

Centrum för solenergiforskning

Solar Energy Research Center

INTERNATIONAL UTVECKLING AV SOLVARMEKOMBISYSTEM

SLUTRAPPORT FOR PROJEKT FORMAS 2001-0227 & 2001-1964:

**Deltagande i IEA-SHC Annex 26
Solar Combisystems**

Tekn. Lic. Chris Bales

SERC

Inst för matematik,
naturvetenskap och teknik
Högskolan Dalarna
781 88 Borlänge

Tel: +46 23 778000

Tel: +46 23 778701

Besöksadress/Street address:

Forskargatan 6

Borlänge



**HÖGSKOLAN
Dalarna**

ISSN 1401 - 7555

ISRN DU-SERC--77--SE

Maj 2003

Sammanfattning

SERC har deltagit under fyra år i Annex 26 av International Energy Agency's Solar Heating and Cooling Programme, där 35 experter från 9 länder samt 16 företag har studerat solvärme kombisystem. SERC har arbetat främst med optimering av systemteknik för två svenska system och en studie av ett drömsystem samt med utveckling av provmetoder. Utöver dessa två huvudområden har SERC även bidragit med väsentligt innehåll i de referensförhållanden och metoder som används inom samarbetet. Resultaten har publicerats som tekniska rapporter och artiklar och har presenterats vid ett flertal seminarier i Sverige. SERC har också haft ansvar för ett av kapitlen i handboken som utges av Annexet. Den sammanlagda rapportserien från samarbetet är stor och ska finnas tillgänglig på IEAs hemsida tillsammans med ett designverktyg för dimensionering av solvärmekombisystem som utvecklats av SERC, CombiSun. Samarbetet har inneburit en tydlig förstärkning av SERCs kontaktnät som har lett till två nya projekt som finansierats av källor i norden och EU. Flera projektansökningarna inom EUs sjätte ramprojekt har också lämnats in.

Abstract

SERC has participated for four years in Task 26 of International Energy Agency's Solar Heating and Cooling Programme, where 35 experts from 9 countries have studied solar combisystems together with 16 companies. SERC has principally worked on optimisation of system technology for two Swedish systems and with a preliminary simulation study of a dream system. Additionally SERC has worked with development of testing methods for solar combisystems and with the elucidation of the reference conditions and methods used in the Task. The results from the work have been published as technical reports and articles as well as being presented at several seminars and workshops within Sweden and internationally. SERC has also been main author for one of the chapters in a Design Handbook to be published in June 2003. The total published material from the Task is large and, apart from the Design Handbook, is available for downloading from the IEA's website together with a simulation design tool that was developed by SERC, CombiSun. This international collaboration has led to a significant strengthening of SERC's international contact network and has already led to two new projects financed by the EU and the Nordic Energy Research Programme. Several applications have also been filed within the 6th framework programme of the EU.

Innehåll

1	INTRODUKTION	1
2	VIKTIGA RESULTAT FRÅN ANNEX 26	1
2.1	KARAKTERISERING AV SOLVÄRMEKOMBISYSTEM.....	1
2.1.1	Översikt av systemteknik 2000.....	1
2.1.2	Definition av systemgränser	2
2.1.3	Primärenergi och slutlig energianvändning betraktas	2
2.1.4	Energibesparingsgrad	2
2.1.5	FSC-metoden	3
2.2	DESIGN HANDBOOK	4
2.3	TEKNISKA RAPPORTER	4
2.4	INDUSTRY WORKSHOPS & NEWSLETTERS	4
2.5	TRENDER I SYSTEM OCH MARKNADEN	5
3	SAMMANFATTNING AV SERCS RESULTAT	6
3.1	PROVNINGSMETODER	6
3.2	OPTIMERING AV SYSTEMTEKNIK	7
3.2.1	Allmänna slutsatser.....	8
3.2.2	Standard svenskt system (system #11)	8
3.2.3	Avancerad svenskt system (system #12).....	10
3.2.4	Drömsystem	11
3.3	ANDRA ARBETSOMRÅDEN	12
3.3.1	Materialanvändning.....	12
3.3.2	Design verktyg - CombiSun	14
4	”SPIN-OFF” PROJEKT FÖR SERC	15
5	SERCS PUBLIKATIONER.....	15
6	REFERENSER.....	15

1 Introduktion

Annex 26 'Solar Combisystems' av International Energy Agency's Solar Heating and Cooling Programme (IEA-SHCP) var aktiv under perioden December 1998 till december 2002. 35 experter från 9 länder, däribland 4 från Sverige samt 16 företag deltog i samarbetet kring solvärmekombisystem för framförallt småhus där värmen levereras till såväl uppvärmning som varmvatten. Chris Bales har varit svensk kontaktperson för samarbetet. De övriga svenska aktörer var Stefan Larsson och Bengt Perers från Vattenfall Utveckling AB (Perers flyttade till SERC i 2002) och Peter Kovacs vid Sveriges Provnings- och forskningsinstitut. De deltog inom ramen för andra svenska projekt. SERC anordnade ett av de 8 expertmöten i Borlänge och i samband med detta möte hölls en industry workshop som lockade över 50 deltagare. Bales var tillfällig koordinator (sk subtask leader) för Subtask B under 6 månader av 2000.

Annex 26 bestod av tre sk Subtasks:

- Subtask A: Framtagande av referensförhållanden, undersökning av aktuell systemteknik och spridning av resultat. SERC deltog i mindre omfattning inom alla delar av arbetet här och hjälpte till att validera den nya metoden för karakterisering av system.
- Subtask B: Provningsmetoder och modellutveckling. SERC hade en stor och ledande roll i början av arbetet men deltagande minskade i omfattning efter första året. SERCs metod för provning av ackumulatortankar vidareutvecklades här till två olika provningsmetoder för solvärmekombisystem. SERC bidrog också med en omfattande vidareutveckling av pannmodellen för TRNSYS.
- Subtask C: Optimering av systemteknik. SERC optimerade två svenska system med hjälp av simuleringar samt tog fram en koncept för ett drömsystem.

De detaljerade resultaten från SERCs arbete inom Annex 26 har publicerats som tekniska rapporter, artiklar och delar av en handbok (se kapitel 5) varför denna rapport ger enbart en sammanfattning av de viktigaste resultat för SERCs del och för hela Annexet.

2 Viktiga resultat från Annex 26

IEA-SHC Annex 26 kännetecknades av väldigt bra samarbete. I och med att det var första samarbetet kring solvärme kombisystem ägnades en hel del tid till att skapa definitioner, referensförhållanden, arbetsmetodik osv. Med dessa som utgångspunkt har gruppen åstadkommit en rad viktiga resultat.

