

The background of the slide features a photograph of autumn trees with vibrant yellow and orange leaves. In the lower right, a portion of a white building with a window is visible. A semi-transparent grey box is overlaid on the image, containing text.

Koncepter til overvindelse af barrierer for køb og  
installation af VE-anlæg  
task 1

---

## Opsummering af erfaringer fra eksisterende projekter

---



**Titel:**

Opsummering af erfaringer fra eksisterende projekter

**Udarbejdet for:**

Energistyrelsen  
Amaliegade 44  
1256 København K

**Udarbejdet af:**

Teknologisk Institut  
Kongsvangs Alle 29  
8000 Aarhus C

December 2015

Forfatter: Ivan Katic, Svend Pedersen

## Indhold

|   |    |
|---|----|
| 1. Forord.....                                    | 4  |
| 2. Indledning .....                               | 5  |
| 3. IEA Annex 38 Solar and Heat Pump Systems ..... | 6  |
| 4. Laboratorietest.....                           | 7  |
| 4.1. Portugal .....                               | 7  |
| 4.2. Danmark .....                                | 8  |
| 4.3. Danmark – EnergyFlexHouse Lab.....           | 9  |
| 5. Feltmålinger .....                             | 11 |
| 5.1. Schweiz.....                                 | 11 |
| 5.2. Østrig.....                                  | 11 |
| 5.3. Tyskland.....                                | 12 |
| 6. Simuleringer .....                             | 14 |
| 7. Erfaringer .....                               | 16 |
| 8. Referencer .....                               | 17 |

## 1. Forord

Dette notat er det første af tre dokumenter, som er udarbejdet som en del af den indledende analyse med Energistyrelsens demonstrationsprojekt med titlen "Vedrørende VE-teknologier og deres implementering samt ecodesign krav", der blev igangsat i december 2013. Dokumenterne har til formål at afdække erfaringerne fra eksisterende projekter vedrørende VE-teknologier til opvarmning, herunder biobrændselsfyre, varmepumper og solvarme.

De tre omtalte dokumenter belyser erfaringerne med VE-teknologier og deres implementering samt ecodesign krav og omhandler følgende tasks:

- Task 1: Opsummering af erfaringer fra eksisterende projekter
- Task 2: Skitsering af VE løsninger og kombinationer
- Task 3: Beskrivelse af kravene af kombinerede anlæg i henhold til ecodesign direktivet

## 2. Indledning

Målet med task 1 er at opsummere erfaringer fra eksisterende projekter og omkringliggende markeder. Der vil primært blive taget udgangspunkt i IEA Heat pump program/ SHC Annex 38 Solar and Heat Pump Systems, hvor forskellige anlægstyper er blevet analyseret og testet for at finde den mest optimale kombination.

Det primære mål er at afdække, hvilke erfaringerne der er for solfangeranlæg kombineret med varmepumper, herunder årseffektivitet og ydelser.

### **3. IEA Annex 38 Solar and Heat Pump Systems**

Annex 38 Solar and Heat Pump Systems er et projekt under IEA's Heat Pump Program, som havde til formål at beskrive samspillet mellem varmepumper og solfangeranlæg, herunder ydelser og effektivitet for forskellige kombinationer og typer af anlæg.

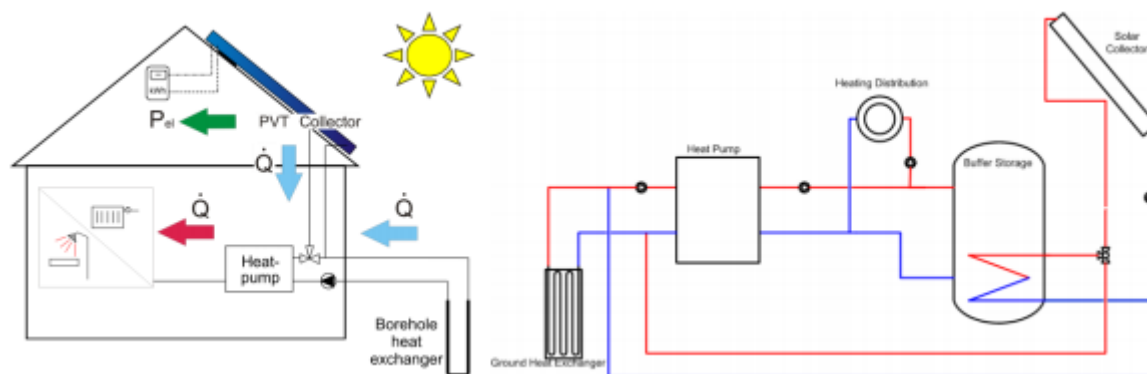
Projektet havde deltagelse af otte lande, herunder Danmark, og der er i projektet lavet et stort arbejde vedrørende udredning af forskellige typer af anlæg og kombinationer. Der er lavet laboratoriemåling, feltmåling og simuleringer på en lang række forskellige anlæg.

