

BYG·DTU

DANMARKS  
TEKNISKE  
UNIVERSITET



## **Forbedret varmtvandsbeholder til små solvarmeanlæg til brugsvandsopvarmning**

Sagsrapport  
BYG· DTU SR-07-05  
2007  
ISSN 1601 - 8605



# Forbedret varmtvandsbeholder til små solvarmeanlæg til brugsvandsopvarmning

Jianhua Fan og Simon Furbo



## Indholdsfortegnelse

Introduktion .....	6
Baggrund .....	6
Undersøgelser .....	7
Konklusion .....	10
Referencer .....	10

## Introduktion

Som en del af Energiforskningsprojektet "Kvalitetssikring af solvarmeanlæg", EFP-05/33036-0006, som finansieres af Energistyrelsen og gennemføres i et samarbejde mellem PlanEnergi, BYG.DTU, DS, SBI, Ellehauge & Kildemoes og Dansk Solvarme Forening, yder BYG.DTU assistance til fabrikanter med det formål at udvikle nye og bedre produkter.

Fabrikanter stillede ved projektets start forslag om 9 projekter, som de ønskede at gennemføre i et samarbejde med BYG.DTU. På grund af projektets begrænsede resurser var det nødvendigt at begrænse antallet af projekter til to. De to gennemførte projekter, som blev udvalgt af projektledelsens prioriteringsgruppe, er: "Effektivitet af luft-/væskesolfanger", som gennemføres i et samarbejde med Aids Miljø A/S og "Optimal kappebeholder til små solvarmeanlæg til brugsvandsopvarmning", som gennemføres i et samarbejde med Nilan A/S og METRO THERM A/S. Denne rapport beskriver sidstnævnte projekt.

## Baggrund

Små solvarmeanlæg til brugsvandsopvarmning baseret på kappebeholdere har en række fordele sammenlignet med tilsvarende solvarmeanlæg baseret på varmtvandsbeholdere med indbyggede varmevekslerspiraler, [1]:

Den årlige ydelse forøges med 10-25% i afhængighed af anlæggets dækningsgrad på grund af den fordelagtige temperaturlagdeling der opbygges i kappebeholderen under anlæggets drift.

Der udfældes ca. 2,5 gange mindre kalk i kappebeholderen end i en tilsvarende spiralbeholder.

Hvis der benyttes små volumenstrømme i solfangerkredsen, hvilket kan forøge ydelsen af kappebeholderanlæg en smule i forhold til anvendelsen af normalt høje volumenstrømme, kan der benyttes små rørdimensioner i solfangerkredsen hvorved installationen lettes. Der kan for eksempel benyttes to små samisolerede rør, som føres frem og tilbage mellem solfanger og varmtvandsbeholder, som det kendes fra Centraleuropa og Nordamerika. Hermed er der mulighed for at billiggøre anlægget samtidigt med at anlæggydelsen yderligere forøges en smule på grund af reduceret varmetab fra rørene.

Der er således en række gode grunde til at benytte kappebeholdere som varmelagre for små solvarmeanlæg. Et Ph.D. studium, der blev afsluttet i 2004, viste endvidere at det er muligt at opnå væsentlige forøgelser af ydelsen af solvarmeanlæg ved relativt simple ændringer af udformningen af de kappebeholdere, der markedsføres i Danmark, [2]. Kappebeholderne kan ydelsesmæssigt forbedres ved at:

Forøge beholderens højde/diameter forhold

Reducere kappens højde

Forøge isoleringstykkelsen på siden af beholderen

Placere indløbet til kappen lidt lavere end kappens øverste niveau

Benytte rustfrit stål i stedet for almindeligt stål som beholdermateriale

Specielt er det interessant at beholderne kan forbedres ved at reducere kappens højde. Herved er der nemlig mulighed for at billiggøre kappebeholderne.

## Undersøgelser

Der er gennemført side-by-side tests i BYG.DTU's prøvestand for solvarmeanlæg med det formål at dokumentere at kappebeholdere til små solvarmeanlæg kan udformes bedre end de i dag markedsførte kappebeholdere.

Der er i prøvestanden opført to solvarmeanlæg, som er identiske bortset fra kappebeholderens udformning. De vigtigste data for de to anlæg fremgår af tabel 1.

Solfangertype	ST-NA fra Arcon Solvarme A/S
Solfangerareal	2,51 m <sup>2</sup>
Maksimal solfangereffektivitet	0,801
Varmetabskoefficient for solfanger	Første varmetabsled: 3,21 W/m <sup>2</sup> K Andet varmetabsled: 0,013 W/m <sup>2</sup> K <sup>2</sup>
Solfangerens indfaldsvinkelkorrektionsfaktor	3,6
Solfangerorientering	Sydvendt
Solfangerhældning	45°
Solfangerkreds	33 m 10/8 mm kobberør
Flow i solfangerkreds	0,5 l/min

Tabel 1. Data for de to afprøvede solvarmeanlæg.