2.1 Karakterisering av solvärmekombisystem

2.1.1 Översikt av systemteknik 2000

Under 1999 undersöktes vilka systemtekniker som fanns på marknaden i de deltagande länderna. Antalet olika system överskred allas förväntningar. Från detta underlag urskiljdes fem olika kategorier för hantering av värmelagring för uppvärmning samt tre kategorier för hantering av tillskottsvärmen. Utifrån denna kategorisering samt hur man hanterar värmeöverföring och överhettning av systemet, 18 olika systemkoncept urskiljdes för en- och tvåfamiljshus. Dessa, tillsammans med ett system för flerfamiljshus och två för

säsongslagring, beskrevs i en broschyr om solvärmekombisystem (Suter *et al.*, 2000) som finns även tillgängligt på Internet (<http://www.iea-shc.org/task26>). Broschyren innehåller även en bakgrundstext som är relativt komplett. Fig. 3 och Fig. 5 är exempel på systemdiagrammen från broschyren och numren som anges för systemen kommer också därifrån.

2.1.2 Definition av systemgränser

I Sverige betraktar man ett solvärmekombisystem som en ackumulatortank med varmvattenberedning samt en solfångarkrets med tillhörande reglerenhet och värmeväxlare. Pannan och värmesystemet med tillhörande reglerenheter tillhör huset. I Europa inkluderar man oftast pannan och dess reglerenhet som en del av solvärmekombisystemet. I en del system ingår även värmedistributionen i systemet eftersom det är en integrerad del av värmelagringen.

Definitionen som Annex 26 tog för solvärmekombisystem var den europeiska med pannan och dess reglerenhet som en del av solvärmekombisystemet men att värmedistributionen ingår normalt inte. Denna definition innebär att energibesparingen påverkas mer av pannans funktionen än solvärmens funktion eftersom besparingen är alltid i jämförelse med ett referenssystem med fast (85%) verkningsgrad för pannan.

2.1.3 Primärenergi och slutlig energianvändning betraktas

I och med att pannan ingår som en del av systemet har man valt att jämföra förbrukning av primärenergi och slutlig energianvändning för elektricitet och för pannan istället för termisk energi. Det innebär i princip att man betraktar energiinnehållet i bränslet. Dessutom har man valt att använda en verkningsgrad av 40% för generering av elen i jämförelserna. Ett undantag är för system #9b från Norge som använder el som tillskottsvärme, där verkningsgraden för genereringen har definierats som 90%, eftersom el genereras till största del av vattenkraft i Norge.

2.1.4 Energibesparingsgrad

Inom Annex 26 användes energibesparingsgrad som ett mått på solvärmesystemets termiska prestanda. Solvärmekombisystemets användning av primär och slutlig energi jämförs med det av ett referenssystem utan solvärme för samma last och klimat. Referenssystemet består av en teoretisk panna med konstant verkningsgrad av 85 % och en varmvattenberedare med 644 kWh i förluster under ett år.

Tre olika definitioner användes under arbetet.

Termisk energibesparingsgrad ($f_{\text{sav,therm}}$) som jämför slutlig energianvändning för värme av solvärmekombisystemet (E_{aux}) med det för referenssystemet (E_{ref}). Slutlig energianvändning beräknas från den termiska energin som levereras till systemet och en verkningsgrad för pannan (85 % för referenssystemet, variabelt för kombisystemet) eller generering av elektricitet (40 %).

$$f_{\text{sav,therm}} = 1 - \frac{\frac{Q_{\text{boiler}} + Q_{\text{el.heater}}}{\eta_{\text{boiler}} \eta_{\text{el.heater}}}}{\frac{Q_{\text{boiler,ref}}}{\eta_{\text{boiler,ref}}}} = 1 - \frac{E_{\text{aux}}}{E_{\text{ref}}}$$

Utökad energibesparingsgrad ($f_{\text{sav,ext}}$) som utöver slutlig energianvändning för värme även tar hänsyn till elanvändning för pumpar, ventiler och reflerenheter.

$$f_{\text{sav,ext}} = 1 - \frac{\frac{Q_{\text{boiler}}}{\eta_{\text{boiler}}} + \frac{Q_{\text{el.heater}}}{\eta_{\text{el.heater}}} + \frac{W_{\text{par}}}{\eta_{\text{el}}}}{\frac{Q_{\text{boiler,ref}}}{\eta_{\text{boiler,ref}}} + \frac{W_{\text{par,ref}}}{\eta_{\text{el}}}} = 1 - \frac{E_{\text{total}}}{E_{\text{total,ref}}}$$

Energibesparingsgrads indikator (f_{si}) som används för att säkerställa likvärdig värmekomfort för alla system. Denna definition är samma som för $f_{\text{sav,ext}}$ förutom att ett straff läggs till kombisystemets energianvändning i den mån som värmekomforten är sämre än för referenssystemet. Eftersom straffet är väldigt högt och denna definition användas för att optimera systemen, garanteras att alla system har i princip samma värmekomfort.

$$f_{\text{si}} = 1 - \frac{E_{\text{total}} + Q_{\text{penalty,red}}}{E_{\text{total,ref}}}$$

I diagrammen för avsnitt 3 visas termisk energibesparingsgrad.

2.1.5 FSC-metoden

En ny metod, den FSC-metoden (Letz, 2003), har tagits fram för att karakterisera prestandan hos kombisystem. Denna metod bygger på ett tydligt samband mellan energibesparingsgrad av ett system och FSC-värdet (Fractional Solar Consumption) som är ett mått på hur mycket solinstrålning som finns tillgängligt för systemet jämfört med energiförbrukningen av referenssystemet, beräknat på månadsbasis och summerat för att få ett värde för ett år. FSC-värdet inkluderar inverkan av energiförbrukning (såväl värme som varmvatten), storleken av solfångaren samt dess orientering och lutning, men som är fristående från val av solvärmekombisystem. FSC beräknas med ekvationen nedan, där $E_{\text{ref,month}}$ är energianvändning av referenssystemet för en månad, $A \cdot H$ instrålningen under månaden på solfångaren med area A .

$$\text{FSC} = \frac{\sum_{1}^{12} \min(E_{\text{ref, month}} , A \cdot H)}{\sum_{1}^{12} E_{\text{ref, month}}}$$

Alla nio system som har simulerats inom Annex 26 visar ett samband mellan energibesparingsgrad och FSC-värdet som kan beskrivas med högt R^2 värde med en andra gradens polynomekvation. Ekvationen med identifierade värden för koefficienterna är således en karakteristik för systemet i fråga och kan användas för att härleda energibesparingsgraden för ett givet FSC-värde, såsom i Fig. 6. Sambandet är giltig för ett brett område för såväl hustyp och klimat som för storlek och orientering av solfångaren. Dock har det ett smalare giltighetsområde för förbrukning av varmvatten. Metoden ska förmodligen vidareutvecklas med korrigeringsfaktorer för att bredda giltighetsområden ytterligare.

2.2 Design Handbook

Ett av det viktigaste resultatet av Annexet är en handbok som ska utges av James & James under 2003, med titeln "Solar Heating Systems for Houses – A design handbook for solar combisystems". Handboken sammanfattar den samlade kunskapen av deltagarna i Annexet och är utformat så att den kan användas som referensbok för design och projektering av system. Målgruppen är ingenjörer, konsulter, arkitekter och forskare. Handboken innehåller kapitel om: solvärmekombisystem och olika systemkoncept; byggnadsrelaterade aspekter såsom byggnadsintegrering och utrymmeskrav; prestanda; pålitlighet; dimensionering av system; exempel på system från olika länder; samt provningsmetoder.

