utan leds in i beredaren för tilläggsuppvärmning. Dessutom säkerställs automatiskt på samma sätt temperaturen på varmvattnet till inställt minimivärde 45° i de fall då ackumulatortemperaturen är för låg för att avge rätt temperatur. Denna säkerhet för komforten medför också att ackumulatortemperaturen kan tillåtas sjunka i avvaktan på väder, som ger solvärme.

7 DRIFT AV ENERGISYSTEM

7.1 Flöden och reglersystem

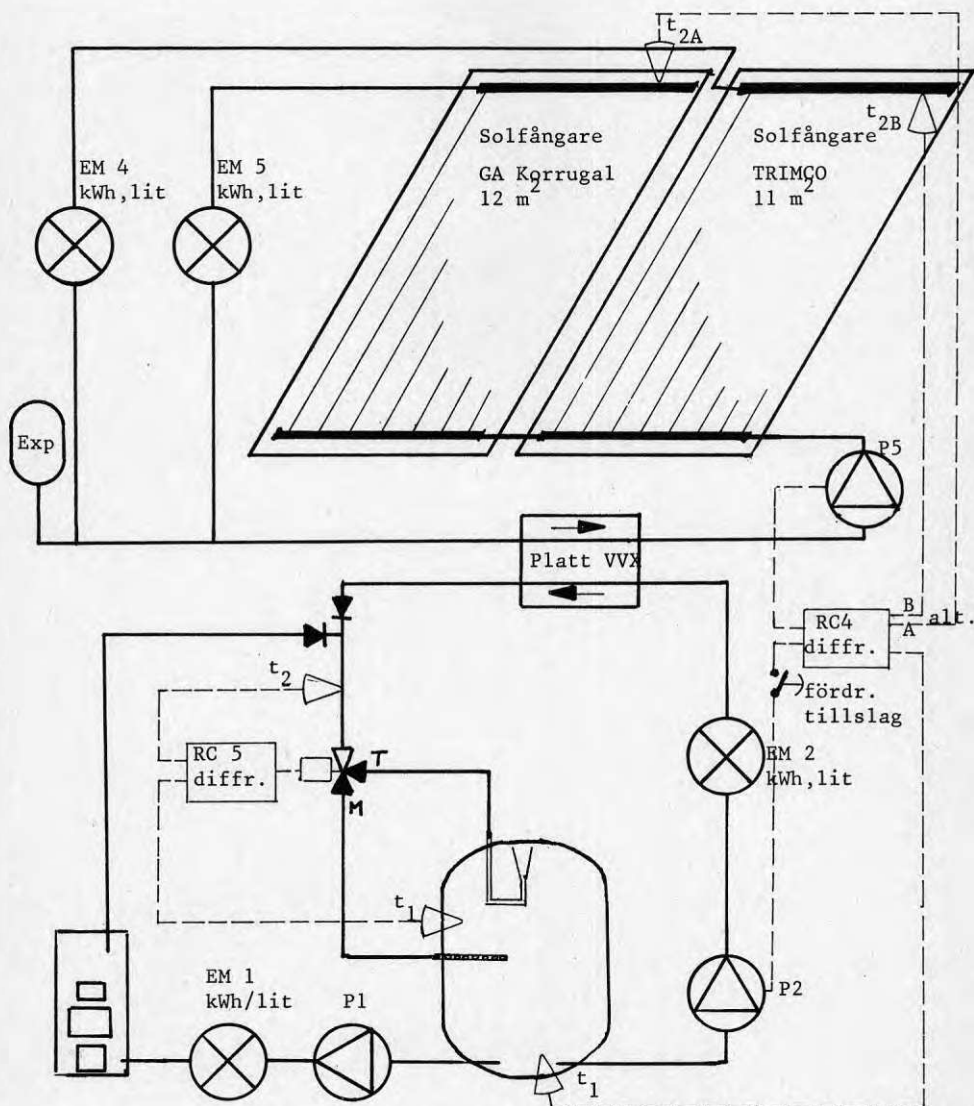


Fig 7.1
Energikällor med tillförsel till ackumulator
Flöden, regler- och mätutrustning

7.2 Solvärmeutrustning

De båda solfångardelarna har gemensam cirkulationspump (P5) med inreglerad vätskeström $0,47 \text{ lit/min}\cdot\text{m}^2$ absorbatoryta. Temperaturgivare t_{2A} och t_{2B} har monterats mot samlingsrören inuti de båda solfångardelarna. Signalerna från dessa kan jämföras och alternativt anslutas till differensrelä (RC4). Temperaturgivare t_1 är införd i dyrör vid ackumulatorns botten.

Cirkulationspump P2 i sekundärkretsen regleras också av differensrelä RC4, men är kopplad över tillslagsfördröjning. Vätskan i primärkretsen får först cirkulera och därmed fördela värmen i solfångarna innan avtappning börjar.

Energiverkningsgraden från solfångarna redovisas i tabell bil 1. Månadsmedelvärdena uppgår till max c:a 30 % av global solstrålning på sydvänd yta med samma lutning. Verkningsgraden är givetvis starkt beroende av ackumulatorns laddningsnivå och därmed också förbrukningen av värme. Det bör därför vara rättare att tala om utnyttjningsfaktor. Förhållandet märks tydligt på dygnsavläsningarna. Urladdad ackumulator har tillförts upp till 80 kWh under första solskensdagen. Om solskenet fortsätter uppnås måttnad efter några dagar och insamlingsresultatet motsvarar förbrukning och förluster c:a 20 kWh.

7.3 Vedeldning

Pannan eldas med konstant öppning av draglucka och sekundärluftsventil i avsikt att uppnå gynnsammaste förbränningsförhållande. Detta är ordnat genom att dragluckan är upphängd i en fjäder i dragregulatorns kedja och har en inställbar spärr, som justerats för största tillåtna öppning. Först vid panntemperatur på mer än 90° begränsar dragregulatorn lufttillförseln för att förhindra kokning.

För att säkerställa att den producerade värmen kan pumpas över till ackumulatorn, är pumpen inställd på ett större flöde än pannan under större delen av laddningscykeln förmår värma upp. Pumpen arbetar därför intermittent och styrs över termostat (t_{11}) med normalt arbetsområde $75-85^{\circ}$. Först när temperaturen på tillflödet uppnår $50-60^{\circ}$ förmår pannan hålla uppe sin egen temperatur över termostatsens frånslagsgräns och pumpdriften blir kontinuerlig. Panntemperaturen kan därefter närma sig det läge då dragregulatorn reglerar ner, om pannan fortfarande innehåller mycket bränsle. Normalt brukar eldningen avslutas vid denna nivå.

Vattenflödet genom pannan har ställts in på 12 lit/min som vid panneffekten 25 kW ger c:a 30° uppvärmning.

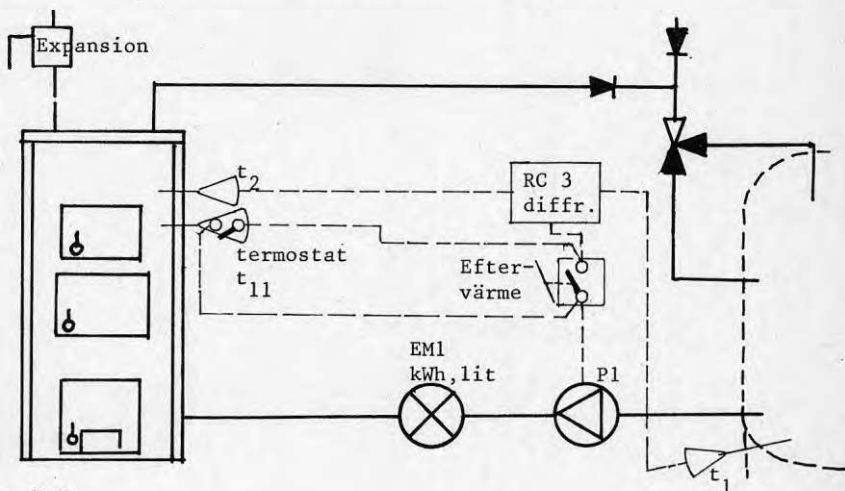


Fig 7.2
Reglering av pannvattencirkulation

Differensregulator RC 3 är installerad för att avkänna temperaturförhållandet mellan pannans övre del och ackumulatorbotten. Vid positiv temperaturskillnad går signal till pumpen P1 att starta förutsatt att pannan har önskad driftstemperatur, vilket avkännes med termostat t_{11} . Under huvuddelen av eldningscykeln reglerar alltså termostaten panntemperaturen, som normalt hålls på c:a $75-80^{\circ}$.

Termostat t_{11} kan förbikopplas genom att strömbrytare "EFTERVÄRME" ställs om till läge "TILL". Detta utföres i slutet av förbränningscykeln varefter vattnet får cirkulera genom pannan så länge det finns mer värme att hämta - även efter det att elden är utbrunnen - d.v.s. så länge differensregulatorn känner av en positiv temperaturskillnad mellan panna och ackumulator.

Cirkulationspumpen kan åter starta efter signal från differensregulatorn i händelse ackumulatorns botten-temperatur (vid stor värmeförbrukning) sjunker snabbare än pannans.

Stömbrytare "EFTERVÄRME" ställs i 0-läge före nästföljande eldningstillfälle.

Själv-cirkulation i pannkretsen förekommer inte, vilket kan kontrolleras genom avkänning av ledningarnas temperatur.

Om det utifrån ekonomiska värderingar är försvarbart med differensreglering må diskuteras. Värdet av den extra energi som tillvaratas får ställas mot investeringskostnaden.

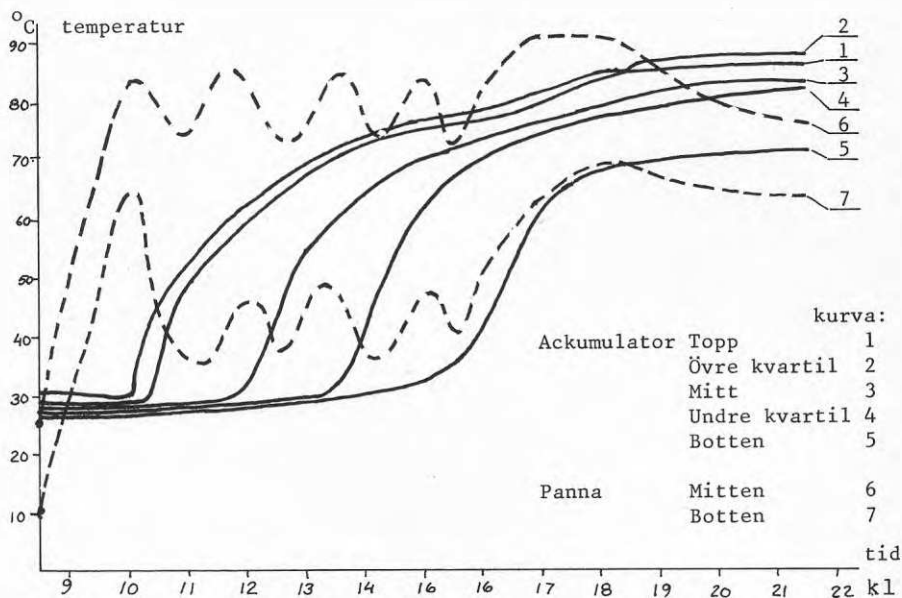


Fig 7.3
Typiska temperaturkurvor i ackumulator och panna
Ackumulatorns uppladdningscykel vid vedeldning
Förbrukning pågår för VV och bostadsuppvärmning

7.4 Vedförbränning - verkningsgrad

För att beräkna vedeldningens verkningsgrad beräknas energiinnehållet i veden.

Effektivt värmevärde i ved

fukthalt 0 %	5,25 kWh/kg	5,25 kWh/kg _{TS}
25 %	3,80 kWh/kg	
30 %		4,7 kWh/kg _{TS}
50 %	2,3 kWh/kg	4,5 kWh/kg _{TS}

(Effektivt värmevärde i eldningsolja 11,6 kWh/kg)

Veds densitet vid 0% fukt	400-600 kg _{TS} /m _f ³
25% fukt	475-700 kg _{TS} /m _f ³

Ved travas kapad i ½-m längd

Fastmasseandel uppskattas till 70%

Vikt av travad blandved med 25% fukthalt $\approx 400 \text{ kg/m}_t^3$

Kontroll av detta har gjorts vid ett tillfälle

med fukthalt 22%. Kapat i ½-m, vikt travad 425 kg/m_t^3)

Normalt effektivt värmevärde $3,8 \times 400 = 1\,520 \text{ kWh/m}_t^3$

Bestämning av verkningsgrad av vedeldning för hel eldningscykel:

Pannans vatteninnehåll	380 lit
" vikt 360 kg motsv värmeekv. vatten	<u>30 lit</u>
	410 lit

	Mätning	1.	2.
		(80 kg)	(70 kg)
Förbrukad ved			
Fukthalt 22 %			
Energiinnehåll 3,95 kWh/kg		<u>316 kWh</u>	<u>277 kWh</u>
Överförd till ackum. (EM2)		170	155
Ökning av energi i panna		+ 20	+ 24
starttemp °C	(15)	(18)	
sluttemp °C	(56)	(68)	
Utnyttjande av restenergi			
- över till ack. (diff.relä) 4			6
- upptas av VV-ber. i panna 9			10
Restförluster i panna		<u>- 7</u>	<u>- 8</u>
Nyttig energi		183	171
Totalverkningsgrad för eldningscykel		58%	62%

Vid mätning 2 passades panna noga och rökgastuber rengjordes upprepade gånger under eldningen.

Medelverkningsgraden under mätperioden sätts till 0,6

Mot detta kan ställas resultat vid rökgasanalys vid full drift varvid verkningsgraden av tillverkaren genom jämförelse med tomgångsförluster vid oljeeldning beräknas till 70 %. Ytterligare förluster måste alltså förekomma, som inte är utredda. Om man ej tar hänsyn till restförluster i pannan ökar medelverkningsgraden i de två fallen till 60 resp 65%. I eldningens startförlopp är sannolikt verkningsgraden lägre, vilket drar ner medeltalet. Likaså kan ifrågasättas om lufttillförsel till pannan ligger på optimal nivå under efterförbränningskedet, eller om stort luftöverskott kylar ner rökgaserna onödigt.

Om utrustning för omhändertagande av restenergi i pannan efter eldning inte är inrättad ökar restförlusterna. Verkningsgraden vid de två mätningarna ovan skulle därmed kunna sjunka till neremot 55%.

Förhållandet förbättras givetvis om vedpannan innehåller så lite vatten som möjligt. Nya panntyper särskilt avsedda för ackumuleringseldning innehåller betydligt mindre vatten, c:a 100 - 200 liter.