De to varmtvandsbeholdere som benyttes i de to solvarmeanlæg er henholdsvis den markedsførte kappebeholder Danlager 1000 fra Nilan A/S og en forsøgs-kappebeholder, som er produceret af METRO THERM A/S. Begge tanke har vandvolumenet 189 l og et vandvolumen på 86 l i toppen af beholderne, som igennem afprøvningen opvarmes til 51°C af en 1000 W elpatron. Begge beholdere, som er af stål, er indbygget i et 60 x 60 cm kabinet. Kabinethøjden for Danlager 1000 er 181 cm, mens kabinethøjden for forsøgsbeholderen er 197 cm. De vigtigste data for de to beholdere fremgår af tabel 2.

Forsøgsbeholderens udformning er bestemt ved hjælp af beregninger med det detaljerede simuleringsprogram MANTLSIM, som kan benyttes til at bestemme ydelsen af solvarmeanlæg med forskelligt udformede kappebeholdere. MANTLSIM er udviklet i det ovenfor omtalte Ph.D. studium. Forsøgsbeholderen har en mindre diameter end Danlager 1000 og en tilsvarende større højde. Højde/diameter forholdet er 3,9 for forsøgsbeholderen, mens Danlager 1000 har et højde/diameter forhold på 2,1. Isoleringstykkelsen på siden af beholderen er større for forsøgsbeholderen end for Danlager 1000, da mellemrummet mellem kabinettet og beholderen er udfyldt med PUR skum. Endelig er forsøgsbeholderens indløb fra solfangerkredsen til kappen placeret 12,5

cm under toppen af kappen, mens indløbet til kappen er placeret i toppen af kappen for Danlager 1000.

Tank	Danlager 1000	Forsøgsbeholder
Udvendig diameter, varmtvandsbeholder	492 mm	400 mm
Højde/diameter, varmtvandsbeholder	2,1	3,9
Kappebredde	11,5 mm	20 mm
Kappehøjde	395 mm	600 mm
Varmeoverførende areal, kappe	0,61 m <sup>2</sup>	0,75 m <sup>2</sup>
Vandvolumen over kappe	97 l	110 l
Kappeindløb	Top af kappe	125 mm fra top af kappe
Tykkelse, beholdervæg	3 mm	2,5 mm
Tykkelse, kappevæg	2 mm	2,5 mm

Tabel 2. Data for de to beholdere i forsøgsanlæggene.

De to solvarmeanlæg har igennem en måleperiode været udsat for ens driftsbetingelser. Solfangerne har modtaget den samme solstråling, og der er tappet den samme energimængde fra de to anlæg på de samme tidspunkter. Der er tappet 100 l varmt brugsvand, opvarmet fra 10°C til 50°C, fra hvert anlæg pr. dag i tre lige store dele kl. 7, 12 og 19, svarende til 32,2 kWh pr. uge.

Der er gennemført målinger i perioden 13. marts, 2006 – 12. marts, 2007. I måleperioden, hvor der har været nogle perioder med udfald af målesystemet, er der gennemført målinger af ydelsen for de to anlæg i 41 uger. Måleresultaterne for de 41 uger fremgår af tabel 3.

Målt energi	Solvarmeanlæg med Danlager 1000	Solvarmeanlæg med forsøgsbeholder
Tappet energi	1321 kWh	1321 kWh
Supplerende energi tilført toppen af beholderen	849 kWh	761 kWh
Nettoydelse	472 kWh	560 kWh
Dækningsgrad	36%	42%

Tabel 3. Målte energimængder i 41 uger i perioden 13. marts, 2006 – 12. marts, 2007.