2.3 Tekniska rapporter

Utöver handboken har en mängd tekniska rapporter skrivits. Dessa innehåller mer detalj och kan anses vara slutrapporterna för de olika delarna av Annexets arbete. De ska vara tillgängliga på Annexets hemsida (<http://www.iea-shc.org/task26>).

2.4 Industry Workshops & Newsletters

Sju "industry workshops" har hållits inom Annex 26. Dessa har ägt rum i samband med möten av deltagarna i Annex 26 och har varit ett framgångsrikt sätt att sprida information. Proceedings till de sex senaste workshops finns utlagda på Annex 26s hemsida. Utöver dess finns även tre nyhetsbrev med artiklar avsedda för konsulter, arkitekter och även installatörer och tillverkare.

2.5 Trender i system och marknaden

Solvärme kombisystem har tagit en större andel av solvärmemarknaden i flera länder de senaste åren samtidigt som den totala europeiska marknaden ökat markant främst tack vara marknaden i Tyskland (se Fig. 1). I Sverige har andelen kombisystem förblivit mycket hög (c:a 90%). I flera länder står nya hus för en större andel av marknaden medan i vissa länder som i Sverige är framförallt i befintliga hus som solvärmesystem installeras.

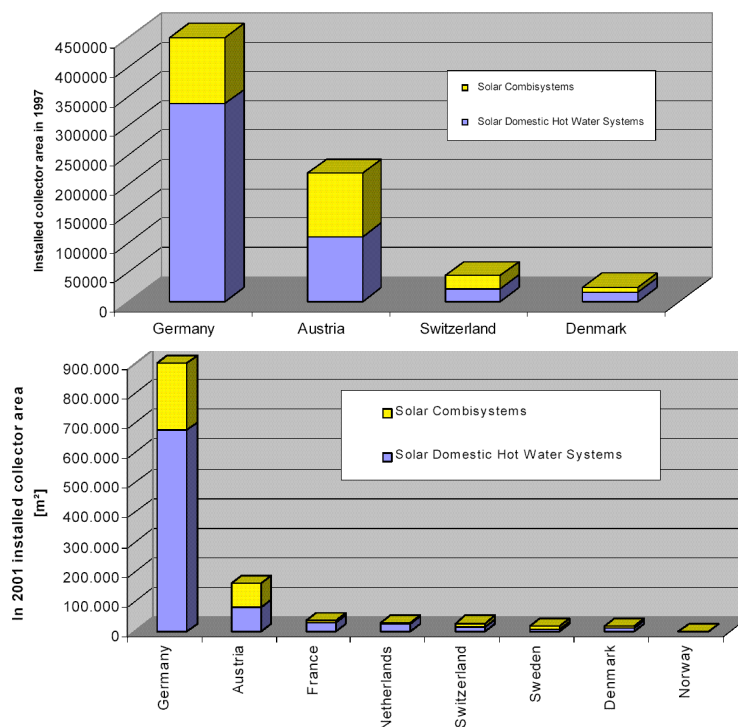


Fig. 1. Solvärmemarknaden för utvalda länder för 1997 (övre) och 2001 (nedre).

Trenderna på marknaden är:

- Fabrikstillverkade system där ett helt värmesystem levereras inkl. panna, solfångare, tank tillsammans med all reglerutrustning och kopplingar. Största fördel är att man kan optimera systemet m.a.p. prestanda och installationstid eftersom det finns enbart ett relativt fåtal olika variationer. I Sverige är varje system i princip unikt vilket leder till ökade installationskostnader.
- Integrering av komponenter. Flera system har kommit ut på marknaden med brännare integrerad i tanken för att få en enhet som är både panna och ackumulatortank. Det finns flera varianter med gasbrännare, ett par med oljebrännare och en med pelletsbrännare. Fördelen är minskat utrymmeskrav i byggnaden, lägre totalkostnad, lättare installation samt möjlighet till att minska totala värmeförluster. Nackdelen är begränsad flexibilitet.
- Byggnadsintegrering. Flera företag har tagit fram solfångare som är samtidigt tak eller fasad. Fördelen är att merkostnaden blir mindre eftersom solfångaren är den del av byggnaden. Dessutom har studier (Weiss, 2003) visat att det finns mindre förluster från huset även om solfångaren inte är i drift samt att i de studerade fallen har det inte varit problem med fuktvandring i konstruktionen.

3 Sammanfattning av SERCs resultat

3.1 Provningsmetoder

Under 1998-2000 utvecklade SERC en ny metod för att prova ackumulatortankar som används i solvärmekombisystem (Bales, 2000). Metoden kallades för Combitest och betraktade all värmeväxling till/från tanken som en del av tanken. Tanken är därmed en stor del av hela systemet. Utvecklingen finansierades till stor del av Statens Energimyndighet (STEM) fram till slutet av 1999.

Combitest har två delar: direkt karakterisering (DC) där nyckeltal tas fram direkt ur mätdata från en speciellutvecklad sex-dagars testsekvens; och årsberäkning (AC) då parametervärden för en simuleringsmodell identifieras för att sedan simulera ett system under ett helt år (Bales and Kovacs, 2002). Metoden kan tillämpas för enbart DC-delen eller för både DC & AC-delar, och är därmed flexibel (Bales, 2002a). DC-delen består av en enda sex-dagars test som innehåller två dagar med vinter-, två med sommar- och två dagar med vår-/höstförhållanden. Väderdata för sekvensen valdes ut efter en enkel statistisk analys av Stockholms väderdata så att medelvärden för de olika ”årstider” i sekvensen var nästan desamma som för de årstider för hela året. Sex dagar av riktiga väderdata valdes ut och sattes ihop för att forma sekvensen. Det är således en sekvens med realistiska driftförhållanden.

Studien byggde uteslutande på resultat från simuleringar av både testsekvensen för DC-delen och för ett år i ett standardsystem. Nyckeltalen för att bedöma prestanda i ett systemperspektiv, energibesparingsgrad och tillskottsenergi, visade sig kunna indentifieras väl med metoden. Däremot hade nyckeltalen för att bedöma värmeförlusterna stora osäkerheter och kunde därför inte användas för tillförlitliga jämförelser. Slutsatsen var att en extra och separat testsekvens krävs för att identifiera värmeförlusterna med tillräcklig låg osäkerhet. Diagrammen nedan visar: till vänster, en jämförelse av nyckeltal för värmeförluster ($UA_{s,loss,combi}$) mot UA -värdet som användes för simuleringen av DC-sekvensen ($UA_{s,loss,sim}$); till höger, en jämförelse av nyckeltalet för energibesparingsgrad ($F_{SAV,combi}$) och motsvarande värden beräknade från årssimuleringen ($F_{SAV,ann}$).