Systemverkningsgraden för vedeldningsdelen är självfallet starkt beroende av pannans egenskaper. Vid eldning under beskrivna förhållanden, som får ske helt på pannans villkor, borde verkningsgraden kunna ligga betydligt högre. En förutsättning för detta är att förbränningsrummet är utfört så att en fullständig förbränning uppnås.

För att utvärdera nyttan av braseldning och ackumulering måste som jämförelse mätvärden från praktisk drift vid traditionell vedeldning finnas. Vi har inte kunnat finna, att sådana undersökningar har utförts, och kan därför heller inte med önskvärd säkerhet beräkna förbättringspotentialen.

Den verkningsgrad, som vi anger för referenshuset, som jämförelse, är en ren uppskattning utifrån tillverkarens verkningsgradskurva vid olika effekter. För denna traditionella vedeldning har vi satt medelverkningsgraden för året till 50% - en siffra som vi inte har något dokumenterat stöd för.

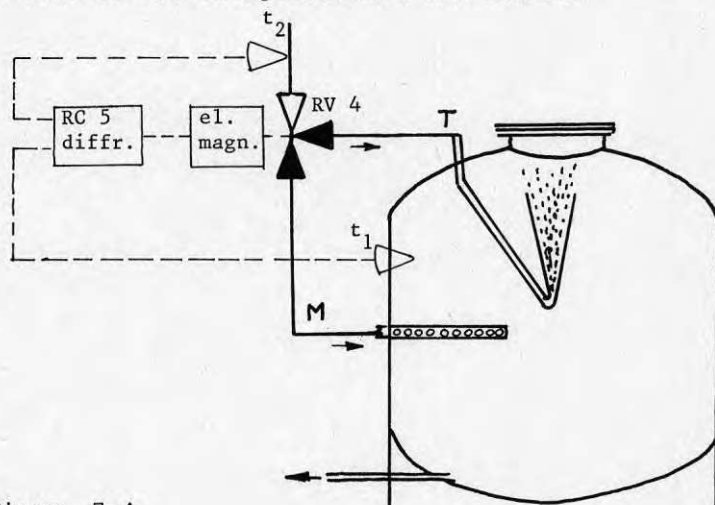
För att få goda förbränningsförhållanden fodras också lämplig eldningsteknik. Inte heller inom detta område har vi funnit användbara utredningar. Vi har däremot fått intryck av att det sätt vi av bekvämlighet använder - tillförsel av stora vedmängder vid få tillfällen - inte är helt lyckat, genom att härden kyls ner till en temperatur, som är för låg för att få en effektiv förbränning.

Förbränningsteknik borde klarläggas genom forskningsinsatser.

7.5 Skiktning i ackumulatortanken

Vattenflödena från vedpannan och solvärmeväxlare kopplas samman till gemensamma tillopp i ackumulatortanken. Utrustningen fungerar också för samtidig drift av båda energikällorna.

Tillförseln till ackumulatortanken har två alternativa tillopp, som genom 3-vägsventilen RV4 'Automatisk Skiktning' leder in det uppvärmda vattnet alternativt i toppen eller i mitten av ackumulatortanken. Den elektromagnetiskt påverkade 3-vägsventilen med bistabil funktion styrs av differensrelä RC 5. Temperaturgivarna till RC 5 känner dels av temperaturen på inkommande vatten dels ackumulatortankens temperatur på 2/3-höjd. Är det inkommande varmare släpps det in i toppen (T) i annat fall i mitten. Därigenom undviks att svalare vatten t.ex. från eftervärme i panna eller från solfångare sänker temperaturen på vattnet högst upp i tanken. Skiktningen förstärks därmed, och samkörning mellan de två energikällorna förbättras.



Figur 7.4
Reglering av skiktningens funktion vid värmertilförsel.

Någon manuell omkoppling för att motta energi från de båda källorna behöver alltså inte göras. Samtidig drift är alltså intet hinder och förekommer vid enstaka tillfällen. Då solen delvis klarar behovet, eldas vedpannan som komplettering. Ackumulatortanken fulladdas därvid inte utan vattnet i nedre delen behålls vid låg temperatur, för att säkerställa att solfångarna ger bra utbyte.

Skiktningen som åstadkommes är också mycket stabil och man märker ingen tendens till omblandning i tanken genom inre flöden.

7.6 Värmetillförsel till bostad - reglering

Bostadshusets uppvärmning baseras på traditionella principer med vattenburen värme i enrörssystem fördelade på 4 slingor med CU-rör 12/10 och 15/13. Konvektorerna är dimensionerade för temperaturerna 60/50 vid utetemp - 20°C. Totalt flöde 340 lit/h som med trimventiler placerade vid fördelningen balanserats mellan de olika slingorna för att uppnå jämn temperatur i bostadens olika utrymmen. Termostatventiler reglerar ner värmetillförseln, då annan värme tillförts utrymmet t.ex. solinstrålning från fönster, personer eller hushållsel.

Värmerören (mjuka CU 22) är förlagda i kulvert mellan ekonomibyggnad och bostad har isolerats med PUR, som skummats på platsen. Medelisolertjockleken är c:a 20 cm. Isoleringen förefaller vara mycket effektiv. Ingen tendens till högre temperatur på marken vid kulverten kan konstateras.

Temperaturen på radiatorkretsens framledning styrs genom shuntautomatik med utomhusgivare, framledningsgivare samt termiskt ställdon. En nyutvecklad 5-ports-shunt, vars funktion beskrivs nedan sköter blandningen av framledningvattnet.

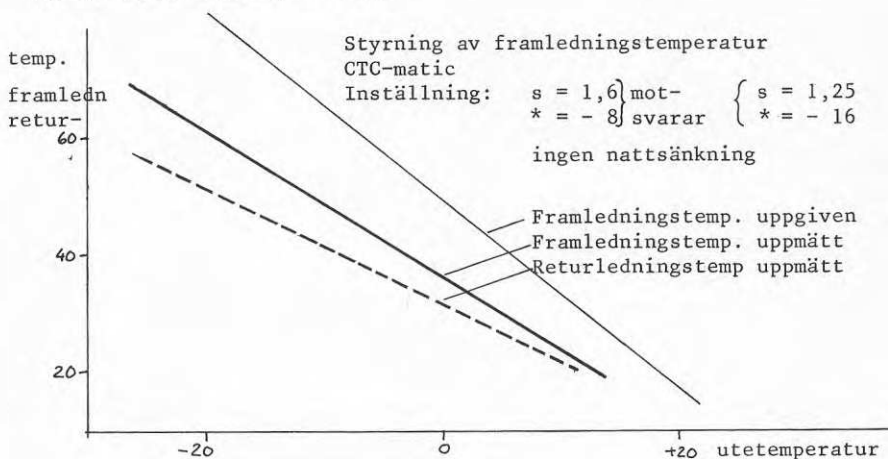


Fig 7.5
Framlednings- och returledningstemperatur, är-börvärde

Temperaturkurvan på reglerenheten inställes så, att framledningstemperaturen korreleras till en viss utetemperatur - i vårt fall +20°C - samt reglerkurvas lutning - i vårt fall 1.25. Genom kontroll av framledningstemperaturen har konstaterats en inte obetydlig felreglering, som korrigerats. Beräknad inställning på 'k+sx' var (-16)+ 1,25x men har behövt ändras till (-8)+1,6x för att få rätt resultat. Efter inställning har uppmätt temp. på framledning följt reglerkurvan väl.

7.7 Dimensionerande ackumulatortemperatur

Med den valda framledningstemperaturen $+60^{\circ}\text{C}$ vid -20°C utomhus är det enbart mycket kort tid under året, som värmesystemet kräver högre temperatur än vad som behövs för tappvattenberedning (kurva C i figur nedan) I figuren har dygnsmedeltemperaturen inritats i en varaktighetskurva, som visar hur stor del av året, som framledningstemperatur över en viss nivå krävs (kurva A) Figuren visar också vilka dygnsmedeltemperaturer som förekommit de dagar (229 st), som solfångarna tillfört värme. (kurva B)

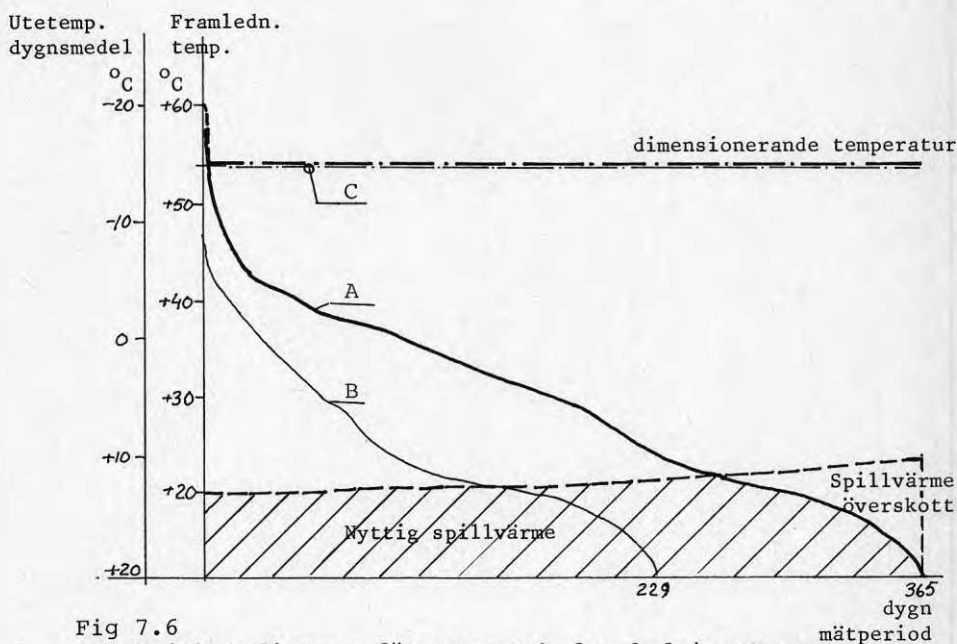


Fig 7.6

Varaktighetsdiagram för ute- och framledningstemperatur
Temperatur- och effektbehovsberäkning

Spillvärme förmår hålla bostaden på 20° vid utetemperatur på c:a $11-13^{\circ}$. Variationen beror främst på passiv sol. Spillvärme och hög utetemperatur tillsammans ger övertemperatur i bostad enligt diagram.

Kurvorna förutsätter att full dygnsutjämning kan ske, vilket inte är helt korrekt.

Det framstår här som det viktiga, att den övre delen av ackumulatorn kan hållas kvar på hög temperatur, så att temperaturen på tappvattnet säkerställs. Vi finner skiktningfunktionen betydligt viktigare än ett utpräglat lågtemperatursystem för värmen.

7.8 Styrd akkumulatorurladdning

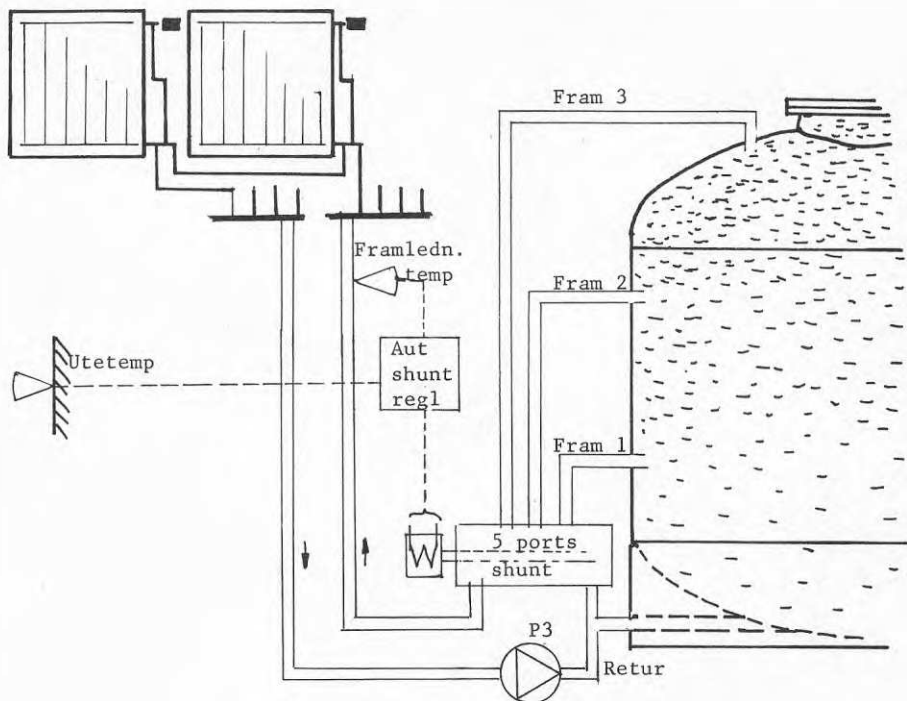
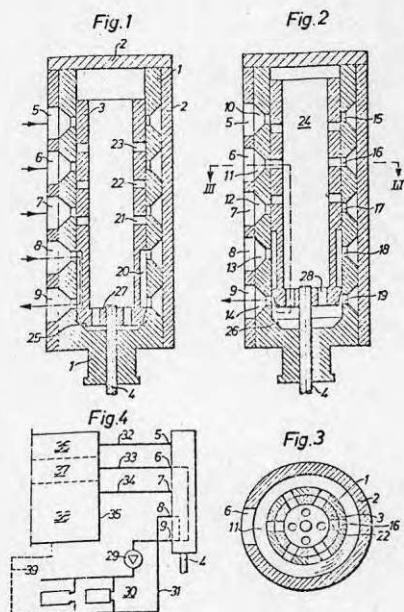


Fig 7.7
Uppvärmningssystem med framledningsreglering

System för värmeförsörjning och reglering framgår av ovanstående figur.

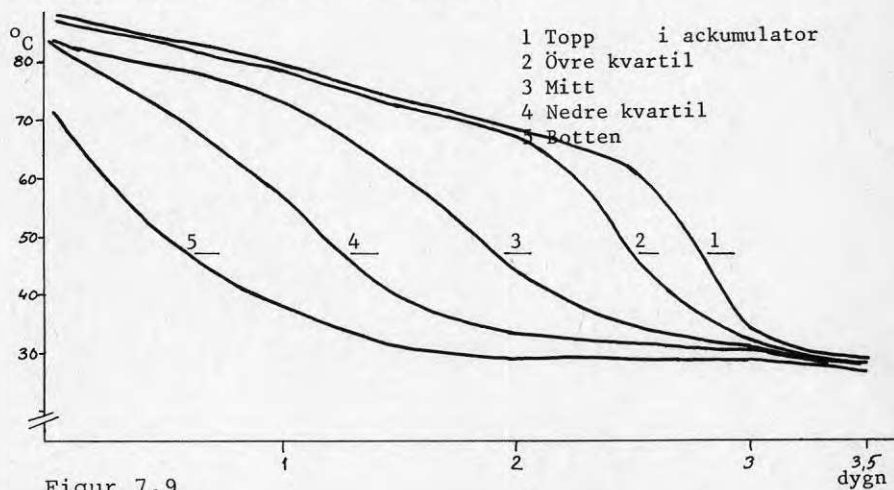
För att bibehålla och förstärka temperaturskiktningen i akkumulatortanken hämtas vatten från lägsta möjliga nivå i tanken, som kan erbjuda den temperatur som i varje läge behövs för uppvärmningen. Detta utföres genom att en av CTC nyutvecklade 5-portssshunt (fig 7.8) tillföres vatten från returledning och tre olika framledningsuttag. Shunten blandar samman vattnet ur två av tillloppen i taget till lämplig framledningstemperatur bestämd av reglerenheten i standardutförande. Det termiska styrdonet också i standardutförande påverkar shuntens kolv (4) som skjutes så att de olika portarna successivt öppnar.

