

Centrum för solenergiforskning

Solar Energy Research Center

Solfångare och värmepump: Marknadsöversikt och preliminära simuleringsresultat

Rainer Tepe och Mats Rönnelid

SERC

Avdelningen för energi,
miljö och byggande
Högskolan Dalarna
781 88 Borlänge

Tel: +46 23 778700

Tel: +46 23 778701

Besöksadress/Street address:

Forskargatan 8

Borlänge



HÖGSKOLAN
Dalarna



ISSN 1401 - 7555

ISRN DU-SERC--75--SE

mars 2002

1	SAMMANFATTNING	1
2	BAKGRUND OCH SYFTE	3
3	EU-PROJEKTET ELASTOMER-METALL-ABSORBATOR	4
4	TRADITIONELLA VÄRMEPUMPSYSTEM	6
4.1	Dimensionering av värmepumpar	6
4.2	Värmepumparnas värmefaktor.....	7
5	KOMBINATIONEN SOLVÄRME OCH VÄRMEPUMP	9
5.1	Marknadsöversikt över svenska systemkombinationer med solvärme och värmepump	9
5.2	Olika företags systemlösningar.....	9
5.2.1	Företag i kategori I.....	10
5.2.2	Företag i kategori II	16
5.2.3	Företag i kategori III	17
6	SIMULERINGAR AV KOMBINATION SOLFÅNGARE OCH VÄRMEPUMP	18
6.1	Resultat.....	19
7	KOSTNADSBERÄKNING	23
8	REFERENSER	25
9	BILAGOR:	27
1	Lista över värmepumpsföretag.....	27
2	Branschorganisationer	29

1 Sammanfattning

Försäljningen av värmepumpar ökar kraftigt i Sverige. Statistik från Svenska Värmepumpföreningen (SVEP) visar att det under de första fem månaderna 2001 såldes drygt 12.000 värmepumpar, jämfört med ca 8.000 under samma period år 2000. En majoritet av dessa värmepumpar är bergvärmepumpar där värmen tas från ett borrhål. Solvärmen är en väl etablerad teknik som utbreder sig mer och mer. Tekniken är driftsäker, enkel och miljövänlig och kan användas till såväl varmvattenberedning som till uppvärmning av villor och flerfamiljshus. De senare åren har ett flertal företag börjat marknadsföra värmesystem som kombinerar solvärme och värmepumpsteknik. Branschens växande intresse för tekniken indikerar att utbudet på marknaden kommer att öka. Samtidigt råder det en brist på studier som visar på hur samverkan mellan de två teknikerna fungerar och hur stor elbesparing som är möjlig genom att koppla solvärme till värmepumpssystem.

I denna studie har värmesystem som kombinerar värmepump och solvärme och som finns representerade på den svenska marknaden inventerats. Fem företag som aktivt marknadsför denna systemkombination identifierades (Energiboden AB, MK Miljö-Konsult, Svensk Tork & Kylteknik AB, Uponor AB, Varmitek AB), medan ytterligare ett antal företag har visat intresse av att utveckla tekniken. En majoritet av de representerade systemen bygger på att solfångarna kopplas ihop med bergvärmepumpssystem som erbjuder en relativt jämn temperaturkälla för värmepumpen. Tekniken för hur solfångarna och värmepumpssystemet kopplas ihop varierar dock kraftigt. De enklaste systemvarianterna bygger på att solfångarkretsen kopplas till returledningen från värmepumpen vilket gör att solfångarna bidrar till att höja borrhålets temperatur jämfört med system utan solfångare. I de mest avancerade systemförslagen kan solvärmen användas både till tappvattenberedning, husuppvärmning och för att höja temperaturen på värmepumpens förångarsida.

De råder osäkerhet om hur stor nytta solfångarna gör i värmepumpssystem. Några företag redovisar exempel på hur enskilda villaägare kunnat reducera elbehovet kraftigt genom att koppla solfångare till värmepumpssystemet och i några fall uppges att energibesparingar upp till 80% jämfört med konventionella värmesystem (el eller olja) är möjligt. Det senare fallet skulle motsvara en systemvärmefaktor (COP) på 5, vilket är betydligt högre än dagens COP för villavärmepumpssystem utan solfångare vilket snarare ligger kring 2,5 – 3,5. Det finns dock mycket få jämförande mätningar genomförda och här behövs systematiska studier, både beräkningar och mätningar, för att utreda vilka systemkombinationer som är optimala och vilken potential tekniken har.

I denna rapport redovisas resultaten från en preliminär simuleringsstudie om potentialen för systemkombinationer med solfångare och bergvärmepump för enfamiljshus. Beräkningarna är gjorda för två olika värmelaster; 8650 kWh/år respektive 16500 kWh/år, exkl tappvattenförbrukning på 3000 kWh/år. Resultaten visar bl a:

- Utan solfångare sjunket borrhålets medeltemperatur med tiden; ca -1.2 °C på tre år.
- Systemet med 8 m² glasad solfångare kopplad till tappvattenberedningen kan ge elbesparingar på upp till 13%. Störst besparing är i huset med låg värmelast där tappvattenförbrukningen står för en relativt stor andel av husets totala värmebehov.
- 50 m² oglasade solfångare kopplade direkt mot värmepumpens förångare/alternativt mot bergvärmelagret, kan ge elbesparingar på upp till 14%. Störst besparing är i huset med högre värmelast där uttaget av värme från berget är stort.
- Kombineras glasade solfångare för tappvattenberedning och oglasade solfångare kopplade till värmepumpen/berget kan elbesparingen jämfört med bergvärmepumpssystem utan solfångare öka till närmare 20%.
- Ekonomiska beräkningar visar att de oglasade solfångarna har störst ekonomisk potential och kan vara lönsamma för hus med större värmelast.
- Beräkningarna innebär ingen utförlig systemoptimering, utan ytterligare förbättringar, både vad gäller de ekonomiska förutsättningarna samt potentialen för elbesparing, kan förväntas vid fortsatt optimeringsarbete.

