

Demonstration og integration af komplet solvarmeanlæg i altanlukninger



Ole Hviid

Søren Østergaard Jensen

Poul Andreasens Tegnesteue

SolEnergiCenter Danmark
Teknologisk Institut

Demonstration og integration af komplet solvarmeanlæg i altanlukninger

Ole Hviid
Poul Andreasens Tegnastue

Søren Østergaard Jensen
SolEnergiCenter Danmark
Teknologisk Institut

Januar 1999

Bilag

Målerapport

Søren Østergaard Jensen
SolEnergiCenter Danmark
Teknologisk Institut

Forord

Nærværende bilag afslutter Prøvestationen for Solenergi's (nu SolEnergiCenter Danmark) arbejde under UVE-projektet "Demonstration af montering og integration af komplet solvarmeanlæg i altanlukninger", journal nr. 51181/96-0019.

Følgende har deltaget i arbejdet beskrevet i bilaget:

Søren Østergaard Jensen, civ.ing.
William Otto, laboratorieteknikker
Klaus Ellehauge, civ.ing
Ole Larsen, laboratorieteknikker
Jan Erik Nielsen, civ.ing.
Miroslav Bosanac, B.sc., Ph.D.

Indholdsfortegnelse

1.	Indledning	3
2.	Målesystem	3
3.	Måleresultater	5
3.1.	Målinger vs. beregninger	7
3.1.1.	Vejr	7
3.1.2.	Anlægsparametre	9
3.1.3.	Sammenligning mellem målinger og beregninger	11
3.2.	Undersøgelse af nettoydelsen ved hjælp af Kviksol	12
3.2.1.	Besparelse	13
3.3.	Fælles beholder pr. opgang	14
3.3.1.	Besparelser	15
3.4.	Sammenligning af besparelser	17
5.	Konklusion	17
4.	Referencer	18

1. Indledning

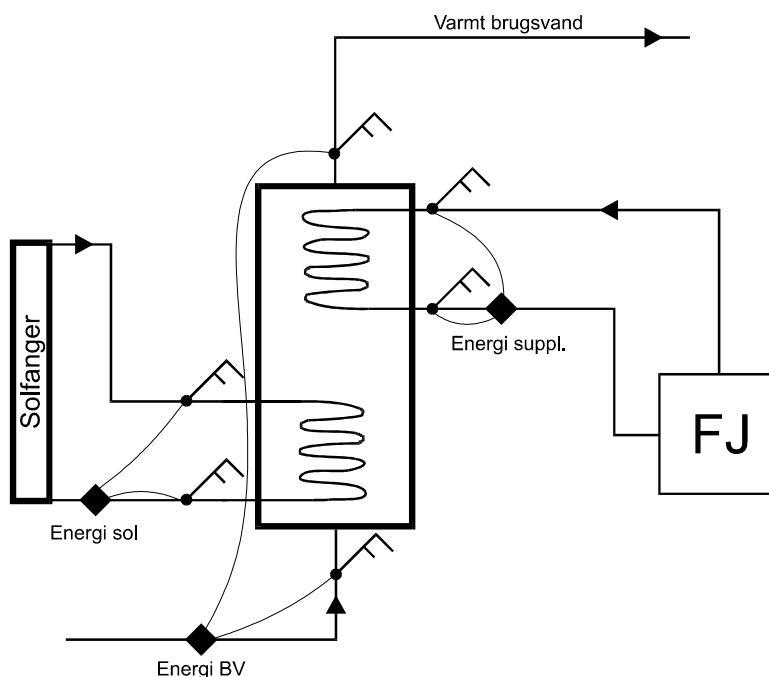
Formålet med projektet var at demonstrere solvarmeanlæg integreret i altanlukninger. Projektet er i høj grad kommet til at fokusere på indplaceringen af solfangeren i altanbrystninger, da det ikke viste sig muligt at placere solvarmeanlæggets lagerbeholder på altanen, samt at teste den simple kobling til lejlighedens brugsvandsinstallation som vist i figur 1 i rapportens hoveddel. I stedet blev der valgt en mere traditionel anlægsudformning med en lagerbeholder på badeværelset og en traditionel kobling til lejlighedens brugsvandsinstallation inkl. supplerende opvarmning i toppen af solvarmebeholderen.

Da anlægsudformningen endte med at være traditionel blev det besluttet udelukkende at måle anlægsydelsen med energimålere, som lejlighedens beboere aflæste hver uge - se næste afsnit.

