

Kvalitativ afrapportering af optimization of solar space heating & water heating combisystems applied in buildings

I projektet, som blev gennemført i et samarbejde mellem DTU Byg, Beijing Solar Energy Research Institute, Beijing Sunda Solar Energy Technology og Beijing University of Chemical Technology, er forskellige solfangere undersøgt med hensyn til effektivitet, ydelse, pris og egnethed til at indgå i et solvarmeanlæg opført efter tømmeprincipperne.

I solvarmeanlæg opført efter tømmeprincipperne benyttes vand som solfangervæske i stedet for en propylenglykol/vand blanding, som benyttes som solfangervæske i normale solvarmeanlæg. I perioder uden solfangerdrift tømmes solfangervæsken ud af solfangeren, således at der ikke kan opstå frostskafer når temperaturen er lavere end 0°C. Solvarmeanlægget sikres ligeledes mod skader forårsaget af for høje temperaturer for solfangervæsken, idet vandet også tømmes ud af solfangerne når temperaturen bliver faretruende høj.

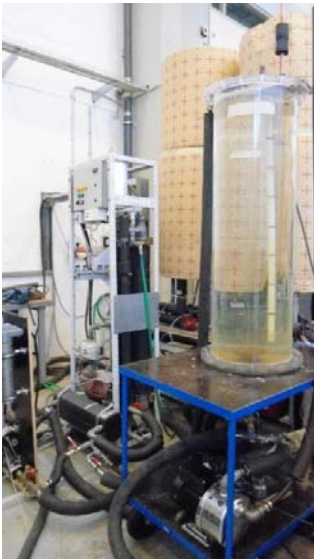
DTU Byg undersøgte tre forskellige kinesiske vakuumrørsolfangere fra Beijing Sunda Solar Energy Technology: SEIDO1-16, SEIDO5-16 og SEIDO10-20. Solfangerne blev afprøvet side-by-side under ens forhold i en prøvestand for solfangere, se figur 1.



Figur 1. Foto af solfangerne SEIDO1-16, SEIDO5-16 og SEIDO10-20 under afprøvning i DTU's prøvestand for solfangere.

Undersøgelserne viste at SEIDO5-16 er den mest velegnede solfangertype. Solfangeren, som har en cylinderformet absorber placeret i et cylinderformet glasrør med vakuum, er baseret på heat pipe princippet.

Forskelligt udformede varmelagre til solvarmeanlæg til kombineret rumopvarmning og brugsvandsopvarmning er undersøgt med hensyn til ydelse og egnethed til at indgå i et solvarmeanlæg opført efter tømmeprincipet. DTU Byg undersøgte varmelagre hvor stratifikationsindløbsrør benyttes for at fremme temperaturlagdelingen i varmelagrene og de ydelsesmæssige fordele for solvarmeanlæg med varmelagre med stor temperaturlagdeling blev klarlagt. Der er i en laboratorieopstilling gennemført eksperimentelle undersøgelser af temperaturlagdelingen i en gennemsigtig forsøgsbeholder med forskellige stratifikationsindløbsrør, hvor vandet henholdsvis tilføres toppen og bunden af stratifikationsindløbsrøret. Figur 2 viser forsøgsbeholderen under afprøvningen.



Figur 2. Foto af forsøgsbeholder under laboratorieafprøvning.

Undersøgelserne viste at temperaturlagdeling opbygges bedst når vand tilføres bunden af stratifikationsindløbsrøret.

Solvarmeanlæg til kombineret rumopvarmning og brugsvandsopvarmning baseret på varmelagre med stor temperaturlagdeling yder mere end solvarmeanlæg med varmelagre med begrænset temperaturlagdeling. Den årlige merydelse, som på årsbasis kan nå op på 25%, afhænger stærkt af dækningsgraden for anlæggene, altså hvor stor en del af varmebehovet som dækkes af solvarmeanlægget. Jo mindre dækningsgraden er, des større er den procentvise merydelse for anlægget med varmelageret med stor temperaturlagdeling.

Der er i DTU's prøvestand for solvarmeanlæg opbygget en solfangerkreds bestående af en lukket rørkreds med vand og luft, en cirkulationspumpe, et styresystem, en tømme-tank og en SEIDO5-16 vakuumrørsolfanger. Der blev gennemført forsøg med solfangerkredsen for at klarlægge om tømmeanlæg uden problemer kan opføres med vakuumrørsolfangeren. Undersøgelserne inkluderede perioder med start af pumpen, det vil sige perioder hvor solfangeren fyldes med vand, perioder hvor pumpen stoppes, det vil sige perioder hvor solfangeren tømmes for vand og både varme og kolde perioder med og uden sol uden vand i solfangeren, altså blandt andet perioder med høje solfangertemperaturer under stagnation. Solfangerkredsen og solfangeren fungerede fint i hele forsøgsperioden uden skader af nogen art på solfangerkreds og solfanger. Forsøgsperioden inkluderede mere end 100 langvarige solrige perioder uden vand i solfangeren, altså mere end 100 perioder med stagnation. Forsøgsperioden inkluderede også perioder med frost uden vand i solfangeren. Forsøgene viste altså at vakuumrørsolfangeren er velegnet til tømmeanlæg. Desuden er der indhøstet erfaringer med hensyn til fyldning og tømning af solfangeren under start og stop af solfangerdrift.