I dette notat vil de overordnede resultater fra Annex 38 blive beskrevet med primær fokus på at afdække effektivitet og ydelse for de forskellige anlæg.

## 4. Laboratorietest

Udendørs laboratorietest af kombinerede solvarme og varmepumpesystemer kan give udfordringer på grund af varierende vejrforhold. Specifikt har Institut für Solartechnik i Schweiz testet 11 anlæg i forbindelse med HPP Annex 38<sup>1</sup>. Der blev testet kombinerede luft + jord/vand + solfangeranlæg, kombinerede parallel og serielle anlæg, parallelle anlæg, serielle anlæg samt forskellige typer af solfangere.

Anlæggene blev testet over en periode på 12 dage henover sommeren. Ud over en varierende solindstråling i den periode, hvor testen forløb, har der ligeledes været udfordringer med, at anlæggene var designet til forskellige opvarmningsbehov fra 15 til 100 kWh ( $m^2 \cdot \text{år}$ ). SPF<sup>2</sup> er kun beregnet for fire af anlæggene, men ligger her mellem 2,9 og 4,5.



Figur 1 - Eksempel på kombineret PVT og jordvarmesystem.

Kilde: HPP Annex 38 Industry Newsletter 3rd edition

Teknologisk Institut i Danmark og LNEG i Portugal har hver især testet et anlæg bestående af en uafdækket solfanger tilsluttet en kombi-enhed med vandtank og varmepumpe<sup>1</sup>. I begge tilfælde kun til opvarmning af brugsvand.

### 4.1. Portugal

I testen fra LNEG i Portugal ("direct expansion" fordamper) blev der primært tappet varmt brugsvand fra klokken 7-8 om morgenen og igen fra klokken 20-21 om aftenen. Da solindstrålingen i disse perioder var lav, blev kompressoren tvunget til at arbejde mere, end hvis aftapningen var sket i perioder med større solindstråling.

Der blev ligeledes testet to forskellige tankstørrelser, 250 l og 300 l, hvor der viste sig, at der var en bedre stratificering i den mindre tank. Der blev også opnået en bedre SPF (SPF LTPP) for anlægget med den mindre tank på 250 l - SPF på 2,27 – 2,82 beregnet for syv byer i Portugal og det øvrige Europa. For den større tank blev SPF beregnet til 1,77 til 2,21.

<sup>1</sup> Testing Solar and Heat Pump Systems in a laboratory, a technical report of Subtask B of SHC Task 44 – HPP Annex 38. Report B2

<sup>2</sup> SPF (Seasonal Performance Factor) defineres som anlæggets varmeydelse i forhold til samlet elektrisk input set over en bestemt tidsperiode (f.eks. varmesæsonen eller et helt år).