En mycket god reglerfunktion har erhållits med stabil framledningstemperatur och effektiv tömning av akkumulatorns värme med början nerifrån.



Figur 7.8
5-portsshunt med
kolv för påverkan
av termiskt styrdon
Uppfinning CTC

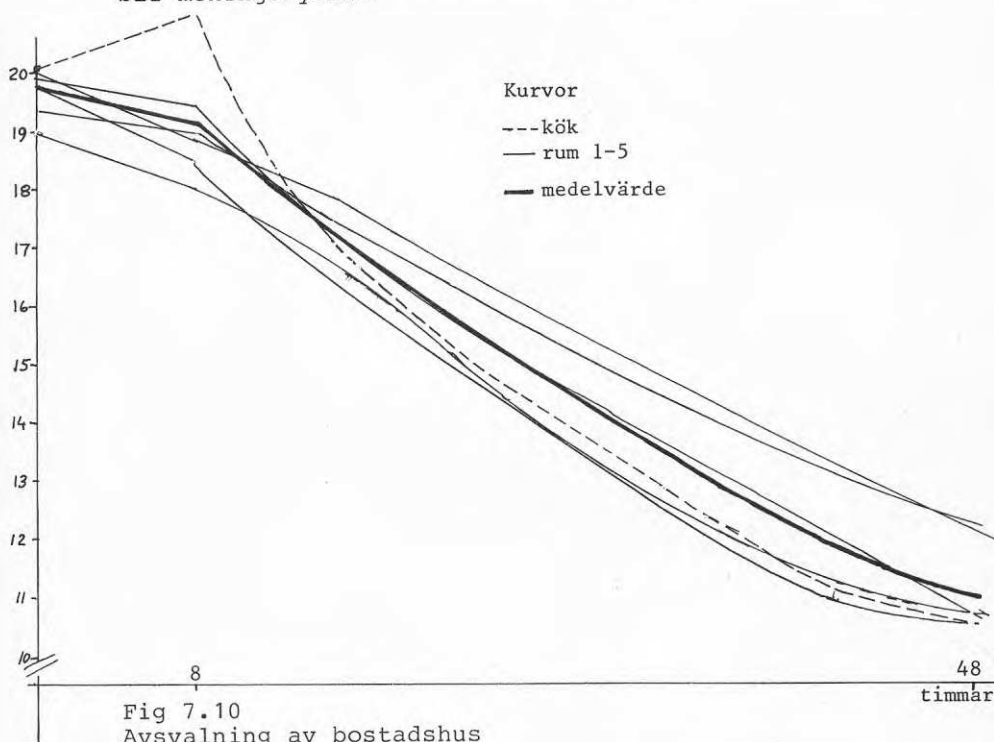
Typisk kurva för ackumulators urladdningscykel visas i figur 7.9 nedan. Ur denna framgår hur vattentemperatur som täcker kravet för tappvarmvatten kan bibehållas fram till slutet av cykeln. Efter förbättrad isolering av ackumulators uttag (se avsnitt 6.2.4) bör än bättre resultat erhållas. Kurvorna visar också hur ackumulators nedre delar intar temperatur motsvarande returvattnet från konvektorer.



Figur 7.9
Skiktning vid urladdningsförlopp av ackumulator
Typisk kurva

7.9 Nattsänkning

Shuntautomatiken är försedd med möjlighet till automatisk nattsänkning. Denna utnyttjas inte. Trots att bostadshuset är utfört i lätt konstruktion är dess värmekapacitet i förhållande till energiförbrukningen sådan, att temperaturen sjunker långsamt - alltför långsamt - för att nattsänkning av temperaturen skall bli meningsfull.



Ovanstående figur visar egenavsvalning av bostadshuset under 8 + 40 timmar vid en medeltemperatur utomhus av $-0,4^{\circ}\text{C}$. De första 8 timmarna användes bostaden (kurvans flackare del), därefter var den obebodd. Vid utomhustemperatur på -2°C hinner bostadens temperatur sjunka 3°C på 10-12 timmar. Efter en sådan nattsänkning måste värmen överregleras, för att få vettig komfort, så att normal innetemperatur återtas inom rimlig tid. Detta skulle kräva en särskild funktion, som normalt inte finns på villaregulatorer. En annan nackdel som uppstår, är att returtemperaturen till tanken höjs under sådan forcering. Detta försämrar skiktningen och ackumulatören behöver laddas med kortare intervall.

Vi ser alltså övervägande nackdelar med nattsänkning för detta objekt och detta energisystem.

7.10 Automatiskt pumpstopp

Villaregulatorerna är alltså i regel försedda med kopplingsur för nattsänkning, vilket vi menar framöver kommer att vara av tvivelaktigt värde. Vad vi däremot saknar i sådan regulator är automatiskt stopp av cirkulationspump, när shunten går mot noll.

Det är en i regel enkel komplettering av regulatorn som behövs, där ett relä får arbeta vid en viss spänningsnivå, som är korrelerad till utomhustemperaturen. För att passa olika uppvärmningsobjekt kan en potentiometer införas, som kan ställas in mellan t.ex. 10 och 18°C i utetemperatur som startpunkt för pumpen.

Ett flertal fördelar uppnås. Manuell bevakning blir onödig, elenergi för pumpdrift (c:2,5 kWh/dygn) sparas, värmeläckage undviks och pump och ledningar skonas.

8 ENERGIBALANSER - MÄTRESULTAT

8.1 Redovisning av energibalanser

Energibalanser har under mätperioden 80.10 - 81.09 studerats enligt mätschema, som detaljerat redovisas i bilaga 1-8 i tabellform samt i bilaga 15 Flödesschema

Redovisningen baseras på dagliga avläsningar av sju värmemängds- och vattenmätare samt 14 kWh-mätare för elenergi. Mätvärdena redovisas generellt som månadsvärden. Energibalanserna visas i diagram fig 8.1, 8.2.

Därutöver har tre månader valts ut, som har olika energiprofil. För dessa redovisas ackumulatortemperaturer och ackumulatorns energibalans i bilaga 9 - 11.

Energibalanser där tillförd och bortförd energi skall motsvara varandra redovisas dels för ackumulator dels för bostad. Ofullkomligheter i mätresultaten förekommer.

För hela mätperioden är värdena för ackumulatorn helt i balans. Månadsvis förekommer skillnader på max. +/- 70 kWh, som motsvarar max 6% av hanterade energimängder.

Bostadens energibalans baseras på mätningar ev. med bedömningar och proportioneringar, medan uppgifter av förbrukad energi helt baseras på beräkningar av transmission och ventilation. Under uppvärmnings-säsongen överstiger tillförd energi (W_7) den teoretiskt förbrukade (W_8) med 55-145 kWh. Detta motsvarar 4-8% av hanterade energimängder. Då beräkningarna är fulla av mer eller mindre goda uppskattningar, proportioneringar är författaren snarast överraskad över att skillnaden inte är större. Störst enskilda felkälla är troligen fönstersol (W_{7F}).

Sommartid uppstår utan värmertilförsel betydande energiöverskott, som yttrar sig i förhöjd temperatur i bostaden. Överskottet redovisas som skillnaden $W_8 - W_7$ men har för övrigt inte kunnat kvantifieras.

8.2 Kommentarer till mätningar

8.2.1 Varmvatten

Av till tappvattnet tillförd energi tas enligt beräkningarna 84% från de lokala energikällorna. För att i vissa fall höja vattentemperaturen samt ersätta kulvertförlusterna har under mätåret 500 kWh gått åt. Maximalt 20 kWh/månad kan anses ha förbrukats i kulverten. Den elektriska varmvattenberedaren förbrukar 40 kWh/mån vid inställd temperatur 60^o i s.k. tomgångsförluster, som tillförs bostaden som spillvärme.

Av tappvattenenergin totalt 3 120 kWh/12 mån samt tvättmaskinens el-förbrukning uppskattas 30% stanna kvar i bostaden som spillvärme. Resten går då i avloppet. Diskmaskinen är kopplad till varmvatten utan tilläggsuppvärmning. Av spisens förbrukning 650 kWh uppskattas 75 % stanna kvar i bostaden och 25% gå i avloppet. Uppvärmning av kallvatten i VC-spolcisterner till en temperatur, som närmar sig rumstemperaturen, uppskattas kräva 40 kWh/mån som försvinner i avloppet.

Enligt denna beräkning går alltså nästan lika stor värmemängd förlorad i avloppet, som den som tillföres tappvattnet i ackumulator och el-VV-beredare.

Här utförda mätningar ger en påtagligt lägre energiförbrukning av tappvarmvatten än som vanligen anges i litteraturen. Levnadsvanorna har i detta fallet inte präglats av särskilt stark besparingsiver beträffande varmvatten - fastmer moderat sparsamhet.

Tydligt är att moderna vattenarmaturer med termostatregering, lägre flöde etc. samt begränsad vattentemperatur har gett sparande effekt på förbrukningen.

8.2.2 Fönstersol

Solstrålning genom fönster har uppskattats enligt litteratur. Experimentbyggnaden har traditionell fönsterbestyckning ganska jämt fördelad på alla sidor. Beräkning av instrålad energi baseras i första hand på fönsterbestyckning i SO och SV.

8.2.3 Personvärme

Personvärme beräknas komma huset till goda för vuxna 85-120 och barn 50-90 W enl. VVS-handboken i följande omfattning

sommartid	4 personer	8+4 timmar
vintertid	4 personer	8+8 timmar

Måndadsvärden	sommartid	110 kWh/mån
	vintertid	160 kWh/mån

Fig 8.1 Energibalans ackumulator

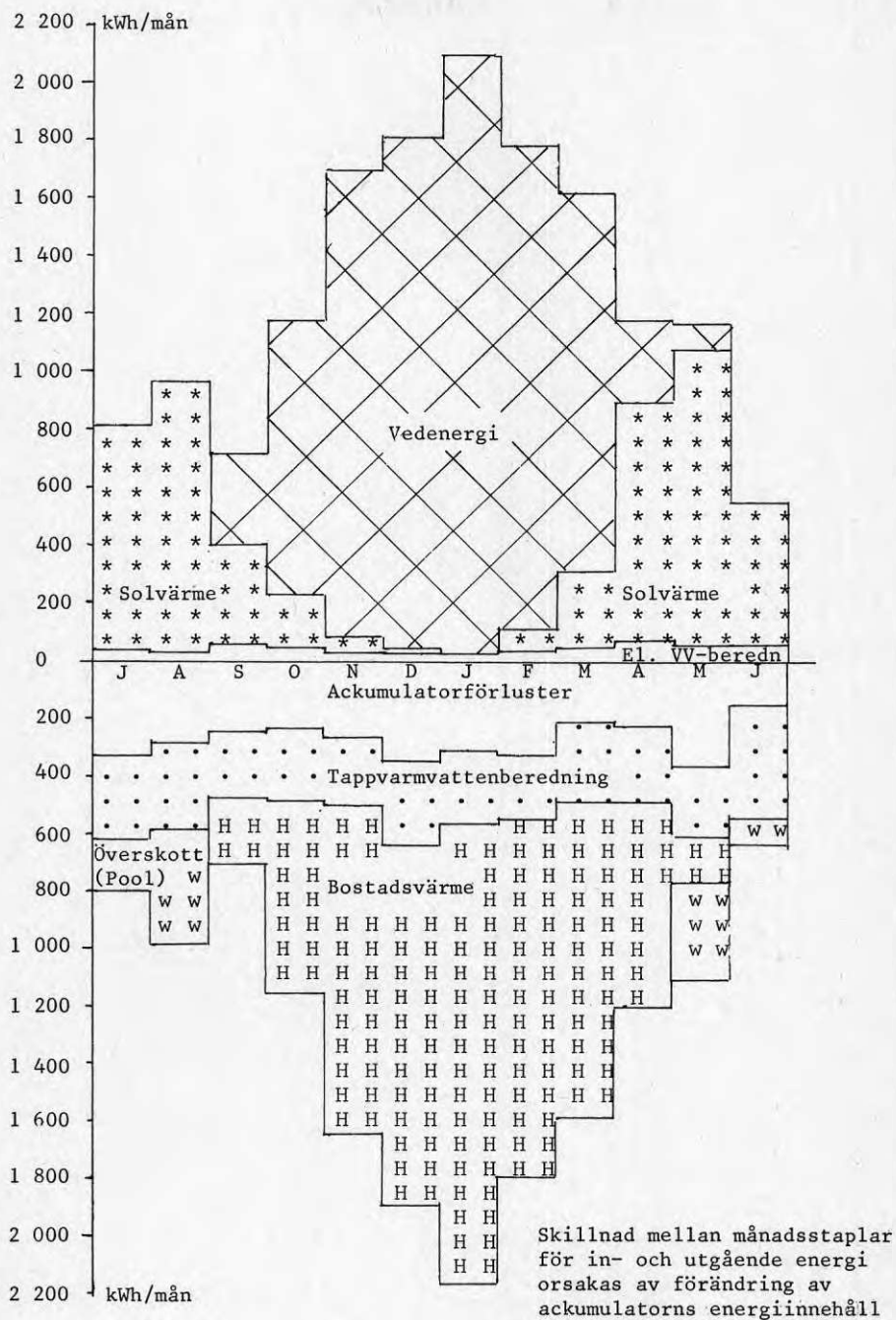
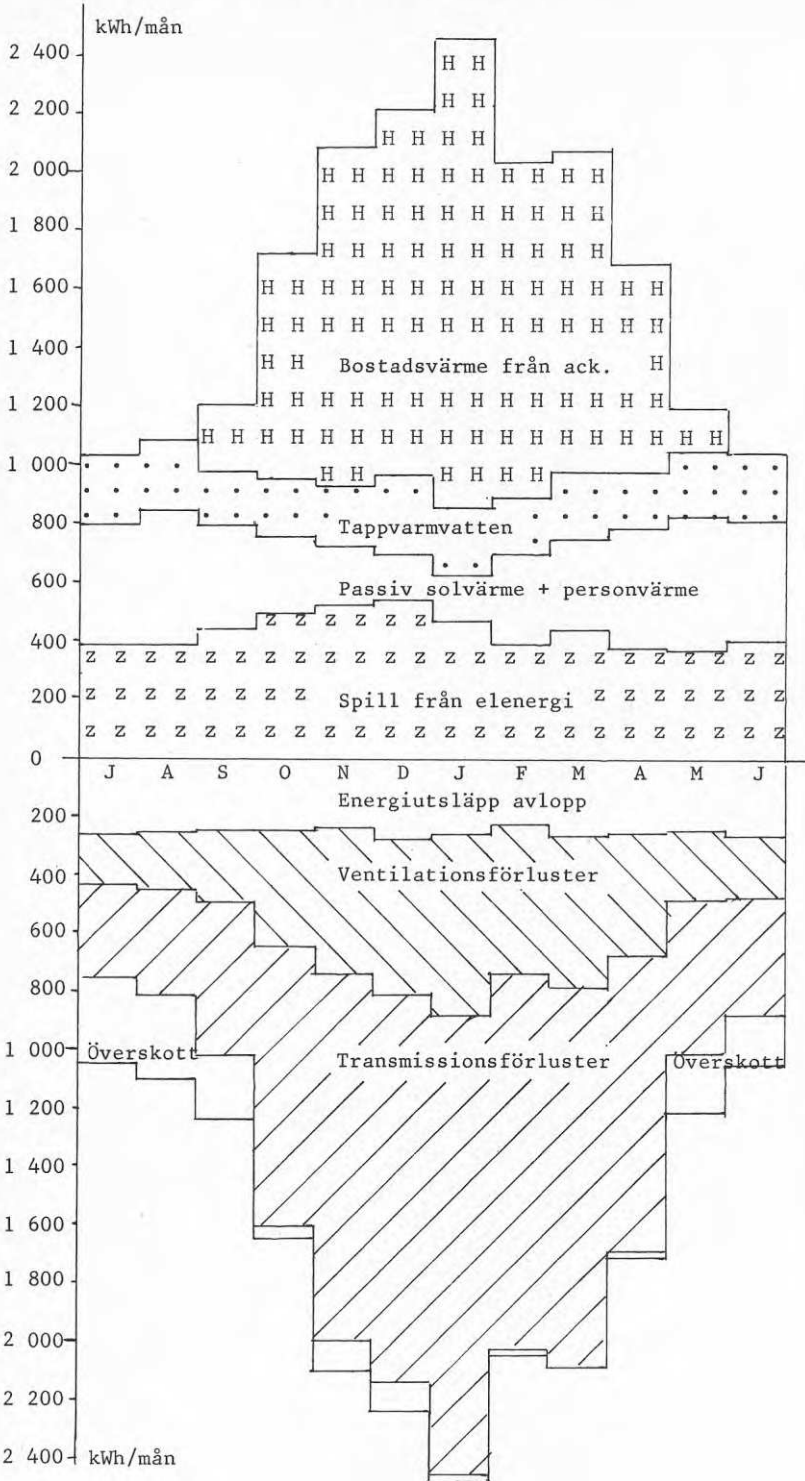