2 Bakgrund och syfte

Försäljningen av värmepumpar ökar i Sverige. Statistik från Svenska Värmepumpföreningen (SVEP) visar att det under de första fem månaderna 2001 såldes drygt 12.000 värmepumpar, jämfört med ca 8.000 under samma period år 2000. /1/ Vidare är solvärme en väl etablerad teknik som utbreder sig mer och mer. Tekniken är driftsäker, enkel och miljövänlig och kan användas till såväl varmvattenberedning som uppvärmning i både villor och flerfamiljshus.

Centrum för solenergiforskning (SERC) har, tillsammans med partners från Österrike, Tyskland och Sverige, i ett nyligen genomfört EU-projekt utvecklat en ny och enkel absorbatör, EMA (Elastomer-Metall-Absorbatör). EMA-absorbatören kan användas såväl i glasade som oglasade solfångare.

Projektet har inneburit att olika systemlösningar utvecklats. Vid SERC har speciellt systemkombinationer med EMA-solfångare och bergvärmepump studerats. Ett testsystemet med 28 m² oglasad EMA, en värmepump från ett svenskt företag samt ett 145 m djupt borrhål har byggts. Mätningar på testanläggningen, som fortfarande pågår, visar att det är möjligt att höja värmepumpssystemets värmefaktor och därigenom minska elbehovet betydligt genom att solfångare kopplas till.

Det finns tidigare gjorda undersökningar om solvärme kombinerat med värmepump, både i Sverige och internationellt. De senaste åren har denna kombination fått förnyad uppmärksamhet på grund av den snabba utvecklingen inom solvärmetekniken och de ökade försäljningssiffrorna för värmepumpar. Trots att dessa system som kombinerar solvärme och värmepump finns installerade, finns det sparsamt med undersökningar om hur samverkan mellan de två teknikerna fungerar och hur stor energibesparing som är möjlig. Syftet med föreliggande undersökning är inte att inventera vad som tidigare gjorts inom området¹, utan att inventera vilka tekniker som är representerade på den svenska marknaden. Detta har gjorts genom att studera företagets hemsidor samt genom brev och telefonkontakter. Information om systemens prestanda är en återgivning av vad företagen själva presenterat då vi ej haft tillgång till egna mätningar av olika system. Illustrationer på olika systemlösningar har vi funnit på nätet och återges med tillstånd av de olika företagen.

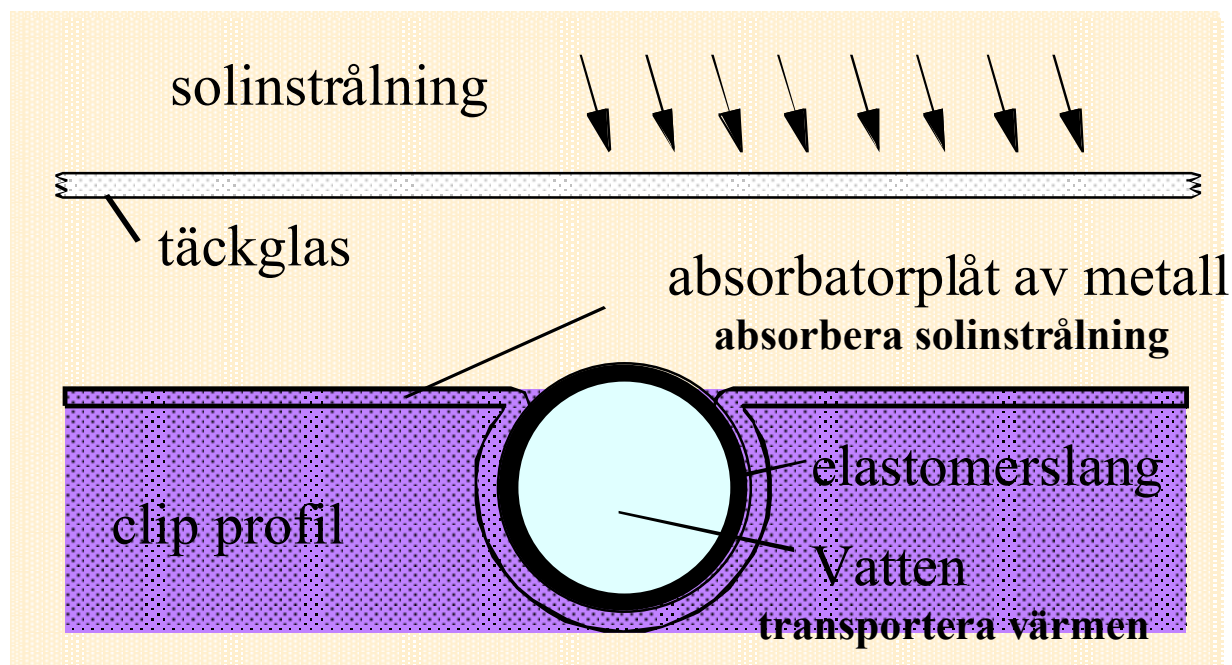
I denna studie har en preliminär simuleringsstudie genomförts för att påvisa för- och nackdelar med olika systemlösningar. En enkel ekonomisk utvärdering visar hur mycket solvärmeandelen får kosta för att vara lönsam i värmepumpssystem av denna typ. Studien har bekostats genom anslag 2001-0232 från Formas samt genom medel från strukturdelegationen, Mål 2, Länsstyrelsen Dalarna.