Kilde: Ivan Katic, Seniorrådgiver, Teknologisk Institut til HVAC

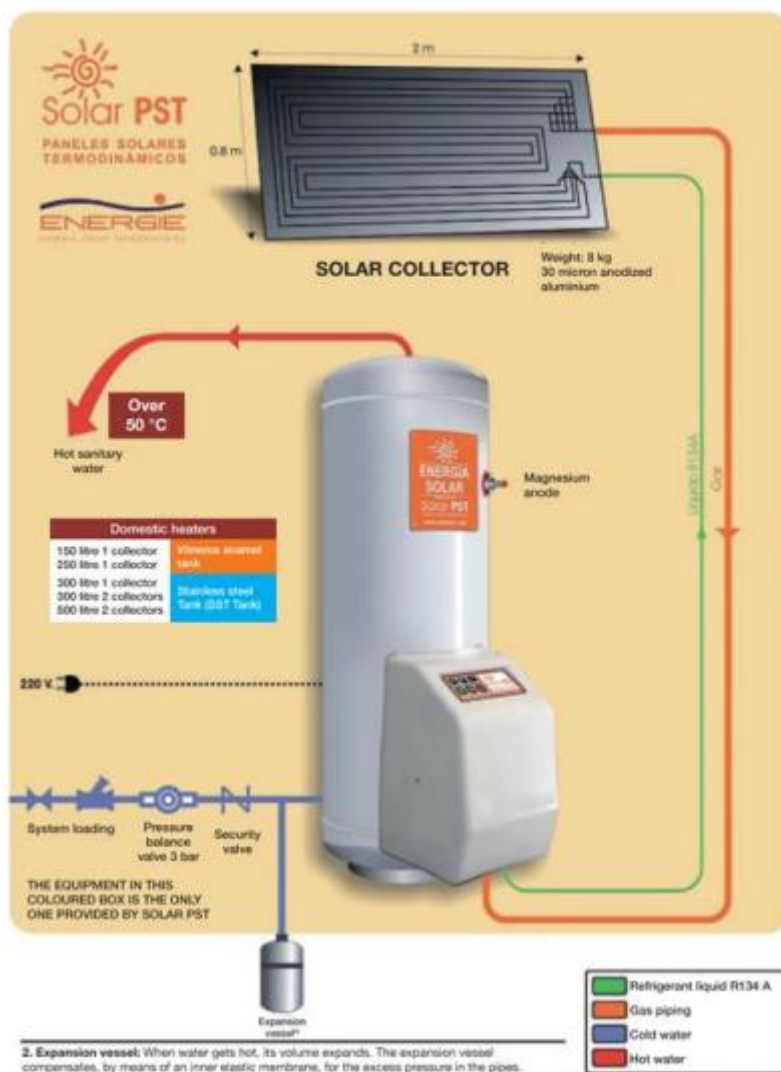
## 4.2. Danmark

Anlægget testet af Teknologisk Institut var ligeledes med en "direct expansion" fordampner, og vandtanken var med et volumen på 150 l. Der er ikke lavet beregninger for anlæggets SCOP eller SPF, men COP for de måneder, hvor testen forløb, er angivet i nedenstående figur.

| Month | December  | January   | June                      | July     |
|-------|-----------|-----------|---------------------------|----------|
| COP   | 2.15-2.40 | 2.13-2.32 | 2.70 (only one recording) | 2.4-3.36 |

Figur 2 - COP for anlæg testet af Teknologisk Institut

En af konklusionerne på testen er, at det er svært at reproducere resultaterne, da de afhænger af vejret.