Fig 8.2 Energibalans bostadshus



8.3 Elförbrukning

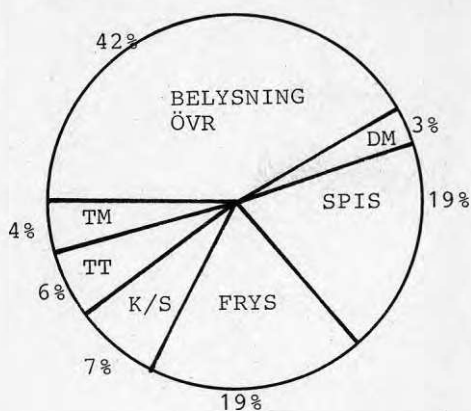


Fig 8.3
Elförbrukning i bostad
(normal hushållsel)

Elförbrukning under 12 månader

Mätvärden	kWh		
Normala funktioner i bostad			
Belysning, TV, städn.etc	1 470		
Elspis	655		
Tvättmaskin	210		
Torktumlare	190		
Kyl-sval 344 lit	265		
Frysskåp 293 lit	650		
Diskmaskin	<u>90</u>	3 470	
Övriga i bostad			
Ventilation	735		
El- VV-beredare	980		
Akvarium	<u>1 155</u>	<u>2 870</u>	6 340
Utanför bostad			
Frysskåp i förråd 293 l	520		
Pumpar, reglerutr.	<u>965</u>	1 485	
Cirkulationspump pool		800	
Ospecificerat		<u>825</u>	<u>3 110</u>
Total förbrukning			9 450

Elförbrukningen är förstas nära knuten till de boendes vanor. Mätresultaten ovan ger ganska höga värden jämfört med publicerade mätresultat från liknande mätningar.

I övrigt kan noteras de relativt låga förbruknings-siffror, som vitvaruapparaterna har. Nya energisnåla utföranden förefaller ha givit effekt.

8.3.1 Matförvaring

Kyl-sval med nyttovolym 344 lit kan anses ha normal användning och frysskåp med nyttovolym 293 liter aktiv användning genom hög självhushållningsgrad. Registrerade värden är mindre än hälften av vad Sydkraft publicerat i sin abonnenttidning efter undersökning av 5 hushåll i Malmöområdet. Däremot ansluter sig mätvärdena väl till Konsumentverkets marknadsöversikt 1980 för aktuella apparater (Huskvarna). Kyl-sval KV 295 kWh (här 265) och frys KV 803 (här 650)

Ett andra frysskåp (W_{7F2}) av identisk typ är placerat i förråd, som vintertid har en temperatur på några plusgrader. Elförbrukning är då ungefär hälften jämfört med frysskåpet i kök. Sommartid är förbrukningen av samma storleksordning för de båda enheterna, trots att skåpet i köket öppnas betydligt oftare.

8.3.2 Tvätt

Tvättmaskinen kan betraktas som normalt använd och har under året förbrukat c:a 200 kWh.

Tvätt har vid tjänlig väderlek torkats utomhus, samt i viss utsträckning i bastu utan särskild uppvärmning. Torktumlare används som komplettering med förbrukning mellan 5 och 25 kWh/månad - totalt c:a 200 kWh för perioden.

8.3.3 Diskmaskin

Diskmaskinen är kopplad till varmvatten för att nyttja den lokalproducerade energin. Av de program som finns valdes till en början huvuddisk med tilläggsuppvärmning till 70°C samt torkning. För detta åtgick 1,0 kWh per diskning. Senare har istället program utan tilläggsuppvärmning och utan torkning valts men med både för- och huvuddiskning. Försämring av diskresultatet har inte kunnat konstateras. På detta sätt har elförbrukningen blivit anmärkningsvärt låg, nämligen 0,1 kWh per omgång.

8.3.4 Belysning etc.

Elförbrukning i bostaden - vitvaror undantagna - har blivit större än väntat delvis beroende på levnadsvanor delvis beroende på större akvarium.

Akvariets förbrukning har periodiskt mätts särskilt och uppgår till 75-120 kWh/månad - minst på sommaren och mest på vintern. Ingen del av akvariets förbrukning

har ansetts komma bostaden till godo utan går bort i ökad luftfuktighet. Förbrukningen i akvariet har därför inte räknats in i energibalansen.

8.3.5 Ventilation

Elenergi för fläktar i ventilationsutrustning kommer delvis till nytta i inkommande friskluft från vvx. Detta höjer tilluftstemperaturen så att temperaturverkningsgraden totalt anses komma upp i 60%. Elförbrukningen redovisas därmed som direkt förlust.

8.3.6 Bastu

Basturum $3,85 \text{ m}^2$ $7,5 \text{ m}^3$

Vid familjebad har förbrukningen mycket stadigt varit 7 kWh/tillfälle. Energin har dels kommit bostaden till godo, dels förts ut i ventilationen och med hjälp av värmväxlaren till en del återförts.

Övertemperatur uppstår i del av bostaden vid bastubad. Bastun har sällan använts under mätperioden för att inte komplicera mätningarna.

8.3.7 Pool

Poolens filtreringsutrustning var i drift från senare delen av april till mitten av september. Pumpen styrs över kopplingsur med 8-12 tim drift / dygn med effektförbrukning 0,6 kWh. Maxförbrukning 180 kWh/månad totalt c:a 800 kWh för säsongen.

Vid bra väder då ackumulatorns temperatur varit betryggande har värme överförts till poolen genom att en del av det cirkulerande vattnet letts genom värmebatteri vid tankens botten. Värmeöverföringseffekt 20-40 kW. Detta värmeuttag har getts en låg prioritet jämfört med tankens temperaturnivå och tappvattenförsörjningen. Betydligt större energimängder hade kunnat överföras till poolen om så önskats. Nettouttaget hade då kunnat ökas, genom att solfångarna arbetat mot lägre tanktemperatur och samlat in mer, samt att ackumulatorförlusterna minskat.

9 EXPERIMENTANLÄGGNING - SYSTEM, INVESTERING

9.1 Allmänt

Vid systemkonstruktionen 1978 fann vi inga system att ta lärdom av, utan kombinationen sol- ved ansågs vara en nyhet. Likaså var ackumulering vid helvedeldning - i motsats till vad som gäller vid rapporttillfället - inte allmänt accepterat. Varje del eller funktion i energisystemet har därför behövt utredas och konstrueras särskilt. Systemet har på åtskilliga punkter behövt anpassas, omkonstrueras samt praktiskt ändras.

Betydande systemerfarenheter menar vi att har framkommit ur experimentanläggningen Angshultsmodellen. Dessa bör utgöra grund för konstruktion av standardsystem med större eller mindre delar av redovisade principer. Därvid bör förutsättningar finnas att utforma systemlösningar, som kan ge önskad teknisk funktion såväl som realistisk ekonomi.

9.2 Projektinsatser

I likhet med andra projekt av experimentkaraktär har beräknade kostnader för anläggningen kraftigt överskridit den nivå för motsvarande funktioner, som bör bli fallet vid framställning i industriell skala och rutinmässig uppbyggnad. Betydande kostnadsglidningar har också uppstått under projektets gång genom systemförändringar efter hand. Genom projektets karaktär som enmansverksamhet med betryckt ekonomi, har projektledaren även praktiskt utfört installation och ombyggnad på el- såväl som VVS-utrustning för att hålla ekonomiska utlägg nere.

9.3 Investering i energisystemet

- A. Ekonomiska utlägg för överkostnad av experimentanläggningens överkostnader.
- B. Grov uppskattning av kostnad för system med motsvarande funktioner vid serieframställning och rutinmässig uppbyggnad.

Kkr	A	B
Akkumulator 3 m ³ m isolering	9	7
Solfångare 23 m ²	22	16
VVS-detaljer, - mtl	31	8
Reglerutrustning	19	7
Elutrustning	3	2
	84	40 kkr
Egna arbetsinsatser c:a 400 tim à 75:-	30	
	114 kkr	

9.4 Driftsjämförelser Angshultsmodellen - Referenshus

Spillvärme, passiv sol och personvärme på 600-840 kWh per månad ger teoretisk temperaturhöjning för Angshultsmodellen på max c:a 9°C (i praktiken $7-8^{\circ}$) och för referenshus c:a 5,5. Därmed nyttiggöres gratisenergin i större utsträckning i referenshuset. Detta ökade utnyttjande beräknas med hjälp av varaktighetsdiagram vara c:a 600 kWh större för referenshuset.

För att förenkla jämförelsen sätts 500 kWh som elförbrukning för VV även för referenshuset.

Behovet av energi från vedeldning minskar alltså med 8 900 kWh för Angshultsmodellen under redovisade förutsättningar trots ackumulatorförlusterna om man jämför med ett $1\frac{1}{2}$ -plans referenshus isolerat enligt SBN 75. Dessutom finns överskott, som här nyttjas till pooluppvärmning, men som alternativt medger "varmvattenslöseri" sommartid.

Utnyttjandet av veden anses vara olika för de båda alternativen. Utifrån redovisade mätningar har verkningensgraden som medeltal satts till $n=0,6$, vilket ger en vedförbrukning av $10-11 \text{ m}^3_{\text{tr}}/\text{år}$.

Årsmedelvärde av verkningensgraden vid traditionell eldning i motsvarande panna och för aktuellt referensobjekt kan inte anges med någon rimlig säkerhet. Vi har heller inte funnit mätresultat, som kan bilda underlag för beräkning. Vissa indikationer har dock erhållits från panntillverkaren. Verkningsgrad 0,5 som används vid beräkning av referensalternativet är därmed bara en gissning.

9.5 Uppskattning av vedenergikostnad

A. Delvis egenproducerad

Pris massaved, enenergived	100-140 kr/m ³ _f	70-100kr/m ³ _{tr}
eget (obeskattat) arbete med redskap:		
kapning, stapling, inläggning i vedförråd		
säg 2,5 tim/m ³ _t med 30kr/tim		75kr/m ³ _{tr}
Total vedkostnad		<u>145-175kr/m³_{tr}</u>

B. Helt egenproducerad

Egen användning av ved är obeskattad
Om veden anskaffas genom eget arbete i egen eller annans skog kan vedkostnad räknas ner med marginalkostnad (50%) på vedpriset.

Total vedkostnad	110-125kr/m ³ _{tr}
------------------	--

Björkved kapad i $\frac{1}{2}$ -m längd i vedförråd, vikt 425 kg/m ³ _{tr}	
Energiinnehåll (22% fukt) $3,95 \times 425 =$	1 680 kWh/m ³ _{tr}

Angshultsmodellen	min 0,11 kr/kWh	max 0,17 kr/kWh
Referenshus	min 0,13 kr/kWh	max 0,20 kr/kWh

10 RESULTATDISKUSSION - LÖNSAMHET

10.1 Energiprofil

Experimentobjektet "ANGSHULTSMODELLEN" har genom en kombination av åtgärder i besparingssyfte och energi-produktionssyfte fått karakteristika, som skiljer sig betydligt från ett tänkt referenshus av 1½-planstyp med samma bostadsyta, som isoleras och ventileras enligt SBN 75 samt förses med traditionell vedeldning.