¹ [En inventering av svensk forskning inom området solvärme/värmepump genomförs för närvarande \(2002\) vid Tekniska Högskolan i Lund.](#)

3 EU-Projektet Elastomer-Metall-Absorbator

I ett 3-årigt EU-projektet (1998-2001) "Façade and Roof Integrated Solar Collectors with a Combination of Elastomer Tubes and Metal Form Sheet Elements" har SERC tillsammans med partners från Österrike, Tyskland och Sverige utvecklat en ny och enkel solfångare: Elastomer-Metall-Absorbator (EMA). Solfångaren fungerar som ett plåttak med integrerad "gummi"-slang (elastomer).

EMA-solfångarens princip är enkel och visas i figur 3.1. Man formar en metallplåt i □-profil och pressar därefter in en specialutvecklad gummislang i profilen. På detta sätt får man en enkel oglasad solfångare. Vill man ha en solfångare som ger högre temperaturer kan ett täckglas installeras ovanför absorbatorplåten.



Figur 3.1: Principen för EMA-solfångaren.

Huvudtanken med EMA-projektet är att hus med plåttak ska kunna få stora solfångarytor till mycket liten extrakostnad. Inom projektet har ett elastomermaterial utvecklats med en värmeledningsförmåga som är närmare fyra gånger högre än för vanliga elastomermaterial. Tillsammans med två svenska företag har ett rullformningsverktyg för □-profilerna utvecklats. Sammanlagt har sex olika EMA-prototyper tillverkats och mätts upp och tre olika testanläggningar har byggts och utvärderats i de deltagande länderna.

Inom SERC har olika systemalternativ simulerats med syftet att hitta de ekonomiskt och tekniskt mest intressanta varianterna. Framförallt har system med EMA-solfångare och värmepump studerats. Två solfångarfält med oglasade EMA-solfångare har byggts och

kopplats till en bergvärmepumpanläggning med 145 m djupt borrhål. Installationen av solfångare visas i figur 3.2.

Insamlade data från anläggningen har använts för att validera de modeller som används vid systemsimuleringarna. Mätningar och simuleringar har visat att det är möjligt att minska elbehovet med 20 procent eller mer i villor med kombination av solfångare och värmepump. Detta kräver dock att de enskilda komponenterna optimeras och att systemen kopplas ihop på ett sådant sätt som inte nödvändigtvis är standard i dagens system. Vid SERC finns därför ambitionen att fortsätta arbetet med att optimera värmesystem baserade på kombinationen värmepump och solvärme. /2/

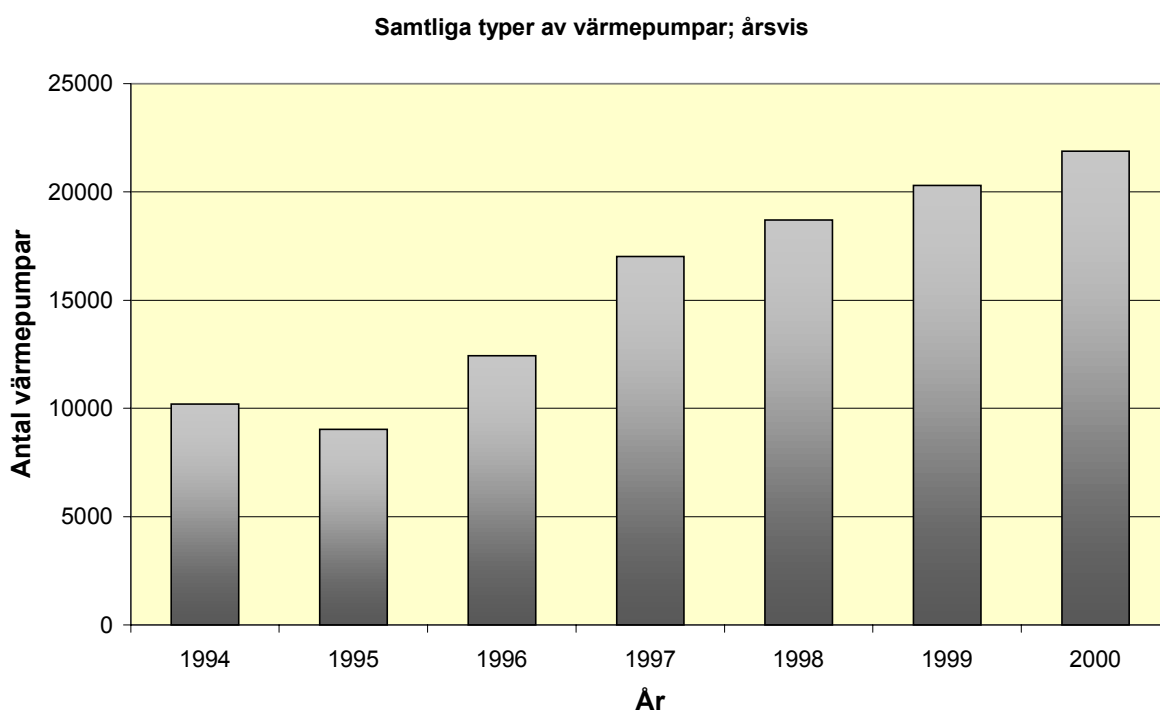


Figur 3.2: Installationer med EMA-solfångare vid SERC, Högskolan Dalarna.