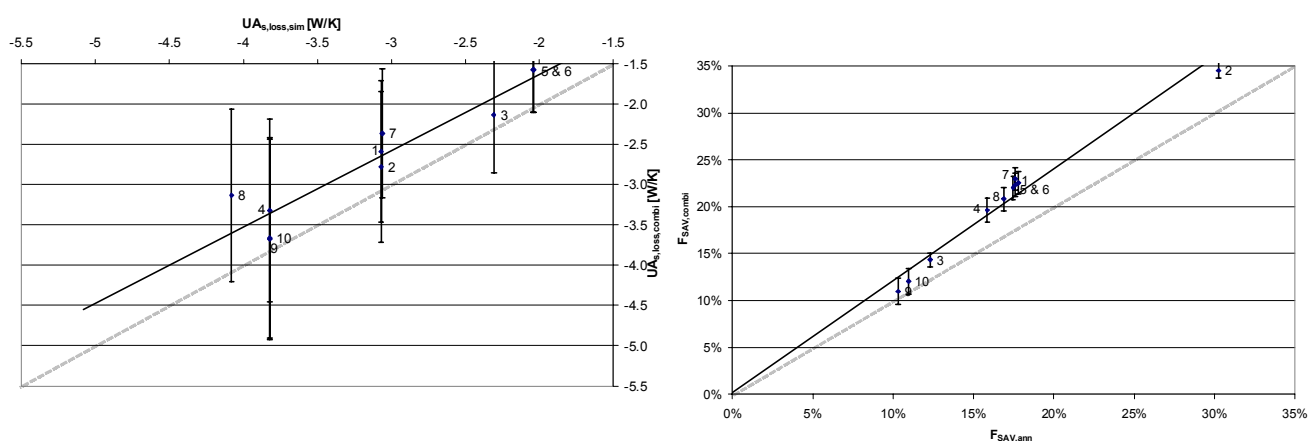


Fig. 2. Jämförelse av nyckeltalen för värmeförluster (vänster) och energibesparingsgrad (höger) beräknade direkt från Combitests DC-testsekvens med motsvarande värde beräknat från årssimuleringar.

Combitest jämfördes med en befintlig provmetod som i första hand utvecklats för tappvarmvattensystem men som även kan tillämpas på tankar i kombisystem. Denna metod är

liknande till AC-delen av Combitest men använder ett flertal enklare testsekvenser istället för den längre sammansatta sekvensen i DC-delen. Studien (Bales, 2002d) visade att det inte alltid är lätt att utveckla en bra simuleringsmodell för de komplicerade tankar som används i solvärmekombisystem och utan den kan man inte tillämpa metoden. Combitests stora fördel är att man kan karakterisera tanken utan att använda en modell och kan därför tillämpas, åtminstone för DC-delen, på alla tankar.

Den DC-delen av metoden har sedan utvecklats tillsammans med andra grupper, framförallt i Schweiz och Holland, till att kunna tillämpas på hela systemet inkl. panna, solfångare och styrutrustning. Två olika varianter har tagits fram: den CCT metoden i Schweiz (Vogelsanger, 2002) som använder en 12-dagars testsekvens och en realtid simulering av byggnaden och värmedistributionssystemet; och DC-testet i Holland (Naron, 2002) som i princip är en förfining av DC-delen av Combitest. Arbetet med dessa metoder fortsätter och förväntas utmyнна i en ny teststandard.

3.2 Optimering av systemteknik

En metod för optimering (Streicher *et al.*, 2001a) togs fram inom Annexet och inkluderade såväl referensförhållanden av väder, värmelast och varmvattenförbrukning (Streicher *et al.*, 2001b) som vilka värden som skulle optimeras samt hur man skulle jämföra resultaten. Metoden garanterar att systemen presterar samma värmekomfort (för inomhusklimat och varmvatten). SERC hade stort inflytande vid framtagningen av denna metod, som har följande steg:

1. Kontroll av den egna versionen av verktyget, programmet TRNSYS (Klein and al., 1996) så att den ger samma resultat som för ett referenssystem. Det visade sig vara lätt att få smärre skillnader som skulle kunna påverka jämförelser mellan system.
2. Utförande av en känslighetsanalys på ett antal systemparametrar.
3. Optimering av systemet baserad på denna analys.
4. Definition av det optimerade systemet.
5. Simulering av systemet för en matris av tre klimat och tre uppvärmningslaster samt tre olika systemstorlekar för att ta fram en systemkaraktistik.

Vid SERC användes ett automatisk optimeringsverktyg, GenOpt (Wetter, 2000), för att identifiera optimerade parameteruppsättningar för ett antal olika ramvillkor. En kostnadsoptimering ingick i detta. I och med att data för kostnader varierar signifikant från tillverkare till tillverkare kan man enbart dra generella slutsatser från resultaten. Systemen har simulerats med oljepanna i första hand men de har också simulerats med samma gaspanna som övriga deltagare använt så att systemkoncepten kunde direkt jämföras. Det bör påpekas att alla simuleringar inom Annexet gjordes med antagandet att förlusterna från tanken inte kommer huset tillgodo.

3.2.1 Allmänna slutsatser

Följande gäller för alla system (inte enbart de svenska systemen):

- Den volymen som ska värmas av tillskottsvärmen ska vara så liten som möjligt och ska hållas vid så låg temperatur som möjligt. Dock ska systemet kunna garantera den komfortnivån som önskas. Dessa två faktorer är de som har störst inverkan på energibesparingen för nästan alla system. Det kostar dessutom ingenting extra att ha dem inställda på optimala värden. Alla optimerade system håller en temperatur i denna volym av max 60°C och trots det kan förse ett badkar med ett flöde av 20 l/min när som helst under året. För system #11 med oljepanna (80% årsverkningsgrad) sänktes besparingen med nästan 100 kWh för varje 1°C ökning i inställd temperatur för denna volym. Detta förutsätter dock att förlusterna från både pannan och tanken inte kommer huset tillgodo.
- Det är en fördel att stänga av pannan under sommaren och att använda el-patronen istället. Maximal nytta får man under perioden då värmesystemet är avstängt. Energivinsten gäller även om man räknar med att elektriciteten produceras från olja eller gas och för en panna som har en års-verkningsgrad mindre än 90%. Pannan har väldigt låg verkningsgrad i ett solvärmesystem sommartid, oftast sämre än 40%.
- Pannans verkningsgrad har större betydelse än alla faktorer inom solvärmedelen av systemet.

3.2.2 Standard svenskt system (system #11)

System #11 från översikten av systemen på marknaden (Suter *et al.*, 2000) är den vanligaste systemvarianten i Sverige och levereras av flera företag med enbart små skillnader. Systemet kännetecknas av tanken med tre interna värmeväxlare: två för beredning av varmvatten och en för tillförsel av solvärme. En panna (olja, gas eller pellets) kan kopplas till övre delen av tanken eller till hela tanken om det är en vedpanna. En el-patron är monterad i tanken så att pannan kan stängas av under sommaren.

