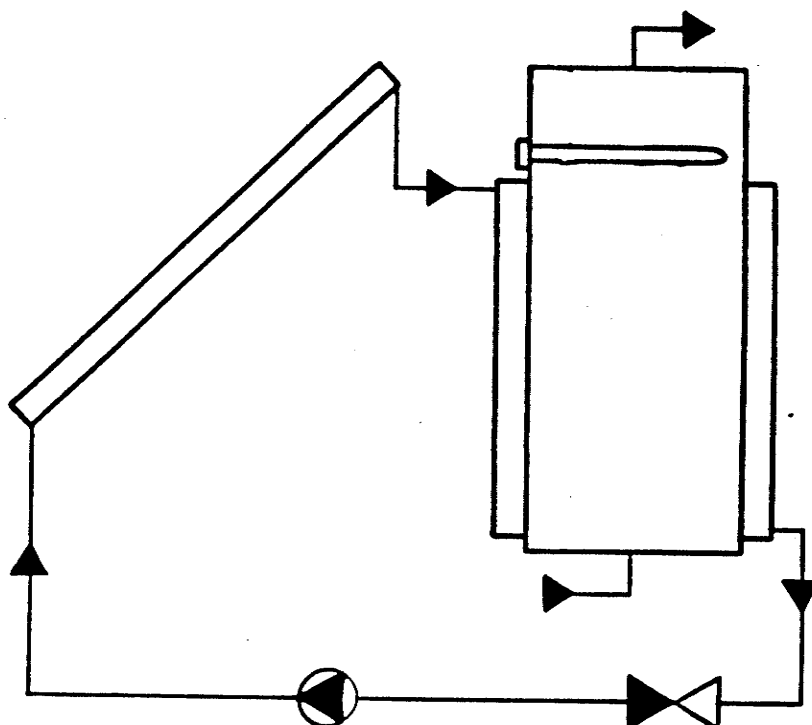


# Low flow solvarmeanlæg



Simon Furbo  
Laboratoriet for Varmeisolering  
Danmarks Tekniske Højskole  
Marts 1993

## Indholdsfortegnelse

<b>Indledning</b> .....	<b>1</b>
<b>Forsøgsanlæg på Laboratoriet</b> .....	<b>1</b>
<b>Simuleringsmodel</b> .....	<b>5</b>
<b>Markedsførte anlæg</b> .....	<b>6</b>
<b>Afslutning</b> .....	<b>9</b>

## Indledning

Ved et low flow solvarmeanlæg forstås et solvarmeanlæg med en lille volumenstrøm i solfangerkredsen og med et varmelager, hvori der opbygges en kraftig temperaturlagdeling under solfangernes drift.

Undersøgelser gennemført i Holland i starten af 80-erne viste, at low flow solvarmeanlæg yder mere end traditionelle solvarmeanlæg.

Low flow solvarmeanlæg kan endvidere opføres billigere end almindelige solvarmeanlæg, idet der kan benyttes billigere komponenter og fordi installationen kan lettes. Solvarmeanlæg med små volumenstrømme er derfor særdeles lovende.

I 1987 blev der derfor iværksat undersøgelser på Laboratoriet for Varmeisolering for at udvikle optimalt udformede low flow solvarmeanlæg.

## Forsøgsanlæg på Laboratoriet

Siden 1987 er ydelserne af tre små solvarmeanlæg til brugsvandsopvarmning målt under ensartede laboratiemæssige forhold.

Et af de afprøvede anlæg har som varmelager en varmtvandsbeholder med en indbygget varmevekslerspiral placeret i bunden af beholderen (spiralbeholderanlæg). Solfangervæsken pumpes gennem varmevekslerspiralen med en normal volumenstrøm på ca 1 l/min m<sup>2</sup> solfanger. Herved afgives solvarmen til brugsvandet. Dette anlæg er opbygget som størstedelen af de markedsførte anlæg i Danmark i dag.

Desuden er afprøvet to anlæg, der som varmelager har kappebeholdere, hvor solfangervæsken langsomt pumpes gennem kappen fra toppen til bunden af kappen (kappebeholderanlæg). Herved har det været muligt at bestemme den optimale volumenstrøm og styringsstrategi for et kappebeholderanlæg.

Volumenet af varmtvandsbeholderne er 200 l og beholderne er forsynet med elpatroner, som sikrer den nødvendige opvarmning af brugsvandet også i solfattige perioder.