4 Traditionella värmepumpsystem

Drygt en tredjedel (36%) av samtliga småhus i Sverige värmdes med enbart el år 2000, vilket motsvarar närmare 41 TWh årligen. Av de elvärmda husen har 60% direktverkande elvärme medan resterande del har vattenburen elvärme. Samtidigt ökar användandet av värmepumpar. År 2000 var det 11% av ytorna i småhus som helt eller delvis uppvärmdes med hjälp av någon typ av värmepump. /3/

1990 var ett rekordår för värmepumpsförsäljningen med 25700 sålda värmepumpsanläggningar. Av dessa var mer än 90 % utelufts- eller frånluftsvärmepumpar. Åren därefter sjönk försäljningen av värmepumpar för att återigen öka efter 1995 (figur 4.1). Samtidigt har det skett en förskjutning mot dyrare anläggningar, framför allt mark- och bergvärmepumpar. Under 2000 stod de senare för närmare 60 % av värmepumpsmarknaden. /4,5/



Figur 4.1: Marknaden för värmepumpar i Sverige år 1994-2000.

4.1 Dimensionering av värmepumpar

En värmepump kan antingen komplettera befintligt värmesystem, eller ingå i ett helt nytt värmesystem. I det senare fallet ingår även varmvattenberedare och elkassett, där elkassetten automatiskt ger tillskottsvarme när värmepumpen inte räcker till under kalla dagar.

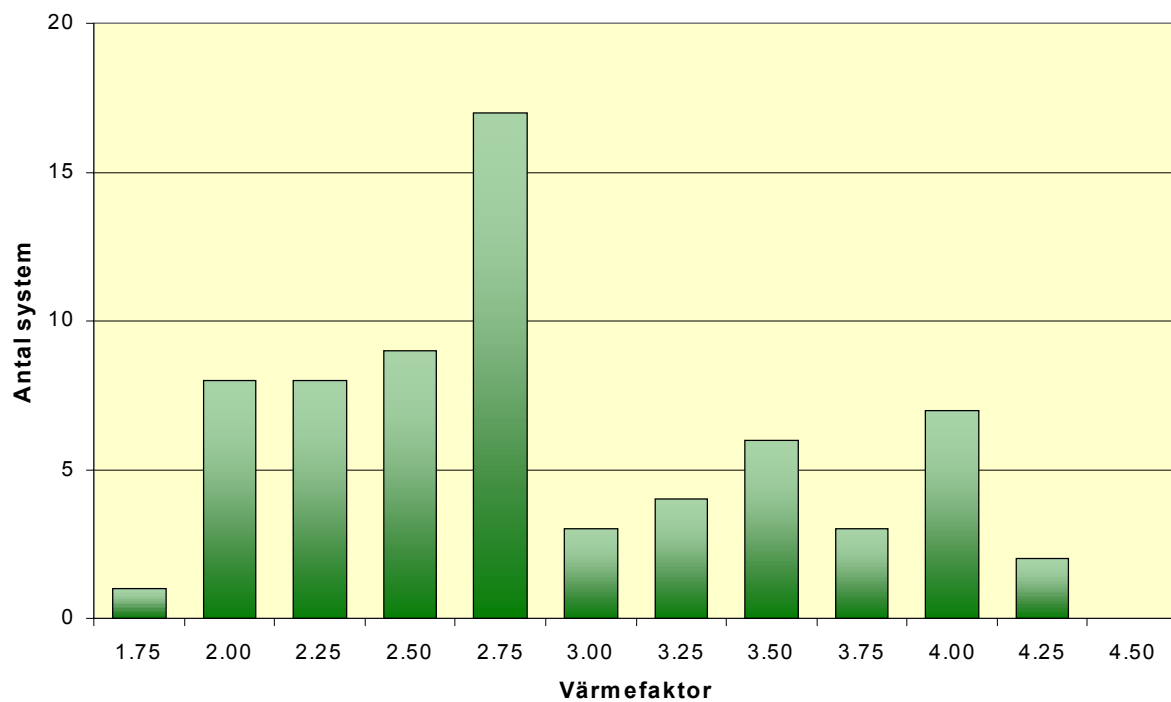
En vanlig tumregel är att välja en värmepump med en avgiven effekt som är ungefär 50 procent av husets maximala effektbehov (effektbehovet under årets kallaste dagar) för uppvärmning. Då ger värmepumpen cirka 80-90 % av årsenergibehovet för uppvärmning och varmvatten, eftersom det är få dagar om året som är riktigt kalla. Med denna tumregel kommer värmepumpen att ensam svara för uppvärmningen ned till några minusgrader. Vid lägre temperaturer används även befintlig elpanna, oljepanna, direktverkande elvärme eller fjärrvärme som hjälp. Om värmepumpen innehåller en elkassett används denna som komplement till värmepumpen.