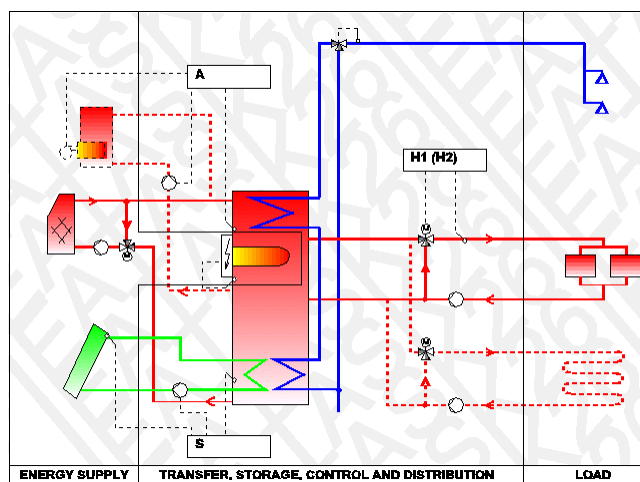


Fig. 3. Systemskiss av system #11.

De viktigaste resultaten från simuleringarna (Bales, 2002b) av systemet är följande:

- Energibesparing är större när man utformar både den nedre varmvatten- och solvärmewäxlare så att de sträcker sig från botten av tanken till ungefär dess mitten. Flödet i solfångarkretsen ska då vara lägre än normalt, c:a 0,4 - 0,5 l/min.m².
- Den övre varmvattenvärmewäxlare ska vara betydligt större än den normala dimensioneringen om man ska kunna bereda varmvatten vid flöden högre än 12 l/min och bibehåller hög komfortnivå. Detta pga att man då kan sänka temperaturen på den volym som värms av pannan/el-patronen. En fördubbling av den är kostnadseffektivt vid de rådande flöden för simuleringar i Annex 26, då maxflödet är c:a 22 l/min.

- En extra tjock isolering, up till 18 cm, kan vara kostnadseffektivt om förlusterna inte kommer huset tillgodo.

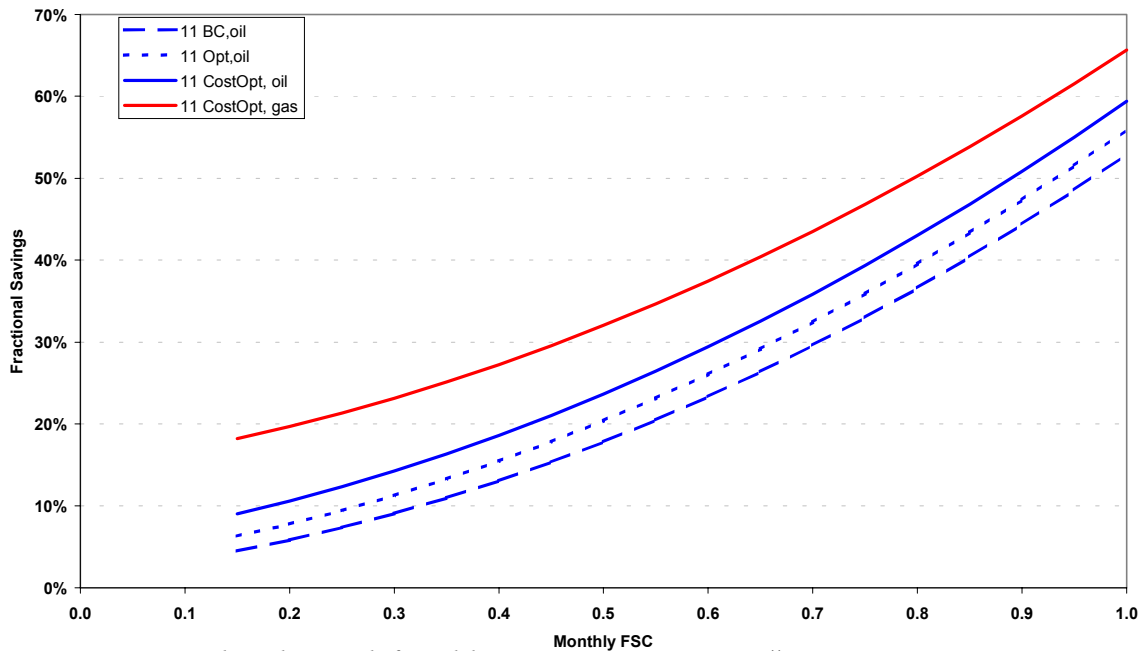


Fig. 4. FSC-karakteristik för olika versioner av system #11.

Diagrammet visar hur man kunnat förbättra systemet. Diagrammet visar energibesparingsgrad mot FSC-värdet, som är ett mått på hur mycket solinstrålning var tillgängligt jämfört med lasten, sammanvägd för året från månadsvärden (se avsnitt 2.1.5). Den lägsta kurvan är utgångspunkten för optimeringen, sk base case. Den prickade linjen visar hur långt man kan komma med åtgärder som inte kostar någonting medan den heldragen linjen ovanför är för den kostnadsoptimerade versionen, där förhållandet (netto investeringskostnad / årsenergibesparing) har optimerats. Denna systemvariant, med större varmvattenvärmväxlare och tjockare isolering kostar c:a 2500 kr mer. Översta kurvan visar besparingar för samma kostnadsoptimerade system fast med en gaspanna istället för oljepanna. Pannorna har en årsverkningsgrad av 90% för gas och 80% för olja. Det syns tydligt att pannans funktion överskuggar förbättringar som kan åstadkommas med resten av systemet.

3.2.3 Avancerad svenskt system (system #12)

System #12 är samma som system #11 utom följande punkter:

- Extra värmeväxlare för solvärme i mitten av tanken.
- Avancerad reglerenhet som styr solfångarkretsen med variabelt flöde till antingen den övre eller den nedre värmeväxlare.
- En fyrvägs (bivalent) shunt för inkoppling till radiatorkretsen så att solvämt vatten tas i första hand.
- Höjderna för inkopplingen av de olika kretsarna kan skilja sig.

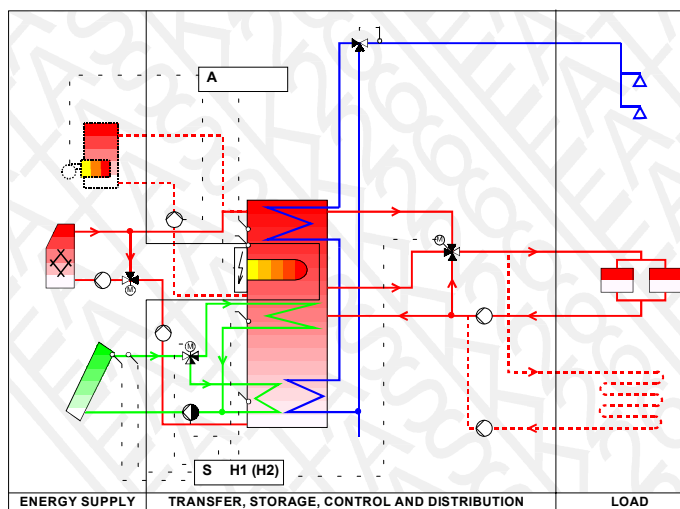


Fig. 5. Systemskiss för system #12.