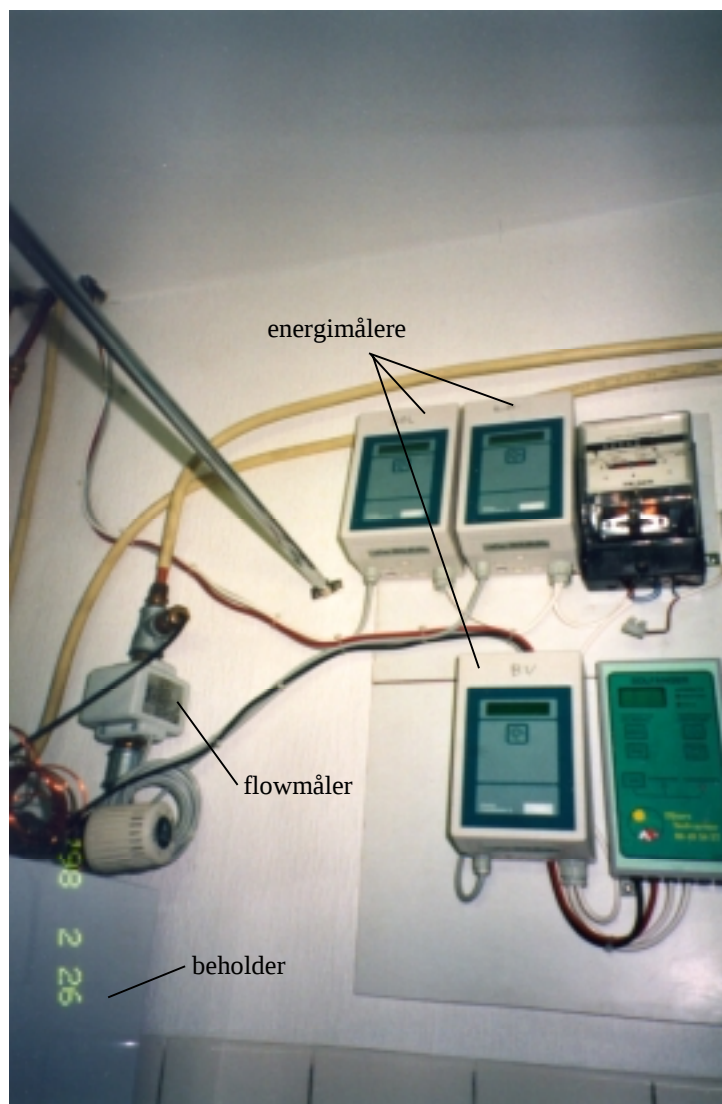
2. Målesystem

Et af formålene med projektet var at bestemme ydelsen for et solvarmeanlæg integreret i en altanlukning. Det blev som ovenfor nævnt besluttet at bestemme ydelsen for anlægget ved hjælp af energimålere, som lejlighedens beboere aflæste hver uge og sendte til Prøvestationen for Solvarmeanlæg. Det er den samme metode, som for nogle år tilbage blev anvendt med succes i forbindelse med de ydelsesstatistikker, som Prøvestationen for Solenergi gennemførte (f.eks. (Otto, 1996)).

Der blev anvendt tre Clorius energimålere i måleprojektet: En i solfangerkredsen, en i suppleringskredsen og en i brugsvandskredsen, som figur 2.1 viser. Figur 2.2 viser placeringen af energimålerens regne- og displayenheder ved siden af solvarmebeholderen på badeværelset. Figur 2.3 viser et eksempel på de registreringskort, beboerne hver uge udfyldte ved aflæsningen af målerne og sendte til Prøvestationen for Solenergi. Første tal på de tre linier i figur 2.3 er akkumuleret energi, mens andet tal er akkumuleret volumenstrøm af væsken i den aktuelle kreds.



Figur 2.1. Placeringen af energimålerne i solvarmeanlægget.



Figur 2.2. Placeringen af energimålerne regne- og displayenheder på badeværelset.

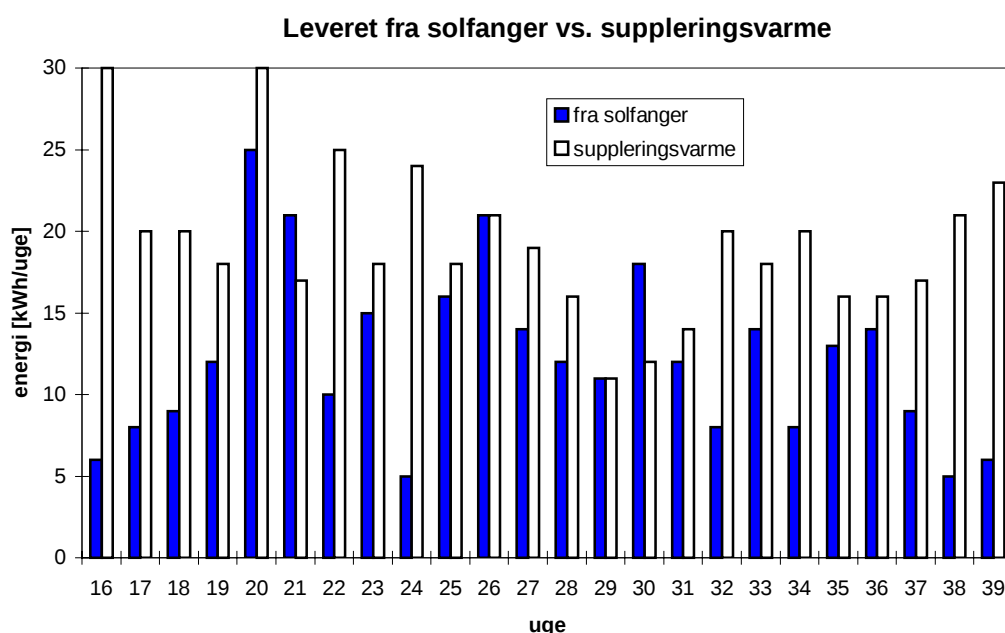
Solvarmestatistik		Prøvestationen for Solenergi Dansk Teknologisk Institut, 2630 Taastrup	
Aflæsninger for : <u>Norrebrogade 124 Randers</u> Aflæst, dato <u>11-7-98</u>			
Måler 1 (produceret solvarme)	: <u>191 - 6919</u>	kWh	
Måler 2 (forbrug varmtvand)	: <u>305 - 1152</u>	kWh	
Måler 3 (suppl.)	: <u>362 - 210.07</u>	kWh	
Modtaget <u>11. JUL. 1998</u> Prøvestationen			

Figur 2.3. Eksempel på udfyldt registreringskort.

3. Måleresultater

Der blev gennemført målinger i perioden 11. april - 30. september 1998. I det følgende er anvendt målinger for ugerne 17-39 (begge inkl.), hvilket vil sige fra d. 18. april til d. 26. september 1998. Måleperioden dækker den del af året, hvor hovedparten af årsproduktionen for et solvarmanlæg foregår. Dvs. måleperioden vil give et godt billede af solvarmeanlæggets ydelse.

De følgende grafer viser de aflæste/målte energimængder for henholdsvis solkreds, suppleringskreds, brugsvandskreds (brugsvandsbehov) og nettoydelse fra anlægget. Nettoydelsen er brugsvandsbehovet minus energimængden tilført lageret fra suppleringskredsen. På den måde dækker solfangerkredsen hele varmetabet fra beholderen. Dvs. den reelle besparelse er højere end nettoydelse vist i de følgende tabeller (tabel 3.1, 3.4-8 samt figur 3.2). Besparelsen er undersøgt nærmere i afsnit 3.2.1.