4.2 Värmepumparnas värmefaktor

Värmepumpens värmefaktor, dvs förhållandet mellan avgiven energi (värme) och tillförd energi (el), varierar med temperaturen där hög temperatur på värmekällan och låg temperatur i husets värmesystem ger hög värmefaktor och därmed hög energibesparing. Sammantaget är det dock ett flertal faktorer som påverkar värmefaktorn, t ex

- Typ av värmepump: luft/luft, luft/vatten eller vatten/vatten
- Värmekälla: ytjordvärme, grundvattenvärme, bergvärme, luftvärme, sjövärme eller spillvärme
- Systemets dimensionering
- Energibehov för uppvärmning och varmvatten i småhus, flerbostadshus och lokaler
- Kompressorns verkningsgrad
- Typ av köldmedium
- Tillskottsvärme från fjärrvärme, elpanna, oljepanna eller direktverkande elvärme

De många faktorer som kan påverka värmepumpssystemets prestanda gör att det idag finns många olika systemlösningar för uppvärmning och varmvattenberedning i hus samt att värmefaktorn varierar beroende på installation. Ett exempel på detta är en undersökning gjord i Schweiz 1998 /6/. 68 installationer av berg- eller ytjordvärmepumpar där systemens COP (enligt företagen) har uppgetts vara 3.0 eller mer mättes upp. Figur 4.2 visar dock att skillnaden mellan systemen var stora med uppmätta värmefaktorer mellan 1.75 och 4.25, vilket betyder att värmefaktorn i de befintliga systemen ofta var sämre än den värmefaktor som tillverkarna angivit i produktbladen.



Figur 4.2: Resultatet av undersökning av 68 berg- eller ytjordvärmepumpar i Schweiz

5 Kombinationen solvärme och värmepump

Värmesystem där solvärme och värmepump kombineras är inte helt nytt i Sverige och det finns sedan tidigare några undersökningar som beskriver olika systemlösningar /8, 9, 10, 11, 12/. Det finns dock inga ”standardförslag” för hur en effektiv systemlösning ska se ut. Samtal med företrädare för värmepumpsindustrin och tillverkare av komponenter visar ett markant ökat intresse för tekniken under de senaste åren. Orsaken är att solfångare i värmepumpssystem kan ge högre temperaturer till värmepumpens förångare vilket ökar värmefaktorn. Dessutom kan borrhålet i bergvärmesystem regenereras (återuppvärmas) snabbare än vanligt med solfångare i systemet. Solfångarna kan täcka uppemot 50% av varmvattenbehovet, vilket minskar drifttiden för värmepumpen.

5.1 Marknadsöversikt över svenska systemkombinationer med solvärme och värmepump

I syfte att inventera marknaden på svenska systemlösningar för kombination av solvärme och värmepump har vi gått igenom hemsidorna för de företag som säljer värmepumpar i Sverige. Företagen har även kontaktats med E- mail eller brev. Då branschorganisationen SVEP kontaktades skrev de att de är mycket intresserade av solvärme och värmepump och att de därför vidarebefordrade vår förfrågan till sina medlemsföretag. Följande frågor ville vi ha besvarade:

1. Marknadsför ert företag systemlösningar för kombinationen solvärme och värmepumpar?
2. Om det finns, kan ni skicka oss ytterligare informationer som inte finns på era websidor? Om möjligt ber vi er skicka en prislista.
3. Planera ni att utveckla systemlösningar för kombinationen solvärme och värmepumpar i framtiden?

Vidare har hemsidor för de olika branschorganisationerna och andra organisationer som sysslar med energifrågor samt tidigare svenska studier om systemkombination solvärme och värmepumpar studerats.

En sammanställning av de företag och branchorganisationer som kontaktats finns i bilagor.

5.2 Olika företags systemlösningar

Företagen kan indelas i tre olika typer:

- I. Tillverkare som arbetat aktivt på systemlösningar med solvärme och värmepump. Dessa företag säljer redan kombination med värmepump och solvärme eller har planer på att göra detta i framtiden.
- II. Tillverkare som har visat visst intresse av systemlösningar för solfångare och

värmepump. I vissa fall har de förslag till hur man kan koppla ihop de olika komponenterna, men de marknadsför ej aktivt dessa systemlösningar.

III. Tillverkare som inte är intresserad av kombinationen värmepump och solvärme.

Dessutom finns några företag som inte svarat på vårt brev.

5.2.1 Företag i kategori I

I kategori I finns fem företag som erbjuder olika lösningar för systemlösningar med värmepump och solvärme:

- Energiboden AB i Stockholm
- MK Miljö-Konsult i Ludvika
- STT Svensk Tork & Kylteknik AB i Söderköping
- Uponor AB i Fristad
- Varmitek AB i Helsingborg

Dessa företag har utvecklat olika systemförslag som kopplar ihop värmepumpar och solfångare så att solvärmens leds till ett mark- eller berglager. Dessutom finns olika systemlösningar där solvärmens kan utnyttjas direkt, antingen så att solfångarna värmer en varmvattenberedare eller att solvärmens kopplas direkt till radiatorkretsen.