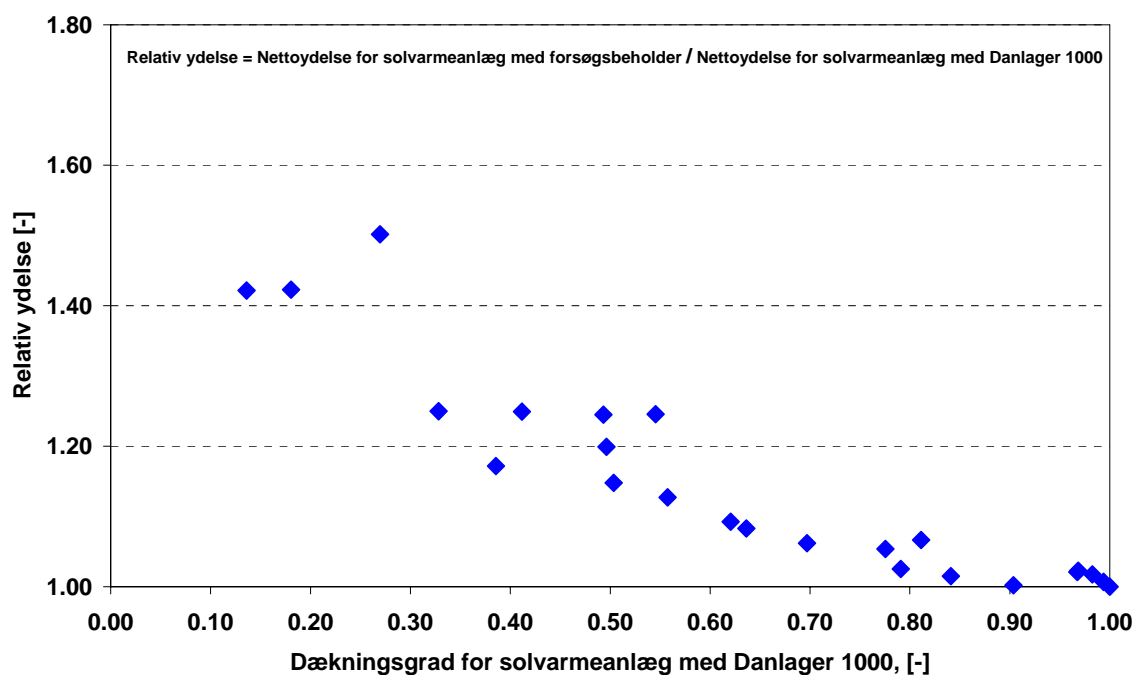
Nettoydelserne for solvarmeanlægget bestemmes som den tappede energi minus den supplerende energi, som via elpatronen tilføres toppen af beholderen. Dækningsgraden



defineres som forholdet mellem nettoydelsen og tappet energi. Det ses at solvarmeanlægget med forsøgsbeholderen i måleperioden har ydet 19% mere end solvarmeanlægget med Danlager 1000.

Det vurderes at solvarmeanlægget med forsøgsbeholderen årligt – uden måleudfald – yder 15% mere end solvarmeanlægget med Danlager 1000.

Figur 1 viser relative ydelser defineret som forholdet mellem nettoydelsen for solvarmeanlægget med forsøgsbeholderen og nettoydelsen for solvarmeanlægget med Danlager 1000 som funktion af dækningsgraden for solvarmeanlægget med Danlager 1000. Hvert punkt i figuren angiver den relative ydelse for en uge. For eksempel angiver et punkt hvor dækningsgraden er 50% og den relative ydelse er 1,20 at solvarmeanlægget med forsøgsbeholderen i den pågældende uge yder 20% mere end solvarmeanlægget med Danlager 1000, og at solvarmeanlægget med Danlager 1000 dækker halvdelen af varmtvandsforbruget i ugen.



Figur 1. Relativ ydelse for solvarmeanlægget med forsøgsvarmelageret som funktion af dækningsgraden for solvarmeanlægget med Danlager 1000.

Merydelsen for solvarmeanlægget med forsøgsbeholderen afhænger stærkt af dækninggraden. Jo højere dækninggraden er des mindre ydelsesmæssig fordel opnås med forsøgsbeholderen. Fordelen ved forsøgsbeholderen er derfor størst i vinterperioden og i de solfattige perioder af året.

## Konklusion

Målingerne har vist at solvarmeanlægget med forsøgsbeholderen årligt yder ca. 15% mere end solvarmeanlægget med Danlager 1000.

Undersøgelserne har således dokumenteret at relativt små ændringer af udformningen af en markedsført kappebeholder kan resultere i en væsentlig forøgelse af ydelsen af solvarmeanlæg. Forhåbentlig kan undersøgelserne medvirke til at beholderfabrikanter i nærmeste fremtid udvikler forbedrede kappebeholdere til solvarmemarkedet.

## Referencer

[1] "Små low flow solvarmeanlæg til brugsvandsopvarmning - status". Simon Furbo. Rapport nr. 90-7. 1990. Laboratoriet for Varmeisolering, Danmarks Tekniske Højskole.

[2] "Investigations and optimisation of heat storage tanks for low-flow SDHW systems". Søren Knudsen. Rapport R-075, 2004. BYG.DTU, DTU. Kan downloades fra [www.byg.dtu.dk](http://www.byg.dtu.dk)