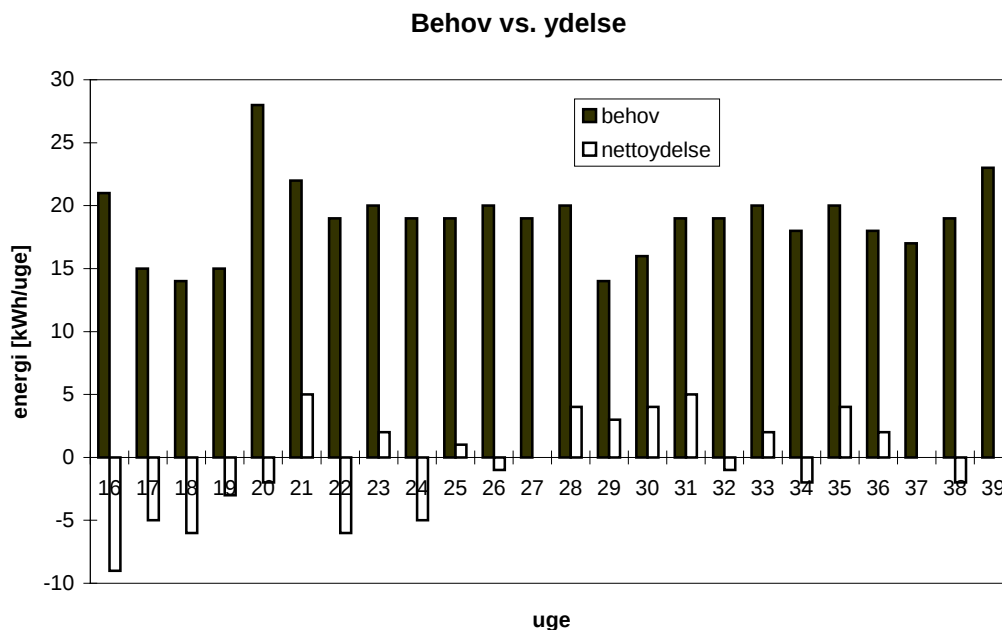


Figur 3.1. Energi tilført solvarmebeholderen fra henholdsvis solfangerkredsen og suppleringskredsen.

Som det ses af figur 3.2. har brugsvandsforbruget været meget konstant i måleperioden. Figur 3.2. viser desuden, at nettoydelsen har været meget lav og ofte negativ. I tabel 3.1 er nettoydelsen summeret for hele perioden, samt for perioderne uge 17-27 og uge 29-39, idet forskellige fejl og mangler blev rettet i uge 28.

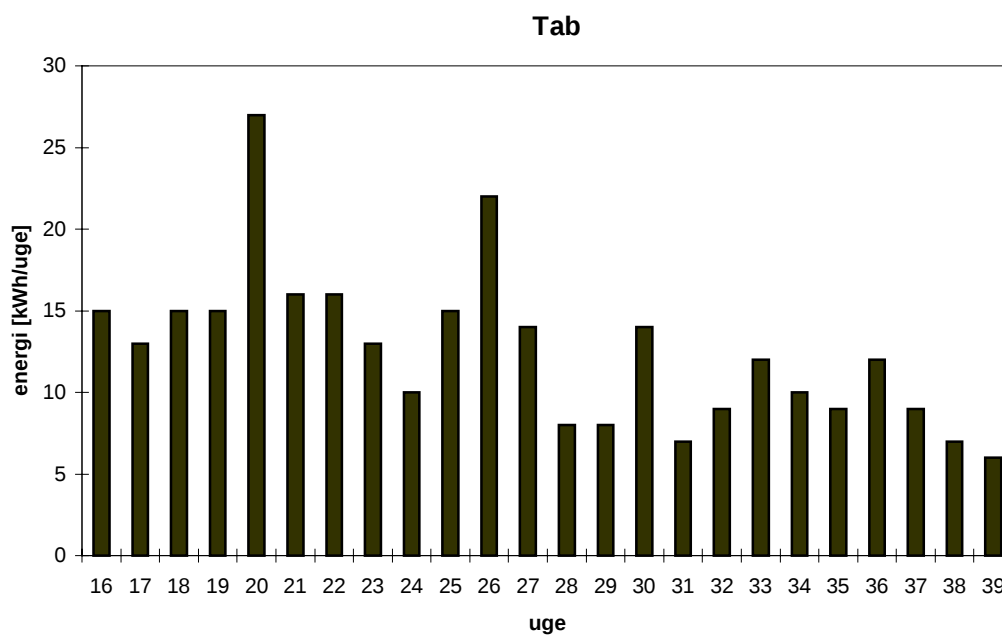
Periode	brugsvandsbehov kWh	solkreds kWh	supplering kWh	nettoydelse kWh
uge 17-39	433	286	434	-1
uge 17-27	210	156	230	-20
uge 29-39	203	118	188	15

Tabel 3.1. Målte energimængder for hele måleperioden og for perioden før og efter udbedringen af fejl i solvarmeanlægget.



Figur 3.2. Brugsvandsbehov og nettoydelse.

Som det ses af tabel 3.1, har solvarmeanlægget haft en negativ nettoydelse i måleperioden. Tabellen viser, at den negative nettoydelse skyldes de fejl, der var i anlægget i måleperiodens første del. Men selv efter at fejlene er blevet rettet, er nettoydelsen stadig meget lille. Figur 3.3 viser en del af forklaringen på den lave nettoydelse. Figur 3.3. viser varmetabet fra beholderen. Varmetabet fra beholderen er fundet ved at lægge energimængderne tilført lageret fra solkredsen og suppleringskredsen sammen og fratrække den tappede energimængde i form af varmt brugsvand.



Figur 3.3. Varmetab fra beholderen.

En sammenligning mellem figur 3.1 og 3.3. viser, at varmetabet fra beholderen har været i samme størrelsesorden som solvarmen tilført lageret. Dette er også vist i tabel 3.2.

Periode	solkreds kWh	beholdertab kWh
uge 17-39	286	287
uge 17-27	156	176
uge 29-39	118	103

Tabel 3.2. Sammenligning af energi tilført lageret via solkredsen og varmetabet fra beholderen.

I hovedrapporten er det beskrevet, hvordan der var fejl og mangler ved systemet i den første del af måleperioden (uge 17-27). Disse fejl og mangler var:

- Beholderen har (fra fabrikken) et stort varmetab
- Temperaturen i suppleringsdelen af beholderen var for høj - omkring 60°C
- Skoldningssikringen var sat for lavt, så der kun kunne tappes vand med en lav temperatur
- Solkredsen var dårligt isoleret
- Pumpen stod på højeste trin (60 W)

Alle ovenstående fejl (undtagen pumpen) har været medvirkende til det lave udbytte fra solvarmeanlægget i måleperiodens første del (uge 17-27). Alle ovenstående punkter (med undtagelse af beholderens store varmetab) var rettet i måleperiodens anden halvdel.