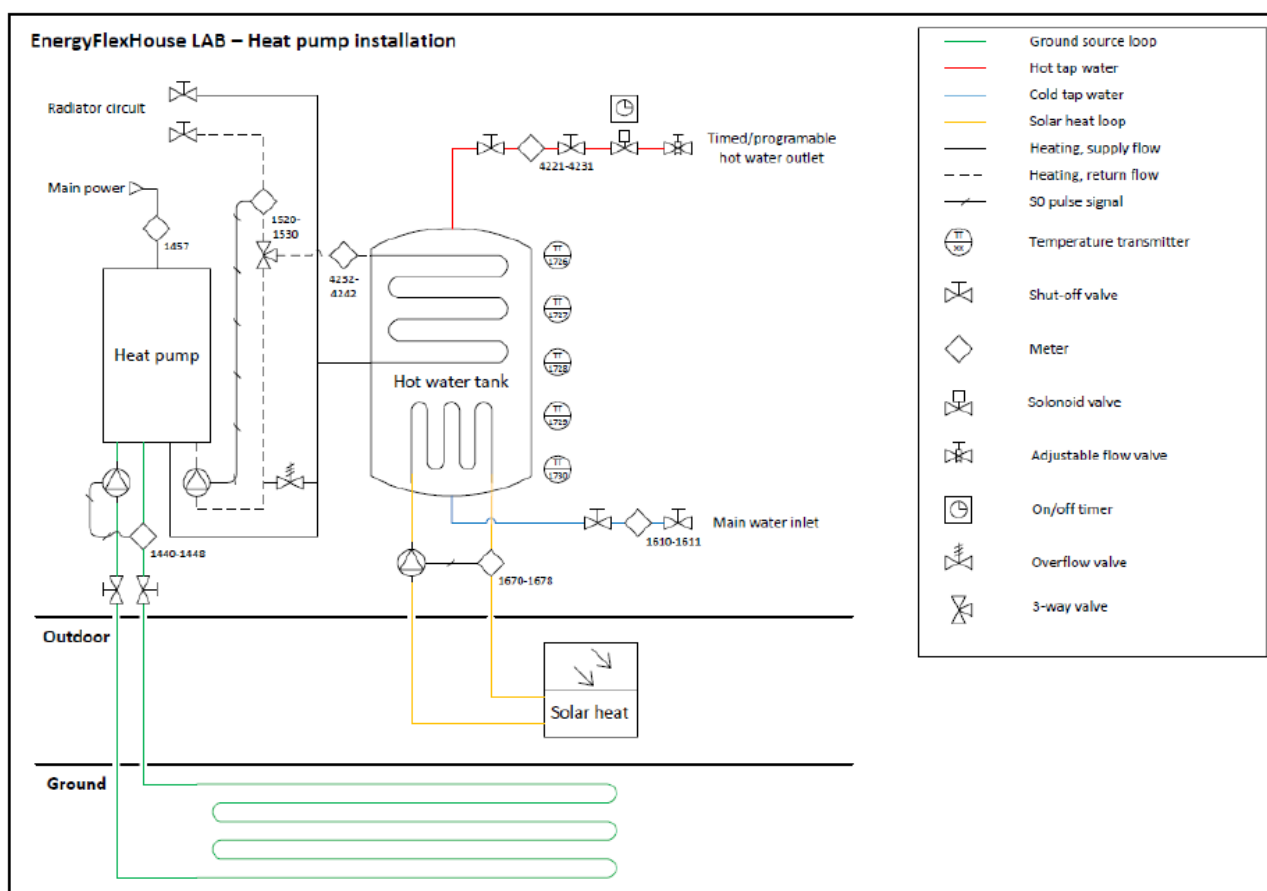


Figur 3 - Principdiagram for anlæg testet af Teknologisk Institut (Danmark)



### 4.3. Danmark – EnergyFlexHouse Lab

Der er i forbindelse med et projekt for InnoBYG<sup>3</sup> blevet testet et anlæg bestående af en varmepumpe, primært til opvarmning af brugsvand, og to stk. 2,2 m<sup>2</sup> solfangere. Solfangerne er tilsluttet en Nilan solvarmebeholder på 250 l med en 8,5 m lang og 22 mm tyk solvarmespiral i bunden af beholderen. I beholderen er der ligeledes en spiral med en hedeplade på 2 m<sup>2</sup> til supplerende varme fra varmepumpen, som er tilsluttet en jordvarmekreds.



Figur 4 - Hydraulisk skema for anlæg i EnergyFlexHouse LAB

Aftapningen af brugsvand blev foretaget ved hjælp af et tappeprogram, der styrede et termostatstyret blandingsbatteri, hvorved det kunne sikres, at den aftappede volumen havde en konstant temperatur. Aftapningen fandt primært sted i morgen- og aftentimerne svarende til de tidspunkter, hvor en familie typisk er hjemme i hverdage. Det kunne konstateres, at varmepumpen i nogle tilfælde begynder at opvarme beholderen umiddelbart efter aftapningerne om morgenen, hvilket resulterede i, at det ikke var muligt at udnytte al varmen fra solfangerne senere på dagen til opvarmning af beholderen. Der blev derfor testet en strategi: "Giv solen en chance", som går ud på at forhindre varmepumpen i at starte op. Helt specifikt blev varmepumpen blokeret ved hjælp af et elektronisk ur i perioden fra 06:00-16:00.

<sup>3</sup> InnoBYG udviklingsprojekt om installationspakker til enfamilieboliger, solvarme, varmeanlæg og ventilation, Teknologisk Institut, juni 2014

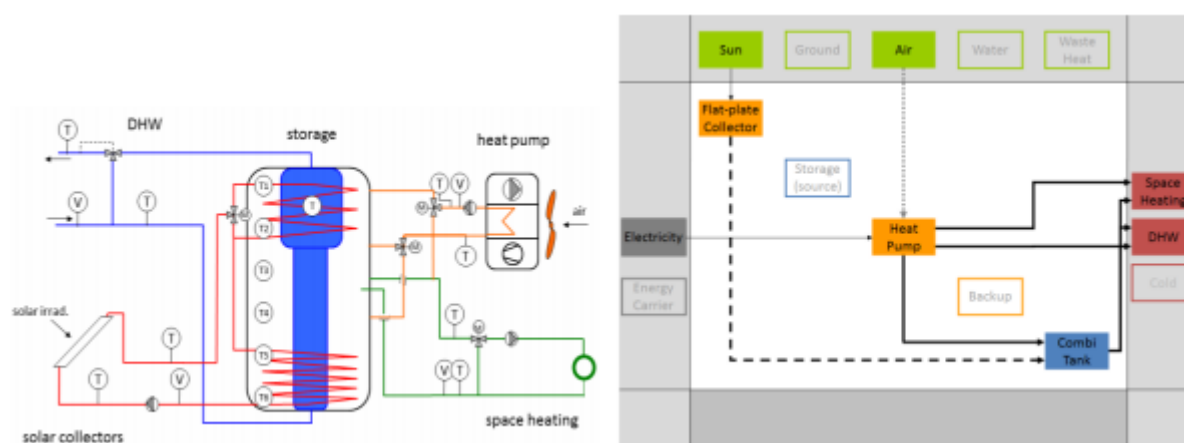
Ved at benytte "Giv solen en chance" var det muligt at nedsætte det samlede energiforbrug til systemet til under det halve, sammenlignet med hvis man havde kørt med varmepumpe alene.