Et 6,1 m² solvarmeanlæg til kombineret rumopvarmning og brugsvandsopvarmning blev opbygget og afprøvet i DTU's prøvestand for solvarmeanlæg. Solvarmeanlægget er opført efter tømme-systemprincippet med SEIDO5-16 solfangere. Der er gennemført målinger af ydelsen af anlægget. På den måde er der opnået driftserfaringer med anlægget. Figur 3 viser fotos af solfangere samt tømme-tank og varmelager for solvarmeanlægget i DTU's prøvestand for solvarmeanlæg.



Figur 3. Solfangere, tømme-tank og varmelager for solvarmeanlægget der blev afprøvet i DTU's prøvestand for solvarmeanlæg.

En TRNSYS model af det afprøvede solvarmeanlæg er udviklet og valideret ved hjælp af målingerne for laboratorieanlægget.

På basis af beregninger med den validerede simuleringsmodel og erfaringerne fra laboratorieundersøgelserne er udformningen og størrelsen af et solvarmeanlæg efter tømmesystemprincippet til et enfamiliehus i Sorø bestemt. Solvarmeanlægget er baseret på 4 SEIDO5-16 solfangere med et solfangerareal på 12.2 m². Solfangerne, som har en orientering på 60° mod vest fra syd og en hældning på 27°, er vist på figur 4. Varmelageret er en tank i tank beholder med et totalt volumen på 750 l inklusive en 150 l varmvandsbeholder. Varmelageret, tømmesystemarrangementet og rørene til og fra varmelageret er vist på figur 5 under installationen før isoleringen af beholderne og rørene fandt sted. Den del af husets varmebehov, som ikke dækkes af solvarmeanlægget, leveres af vand opvarmet af fjernvarme. Anlægget er forsynet med så mange energimålere at det har været muligt at følge anlæggets drift og at bestemme ydelsen af anlægget.



Figur 4. Solfangere for demonstrationsanlægget i Sorø.



Figur 5. Varmelager, tømmetankarrangement og rør til og fra varmelageret inklusive energimålere for demonstrationsanlægget i Sorø.

De målte energistørrelser for det sidste driftsår, juni 2014 - maj 2015 fremgår af tabel 1. Solvarmeanlæggets årlige nettoydelse, defineret som det totale varmebehov minus den forbrugte fjernvarmemængde, er 1891 kWh svarende til 155 kWh/m² solfanger. Det svarer til ca. 42% af den

energi, som solfangerne har tilført varmelageret. Størstedelen af solfangernes varmeproduktion tabes altså fra beholderen. Hovedforklaringen er at varmebehovet er meget lille i sommerperioden hvor solvarmeproduktionen er størst. Solvarmeanlægget er således overdimensioneret til de små varmebehov der er om sommeren.

Varmtvandsforbrug inklusive varmetab fra cirkulationsledning	Rumopvarmningsbehov	Fjernvarmeforbrug	Solvarme tilført varmelager	Nettoydelse for solvarmeanlæg	Solvarmeanlæggets dækningsgrad
3015 kWh	17171 kWh	18295 kWh	4453 kWh	1891 kWh	9,4%

Tabel 1. Varmebehov og ydelse af demonstrationssolvarmeanlæg for enfamiliehus i Sorø for perioden juni 2014 – maj 2015.

Målingerne viste desuden at solvarmeanlægget inklusive solfangerne fungerede pålideligt og driftssikkert uden problemer og skader. På basis af undersøgelserne kan det konkluderes at tømmeanlæg med vakuumrørsolfangere kan fungere fint. Fordelene ved anlægskonceptet er at der ikke benyttes glykol som solfangervæske, at der ikke er risiko for frostskafer, at der ikke er risiko for skader på grund af for høje temperaturer for solfangervæsken og at anlægsprisen kan reduceres lidt i forhold til prisen for normale solvarmeanlæg da varmeveksler, trykexpansionsbeholder og et antal ventiler er overflødige i solfangerkredsen. Desuden kan ydelsen af tømmeanlæg forøges lidt i forhold til ydelsen af normale solvarmeanlæg, da solfangereffektiviteten er højere med vand end med en propylenglykol/vand blanding som solfangervæske og da risikoen for selvirkulation i solfangerkredsen med varmetab fra varmelageret til følge i perioder uden solfangerdrift er elimineret. Det forventes også at levetiden for anlægget er forlænget, da der ikke anvendes en trykexpansionsbeholder, som normalt er den mest sårbare komponent for et solvarmeanlæg.

På basis af projektets resultater kan det anbefales at anvende tømmeprincipet for fremtidens solvarmeanlæg. I den anledning kan det anbefales at udarbejde installationsvejledninger og udvikle præfabrikerede komponenter, som er velegnede til tømmeanlæg. Specielt bør der fokuseres på pumpeenheder inklusive tømmetank og styresystem, så installationen af anlægget lettes mest muligt. Ved at anvende tømmeprincipet kan solvarmeanlæg blive mere højtydende, få en længere levetid og blive billigere end normale solvarmeanlæg.

Forhåbentlig kan projektet derfor medvirke til at solvarmeanlæg bliver mere attraktive i fremtiden og at flere solvarmeanlæg installeres til gavn for solvarmeindustrien og samfundet.

Projektet har i høj grad medvirket til at DTU Byg solvarmegruppe har markeret sig internationalt og til at det dansk/kinesiske samarbejde vedrørende solvarmeforskning er styrket. For eksempel har der igennem projektets forløb været mange kinesiske gæsteforskere der i kortere eller længere tid har arbejdet ved DTU Byg.