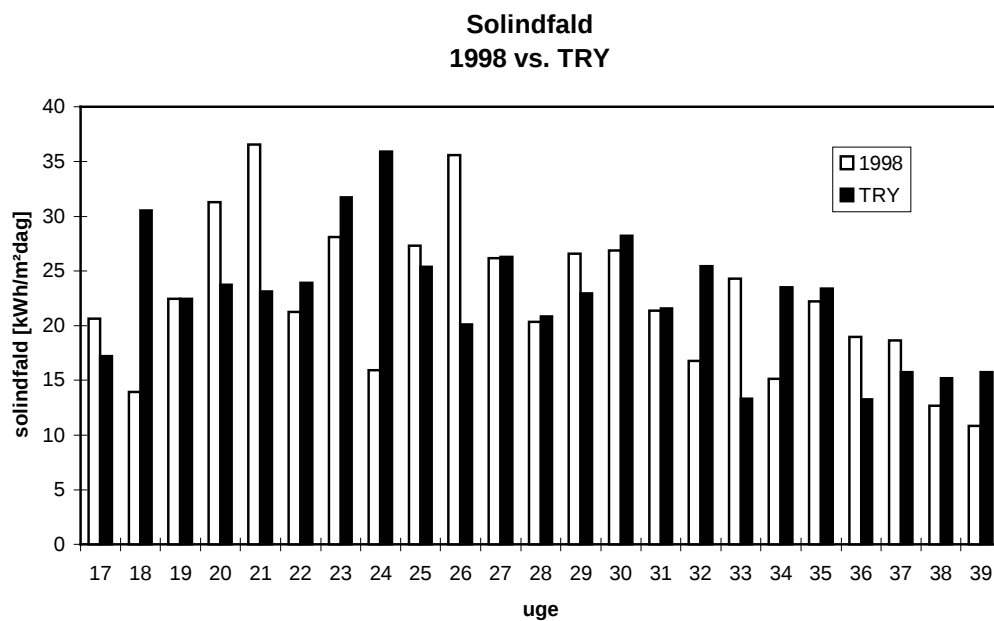
Det er dog ikke umiddelbart muligt ud fra målingerne at fastlægge, hvilke parametre der har været bestemmende for den lave nettoydelse. Derfor er målingerne i det følgende blevet sammenlignet med beregninger.

3.1. Målinger vs. beregninger.

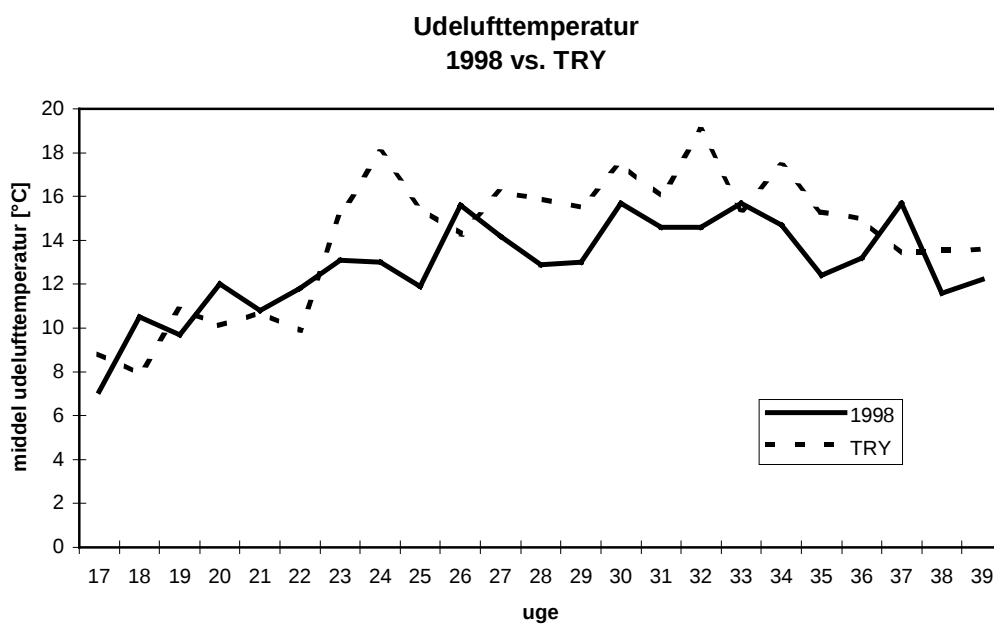
Som beregningsværktøj er i det følgende anvendt simuleringsprogrammet Kviksol version 5.3 (Nielsen, 1995), der er det mest udbredte simuleringsprogram til fastlæggelse af ydelsen for solvarmeanlæg i Danmark. Men for at kunne anvende Kviksol, er det nødvendigt at være i besiddelse af vejrdata for den aktuelle periode. Der blev i måleperioden ikke målt solindfald og udelufttemperaturer. Disse er i stedet fået fra DMI's målestation i Ødum ca. 15 km fra måleprojektet. Fra DMI er der fremskaffet timeværdier for global solindfald og udelufttemperatur. Det globale solindfald (solindfald på vandret) er ved hjælp af TRNSYS version 14.2 (Klein et al, 1994) blevet splittet op i direkte og diffust solindfald (usikkerhed omkring 5%).

3.1.1. Vejr

I figur 3.4-5 er det aktuelle vejr fra Ødum sammenlignet med de tilsvarende uger i det danske referenceår (TRY) (SBI, 1982). Tabel 3.3 viser det akkumulerede solindfald og middelude-lufttemperaturen pr. uge.



Figur 3.4. Solindfald på solfangeren (lodret, 75° fra syd mod vest) i 1998 og i TRY.



Figur 3.5. Udelufttemperatur i 1998 og i TRY.

Periode	solindfald		udelufttemperatur	
	1998 kWh/m²	TRY kWh/m²	1998 °C	TRY °C
uge 17-39	514	520	12.9	14.1
uge 17-27	279	280	11.8	12.5
uge 29-39	214	218	13.9	15.6

Tabel 3.3. Sammenligning af vejret i 1998 med referenceåret.

Som det fremgår af tabel 3.3 har solindfaldet i 1998 stort set været som i et normaltår, selvfølgelig med fluktuationer indenfor de enkelte uger som vist i figur 3.4. Det er altså ikke mindre sol, der kan forklare den lave nettoydelse.