## 5. Feltmålinger

I forbindelse med HPP Annex 38 er der foretaget målinger på kombinerede solfanger- og varmepumpesystemer i tre enfamiliehus i henholdsvis Schweiz, Østrig og Tyskland<sup>4</sup>.

### 5.1. Schweiz

Kombineret luft + solfanger/vand varmepumpe, der producerer varmt brugsvand til to personer (1400 kWh/år) samt rum opvarmning af 200 m<sup>2</sup> bolig (18700 kWh/år). Huset er fra 1992. Solfangerne er "covered solar-thermal collectors", som opvarmer en tank-i-tank kombi-tank på 1,8 m<sup>3</sup>. Varmepumpen kan levere enten 11 kW eller 20 kW.



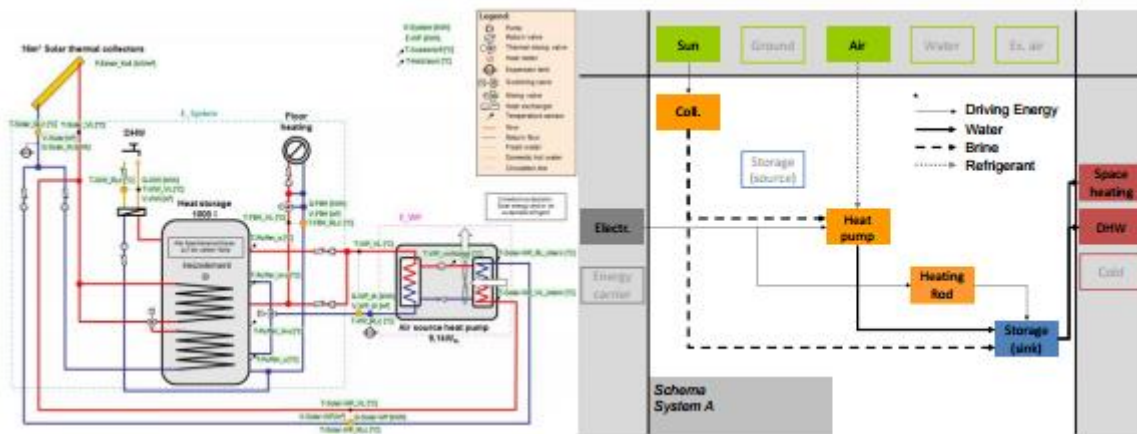
Figur 5 - Hydraulisk skema (tv) og energy flow chart (th), Schweiz

SPF for det samlede system er 4,4. SPF for varmepumpen alene er SPF 3,6.

### 5.2. Østrig

Kombineret luft + solfanger/vand varmepumpe, der producerer varmt brugsvand til fire personer (2685,5 kWh/år) samt rumopvarmning af 300 m<sup>2</sup> bolig og værksted (28094,3 kWh/år). Solfangerne er af typen flat-plate collectors og har et areal på 15 m<sup>2</sup>. Solfangerne leverer varme til en 1 m<sup>2</sup> vandtank, men kan også kobles til at levere varme direkte til fordamperen i varmepumpen.

<sup>4</sup> IEA – SHC Task 44 / HPP Annex 38, Solar and Heat Pump Systems, Industry Newsletter, 3rd edition