Energiboden AB i Stockholm

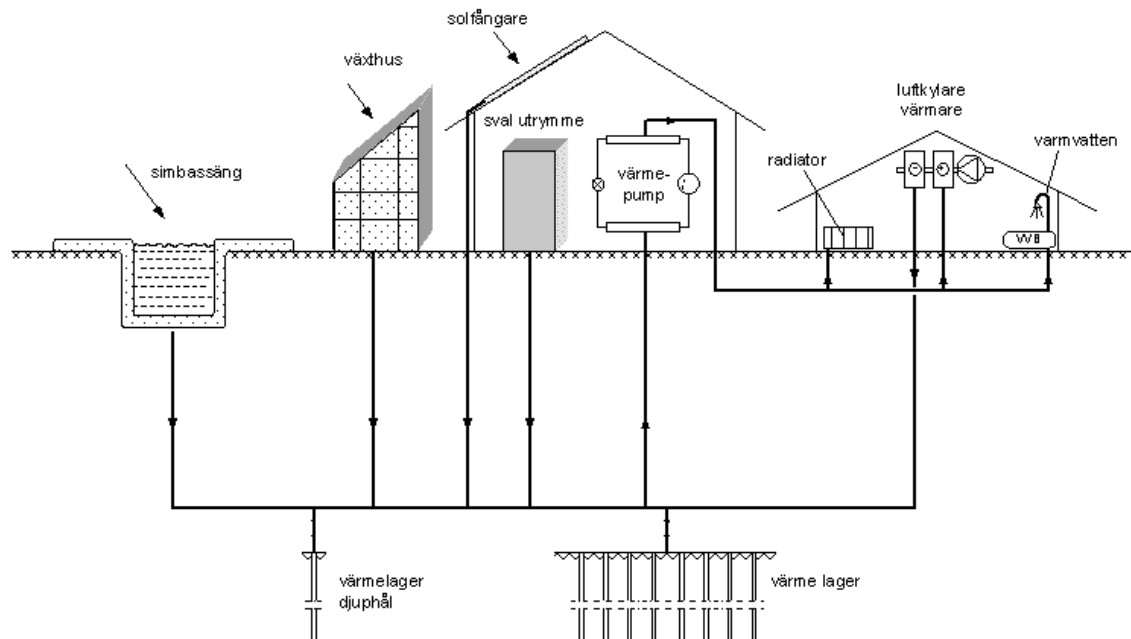
(Informationen i detta avsnitt bygger i huvudsak på hemsidan www.energiboden.se.)

Energibodens syfte är att använda energin i solstrålningen och uteluften ("sol- och temperaturenergi") under sommaren för att värma hus på vintern. Med hjälp av "ljusabsorbatorer" som installeras på väggar eller tak samlas värme in och lagras i en energibrunn för att sedan via värmepumpar återföras till husen när det blir kallt igen. De absorbatorer de vill använda skiljer sig från vanliga solfångare som finns på marknaden idag. De skall inte se påtagligt avvikande ut från de typer av vägg- eller takbeklädnad som finns på flertalet hus idag, men på deras hemsidor finns ingen ritning eller foto som visar absorbatorerna. Enligt Energiboden är kostnaden för deras absorbatorer är lägre än för konventionella solfångare. Prestanda för absorbatorn framgår dock inte, och absorbatorn verkar inte heller finnas med i SPs lista över godkända solfångare.

Hjärtat i värmesystemet är ett stuga som kallas Energiboden som placeras friliggande bredvid det hus som ska använda värmen. I Energiboden placeras de centrala delarna av värmesystemet: värmepump, värmeväxlare, varmvattentank, etc. och även "ljusabsorbatorerna" som kan monteras på energibodens tak eller fasad. Den insamlade värmen från absorbatorerna transporteras från energiboden ned i marken/berget som värms

upp. Även växthus eller utomhuspool kan fungera som solfångare om de kopplas in mot lagret, men dessa komponenter är inget krav och kommer endast att anslutas hos de kunder som har användning av dem. Figur 5.1 visar en principskiss över deras värmesystem.

Energibodens systemlösning innebär att systemet är uppbyggt som moduler. Det betyder, enligt Energiboden, att en husägare kan investera i en mindre anläggning till att börja med, för att därefter komplettera med ytterligare moduler om det finns behov för detta senare.



Figur 5.1: Principskiss över hur Energibodens värmesystem kan se ut. Källa: www.energiboden.se

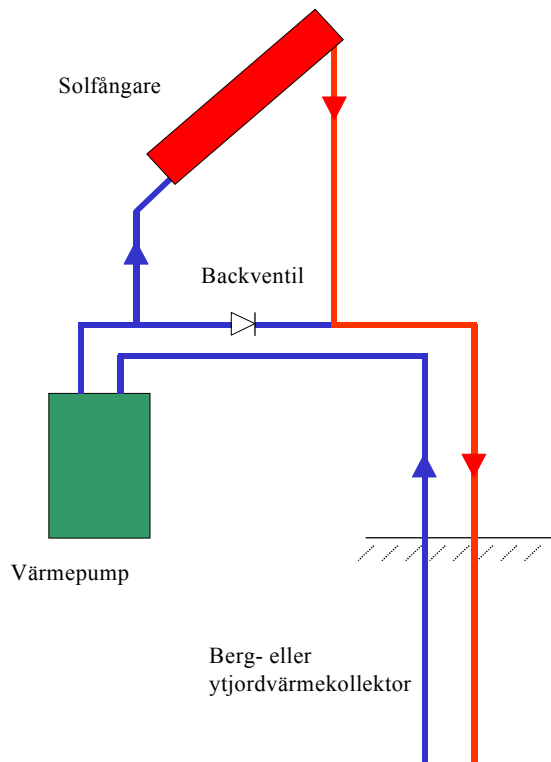
På deras hemsida finns viss information om systemets ekonomi. Med beräkningarna vill de visa att de långsiktigt låga driftkostnaderna uppväger de höga investeringskostnaderna. De påpekar att "en betydelsefull fördel är att systemet utan större ingrepp även kan installeras i befintlig bebyggelse. Fullt utbyggt i ett hus hamnar den totala besparingen på ca 80% jämfört med tidigare driftskostnad." Någon separat beräkning som visar på solfångardelens eventuella ekonomiska lönsamhet framgår ej.