Årsförbrukning av energi		kWh	
118 000 $^{\circ}\text{h}$		ANGSHULTS- MODELLEN	REFERENS- HUS
Uppvärmning			
Transmission (90 resp. 130 W/ $^{\circ}\text{C}$)		10 800	15 500
Ventilation (32 resp. 68 W/ $^{\circ}\text{C}$)		4 600	8 800
Avloppsförluster		<u>3 000</u>	3 000
Besparing byggnadsform	1 600		
bättre isolering, tätn.	3 100		
ventilation VX	<u>4 200</u>	<u>8 900</u>	
Överskott (för pooluppvärmning)		<u>27 300</u>	<u>27 300</u>
		1 000	
		19 400	

Årsproduktion

Aktiv sol	4 900	-
Kompletterande elenergi för VV	500	500
Akkumulatorförluster	- 3 300	-
Nyttiggjord spillvärme, gratisenergi	7 200	7 800
Vedeldning	<u>10 100</u>	<u>19 000</u>
	19 400	27 300

Tillsammans med verkningsgradsökning genom satsvis vedeldning vid akkumulatorladdning blir total resultat-skillnad:

	Vedvärme kWh	η (vedeldn)	Energiinnehåll kWh	m^3 tr
Anghult	10 100	60%	17 000	10
Ref. hus	19 000	50%	38 000	23

10.2 Utvärdering - lönsamhetsdiskussion

Anghultsmodellen jämföres med traditionellt objekt

Effekt:

-	(1) Ökad byggkostnad	
	(1a) byggnadskonstruktion	5 kkr/50år
	(1b) ökad isolernivå, täthet	10 kkr/50år
	(1c) vx-system (överkostn. jfr F-system)	5 kkr/20år
-	(2) Överkostnad energisystem solfångare, ackumulator, övr. utrustn.	40 kkr/20år
+	(3) Ökad livslängd panna	9 kkr/15→25år
+/-	(4) Ökad teknisk komplexitet (statuspryl/problemkälla)	subjektivt
+	(5) Bättre bekvämlighet för eldning daglig eldning→49 dagar/år	subjektivt
+	(6) Minskad vedförbrukning	10→23 m ³ _{tr}
+	(7) Värmeöverskott sommartid	subjektivt
+	(8) Större försörjningstrygghet oberoende energikostnadsutveckling svårkalkylerat	subjektivt

Faktorer ovan är alltså i stor utsträckning subjektiva och svåra att kvantifiera varför jämförande kalkyl har mycket begränsad tillförlitlighet. Den får främst ses som ett exempel på en utvärderingsmetod.

Om beskrivet energisystem eller delar därav är bästa alternativet är alltså ytterst en fråga för subjektivt avgörande. Vissa personer kanske vill sätta vedkostnaden till noll, genom att men ser det praktiska arbetet med omhändertagandet som avkopplande. Andra kan på grund av t.ex. dagsrutiner se ackumulering som en nödvändighet för att vedeldning skall kunna bli ett realistiskt alternativ eller som starkt positivt för att slippa påhänget av ständig passning av panna.

Underlag för kvantifiering av bekvämlighetsförbättringen hade klarare kunnat anges efter attitydstudier. Bekvämlighetsförbättringen sätts i lönsamhetsberäkningen nedan till 5-10 kr/eldningsfritt dygn 200-300 dygn/år. Förbättring av bekvämligheten uppnås förstås också alternativt av elpatron i vedpanna.

Solvärmen ger ett bekymmerslöst sommarhalvår och möjlighet till varmvattenslöseri. Den medför här en tilläggs-kostnad, som är lägre än vad som normalt gäller för sådana anläggningar, genom att ackumuleringsutrustningen redan är ordnad i vedsystemet. Mot detta får ställas förhållandet att energiförsörjningen sommartid bara kräver ungefär en uppeldning per vecka, som medför driftskostnader enligt diskussionen nedan.

Med ett avancerat energiproduktionssystem med låga driftskostnader (0,11-0,17 kr/kWh för vedenergi) kan den ökade isolernivån såväl som FTX-systemet ifrågasättas. Genom att den fasta kostnaden inte påverkas blir energisystemet mer konkurrenskraftigt ju större energibehovet är i bostadshuset jämfört med alternativa energikällor.

På samma sätt blir förstås solfångarna lönsammare ju större VV-förbrukning och uppvärmningsbehov som förekommer under den del av året, som solvärmen har förutsättningar att ge tillskott.

En åtgärd som är mycket angelägen för den som överväger ackumulering av vedeldning är att kraftigt nerbringa energiläckaget från ackumulator jämfört med förhållandet i experimentanläggningen. Ackumulatorer säljs nu i allmänhet oisolerade, och troligen är det normala isoleringsresultatet knappast bättre är vad som gäller i detta fallet.

Med bättre ackumulatorisolering skulle solfångarytan kunna minskas till c:a 2/3 under de förutsättningar som gäller i övrigt.

Satsvis vedeldning sommartid enbart för tappvarmvatten är knappast försvarligt med redovisad ackumulatorisolering. För de fall solvärme inte har installerats kan VV-beredning i elektrisk VV-beredare övervägas.

Som ytterligare bedömningsgrund inför beslut av FTX-system som alternativ till F-system kan hänsyn tas till följande. Det är känt, att det ofta förekommer att de boende under kortare eller längre tid stänger av sina F-fläktar för att det drar, susar eller förbrukar för mycket värme. Om 0,5 oms/h är ett fiktivt värde, blir ju heller inte besparingseffekten, som den t.ex. redovisas ovan, riktig.

Vedförbränning som sådan har också stor förbättringspotential. Pannkonstruktioner som ger effektivare förbränning samt utrustning som kan känna av samt reglera förbränningsprocessen är önskvärd. Braseldning med ackumulering har ju därvid klara fördelar framför normal helvedseldning genom att lufttillförseln till härden inte behöver styras av energibehovet. Den kan i stället helt anpassas till att tillvarata energiinnehållet i bränslet samt undvika miljöfarliga utsläpp.

Olika tekniker kan användas för beräkning av energiåtgärders lönsamhet. Vi återger här följande:

1. Energisparkostnad

Ränta på investeringen anses motsvara energiprisökningen. Investeringens varaktighet och storlek ställs direkt mot besparingen utan nuvärdesberäkning.

Effekt som anges ovan:	Uppskattad kostnad	Effekt på driftskostn.	
		Angshultsmodellen	Referenshus
1a Byggnadskonstruktion 50 kkr/50år		100	
1b Ökad isolering, täthet 10 kkr/50år		200	
1c Överkostnad FTX 5 kkr/20år		300	
2 Överkostnad energisystem 40 kkr/20år		2 000	
3. Ökad livslängd vedpanna 9 kkr/15+25år		240	
4. Teknisk komplexitet		?	?
5. Bekvämlighetsförbättring av vedeldning			1000 - 3000
6. Vedförbrukning 10 → 23 m ³ _{tr}		1100-1750	2500 - 4000
7. Värmeöverskott sommartid			?
8. Försörjningstrygghet			?
		kronor/år 3800-4500	3700 - 7200

Är Angshultsmodellen lönsam?

Förutsättning:

Upplevd vedkostnad och eldningskostnad låg
Normal vedkostnad och/eller högre värdering av bekvämlighet

Svar:

Knappast
Ja

2. Beräkning med 4% realränta

Om realränta 4% påföres ökar årlig kostnad c:a 2 400:- för Angshultsmodellen.

Är Angshultsmodellen lönsam?

Förutsättning:

Upplevd ved- och eldningskostnad låg
Normal vedkostnad och/eller högre värdering av bekvämlighet

Svar:

Nej
Möjligen

Med lånemöjligheter till överkostnad med amorterings-
tid motsvarande investeringens varaktighet samt
skatteavdrag för utgiftsräntor kan investeringen för
redovisad överkostnad anses vara fullt acceptabel.
Särskilt i ett längre perspektiv med framtida energi-
prisökningar i sikte - om än i lugnare takt än vad som
gällt under det senaste årtiondet - blir drifts-
ekonomin allt mer tillfredsställande.

Om inflationen framöver kommer att vara större än
ränta efter skatt, blir det relativa ekonomiska
resultatet för Angshultsmodellen bättre, än vad som
anges enligt energisparmetoden ovan.

Utifrån erfarenheter, som här beskrivits, kan Angshults-
modellen redan med gällande energipriser vara ett
realistiskt alternativ. En förutsättning är dock, att
utrustningsdelarna tas fram i industriell skala med
hög prefabrikationsgrad samt installeras rutin-
mässigt till ett enligt kända principer väl fungerande
system.

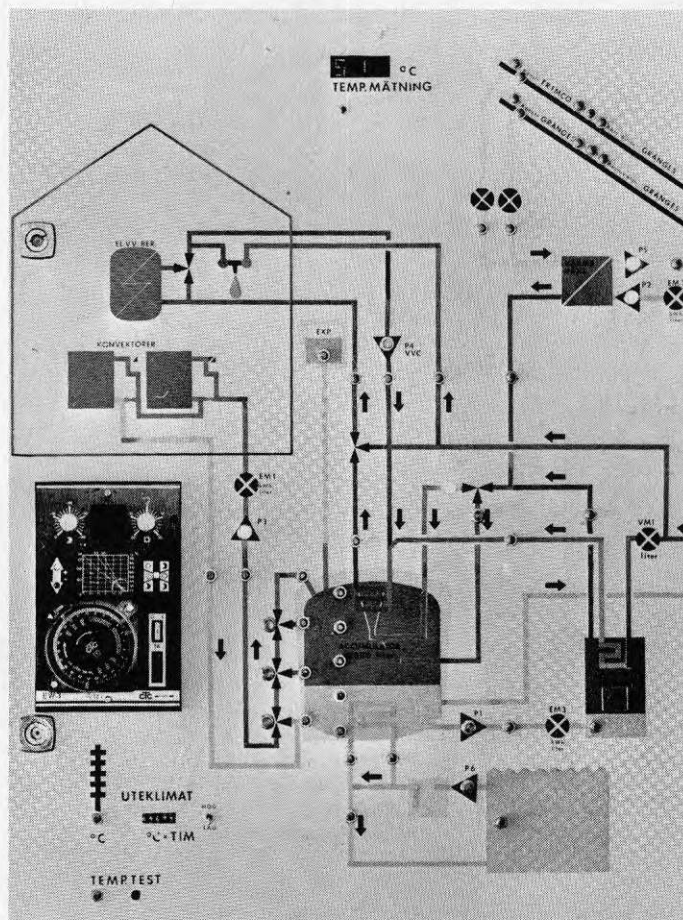


Fig 11.1
Demonstrationspanel

Experimentanläggningen är tillgänglig för besökare för demonstration av energisystemets funktioner.

För att kunna förmedla information i populär respektive mera ingående form har anläggningen försetts med en demonstrationspanel. Denna är uppbyggd som ett symbolschema och har indikering av pumpdrift, ventillägen etc.

Dessutom har en elektronisk temperaturindikeringsutrustning installerats, som har avkännare på ett 40-tal punkter i anläggningen. Dessa givare kopplas in genom tryckknappar inlagda i symbolschemat och indikeringen erhålles på den digitala displayen.

12 YTTRELLIGARE FORSKNINGSBEHOV

Följande områden, som aktualiserats av redovisad forskningsuppgift, bör utredas vidare:

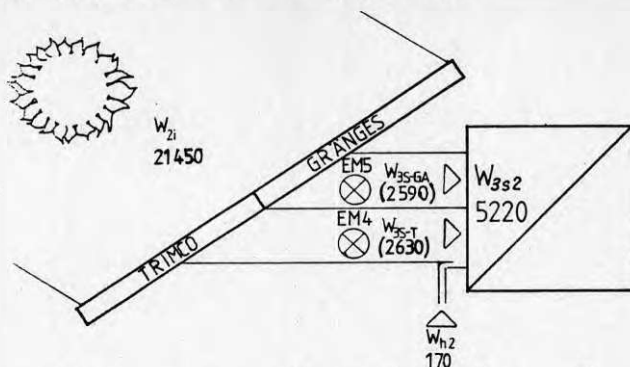
1. FTX-systemens verkliga systemverkningsgrad i praktisk drift under olika klimatbetingelser
2. Energi som kan tillvaratas i primitiv solfångare under yttertaket för uppvärmning av tilluft till FTX-system. Olika yttertaks förutsättningar, energi- och kostnadsrelationer
3. Temperaturvariationer i kryputrymme i torpargrund för optimering av bjälklagsisolering.
4. Attitydundersökning av olika uppvärmningsformer baserade på alternativa vedeldningstekniker, ev med inslag av solvärme. Investeringsbenägenhet = f (driftkostnadsminskning och bekvämlighetsförbättring)
5. Undersökning av verkningsgrader och miljöfarligt utsläpp vid praktisk drift av representativa pannor i befintligt pannbestånd med traditionellt eldningsförfarande. Utvärdering av förbättringspotentialen jämfört med andra lösningar.
6. Fastbränsleeldning i mindre pannor
Förbränningsstudier för bestämning av parametrar att optimera förbränning.
7. Undersökning av möjligheter för reglering eller styrning av förbränning i mindre pannor för uppnå förbättrad verkningsgrad och minskade utsläpp.
 - a vid braseldning för ackumulatorladdning
 - b för fliseldning
 - c traditionell förbrukningsstyrd förbränning

LITTERATUR

1. Teknologisk Institut, Varmeteknik, DK
Vejledning i projektering og udførelse av anlaeg
2. F. Petersson - G. Wettermark Solenergiboken
3. Simon Furbo, Lab f Varmeisolering DTH Medd. 97/1980
Prövning av varmelagerunits til solvarmeanlaeg
4. Valdis Girdo Solvärmesystem
för husuppvärmning i Skandinavien - optimering
5. Villa -80 14 energisnåla småhus i Umeå
BFR R 47:1979 Jan Åke Jonson
6. Flexibelt ackumulatorsystem för vattenburen
värme vid småhus
BFR R119:1979 H Brosenius
7. SUN-SEC: serieanpassat solhus
BFR R 41:1980 Nordfeldt, Pettersson, Karlsson
8. Ackumulatorsystem för soluppvärmning
av mindre byggnader m tillskottsvärme
från fasta inhemska bränslen
BFR R117:1980 H och H Willman
9. Solfångares hållbarhet
BFR R K.O. Lagerkvist, H. Wennerholm
10. Energisnålt hus i Sorunda
BFR R169:1980 K. Enarsson, Kurt Nyberg
11. Att värma småhus med ved - Attitydundersökning
BFR R179:1980 B Gustafsson
12. Solfångare integrerade i tak för beredning av
tappvatten
BFR R 70:1981 G Hultmark
13. Solvärt småhus
BFR R 78:1981 Hans Ek
14. Energiflöden i solfångare
BFR R46: 1981 Eva Nilsson
15. Lågenergihus i Mullsjö
BFR R 93:1981 Stig Axell