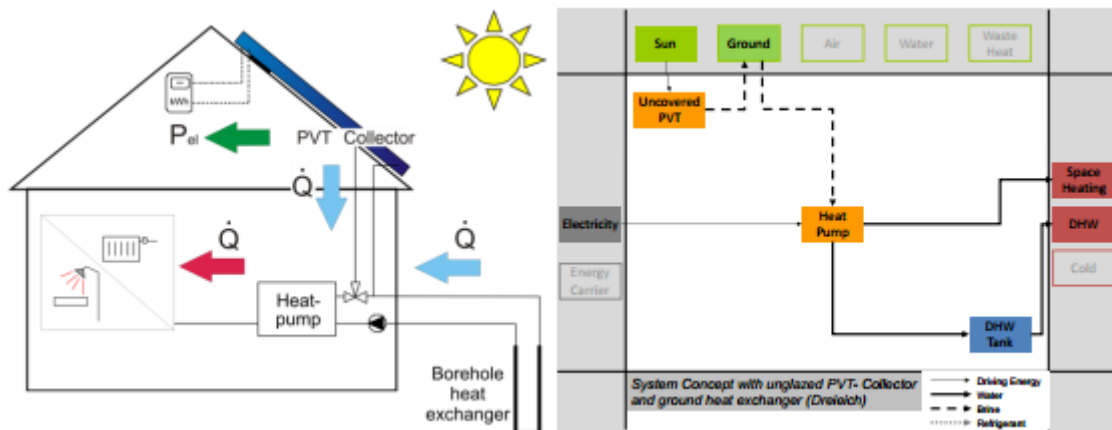


Figur 6 - Hydraulisk skema (tv) og energy flow chart (th), Østrig

SPF for det samlede system er 2,59, hvilket er mindre end SPF for varmepumpen alene (2,65). Årsagen hertil er et systemtab på 6700 kWh/år svarende til 17 % af den producerede energi. Varmepumpen er på 9,5 kW.

### 5.3. Tyskland

Kombineret PVT + jord/vand varmepumpe, der producerer varmt brugsvand til fem personer (2356 kWh/år) samt rum opvarmning af 380 m<sup>2</sup> bolig (25232 kWh/år). Anlægget kan kobles således, at PVT panelerne forvarmer brinen, inden den føres ned i det koaksiale borehul. Dette bevirker, at energien fra PVT modulerne (varmen) ikke kan måles direkte. Der er lavet en model for systemet til at simulere dette. Varmepumpen er på 12 kW.

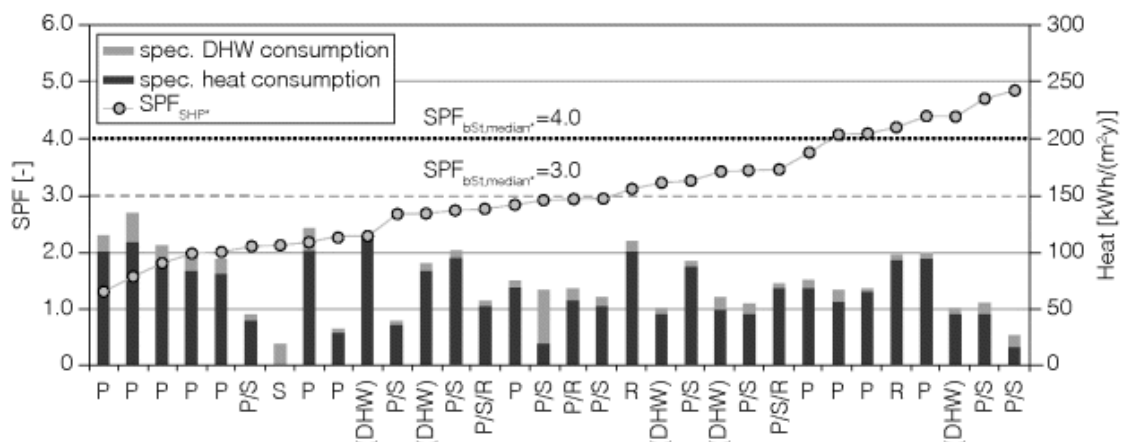


Figur 7 - Simplificeret hydraulisk skema (tv) og energy flow chart (th), Tyskland

Det målte energiforbrug i boligen var i det første år 25 % højere og i det andet år 45 % højere end de 28 MWh, som anlægget er designet til. Dette er formentlig på grund af rumtemperaturer op til 23 °C. Dette har dog ikke haft indvirkning på ydelse og temperatur af jordvarmeslangen på grund af varmetilførslen til jorden fra PVT panelerne.

SPF for det samlede system er 3,9 for det første år og 4,0 for det andet år. SPF for varmepumpen alene er 4,4 det første år og 4,6 det andet år.