MK Miljö-Konsult i Ludvika

(Informationen i detta avsnitt bygger i huvudsak på hemsidan www.miljo-konsult.com.)

MK Miljö-Konsult är ett företag som är specialiserat på solvärmeanläggningar. De säljer och installerar solfångaren SUNMAX 2000, inklusive alla nödvändiga tillbehör för solvärmesystem. På deras hemsida finns olika funktionsbeskrivningar för att koppla ihop solfångare och värmepumpar.

På deras hemsidor finns tre olika systemkombinationer med värmepump och solfångare beskrivna. Det enklaste inkopplingsalternativet med namnet S-1A visas i figur 5.2. Solfångarna är inkopplade på köldbärarkretsens returledning från värmepump med en backventil mellan anslutningarna.



Figur 5.2: Förenklat schema för inkopplingsalternativ S-1A

Flödet över solfångaren styrs av en differens-termostat och pumpen startar när temperaturen i solfångaren överstiger den inställda differensen mot köldbärarkretsens temperatur. När värmepumpen sedan hämtar värme till förångaren erhålls en högre temperatur jämfört med system utan solfångare, vilket därmed ger en högre värmefaktor. Denna systemlösning innebär lång drifttid för solfångarna som kan öka berg- eller marktemperaturen.

Ett annat inkopplingsalternativ är att producera både värme och varmvatten enbart med solfångarna när solinstrålningen så medger, samtidigt som eventuellt värmeöverskott pumpas ner i berget eller jorden.

Funktionsbeskrivningen SP-1D visar ett systemförslag för poolägare. Om solfångarna kan producera tillräcklig värme används dessa för att värma poolen. Vid liten solinstrålning värms poolen med värmepumpen och den värme som solen ger skickas ner i berget. All överskottsvärme som solfångaren ger då poolen är tillräckligt varm skickas ner i berget.

På Miljö-Konsults hemsida finns en ritning som visar hur solfångare, värmepump och pool kan kopplas ihop med en varmvattenberedare. De påpekar även möjligheter att solfångarna

ska kunna användas direkt i värmesystemet.

Miljö-Konsult i Ludvika har sålt solfångare i kombination med värmepumpar sedan 7 år tillbaka och säger sig ha goda erfarenheter av det. Idag menar de att de är nere i en energiförbrukning för normalvillor (200 m²) som understiger 5000 kWh per år och för nybyggnationer räknar de med en elförbrukning på 3500 – 4000 kWh för värme och varmvattenberedning. Några exempel med uppmätta data från konkreta installationer redovisas ej på hemsidan.

Miljö-Konsult marknadsför speciellt systemkombinationer med solfångare och värmepump, även om de marknadsför solfångare i kombination med alla förekommande värmesystem. Systemlösningarna ritar de för varje enskilt fall beroende på vilka värmekällor som ingår, tillgång till ackumulatortank(ar) och övriga komponenter som ingår i systemen. Dessutom arbetar de aktivt med att hitta nya (och optimera befintliga) systemlösningar för solfångare i kombination med värmepump.

I Vi i Villa 2/2002 finns en artikel som beskriver ett system byggt av Miljö-Konsult. Systemet består av en värmepump med två kompressorer på vardera 4 kW, ett 135 m djup borrhål och 8 m² glasad solfångare. Värmepumpen är dimensionerad minst 2 kW mer än vad tex Energimyndigheten rekommenderar som optimal storlek vilket betyder att värmepumpen i stort sett klarar hela energiförsörjningen; bara om det blir extremt kallt måste värmeförsörjningen kompletteras med elpatron. Hela anläggningen har kostat 175 000 kronor, men ägaren till anläggningen räknar hem investeringen genom både sänkta driftkostnader och ökat andrahandsvärde på huset. /13/