Bil 1 ENERGIFLÖDEN

2. SOLFÅNGARE



Månad	W_{2g}	W_{2i}	n_{2s}	W_{3sT}	W_{3sG}	W_{3s1}	W_{h2}	W_{3s2}
81.07	150	3 250	24	400	400	775	25	800
08	145	3 100	30	480	470	920	28	950
09	80	1 700	20	180	170	340	10	350
80.10	(50)	(1 100)	(19)	120	120	210	3	210
11	(25)	(550)	(9)	30	30	50		50
12	(15)	(300)	(3)	10	0	10		10
81.01	(20)	(400)	(0)	0	0	0		0
02	(40)	(850)	(8)	30	50	70	2	70
03	65	1 500	18	150	160	265	15	280
04	150	3 450	24	480	470	825	35	860
05	160	3 700	27	570	580	1 000	27	1 030
06	100	2 300	26	360	320	590	23	610
Mätår		(21 450)		2 810	2 770	5 055	170	5 220

W_{2g} Infallande global solenergi/m² 35° lutning, syd vänd yta Pyranometermät Ingelstad m kompl beräkningar CTH Inst.tekn/J- Dahlenbäck

W_{2i} " " totalt Solfångarabsorbator 21,6 m²

W_{f2} Förluster i solfångare $W_{2i} + W_{h2} - W_{3s1}$

n_{2s} % Utnyttjningsfaktor / Verkn.grad av solinstrålning W_{3s1}/W_{2i}

W_{3sT} Insamlat TRIMCO solfångare 11m² EM 4 Energi-vattenmät okomp. för glykol

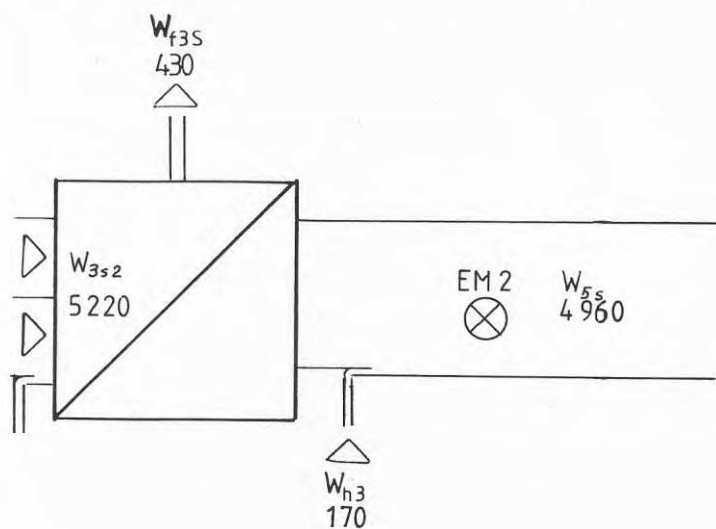
W_{3sG} Insamlat GA-solfångare 12m² EM 5 " "

W_{3s1} Nettoinsamlat solfångare $W_{3s2} - W_{h2}$

W_{h2} Hjälpenergi cirk.pump drifttid x elförbr

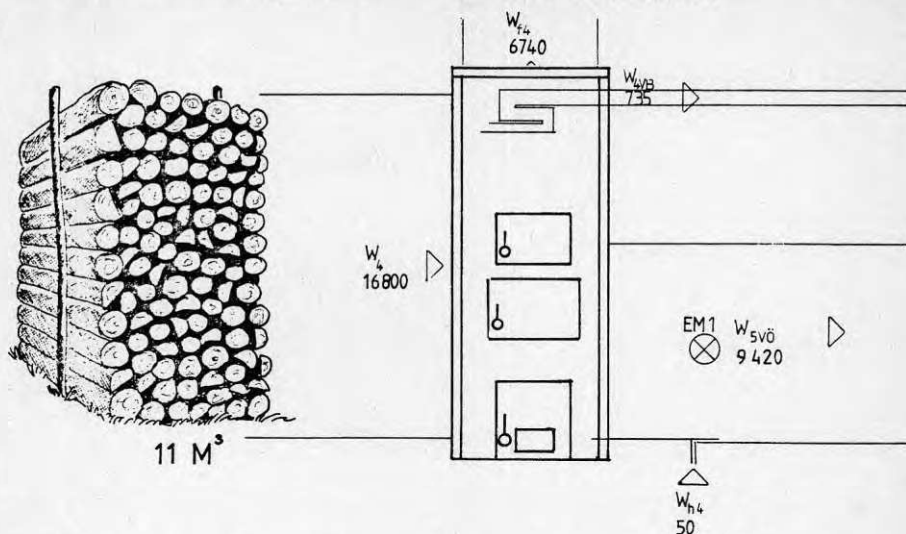
W_{3s2} Överfört till värmväxlare $W_{3sT} + W_{3sG}$ (W_{h2} ingår) kompenserat för glykolhalt 80.10- 35% e.glykol f=0,87 81.07- ingår inblandning

Sifferangivelser inom parantes är uppskattade "normalvärden" och har stor osäkerhet.



Månad	W_{3s2}	W_{f3s}	W_{h3}	W_{5s}	n_{3s}
81.07	800	60	26	770	92
08	950	40	28	940	96
09	350	20	9	340	94
80.10	210	30	2	180	87
11	50	0	0	50	
12	10	0	0	10	
81.01	0	0	0	0	
02	70	0	2	70	
03	280	35	15	260	87
04	860	75	35	820	91
05	1 030	40	26	1 020	96
06	610	130	22	500	74
Mätår	5 220	430	170	4 960	93

W_{3s2}	Från solfångares prim. krets	enligt 2. ovan
W_{f3s}	Förluster från rör och v.växl. och korrektion av felmätning	$W_{3s2} - (W_{5s} - W_{h3})$
W_{h3}	Hjälpenergi cirk.pump	Drifttid x elförbr. ingår i W_{5s}
W_{5s}	Solenergi till ackumulator	EM2 Flödes- och energimätning
n_{3s}	Verkningsgrad över värmväxlare, ledningar	$W_{5s} / (W_{3s} + W_{h2})$

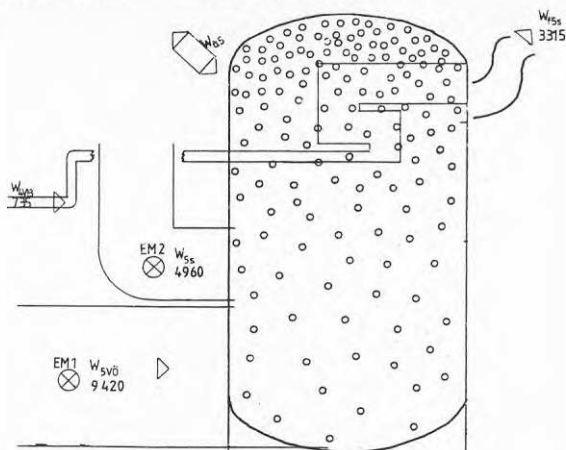


Månad	V	W_4	W_{F4}	W_{h4}	$W_{4VÖ}$	n_v	W_{4VB}	W_{5V}
81.07				0	0	0	0	0
08				0	0	0	0	0
09				0	290	2	30	320
80.10				5	880	5	75	955
11				10	1 520	7	105	1 625
12				10	1 650	9	135	1 785
81.01				10	1 940	9	135	2 075
02				10	1 560	8	120	1 680
03				5	1 220	6	90	1 310
04				0	260	2	30	290
05				0	100	1	15	115
06				0	0	0	0	
Måttår	10-11	16 800	6 740	50	9 420	49	735	10 155

V	Vedvolym	m_t^3 (travat mått) 400 - 425 kg/m_t^3
W_4	Energiinnehåll i vedbränslet	22-25 % fukt (uppmätt) 3,8-3,95 kWh/kg ger 1500-1700 kWh/m_t^3 brutto
W_{F4}	Förbränningsförluster	Medelverkningsgrad för eldningscykel 60%
W_{h4}	Hjälpenergi till cirk.pump	Driftstid x elförbrukn
$W_{4VÖ}$	Vedenergi till ackumulator över pannans cirk.krets	EM 1 Flödes- och energimät
n_v	Antal vedbrasor / månad	
W_{4VB}	Vedenergi till ackumulator upptagen av pannans VV-beredare	Uppskattning 15 kWh/brasa (Restförlust 7-9 kWh/brasa)
W_{5V}	Totalt till ackumulator tillförd vedenergi	$W_{5VÖ} + W_{5VB}$

Bil 4 ENERGIFLÖDEN

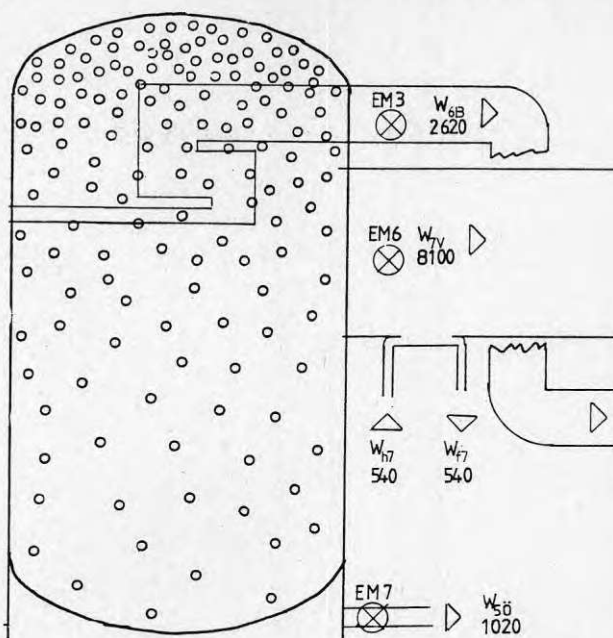
5.1 ACKUMULATOR



Månad	W_{5s}	W_{5v}	W_{5T}	t_{\circ}	t_{med}	W_{a5}	W_{f5t}	W_{f5s}	n_5	W_{5U}
81.07	770	0	770	53-20	42	+25	285	325	55	420
08	940	0	940	49-20	49	-10	235	280	71	670
09	340	320	660	45-15	46	+10	240	240	62	410
80.10	180	955	1 135	46-12	49/36	+35	280	230	77	870
11	50	1 625	1 675	49-12	46	+65	295	260	81	1 350
12	10	1 780	1 790	57-12	64	-70	370	340	85	1 520
81.01	0	2 075	2 075	53-12	45	-60	330	305	88	1 830
02	70	1 680	1 750	50-12	27	0	280	320	82	1 430
03	260	1 310	1 570	48-15	28	+45	270	205	84	1 320
04	820	290	1 110	44-15	41	-10	230	220	81	900
05	1 020	115	1 135	55-20	38	+70	285	355	62	710
06	500	0	500	47-20	58	-55	215	245	62	310
Mätår	4 960	10 150	15 110	50-15		+45	(3 315)	3 315	78	11 740

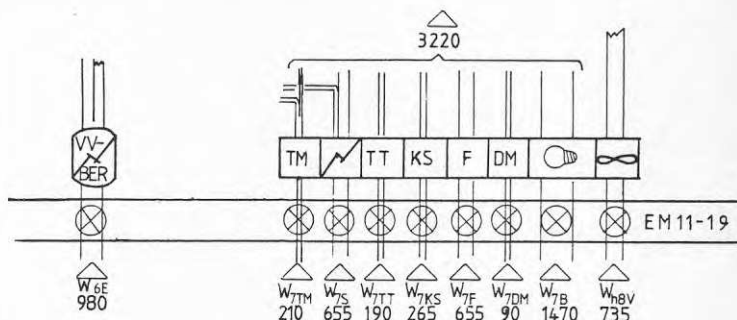
W_{5s}	Från solvärmesystem	enl 3. ovan
W_{5v}	Från vedeldning	enl 4. ovan
W_{5T}	Summa tillförd	$W_{5s} + W_{5v}$
t_{\circ}	Övertemp i ackumulator jft med omgivn $t_a - t_{omgivning}$	temperaturavläsn beräkn medeltemp för period
t_{med}	Medeltemp i ackumulator vid månadsskiften	Mom. temperaturavläsn beräkning t_{med} i ackumulator
W_{a5}	Förändring av upplagrad energi under perioden	Beräkning
W_{f5t}	Beräknade förluster från ackumul. + expansionskärl	11 $W/^{\circ}C$ uppmätt och beräkn. vid vilande ackumulator
W_{f5s}	Faktiska förluster "	$W_{5T} - W_{5U}$
n_5	Utnyttjandegrad av energi i ackumulator	W_{5U} / W_{5T}
W_{5U}	Uttagen från ackumulator	$W_{6B} + W_{7V} + W_{5\circ}$ enl nedan

Bil 5 ENERGIFLÖDEN 5.2 UTGÅENDE FRÅN ACKUMULATOR



Månad	W_{6B}	W_{7V}	$W_{5ö}$	W_{h7}	W_{f7}	W_{5U}
81.07	240	0	180	0	0	420
08	240	0	430	0	0	670
09	180	230	0	30	30	410
80.10	(200)	670	0	70	70	870
11	(200)	1 150	0	70	70	1 350
12	270	1 250	0	70	70	1 520
81.01	230	1 600	0	70	70	1 830
02	190	1 240	0	70	70	1 430
03	230	1 090	0	70	70	1 320
04	190	710	0	70	70	900
05	220	160	330	20	20	710
06	230	0	80	0	0	310
Mätår	2 620	8 100	1 020	540	540	11 740

W_{6B}	För tappvarmvatten uttaget från beredare i panna och ackumulator	EM 3 Energi- och flödesmätare
W_{7V}	Bostadsuppvärmning	EM 6 Energi- och flödesmätare
$W_{5ö}$	Överskottsenergi för pooluppvärmning	EM 7 Energi- och flödesmätare
W_{h7}	Cirk.pump för värme	70 kWh/mån under uppvärmningssäsong
W_{f7}	Förluster från pump och ledningar i pannrum och kulvert	Anses vara lika W_{h7}
W_{5U}	Summa uttagen från ackumulator	$W_{6B} + W_{7V} + W_{5ö}$



Månad	W _{7TM}	W _{7S}	W _{7KS}	W _{7F}	(W _{7F2})	W _{7TT}	W _{7DM}	W _{7KM}	W _{6EB}	W _{7B}	W _{h8V}	W _{7E}
81.07	15	60	25	55	65	15	5	175	80	70	65	390
08	15	50	25	70	70	10	5	175	70	75	65	385
09	20	80	25	55	60	5	5	190	95	100	60	445
80.10	15	55	20	55	55	15	15	175	90	180	60	505
11	15	75	20	60	35	25	15	210	70	180	60	520
12	15	65	20	55	20	20	15	190	65	225	60	540
81.01	25	45	15	50	25	20	5	160	65	185	60	470
02	15	40	15	40	25	15	5	130	75	130	60	395
03	15	55	30	45	30	20	5	170	90	125	60	445
04	20	40	20	45	30	15	5	145	110	65	60	380
05	20	45	25	60	55	10	5	165	75	65	60	365
06	20	45	25	60	50	20	5	175	95	70	65	405
Mätår	210	655	265	650	(520)	190	90	2 060	980	1 470	735	5 245