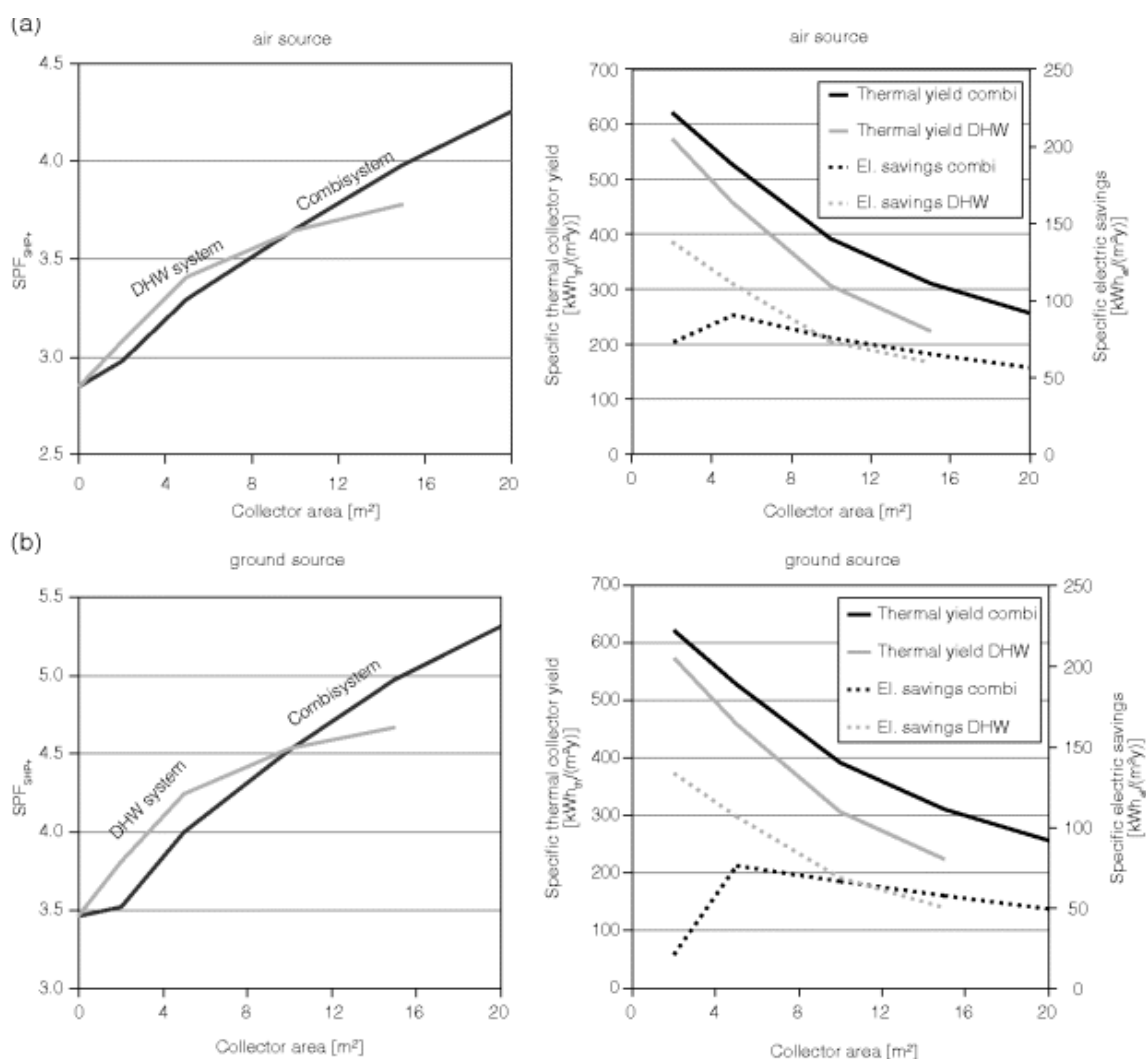
Der er i Annex 38 lavet målinger på 32 anlæg, og disse viser, at den samlede systemeffektivitet varierede fra 1,3 til 4,8 med en middelværdi på 3,02. Hvis man tager højde for lagringstab, er den gennemsnitlige systemeffektivitet på 3,95. Varmeforbruget på de målte anlæg varierer fra 15 til 110 kWh/m<sup>2</sup> med en middelværdi på 67 kWh/m<sup>2</sup>. Brugsvandsforbruget er mellem 6 og 100 % af det samlede varmforsyning. Resultaterne er vist i nedenstående graf.



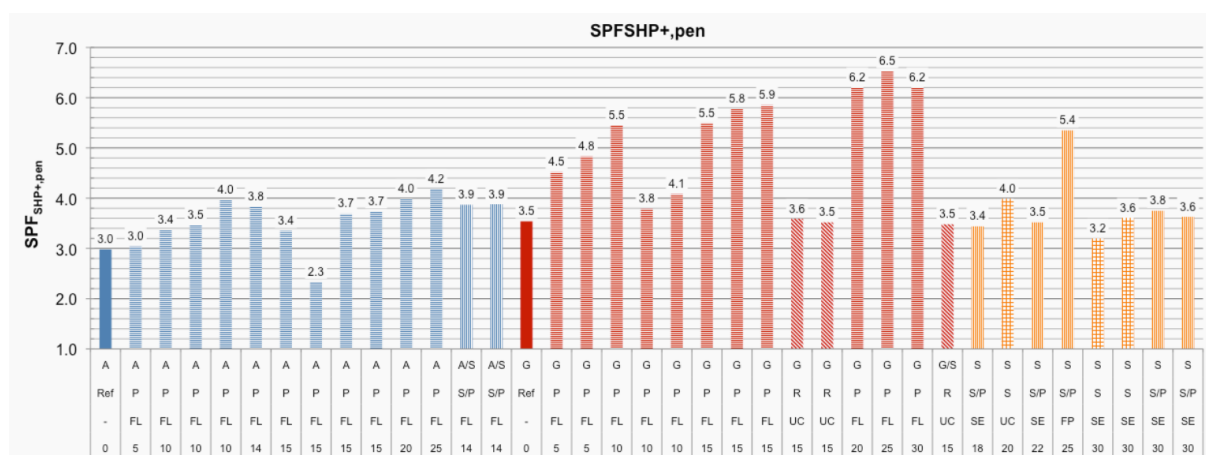
Figur 8 - P=Parallel anlæg, S=Seriel anlæg, R=regenerative. Venstre akse viser SPF og højre akse viser varmebehov/m<sup>2</sup>år.