Resultaten (Bales, 2002c), se nedan diagram, visar att i det utförande som säljs är inte dimensionerat för de höga varmvatten flöden som används för simuleringarna inom Annex 26. Den optimerade system #12 (12 Opt, gas) presterar bättre än det kostnadsoptimerat system #11 (11 CostOpt, gas) med samma dimensionering av värmeväxlarna. Skillnaden beror till stor del på den bivalenta shuntens funktion i system #12. Även grundversionen (12 BC, oil) är något bättre än motsvarande variant för system #11 (11 BC, oil). Den extra värmeväxlare för solvärme har liten inverkan för en normalt dimensionerad tank men har väsentlig inverkan om tanken är större än det normala 75 l per m² solfångare, som det ofta är i system med vedpanna. Vidare visade resultaten att strategin av att styra flödet till antingen den övre eller den nedre värmeväxlare är bättre än en strategi där flödet styrs till den nedre eller till båda värmeväxlare.

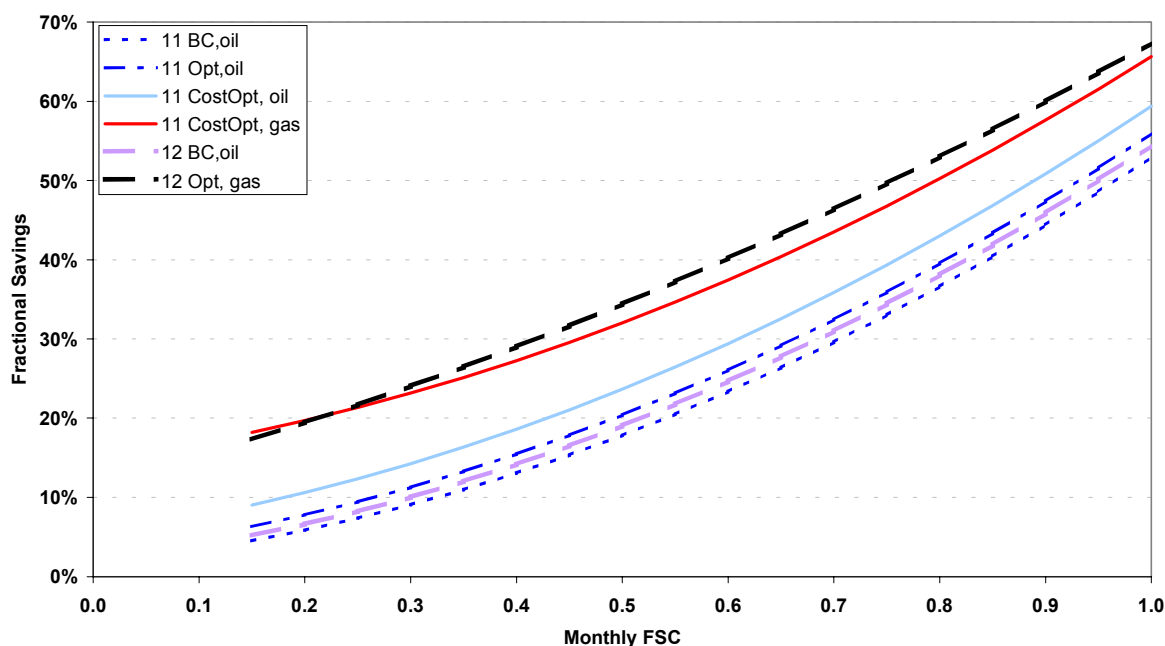


Fig. 6. FSC-karakteristik av grund och optimerade versioner av system #12 tillsammans med motsvarande karakteristik för system #11.

Styrningen av solfångarflödet variabelt visade sig ge försumbar inverkan under de förutsättningarna som gällde för simuleringarna. Styrningen är avsedd att fungera bra vid varierande solinstrålning men sådana förhållanden kunde inte simuleras eftersom väderdata som fanns tillgängligt hade en upplösning av en timme vilket är betydligt längre än variationer som förekommer i vanliga fall i Sverige.

3.2.4 Drömsystem

Arbetet med drömsystem kan betraktas som en förstudie baserat delvis på resultat av tidigare arbeten. Utgångspunkten var den kostnads optimerade system #11. Följande nya komponenter undersöktes genom simuleringar:

- Energisnåla pumpar
- Vakuumisolering
- Tappvattenautomat med turbinpump
- Dränerande solfångarkrets
- Tank, inkl. isolering och kopplingar, i 60 x 60 cm format

Resultaten (Tepe and Bales, 2003) visar följande:

- Om man byter ut pumparna i solvärme- och radiatorkretsarna till energisnåla pumpar sänker man elförbrukningen med c:a 360 kWh (900 kWh i primärenergi). Pumparna antogs ha 27 W och 40 W effekt för solfångar- resp. radiatorkretsen. Med dagens pumpar innebär det att solfångarkretsen ska ha ett lågt tryckfall eftersom pumparna inte klara höga tryckfall. Nya pumpar med högre tryckfall för lågt flöde med låg energiförbrukning är under utveckling.
- Vakuumisolering är inte färdigutvecklad än men produkter börjar komma ut på marknaden med en ledningsförmåga som är c:a en tredjedel av dagens standard isolermaterial. Kostnader är än så länge väldigt höga men där utrymme är en viktig faktor såsom men tankar med ett externt mått på max. 60 x 60 cm kan det vara intressant på sikt.
- Fyrvägsventilen för radiatorkretsen gav en väsentlig förbättring i samband med stratifiering av inloppet till tanken men enbart måttliga besparing utan stratifiering.
- En tappvattenautomat (Persson, 2002; Bales and Persson, 2003) visade sig vara effektivare än beredning med interna värmeväxlare även om dessa är kraftigt dimensionerade. Detta gäller än mer för tankar med begränsad volym (< 500 liter) då den pannuppvärmda volymen kan vara mindre med en tappvattenautomat.
- En dränerande solfångarkrets utan värmeväxlare och med stratifierad lagring förbättrar besparingen och kan tänkas vara intressant i prefabricerade hus där installationen kan garanteras vara felfri.
- Konceptet med 60x60 mått ger mindre besparingar än för ett vanligt dimensionerat system, men skillnaden är inte så stor, speciellt för system upp till 10 m². En kvadratisk tank är dock överlägsen är rund eftersom volymen är större och besparingen ändras snabbt med minskande volym.
- Med alla nya tekniker inkluderade och optimerade, kunde man förbättra systemet från utgångspunkten, den optimerade system #11, från 15,5% till 19,1% i besparingsgrad (2909 till 3530 kWh energibesparing). För det 60x60 systemet var det 18,5% och 3370 kWh.