Udelufttemperaturen har derimod været lavere i 1998 end i referenceåret - mere end 1°C lavere. Dette kan dog ikke forklare den meget lave nettoydelse.

3.1.2. Anlægsparametre

For at kunne opstille en model af anlægget i Kviksol, er det nødvendigt at kende de fysiske parametre for anlæggets enkelte komponenter samt de påvirkninger, anlægget har været udsat for (herunder også vejret).

Det var oprindelig tanken, at solfangeren skulle afprøves på Prøvestationen for Solenergi for at få fastlagt effektiviteten af solfangeren. Desværre var vejret i 1998 således, at det ikke var muligt at test alle de solfangere, det var planlagt af teste - effektivitetest prøvninger på Prøvestationen for Solenergi foregår udendørs ved hjælp af solen. I stedet for er effektivitetsudtrykket for solfangeren blevet beregnet. I denne beregning er der taget hensyn til, at solfangeren er placeret mod en lukket altan, hvorved specielt randtabene bliver mindre.

I det følgende er de væsentligste anlægsparametre nævnt. Valget af enkelte parametre er begrundet efter listen.

Solfanger

Effektivitetsligning: $\eta = 0,774 - 3,322 (T_m - T_a)/I - 0,0054 (T_m - T_a)/I^2$

Orientering: 75° (75° fra syd mod vest)

Hældning: 90° (lodret)

Solfangerkreds:

Rørlængde: 2 x 11 m

Rørdiameter: 15 mm

Isoleringstykkelse: 3 mm mineraluld ¹⁾

Pumpeeffekt: 30 W

Start/stop af pumpe: 4/2°C

Lager:

Totalvolumen: 160 liter

Suppleringsvolumen: 66 liter

Højde/diameterforhold: 3

Varmetabskoefficient: drift: 3,1 W/K

stilstand: 2,4 W/K

Varmeoverføringsevne solveksler: 133 W/K + 3,23 W/K² T_{lager}

Varmeoverføringsevne suppl.veksler: 300 W/K

Setpunkt for suppleringsvolumen: 48,5°C ²⁾

Omgivelsestemperatur for lageret: 25°C ³⁾

Brugsvandskreds:

Dagligt tappet vandmængde: 91 liter ⁴⁾

Koldtvandstemperatur: 20°C ⁵⁾

Varmtvandstemperatur: 45°C ⁵⁾

Noter:

- 1) Isoleringstykkelsen på 3 mm er fundet ved iteration for at få den overførte mængde solenergi til lageret til at passe med den målte energimængde. Den lille isoleringstykkelse afspejler dels at returrøret til solfangeren på altanen ikke er isoleret, da der ikke var plads til dette i pyntekassen, hvor rørene er skjult. Dels at solfangerens effektivitetsligning er beregnet og ikke målt.
- 2) Setpunktet for temperaturen i suppleringsvolumenet er ikke målt. Firmaet, der rettede fejlene ved anlægget fik besked på at sætte denne temperatur på ca. 50°C. 48,5°C giver god overensstemmelse mellem målinger og beregninger.
- 3) Rørene til suppleringsvarmeveksleren fra radiatoren er uisolerede (har kun en tynd plastik-kappe, der øger varmetabskoefficienten) - se figur 3.6. Temperaturen i badeværelset har derfor været høj.



Figur 3.6. Koblingen mellem radiatoren og lagerets suppleringsvarmeveksler.

- 4) Den gennemsnitligt tappede daglige mængde varmt brugsvand i perioden uge 29-39.
- 5) Koldt- og varmtvandstemperaturen er fastlagt, således at målt og beregnet brugsvandsbehov næsten er ens. 45°C anses som den laveste acceptable varmtvandstemperatur, heraf fås koldt vandstemperaturen på 20°C, hvilket ikke er urimeligt i en etageejendom, hvor den kolde vand ofte befinder sig lang tid i en omgivelsestemperatur på 20°C, da der er lang vej fra kælderen til 2. sal.

3.1.3. Sammenligning mellem målinger og beregninger

Tabel 3.4 viser en sammenligning mellem målte og beregnede energimængder for perioden uge 29-39.

	målt kWh	beregnet kWh	beregnet/målt
Brugsvandsbehov	203,0	200,2	0,99
Energi fra solkreds	118,0	121,0	1,03
Suppleringsenergi	188,0	183,2	0,97
Nettoydelse	15,0	17,0	1,13

Tabel 3.4. Sammenligning mellem målte og beregnede energistrømme for perioden uge 29-39.

Som det ses af tabel 3.4, beskriver modellen virkeligheden godt for perioden uge 29-39. Så godt at den også vil blive benyttet til at beregne energistrømmene for perioden uge 17-27.

I denne beregning er følgende værdier ændret:

Solkreds: Pumpeeffekt: 60 W

Tappet daglig mængde varmt brugsvand: 103 liter (gennemsnittet i perioden uge 17-27)

Varmtvandstemperatur: 42,5°C. Skoldningssikringen stod for lavt i denne periode.

Tabel 3.5 viser en sammenligning mellem målte og beregnede energimængder for perioden uge 17-27.

	målt kWh	beregnet kWh	beregnet/målt
Brugsvandsbehov	210,0	207,9	0,99
Energi fra solkreds	156,0	156,3	1,00
Suppleringsenergi	230,0	150,0	0,65
Nettoydelse	-20,0	57,9	-2,90

Tabel 3.5. Sammenligning mellem målte og beregnede energistrømme for perioden uge 17-27.

Som det ses af tabel 3.5, er den målte og beregnede energitilførsel fra solfangerkredsen også her identisk, selv om isoleringen af rørene i solfangerkredsen i denne periode var mangelfuld.

Dette skyldes dels, at den afsatte energi fra pumpen var højere i denne periode, dels at solindfaldet var 30% højere i denne periode end i perioden uge 29-39 - se tabel 3.3. Lufttemperaturen på altanen og på loftet har derfor været højere i denne periode, hvorved varmetabet fra solfangerkredsen har været lavere.

Tabel 3.5 viser, at den målte energimængde til suppleringsvolumenet har været mere end 50% højere end beregnet, hvilket skyldes den højere temperatur i suppleringsvolumenet. Hvis denne temperatur havde været som i den efterfølgende periode, ville solvarmeanlægget have haft en positiv nettoydelse på ca. 60 kWh mod den målte på -20 kWh.