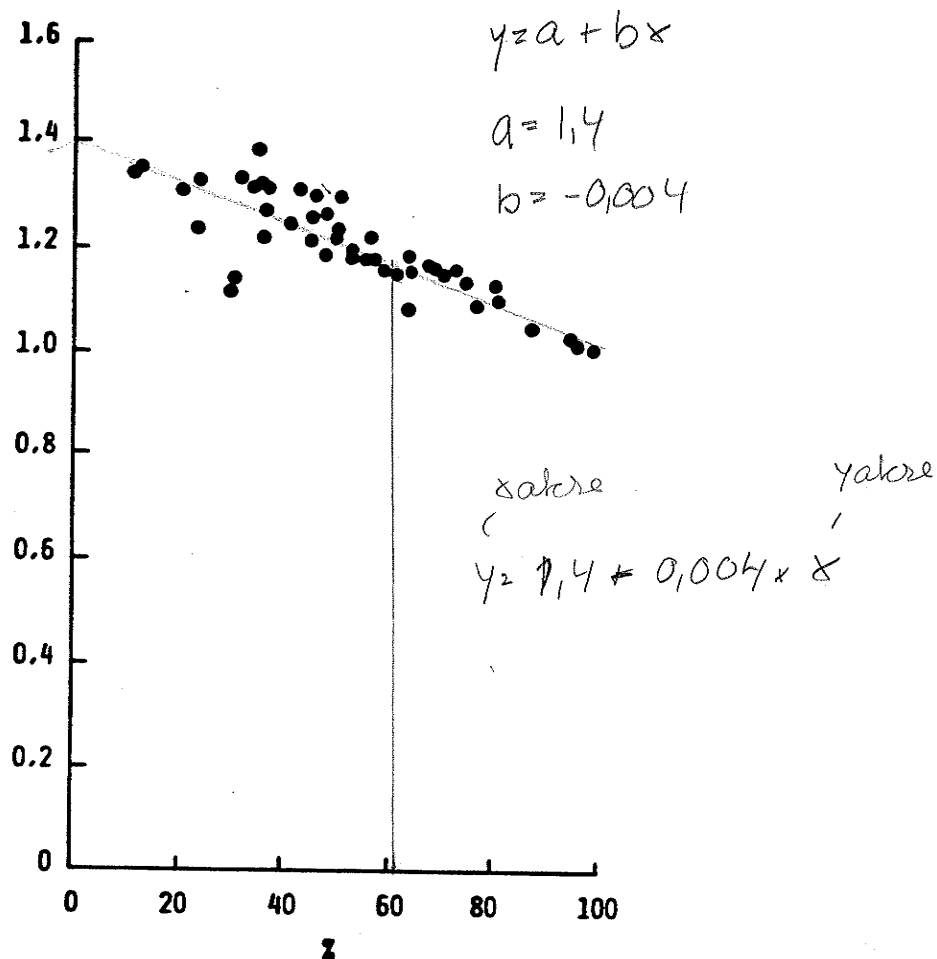
Anlæggene, som er forsynet med ens markedsførte solfangere, er afprøvet under ensartede realistiske betingelser.

Undersøgelserne viste, at kappebeholderanlæg yder mest når solfangervæsken cirkuleres gennem solfangerkredsen med en volumenstrøm mellem 0,1 og 0,2 l/min m<sup>2</sup> solfanger. Dette svarer til en volumenstrøm, som er ca 7 gange mindre end den tidligere normalt anbefalede volumenstrøm.

Kappebeholderanlægget med lille volumenstrøm yder mere end spiralbeholderanlægget. Dette fremgår af figur 1, som viser måleresultater for anlæggene. Kappebeholderanlæggets relative ydelse, defineret som forholdet mellem nettoydelsen for kappebeholderanlægget og nettoydelsen for spiralbeholderanlægget, er vist som funktion af dækningsgraden for spiralbeholderanlægget.

Viser et målepunkt at den relative ydelse er 1,20, betyder det at ydelsen for kappebeholderanlægget er 20 % større end ydelsen for spiralbeholderanlægget i den pågældende periode, som er af 1 uges varighed.

Relativ ydelse =  $\frac{\text{nettoydelse for kappebeholderanlæg}}{\text{nettoydelse for spiralbeholderanlæg}}$



Dækningsgrad for spiralbeholderanlæg =

$$\frac{\text{energiindhold i varmtvandsforbrug} - \text{energi til elpatronen}}{\text{energiindhold i varmtvandsforbrug}}$$

Figur 1. Målt relativ ydelse for kappebeholderanlæg som funktion af dækningsgraden for spiralbeholderanlæg.

Efter måleperiodens afslutning blev lagertankene inspiceret. Anlæggene havde da været i ensartet drift i 3 år med undtagelse af de to første vinterperioder.

Både i bunden af spiralbeholderen og kappebeholderen var der aflejret kalk. Massen af den aflejrede kalk var i spiralbeholderen 2,0 kg og i kappebeholderen 0,8 kg. Altså var der aflejret 2,5 gange så meget kalk i spiralbeholderen som i kappebeholderen, se figur 2.