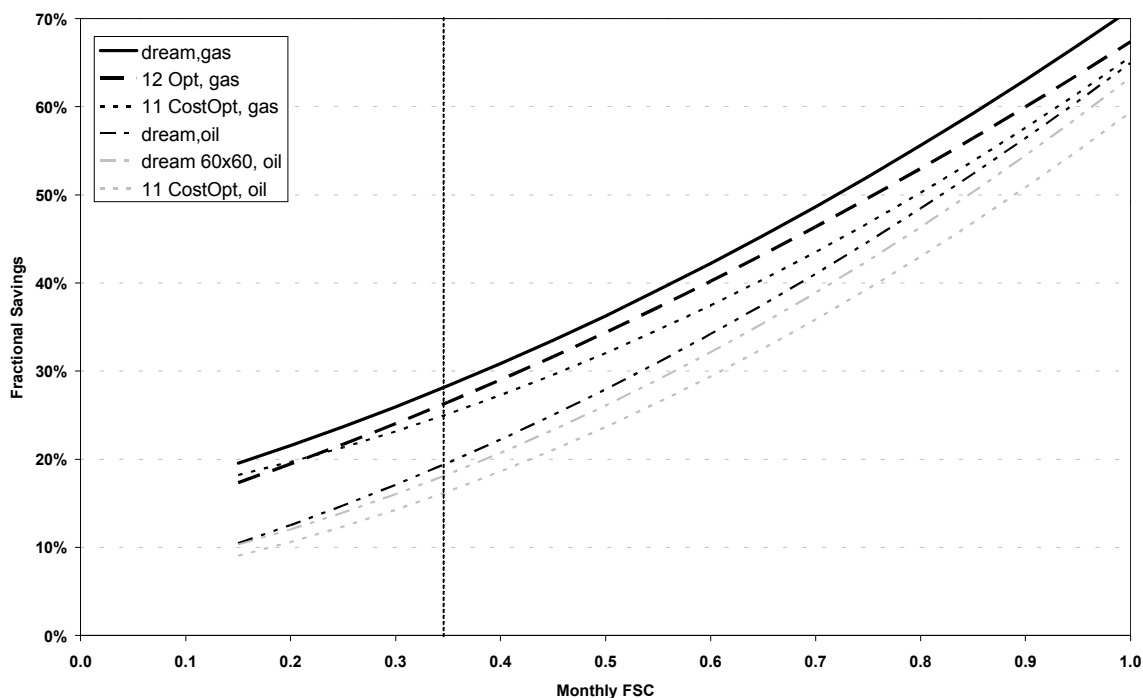


Fig. 7. FSC-karakteristik av drömsystemet jämfört med system #11 och #12.

Fig. 7 visar FSC-karakteristiken för system #11, #12 och drömsystemets två varianter. Drömsystemet är klart bättre än de övriga två i termisk prestanda, och 60x60 konceptet är betydligt bättre än den optimerade system #11.

3.3 Andra arbetsområden

Utöver de två stora arbetsområden som beskrivit ovan, har SERC arbetat med att ta fram data om materialanvändning för system #11 och #12 samt med utveckling av ett designverktyg baserat på simuleringresultat från hela Annexet.

3.3.1 Materialanvändning

Information om materialanvändning har samlats för de system som har studerats inom Annex 26 inkl. system #11 och #12 (Streicher, 2003). För de svenska systemen har inga data om panna levererats eftersom systemen brukar säljas utan panna. Vikten för de olika materialen som ingår i systemet multipliceras av "energiinnehållet" för hela systemet. Alla energier summeras sedan för att få energin för att få fram hela systemet. Energin som används för att tillverka och montera systemet ingår inte eftersom värden varierar kraftigt i dags läge från tillverkare till tillverkare.

Nedanstående tabell visar resultaten av undersökningen för de två optimerade svenska systemen för en solfångararea av 10 m². Båda system har en totalvikt på c:a 550 kg exkl. pannan och rör till solfångaren. Energiinnehållet i materialet är c:a 5500 kWh för system #11 och 6000 kWh för system #12. För dessa system är energibesparingen under svenska förhållanden c:a 3000 kWh om pannan är samma som i referenssystemet. Återbetalningstiden för båda är därför c:a 2 år. I jämförelse till de övriga systemen i undersökningen har de svenska system relativt litet energiinnehåll.

Tabell 1. Material och energiinnehåll för system #11 och #12.

Material	Vikt	# 11		# 12	
		[kg]	[kWh]	[kg]	[kWh]
Aluminium, 27.6% återvunnet	kg	26	1117	3	118
Stål, höglegerad	kg	2	54	2	54
Stål, låg eller icke legerad	kg	154	1446	225	2118
Galvaniserad stålplåt	kg	0	0	0	0
Koppar	kg	48	1489	75	2243
Glas (plan utan skikt)	kg	104	384	101	373
Glas och mineralull	kg	73	445	99	512
EPDM gummi, PUR hard foam polypropylen, polyethylene, övriga polymer	kg	4	104	4	104
PVC, hård	kg	0	0	0	0
Propylen glycol	kg	7	95	8	110
Bitumen, PVC tätningsstrip	kg	0	0	0	0
Virke	kg	98	38	27	11
Skiva (fibre, mazonit..)	kg	1	3	1	3
Pumpar, motorventiler m.m.	kg	2.5	59	4.5	106
Elektronik, sensorer + kabel	kg	2.3	188	2.3	188
Sputtråd selektiv yta	m ²	10.3	127	10.3	127
SUMMA		532.1	5549	562.1	6067

3.3.2 Design verktyg - CombiSun

En ny metod för att karakterisera solvärme kombisystem, den FSC-metoden (se 2.1.5) togs fram inom Annex 26. Med den kan systemets karakteristik ritas upp såsom i Fig. 4 och Fig. 6 och parametervärden för en andrags ekvation i FSC-värde kan tas fram. FSC-värdet kan beräknas enkelt utifrån månadsvärden för instrålning på solfångaren och totala lasten. CombiSun verktyget togs fram av SERC delvis inom Annex 26 och delvis inom ett EU-Altenerprojekt. Det simulerar ett hus och varmvattenanvändning samt instrålning mot solfångaren för att få fram de månadsvärden som behövs för att räkna fram FSC-värdet och därefter energibesparingen med hjälp av FSC-karakteristiken för systemet. Energibesparingen räknas ut för flera olika solfångarareor och ett diagram av area mot energibesparing ritas upp såsom i Fig. 8. En rapport kan också genereras automatisk. Verktyget ska kunna laddas ned gratis från IEAs hemsida för användning av konsulter, arkitekter och installatörer.