3.2. Undersøgelse af nettoydelsen ved hjælp af Kviksol

Kviksol-modellen af solvarmeanlægget viser god overensstemmelse med målingerne - se tabel 3.4. Modellen anvendes derfor i det følgende til at undersøge, hvorfor nettoydelsen fra anlægget har været så lav.

Der er i første omgang anvendt samme værdier som i den ovenfor beskrevne model for perioden uge 29-39, blot er vejrdataene for 1998 udskifte med det danske referenceår TRY (SBI, 1982), og hele året simuleres.

Tabel 3.6 viser brugsvandsbehov, pumpeenergi og nettoydelse for to solfangerarealer: 2 x 0.918 m² som i demonstrationsprojektet og 2 x 1.403 m², som er beskrevet i hovedrapportens afsnit 2.2. Desuden er der foretaget simuleringer dels for en orientering 75° fra syd mod vest som i demonstrationsprojektet og en orientering stik syd.

Orientering °	solf. areal m ²	behov kWh/år	pumpeenergi kWh/år	nettoydelse kWh/år	nettoydelse kWh/m ² år
75	2 x 0.918	966	53	24	13
75	2 x 1.403	“	53	121	43
0	2 x 0.918	“	56	105	57
0	2 x 1.403	“	54	246	88

Tabel 3.6. Brugsvandsbehov, pumpeenergi og nettoydelse for to solfangerarealer og to orienteringer.

Som det ses af tabel 3.6, er den årlige nettoydelse ikke overvældende og i et tilfælde er den lavere end den nødvendige pumpeenergi.

En del af årsagen til den lave nettoydelse er det høje varmetab fra solvarmebeholderen. Varmetabet ved henholdsvis drift og stilstand er 3,1 og 2,4 W/K. Det er alt for højt. Ifølge Prøvestationen for Solenergi's erfaringer med solvarmebeholdere, burde ovenstående varmetabskoefficienter være 2,3 og 1,6 W/K for en beholder på 160 liter. Anvendes disse tal, omformes værdierne i tabel 3.6 til de vist i tabel 3.7.

Tabel 3.7 viser, at et bedre lager forøger nettoydelsen fra anlægget betragtelig. En anden parameter, der har indflydelse på nettoydelsen, er koldtvandstemperaturen. I ovenstående simu-

leringer er den 20°C. Hvis den i stedet var 10°C, ville værdierne i tabel 3.7 blive ændret til værdierne i tabel 3.8.

Orientering °	sol. areal m ²	behov kWh/år	pumpeenergi kWh/år	nettoydelse kWh/år	nettoydelse kWh/m ² år
75	2 x 0.918	966	53	100	54
75	2 x 1.403	“	52	200	71
0	2 x 0.918	“	55	185	101
0	2 x 1.403	“	54	330	118

Tabel 3.7. Brugsvandsbehov, pumpeenergi og nettoydelse for to solfangerarealer og to orienteringer samt med et bedre lager.

Orientering °	sol. areal m ²	behov kWh/år	pumpeenergi kWh/år	nettoydelse kWh/år	nettoydelse kWh/m ² år
75	2 x 0.918	1352	62	296	161
75	2 x 1.403	“	61	402	143
0	2 x 0.918	“	61	397	216
0	2 x 1.403	“	59	544	194

Tabel 3.8. Brugsvandsbehov, pumpeenergi og nettoydelse for to solfangerarealer og to orienteringer samt et bedre lager og en lavere koldtvandstemperatur.

Tabel 3.8 viser, at nettoydelsen nu er ved at komme op i nærheden af det forventede. For arealet på 2 x 0,918 og en sydlig orientering ville nettoydelsen yderligere øges, hvis hældningen ændres til 45°C. Nettoydelsen vil da være henholdsvis 505 kWh og 275 kWh/m². Nettoydelsen kan yderligere ændres ved en reduktion af længden af rørene i solfangerkredsen og en reduktion af varmetabet fra disse.

3.2.1. Besparelse

Ovenstående tabeller (tabel 3.6-8) angiver nettoydelsen for anlæggene, men ikke besparelsen ved installation af denne type solvarmeanlæg i hele bebyggelsen. Ved at installere solvarmeanlæg af ovenstående type i alle lejligheder vil bebyggelsens fælles varmtvandsbeholder kunne sløjfes. Herved vil der spares cirkulationstab mellem den fælles beholder og lejlighederne. Dette cirkulationstab andrager ifølge (Halling Sørensen og Wowern, 1980) 200-400 kWh/år pr. lejlighed. Varmetabet fra den fælles beholder spares også. Det sparede varmetab for beholderen er afhængig af størrelse, isoleringsstandard og temperaturen af vandet i beholderen. Skønsmæssigt vil det sparede varmetab ligge omkring 100 kWh/år pr. lejlighed. Dvs. den årlige besparelse pr. lejlighed vil være 300-500 kWh højere end de fundne nettoydelser. Dette tal skal lægges til besparelsen i anden sidste række i tabel 3.6-8. Det betyder, at besparelsen i tabel 3.6-8 vil være mellem 175 og 490 kWh/m² mod de fundne nettoydelser mellem 13 og 216 kWh/m².

Besparelsen som følge af tabel 3.8 bliver da pæne - mellem 250 og 490 kWh/m², men desværre vil koldtvandstemperaturen altid være relativ høj i en etageejendom. Det er heller ikke muligt væsentligt at afkorte rørstrækningen mellem solfanger og lager. Faktisk vil det i lejlighede-

derne i stuen og 1. sal være vanskeligt at placere disse rør. Desuden kræver denne anlægsudformning, at der altid er varme på radiatorkredsen, så suppleringsdelen af beholderen kan holdes på den ønskede brugsvands-temperatur. I de fleste etageejendomme slukkes radiatorkredsen dog om sommeren. Alternativt kan en elpatron i toppen af tanken sørge for den ønskede brugsvandstemperatur i sommermånedene, hvor radiatorkredsen ikke holdes opvarmet.