W_{7TM} Tvättmaskin

El- kWh-mätare
Ber 70% till avlopp
30% till bostad spillvärme

W_{7S} Spis

El- kWh-mätare
Ber 25% till avlopp
75% till bostad spillvärme

W_{7KS} Kyl-sval 344 lit

El- kWh-mätare, spillvärme

W_{7F} Frysskåp 293 lit

" "

W_{7F2} Frysskåp 293 lit

" i ekonomibyggнад

W_{7TT} Torktumlare

" spillvärme bostad

W_{7DM} Diskmaskin

" "

W_{7KM} Summa elförbr hushållsmask

W_{7TM} + W_{7S} + W_{7KS} + W_{7F} + W_{7TT} + W_{7DM}

W_{6EB} El VV-beredare 60 lit
för toppvärme och kulvertförlust

El-kWh-mätare
Tomgångsförl. till bostad

W_{7B} Belysning etc i bostad

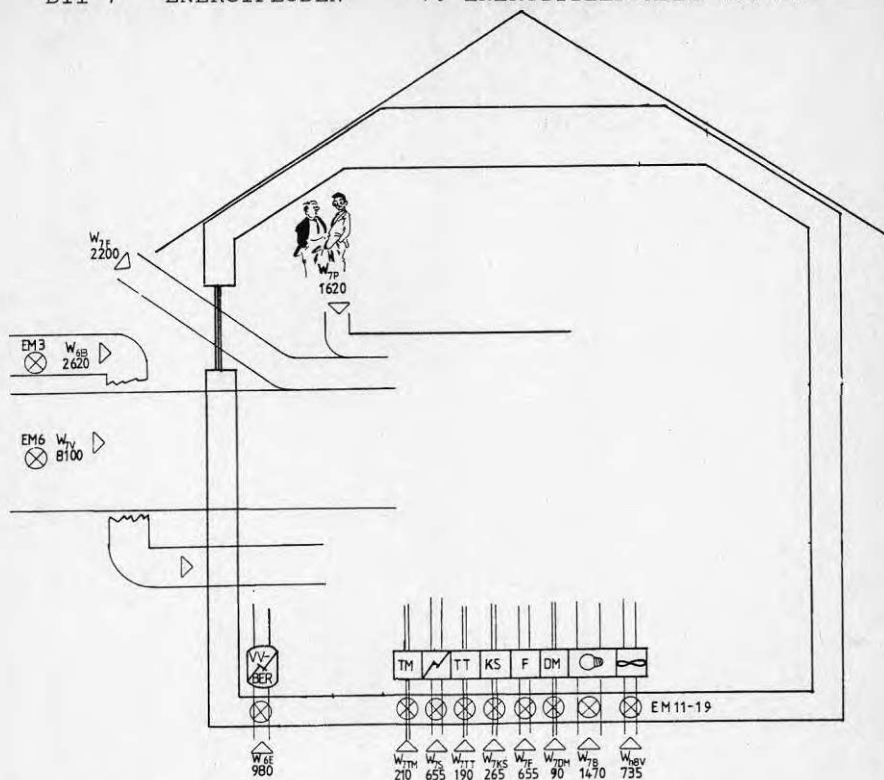
El-kWh-mät spillvärme bostad

W_{h8V} El-förbrukn ventilation

El-kWh-mät ventilationsförlust

W_{7E} Summa elenergi förbrukn bostad

Summa enligt ovan

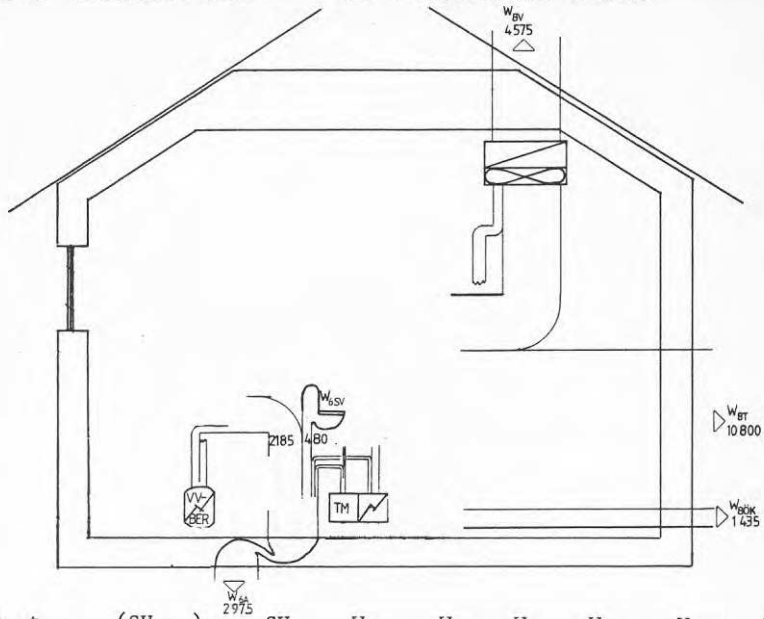


Månad	W_{6B}	W_{7V}	W_{7F}	W_{7P}	W_{7E}	W_7
81.07	240	0	300	110	390	1 040
08	240	0	350	110	385	1 085
09	180	230	250	110	445	1 215
80.10	200	670	100	160	505	1 635
11	200	1 150	50	160	520	2 080
12	270	1 250	0	160	540	2 220
81.01	230	1 600	0	160	470	2 460
02	190	1 240	50	160	395	2 035
03	230	1 090	150	160	445	2 075
04	190	710	300	110	380	1 690
05	220	160	350	110	365	1 205
06	230	0	300	110	405	1 045
Mätår	2 620	8 100	2 200	1 620	5 245	19 785

W_{6B}	Tappvarmvatten	EM3 se 5.2 ovan
W_{7V}	Bostadsvärme från ackumulator	EM6 se 5.2 ovan
W_{7F}	Instrålad sol genom fönster	Beräkn enl VVS-handbok
W_{7P}	Personvärme	Beräkn enl VVS-handbok
W_{7E}	Total elförbrukning bostad	Summa enl 6. ovan
W_7	Totalt tillförd	$W_{6B} + W_{7V} + W_{7F} + W_{7P} + W_{7E}$

Bil 8 ENERGIFLÖDEN

8. FÖRBRUKNING BOSTAD

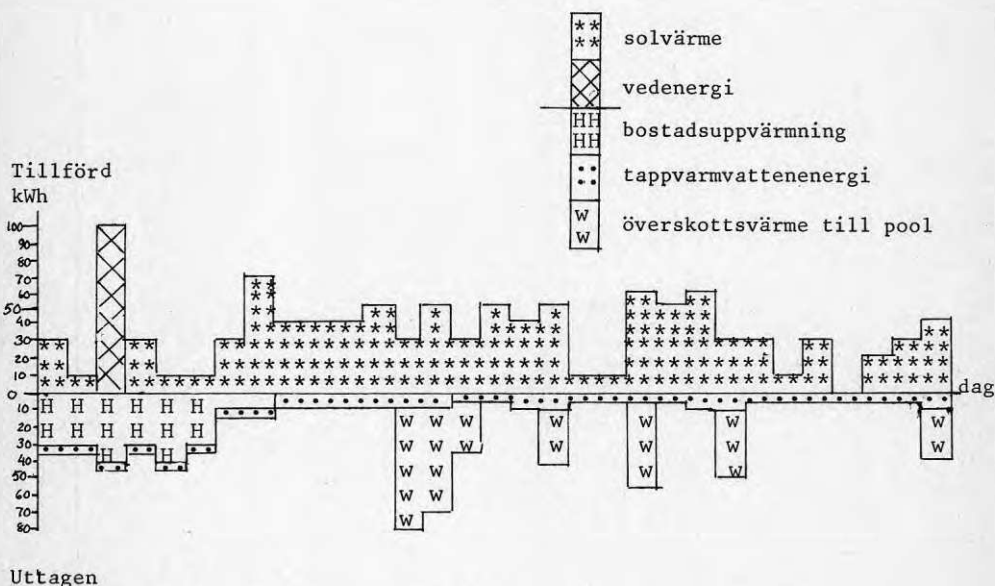
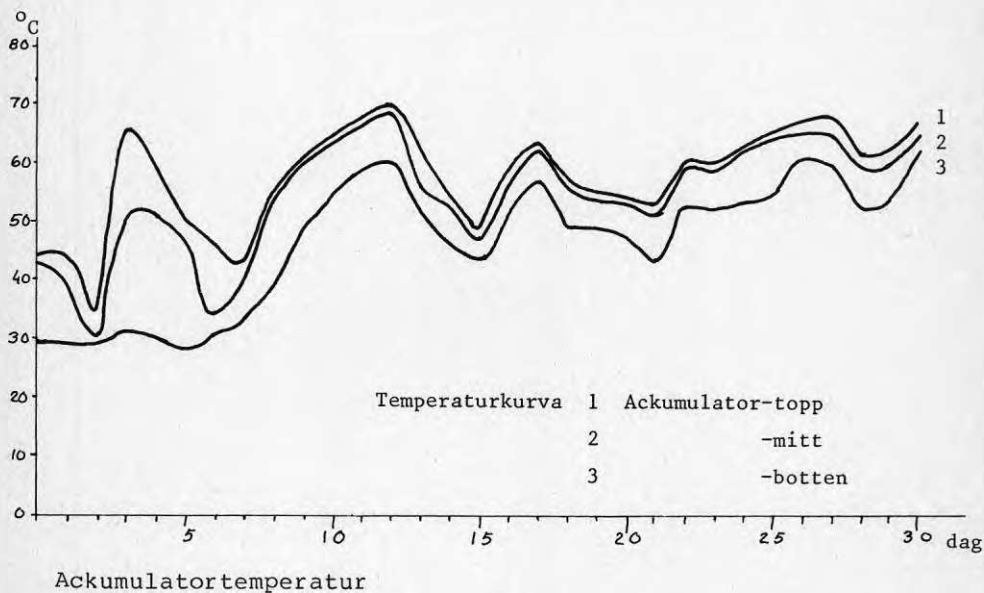


Månad	(t_{Nmed})	t_{med}	(SV_{ref})	SV	W_{8T}	W_{8V}	W_{6A}	W_{8C}	W_{8OK}	W_8
81.07	16,4	15,3	2 700	3 500	315	175	260	750	290	1 040
08	15,5	14,6	3 300	4 000	360	195	250	805	280	1 085
09	11,7	11,9	6 000	5 800	520	245	240	1 005	210	1 215
80.10	7,0	5,7	9 700	10 600	955	400	240	1 595	40	1 635
11	3,0	0,7	12 200	13 900	1 250	505	230	1 985	95	2 080
12	0,0	0,3	14 900	14 600	1 315	530	270	2 115	105	2 220
81.01	- 2,8	- 3,5	17 000	17 500	1 575	620	250	2 445	15	2 460
02	- 2,7	- 1,2	15 200	14 300	1 285	515	220	2 020	15	2 035
03	- 0,1	0,7	14 900	14 400	1 295	520	260	2 075	0	2 075
04	4,9	4,4	10 900	11 200	1 010	420	245	1 675	15	1 690
05	10,3	12,3	7 200	5 700	515	240	245	1 000	205	1 205
06	14,4	13,7	4 000	4 500	405	210	265	880	165	1 045
Mätår	(6,5)	(6,2)	118 000	120 000	10 800	4 575	2 975	18 350	1 435	19 785

t_{Nmed}	Medeltemp Referensnormal Ljungby	SMHI
t_{med}	Medeltemp Mätperioden	" "
SV_{ref}	Spec Värmebehov Referensnorm	" Bostadstemperatur 20 °C
SV	Spec Värmebehov Mätperioden	" " "
W_{8T}	Transmissionsförluster	90 W/°C enl beräkn
W_{8V}	Ventilationsförluster	W_{h8V} elförbrukn mek. vent. + 32W/°C vid återv. 60%
W_{6A}	Avloppsförluster	$0,7(W_{6TV} + W_{6TM}) + W_{6SV} + 0,25W_{7S}$
W_{8C}	Totala förluster vid 20°C	$W_{8T} + W_{8V} + W_{6A}$
W_{8OK}	Energiöverskott (sommartid) + korrektion beräkn. och mätning	Överskott her gett förhöjd innetemp. eller vädrats ut
W_8	Summa förluster	$W_{8C} + W_{8OK} =$ tillförd W_7

Bil 9 Ackumulator Energibalans - temperatur

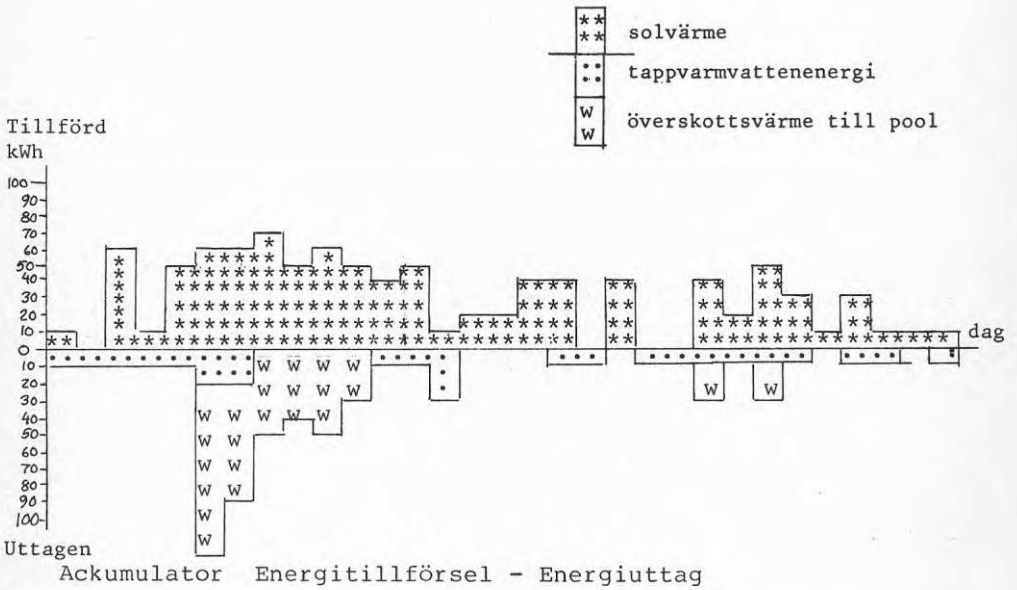
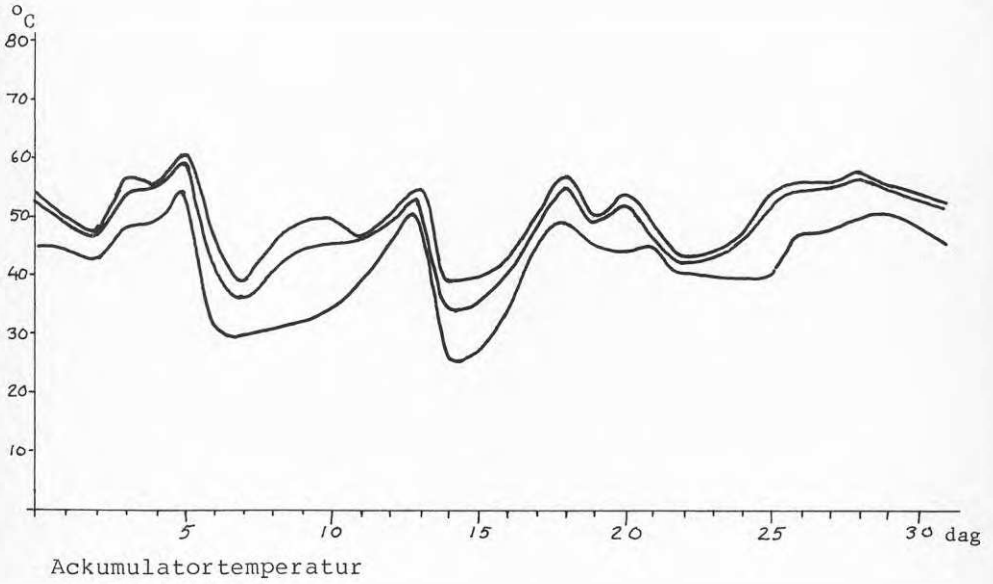
Period Maj 1981