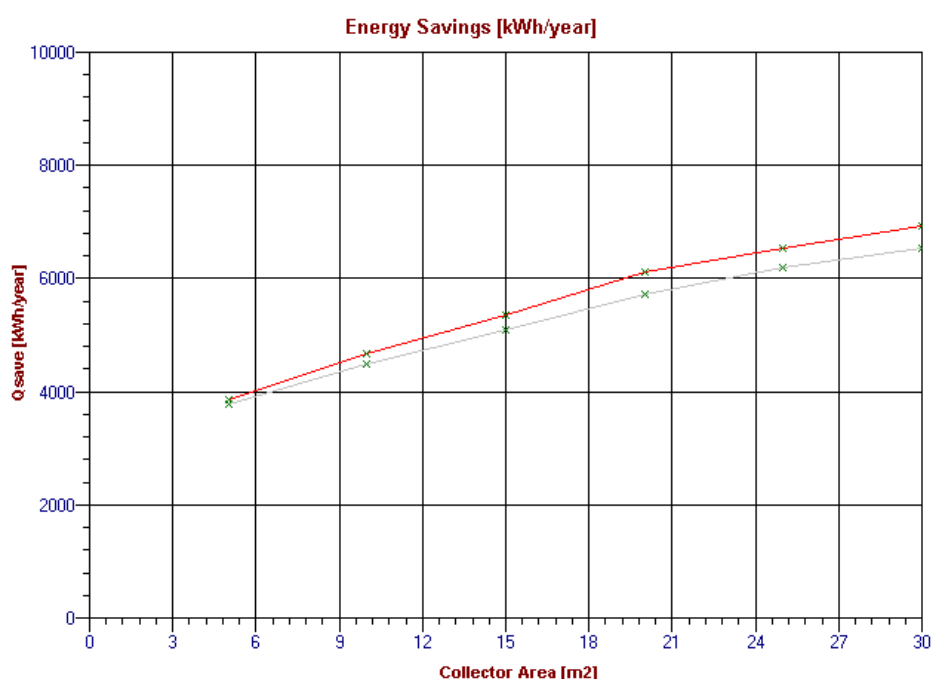


Fig. 8. Exempel resultat för optimerad system #11 med gaspanna i Stockholm för ett hus med c:a 12000 kWh last för en solfångarlutning av 30° (nedre kurva) och 45° (övre kurva).

4 "Spin-off" projekt för SERC

Deltagandet i Annex 26 har inneburit en reell förstärkning av SERCs internationella kontaktnät. Flera nya projekt och aktuella ansökningar kan härledes direkt eller indirekt till arbetet inom Annex 26:

- REBUS-projektet. Detta är ett nordiskt projekt kring solvärme kombisystem som är finansierat av det nordiska energiforsknings rådet där fyra av fem parter som får stöd av rådet samarbetade inom Annex 26.
- EU Altenerprojekt "Solar Combisystems". Detta är ett direkt "spin-off" projekt från Annex 26 med målsättning att sprida information om resultaten från Annexet samt att demonstrera god teknik.
- SERC finns med två ansökan till EU inom sjätte ramprogram som har direkta eller indirekta kopplingar till deltagarna inom Annex 26.

5 SERCs publikationer

Följande publikationer har gjorts av SERC för de arbeten som gjorts inom Annex 26:

- En tidsskriftsartikel om tappvattenautomater.
- Fyra tekniska rapporter om provmetoder och systemoptimering.
- Två konferensartiklar om provmetoder. Två abstrakt har också accepterats till ISES 2003, en om FSC-metoden och en om materialanvändning.
- Bales är huvudförfattare till ett av kapitlen i handboken. Kapitlet handlar om dimensionering och simulering av solvärmekombisystem.
- En artikel för en facktidsskrift i Sverige är under bearbetning.
- Information om arbetet inom Annex 26 har presenterats årligen vid SEAS-dagarna samt vid andra seminarier.

6 Referenser

- Bales, C. (2000) Evaluation of the Performance of Solar Combistores - Comparison of Three Test Methods. In *Proceedings Eurosun 2000*, Copenhagen, Denmark.
- Bales, C. (2002a) Technical report: Combitest - Initial Development of the AC/DC Test Method, IEA-SHC Task 26 Solar Combisystems, Paris, France. <http://www.iea-shc.org>
- Bales, C. (2002b) Technical report: Reports On Solar Combisystems Modelled in Task 26 (System Description, Modelling, Sensitivity, Optimisation), Appendix 6: Generic System #11: Space Heating Store With DHW Load Side Heat Exchanger(S) And External Auxiliary Boiler, IEA-SHC Task 26 Solar Combisystems, Paris, France. <http://www.iea-shc.org>
- Bales, C. (2002c) Technical report: Reports On Solar Combisystems Modelled in Task 26 (System Description, Modelling, Sensitivity, Optimisation), Appendix 7: Generic System #12: Space Heating Store With DHW Load Side Heat Exchanger(s) And External Auxiliary Boiler (Advanced Version), IEA-SHC Task 26 Solar Combisystems, Paris, France. <http://www.iea-shc.org>
- Bales, C. (2002d) Licentiate Thesis: *Thermal Store Testing Evaluation of Test Methods*, Building Services Engineering, Chalmers University of Technology, Göteborg.

- Bales, C. and P. Kovacs (2002) A New Method for Thermal Store Testing. In *Proceedings Eurosun 2002*, Bologna, Italy.
- Bales, C. and T. Persson (2003) External DHW Units for Solar Combisystems. *Solar Energy*(In press).
- Klein, S. and e. al. (1996) Trnsys 14.2 Transient Simulation Program. Madison WI, USA, SEL, University of Wisconsin Madison.
- Letz, T. (2003) Technical report: Validation and background information on the FSC procedure, IEA-SHC Task 26 Solar Combisystems, Paris, France. <http://www.iea-shc.org>
- Naron, D. (2002) Technical report: Development of DC Test Procedure for Solar Combisystems, IEA-SHC Task 26 Solar Combisystems, Paris, France. <http://www.iea-shc.org>
- Persson, T. (2002) Technical report: Modellering och simulering av tappvattenautomater i solvärmesystem, SERC, Dalarna University, Borlänge, Sweden. ISSN 1401 - 7555. <http://www.du.se/ekos/serc/serc.html>
- Streicher, W. (2003) Technical report: Material Demand of Solar Combisystems, IEA-SHC Task 26 Solar Combisystems, Paris, France. <http://www.iea-shc.org>
- Streicher, W., C. Bales, B. Beckman, J. Bony, *et al.* (2001a) Internal milestone report: Subtask C Milestone Report C 3.1 - Optimisation Procedure, IEA-SHC Task 26, Paris, France. <http://www.iea-shc.org/task26/>
- Streicher, W., C. Bales, B. Beckman, J. Bony, *et al.* (2001b) Internal milestone report: Subtask C Milestone Report C 0.2 - Reference Conditions, IEA-SHC Task 26, Paris, France. <http://www.iea-shc.org/task26/>
- Suter, J.-M., T. Letz and W. Weiss (2000) *Solar Combisystems - Overview 2000*. Büro +1, Berne, Switzerland.
- Tepe, R. and C. Bales (2003) Technical report: Simulation Study for a Dream System in Sweden, IEA-SHC Task 26 Solar Combisystems, Paris, France. <http://www.iea-shc.org>
- Weiss, W. (2003) Technical report: Detailed results on the architectural integration of collectors, IEA-SHC Task 26 Solar Combisystems, Paris, France. <http://www.iea-shc.org>
- Wetter, M. (2000) GenOpt Generic Optimisation Program v1.1. Berkeley, California, USA, Building Technologies Dept, Lawrence Berkeley National Laboratory.
- Vogelsanger, P. (2002) Technical report: The Concise Cycle Test (Cct), An Indoor Test Method Using A 12-Day Test Cycle, IEA-SHC Task 26 Solar Combisystems, Paris, France. <http://www.iea-shc.org>