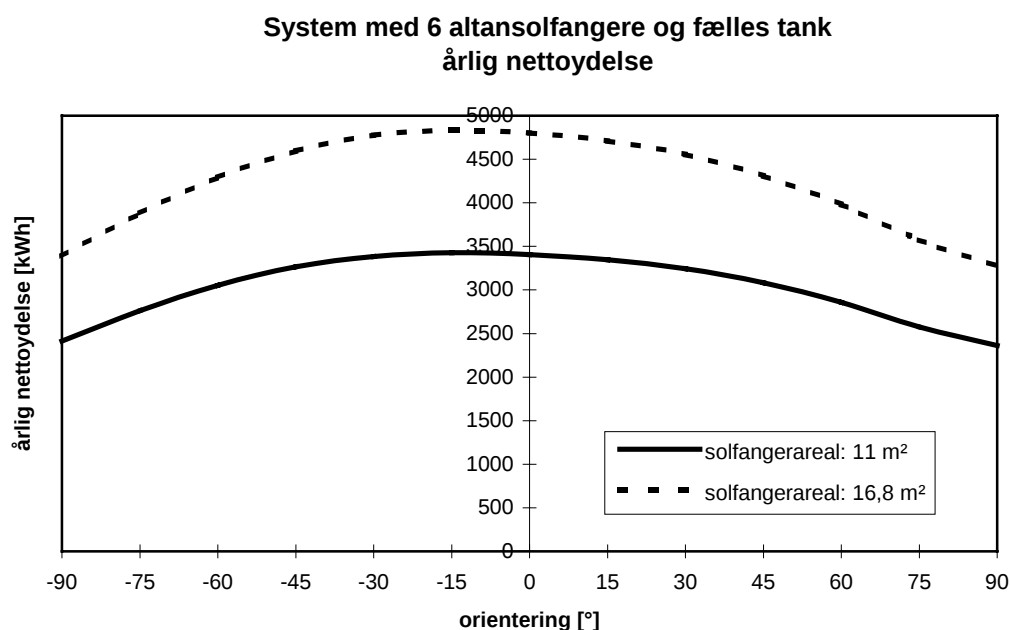
Ovenstående problemer har gjort, at der også er blevet udarbejdet en alternativ anlægsudformning som beskrevet i hovedrapportens kapitel 8, hvor solfangerne fra seks altaner (en opgang) kobles sammen og føres til en fælles beholder i kælderen. Ydelsen for et sådant anlæg er undersøgt i næste afsnit.

3.3. Fælles beholder pr. opgang

I det efterfølgende er ydelsen undersøgt for anlæg, hvor solfangerne fra seks altaner er koblet sammen og ført til en fælles beholder i kælderen. På denne måde kan den fælles brugsvands-beholder for hele bygningen sløjfes, da det ikke kan betale sig at lade de fælles beholdere pr. opgang være forvarmebeholdere, der forvarmer brugsvandet til den eksisterende brugsvands-beholder. Dette betyder samtidigt, at de fælles beholdere pr. opgang skal have et suppleringsvolumen, hvor brugsvandet holdes på den ønskede brugsvandstemperatur.

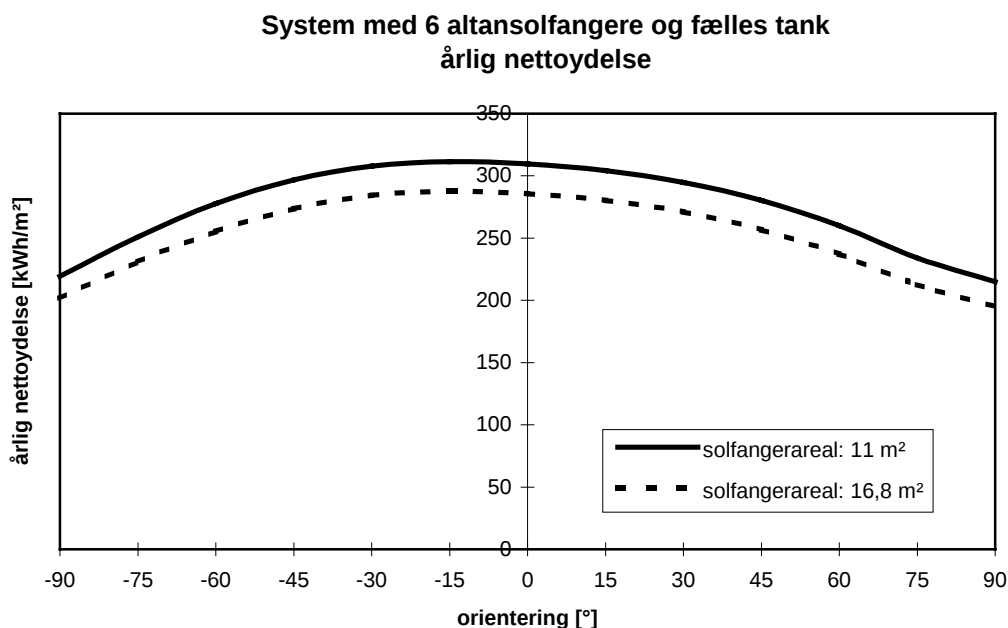
Tabel 3.9 angiver de væsentligste parametre i beregningen af ydelsen for seks altansolfangere med fælles beholder. Der er foretaget beregninger for to solfangerarealer: $6 \times 2 \times 0.918 = 11 \text{ m}^2$ og $6 \times 2 \times 1.403 = 16,8 \text{ m}^2$. De øvrige anlægsparametre er fundet ved brug af programmet Solhus (Wittchen, Jensen og Thomsen. 1998), der ved hjælp af få inputparametre genererer en Kviksol-inputfil for et solvarmeanlæg til en etageejendom med realistiske anlægsparametre (Jensen, 1998).

Figur 3.6-7 viser nettoydelsen fra solvarmeanlæggene som funktion af orientering af solfangeren. Figur 3.6 viser den totale nettoydelse, mens figur 3.7 viser nettoydelsen pr. m^2 solfanger.