Akkumulator Energitillförsel - Energiuttag

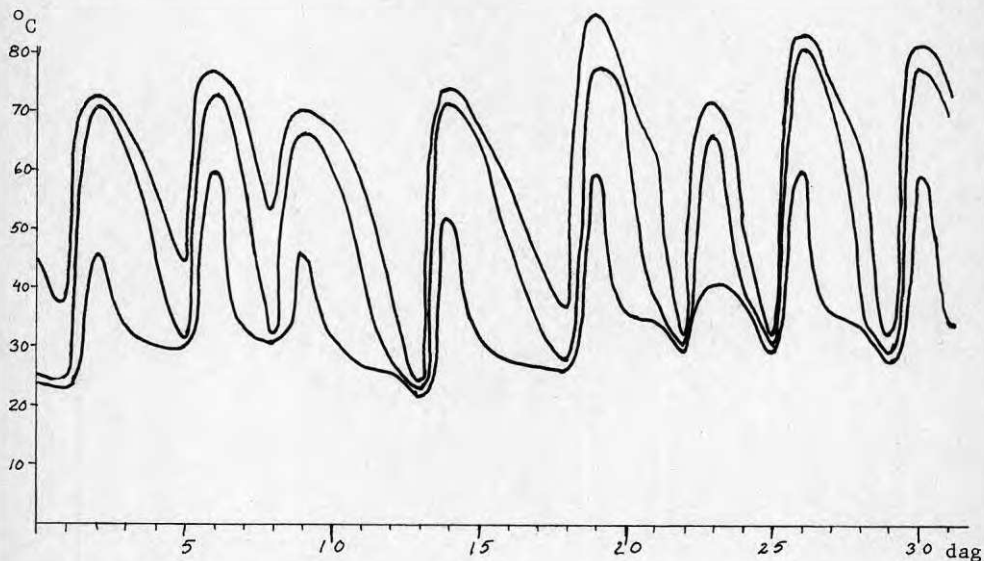
Bil 10 Ackumulator Energibalans -temperatur

Period Augusti 1981

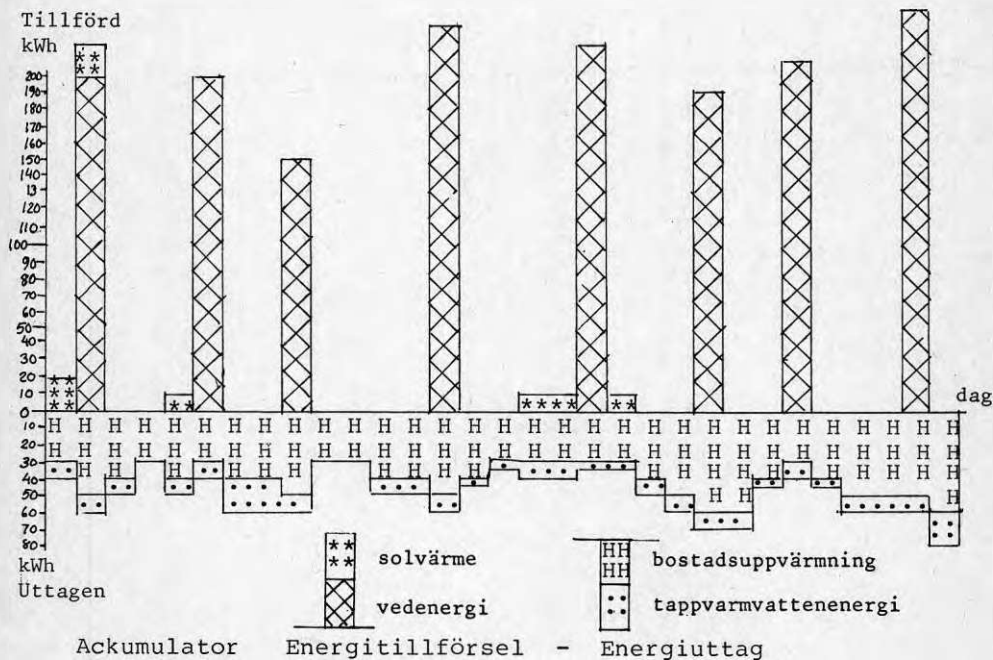


Bil 11 Ackumulator Energibalans, - temperatur

Period 81.10.18 - 81.11.17



Akkumulatortemperatur



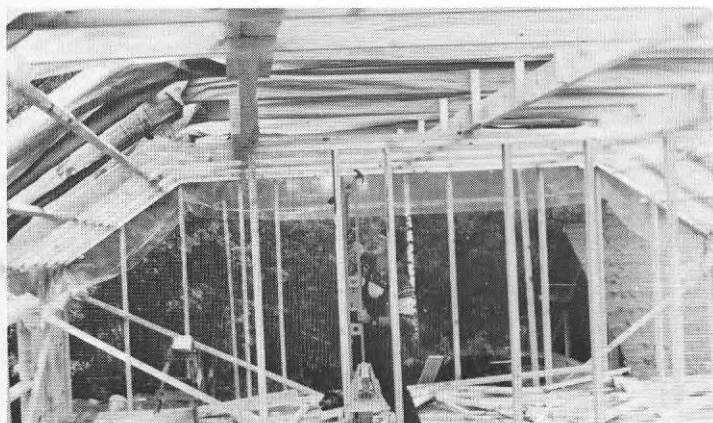
Bil 12



12.1

Stomresning,

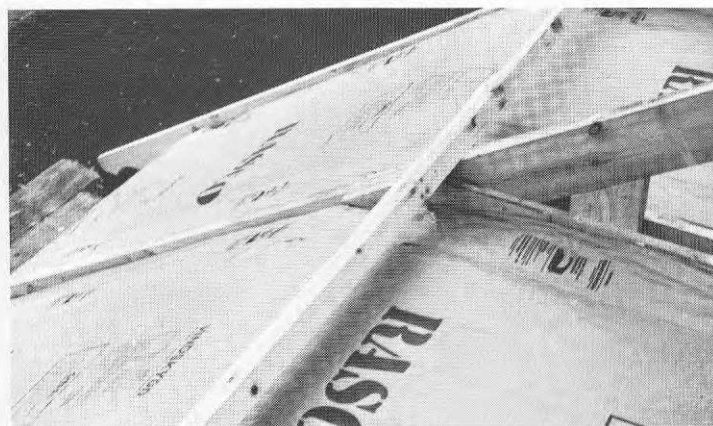
Takstolar och åsar
Vindskydd monterat
på takstolar



12.2

Stomresning

Plastfolie delvis
monterad för att
säkerställa helt
omslutande
ångspärr



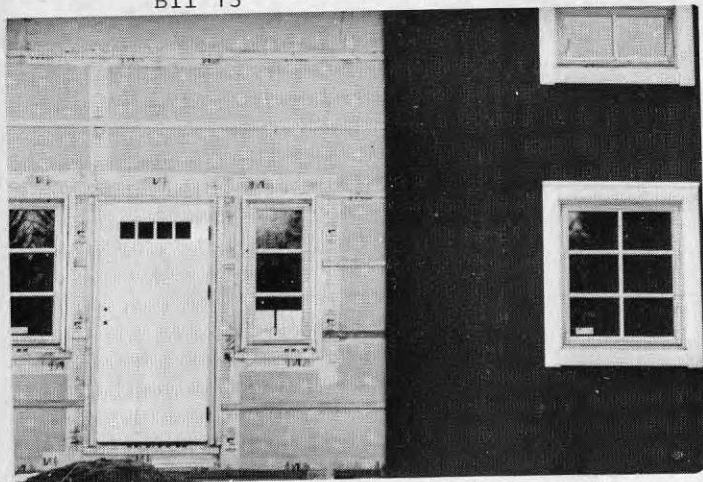
12.3

Vindsbjälklag

Isolering utförd
uppifrån före
montage av yttertak

Vindskydden på
takstolar och
isolering samman-
fogas med
anslutningsremсор

Bil 13



13.1

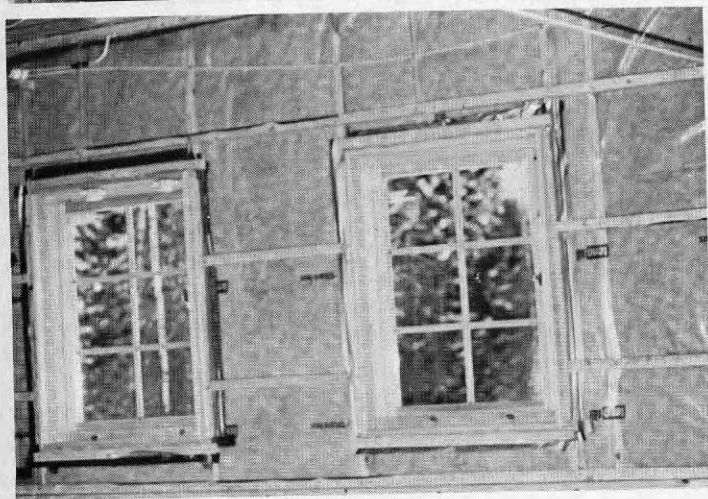
Fasad delvis klädd med träpanel. Lågt monterade utanpå vindskiva för luftning av panelen.

Vid skivskarvar och mot fönster-/dörrkarmars omsvepta vindskydd har hot-melt-klistreremсор monterats för att eliminera läckage



13.2

Vindtätning utförande vid anslutning till fönster och dörrar

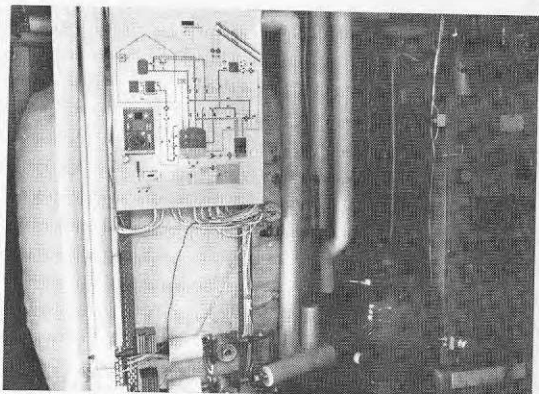
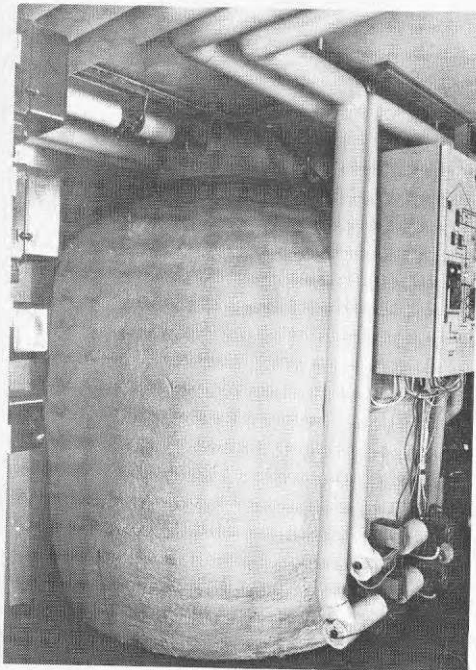


13.3

Ångspärr monterad indragen i väggen 5 cm. Skarvar och anslutningar mot fönsterkarmars vindskydd tejpede.

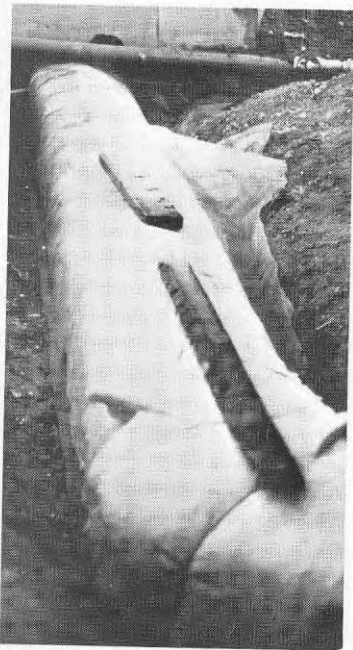
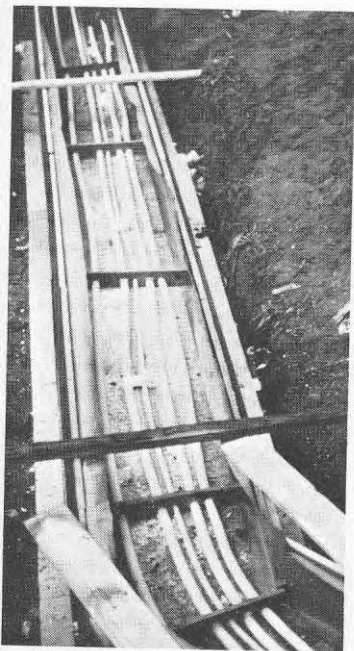
Bekväm elinstallation utan punktering av ångspärren

Bil 14



14.1, 14.2

Akkumulator, vedpanna,
del av övrig utrustning
mätutrustning etc.



14.3, 14.4

Kulvert
PUR-skummad
på plats

Därefter täckt
med ränna av
armerad poly-
esterplast som
mekaniskt skydd

**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
780739-8 från Statens råd för byggnadsforskning
till A-Byggservice, Ryssby.**

R75: 1982

ISBN 91-540-3738-7

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6700575

**Abonnemangsgrupp:
W. Installationer**

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

Cirkapris: 30 kr exkl moms