## 6. Simuleringer

I annex 38 er der lavet en lang række simuleringer af anlægskombinationer med forskellige varmepumpe og solfangerkombinationer. Generelt kan man sige, at den samlede systemeffektivitet (SPF<sub>shp</sub>) stiger, når man benytter en solfanger til at opvarme brugsvand eller brugsvand og rumvarme. Dette skyldes, at solfangerens effektivitet SPF<sub>sc</sub> (40-300) er meget højere end varmepumpens effektivitet (2-6), da solfangeren leverer mere varme per forbruket kilowatttime el.



Figur 9 - Viser systemeffektivitet og ydelse som funktion af solfangerareal for solfanger brugt kun til brugsvandsopvarmning DHW og til kombinerede brugsvands- og rumvarmeanlæg. (a) viser effektivitet og ydelse for luft-vand varmepumper og (b) viser effektivitet og ydelse for jordvarmepumper.



Figur 10 - Viser resultat for simulering af 37 systemer. På højre akse vises systemeffektiviteten for det samlede system. A: luft/vand varmepumpe. A/S: luft/vand varmepumpe med luft og solabsorber. G: Jordvarmepumpe. G/S: Jordvarmepumpe med solabsorber. S: Solabsorber varmepumpe. P: Parallel system. S/P :Seriell/parallel system. R: regenerativ system. FL: Flad overdækket solfanger. UC: Uafdækket solfanger. SE: Solabsorber. Nederste linje viser solfanger areal i m<sup>2</sup>.

Generelt kan man sige, at systemeffektiviteten for det samlede anlæg vil typisk stige med 10 til 20 % ved tilslutning af solfanger. Stigningen afhænger dog af solfangerareal og opbygning samt styring af systemet.

## 7. Erfaringer

Nogle af konklusionerne fra IEA SHC Task 44 / HPP Annex 38 er uddraget nedenfor<sup>5</sup>:

- Supplering med solvarme direkte til varmepumpen vil typisk forbedre anlæggets års-effektivitet med 15 – 20 %
- Det er ikke særligt effektivt at lagre solvarme i jorden (for små anlæg)
- Den generelle årseffektivitet for et kombineret system afhænger i høj grad af dækningsgraden for solvarmen
- Mange systemer (til individuelle boliger) er for komplekse og investeringstunge i forhold til udbyttet

Systemeffektiviteten kan øges ved at styringen begrænser varmepumpens driftstid. Dette kan gøres ved at tilpasse styringen til det forventede tappemønster og eventuelt ved brug af solprognose<sup>6</sup>.

Der kan være fordele ved at koble solfangerne direkte til varmepumpens kolde del i perioder, hvor solvarmekredsen ikke vil være varm nok til at opvarme varmtvandsbeholderen direkte. Herved kan solfangerne hæve temperaturen på den kolde side af varmepumpen, hvorved driftstiden/perioden for varmepumpen forlænges<sup>6</sup>.

Det kan ikke betale sig at benytte varmepumpen til at sænke fremløbstemperaturen til solfangerne, og på den måde øge effektiviteten af solfangerne, i perioder, hvor varmen vil kunne benyttes direkte til opvarmning af varmtvandsbeholderen via en varmeveksler. Dette skyldes, at det i perioder med tilstrækkelig sol vil være mere rentabelt at slukke varmepumpen frem for at bruge den til at øge virkningsgraden af solfangerne<sup>6</sup>.

---

<sup>5</sup> Citat fra Energieutralt Byggeri, Tekniske løsninger, Strategisk forskningscenter for energieutralt byggeri og Det Strategiske Forskningsråd, 2014

<sup>6</sup> Ivan Katic, Seniorrådgiver Teknologisk Institut til HVAC



## **8. Referencer**

Solar and Heat Pump Systems for Residential Buildings, edited by Jean-Christophe Hadorn