Figur 2. Kalkmængden i solvarmeanlæggenes varmtvandsbeholdere. Kappebeholderanlæggets kalk til venstre og spiralbeholderanlæggets til højre.

Årsagen til, at der udskilles mindst kalk i low flow solvarmeanlægget er de høje temperaturer, som etableres i toppen af kappebeholderen. Jo højere temperaturen af det aftappede vand er, des mindre vandmængder tappes nemlig fra lageret, idet varmt vand tappes på en realistisk måde fra lagrene.

Altså strømmer der i anlæggenes levetid mere vand igennem det almindelige anlægs spiralbeholder end der strømmer igennem low flow anlæggets kappebeholder. Den større vandmængde resulterer i en større kalkudfældning.

Størstedelen af kalken var i begge beholdere placeret i bunden. I kappebeholderen får kalken derfor ingen indflydelse på varmeoverføringsevnen. På inspektionstidspunktet dækkede kalken ingen dele af varmevekslerspiralen i spiralbeholderen, men i løbet af nogle år vil kalken dække større eller mindre dele af varmevekslerspiralen, som jo er placeret i beholderens nederste del. Varmeoverføringsevnen og anlægsydelsen vil derfor på et tidspunkt reduceres mærkbart.

Kalkproblemerne er altså endnu en god grund til at anvende det attraktive low flow princip.

### Simuleringsmodel

Der er på Laboratoriet for Varmeisolering udviklet en matematisk model, som simulerer de termiske forhold for små low flow solvarmeanlæg med kappebeholdere som varmelagre.

I nogle af anlæggene opvarmes unødvendigt store dele af varmtvandsbeholderne af de supplerende energikilder (oliefyr, gasfyr, fjernvarme eller el) til unødvendigt høje temperaturer. Herved ødelægges driftsbetingelserne for solvarmeanlægget stærkt. Problemet kan løses dels ved at udforme den øverste del af varmelageret så kun den påkrævede vandmængde kan opvarmes af den supplerende energikilde dels ved at stoppe varmetilførslen så snart den ønskede temperatur er nået.

Målingernes varighed varierede fra anlæg til anlæg, idet nogle anlæg først blev installeret på et sent tidspunkt i projektets forløb. Globalstrålingen var både i 1990 og 1991 lidt mindre end globalstrålingen i referenceåret.

De målte varmtvandsforbrug og ydelser for forsøgsanlæggene fremgår af tabel 2. Varmtvandsforbruget - både det totale, forbrug pr person og pr m<sup>2</sup> solfanger - varierer fra anlæg til anlæg. Det gennemsnitlige varmtvandsforbrug er fundet til 38 l/dag pr person. Anlæggene er noget overdimensionerede, idet et dagligt varmtvandforbrug på 50 l pr m<sup>2</sup> solfanger er et passende forbrug for små brugsvandsanlæg. Forbruget varierer stærkt igennem året, f.eks. på grund af sommerferier. Det må forventes, at de små forbrug, de uregelmæssige forbrugsmønstre og de omtalte problemer vil resultere i forholdsvis små anlæggydelser.

De målte årlige nettoydelse for anlæggene varierer stærkt fra anlæg til anlæg. Ydelsen for de problemfyldte anlæg har været meget lille. De øvrige anlæg har derimod fungeret fint med ydelser, som er klart større end tidligere målte ydelser for tilsvarende almindelige små solvarmeanlæg. Altså kan low flow solvarmeanlæg også i praksis være højtydende.

## Afslutning

De gennemførte undersøgelser har vist, at low flow solvarmeanlæg i praksis kan fungere uden driftsproblemer med høje ydelser. Desuden viste undersøgelserne, at der kan opstå alvorlige driftsproblemer, hvis anlæggene ikke er udformet korrekt.

Low flow solvarmeanlæg blev introduceret på det danske marked i 1989. I 1990, 1991 og 1992 blev der installeret henholdsvis ca. 250, 450 og 750 små low flow anlæg svarende til ca. 20 %, 25 % og 35 % af de installerede anlæg i Danmark.

I dag er de markedsførte low flow solvarmeanlæg ikke billigere end de traditionelle solvarmeanlæg. Mulighederne for at billiggøre solvarmeanlæg ved at benytte low flow princippet er altså ikke udnyttet. Der er derfor behov for at udvikle billige, pålidelige, holdbare og højtydende små low flow solvarmeanlæg.

Sandsynligvis vil også store solvarmeanlæg med stor fordel kunne opføres efter low flow princippet. For tiden gennemføres på Laboratoriet for Varmeisolering et Ph.D. studie for at klarlægge, hvorledes store low flow solvarmeanlæg bedst udformes.