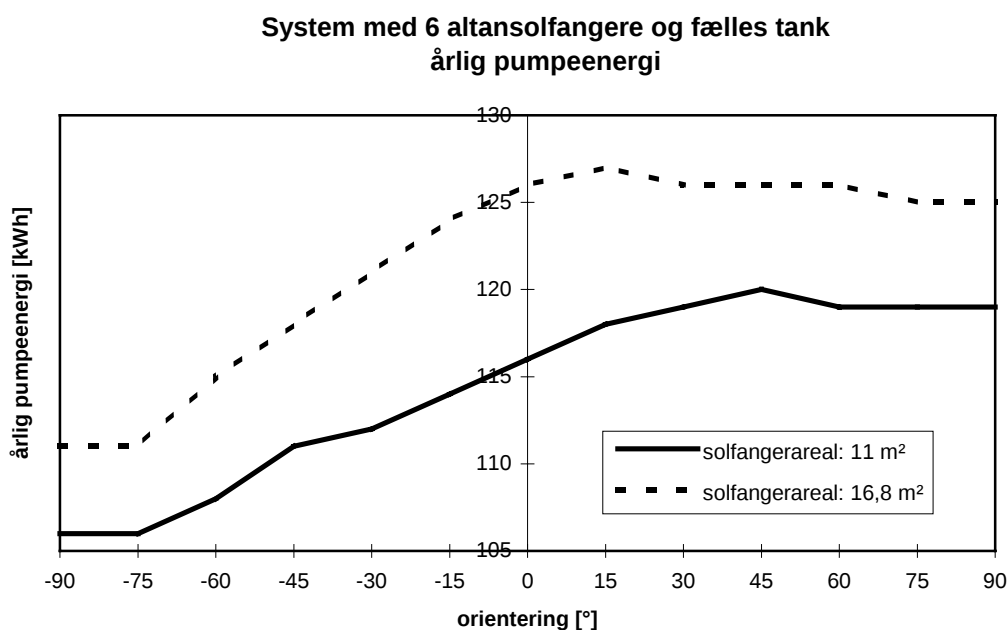


Figur 3.6. Årlige nettoydelse for fællesanlæg pr. opgang for to solfangerarealer og forskellige orienteringer. -90° er øst, mens 90° er vest.

af dette cirkulationstab, solvarmeanlægget kan dække. Desuden spares varmetabet fra den oprindelige beholder. Det sparede tab vil nok være i størrelsesordenen 200 kWh/år pr. lejlighed, hvilket vil sige 1200 kWh/år pr. opgang, som skal lægges til kurverne i figur 3.6. I figur 3.7 skal der lægges 100 og 70 kWh/m² til kurven for henholdsvis 11 og 16,8 m².



Figur 3.7. Årlige nettoydelse pr. m² solfanger for fællesanlæg pr. opgang for to solfangerarealer og forskellige orienteringer. -90° er øst, mens 90° er vest.



Figur 3.9. Den årlige energimængde til pumpen i beregningerne i figur 3.6-7.

3.4. Sammenligning af besparelser

For at skabe et grundlag for sammenligning mellem individuelle anlæg og fællesanlæg, er besparelserne for henholdsvis individuelle anlæg listet i tabel 3.10.

For individuelle anlæg er anvendt nettoydelse fra tabel 3.7 sammen med besparelsen som følge af sløjfning af den fælles brugsvandsbeholder samt cirkulationsledningen fra afsnit 3.2.1.

For fællesanlæg er anvendt nettoydelse fra figur 3.7 sammen med besparelsen som følge af sløjfning af den fælles brugsvandsbeholder samt dækning af en del af varmetabet fra cirkulationsledningen fra afsnit 3.3.1.

Værdierne i tabel 3.10 er selvfølgelig behæftet med store usikkerheder, men giver en idé og niveauet.

Orientering °	solfangerareal pr. lejlighed m ²	besparelse individuelle anlæg kWh/m ² år	besparelse fællesanlæg kWh/m ² år
75	2 x 0.918	215-325	~335
75	2 x 1.403	180-250	~285
0	2 x 0.918	265-380	~410
0	2 x 1.403	225-295	~355

Tabel 3.10. Besparelser for individuelle anlæg og fællesanlæg.

4. Konklusion

Målingerne på solvarmeanlægget i Randers har vist, at nettoydelsen fra solvarmeanlæg er meget afhængig af, hvordan anlæggene bliver installeret og indreguleret. Dårlig installation og indregulering kan lede til en negativ nettoydelse fra anlæggene, som den først måleperiode i viste.

Nettoydelsen af solvarmeanlæg er også meget afhængig af varmetabet fra solvarmebeholderen. Beholderen anvendt i Randers havde et for stort varmetab.

For individuelle anlæg i hver lejlighed, vil besparelsen ved at sløjfe den eksisterende brugsvandstank og cirkulationsledning ofte være højere end nettoydelsen for solvarmeanlægget. Derfor kan besparelsen for individuelle anlæg være næsten lige så høj som besparelsen for fællesanlæg pr. opgang, hvor solfangerne fra seks altaner tilsluttes en fælles beholder i kælderen. Varmetabet fra de individuelle anlægs beholdere er større end for en fælles beholder, men tilgængeligt er det nødvendigt med en cirkulationsledning i forbindelse med det fælles anlæg.

Individuelle anlæg kan være svære at indplacere i lejligheder. Beholderne vil tage plads op inde i lejlighederne eller på altanerne, og det vil ofte være vanskeligt at føre rør mellem solfanger og beholder, hvis beholderen er placeret inde i lejlighederne. Disse problemer vil ikke

opstå i forbindelse med fællesanlæg, idet solfangerkredsens rør kan føres udenfor lejlighederne, og beholderen kan placeres i kælderen.

5. Referencer

Halling Sørensen, L. Wowern, H.v., 1980. VVS ståbi. Teknisk Forlag.

Jensen, S.Ø., 1998. Autogenerering af Kviksol-modeller - dokumentation. Prøvestationen for Solenergi, DTI Energi. ISBN 87-7756-478-2

Klein, S.A., 1994. TRNSYS - a Transient System Simulation Program, Solar Energy Laboratory, University of Wisconsin, Madison, Wisconsin,

Nielsen, J.E., 1995. Brugervejledning til KVIKSOL - et program til simulering af solvarmeanlæg. Prøvestationen for Solenergi, DTI Energi.

Otto, W. et al, 1996. Ydelsesstatistik for mindre brugsvandsanlæg - erfaringer fra det tredje års målinger. Prøvestationen for Solerengi, DTI Energi.

SBI, 1982. Vejrdata for VVS og energi - dansk referenceår TRY. Statens Byggeforskningsinstitut. SBI-rapport 135.

Wittchen, K., Jensen, S.Ø. og Thomsen, K.E. Solhus - et program til automatisk generering af beregningsmodeller og bygninger og solvarmeanlæg. Statens Byggeforskningsinstitut.