STT Svensk Tork & Kylteknik AB i Söderköping

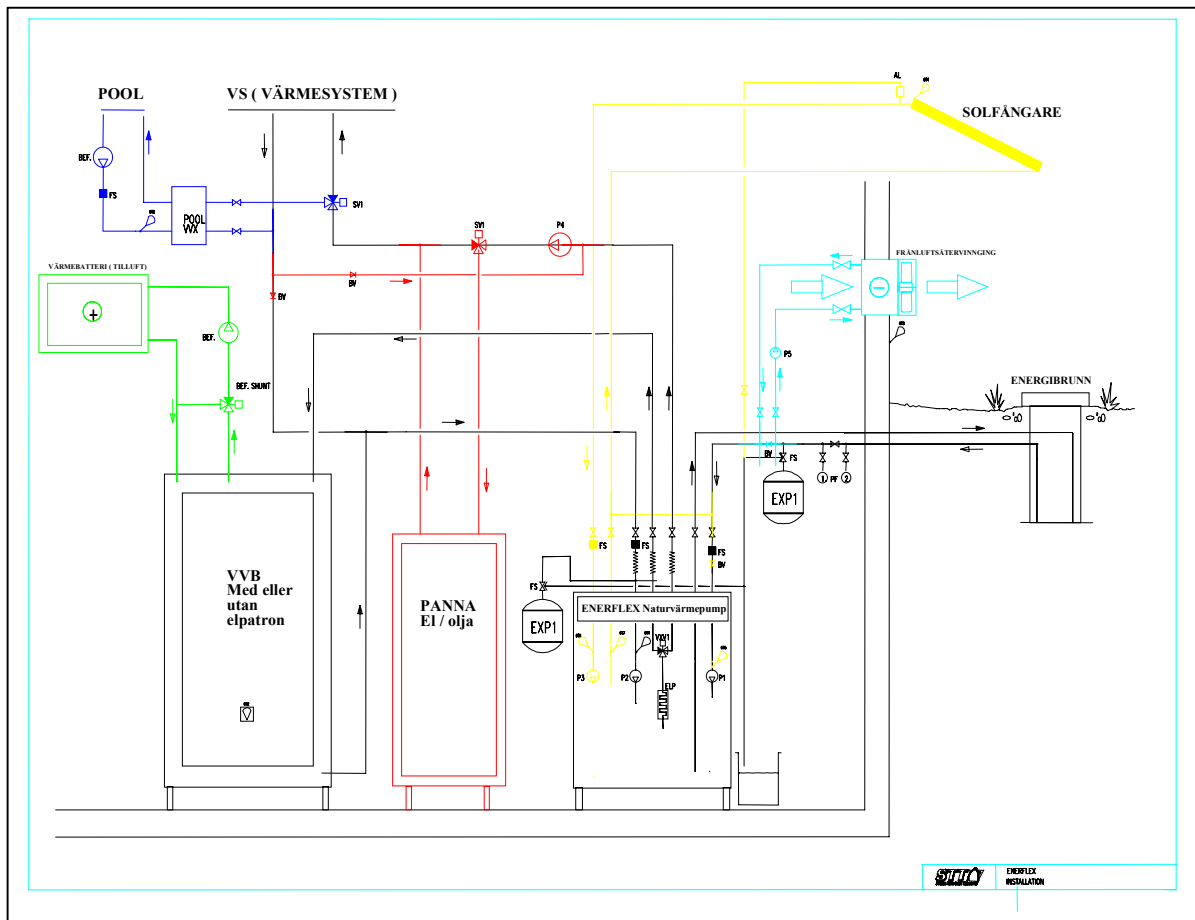
(Informationen i detta avsnitt bygger i huvudsak på hemsidan www.sttab.com.)

STT grundades 1984. Deras främsta arbetsområde är inom kyl- och ventilationstekniken. Dessutom producerar och säljer de värmepumpar och marknadsför även kombinationen värmepump och solfångare. STT har utvecklat ett energisystem som de kallar "Enerflex Naturvärmepumpar", vilket är en patentsökt konstruktion för parallellkörning av värmepump och solfångare. Detta energisystem uppges ge en energibesparing på ca 80 % (i vissa fall t o m mer), jämfört med direktverkande eluppvärmning.

Tekniken bygger på att solvärmen, i följande prioritetsordning, används till att:

1. Värma tappvarmvatten
2. Värma huset
3. Höja temperaturen på värmepumpens kalla sida
4. Värma det borrhålet / de grävda diken

Figur 5.3: Rörkopplingschema för STT värmepump och solfångare. Källa: www.sttab.com



Med andra ord; under sommaren används solvärmen för att värma tappvarmvatten i så stor utsträckning som möjligt. Under höst och vår, när temperaturen från solfångarna är för låg för varmvattenproduktion, värms radiatorerna i huset direkt med solvärme. När solfångaren inte längre räcker till för att värma radiatorerna, används solvärmen för att höja temperaturen på det ingående vattnet till värmepumpen. Det innebär att kompressorn i värmepumpen arbetar mindre och värmefaktorn ökar. När solfångaren på sommaren ger mera energi än tappvattenförbrukningen, styr Enerflex ner det varma vattnet i marken. Enligt de kalkyler som STT redovisar kan en villaägare spara mellan 300.000:- och 800.000:- på en tjuugoårsperiod, beroende på villastorlek mm.

På STTs hemsida finns en dimensioneringsguide gällande Enerflex naturvärmepump med fristående varmvattenberedare, vilken kan användas för att dimensionera ett system beroende av byggnadens energibehov. Via hemsidan kan man även ladda ner olika broschyrer med information om solvärme och villavärmepumpar, bruksanvisning och en installationsguide för installatörer. I bruksanvisningen finns ett rörkopplingschema som visar hur man kan koppla ihop värmepump, solfångare och övriga komponenter som ingår i Enerflex-systemet. Kopplingschemat återges i figur 5.3.

Enerflex-systemet är gjort för att det ska vara enkelt att installera. En installatör ska i princip bara koppla ihop de rör som finns på ovansidan av värmepumpen med rören från värmelager, solfångare, radiator- och varmvattenkrets. Alla pumpar som behövs i systemet, samt även solvärmeväxlare, är från början integrerade i värmepumpen. Solfångaren styrs av en mikroprocessor som även den är inbyggd i värmepumpsenheten.

Hittills finns inga redovisade mätningar från STTs system med värmepump och solfångare som mer detaljerat visar hur systemlösningen fungerar och hur mycket el man kan spara. STT skriver dock i sina broschyrer att solfångare kopplade till ett värmepumpssystem kan spara ca 800 kWh/(m²,år). I ett fall har en husägare mätt elbehovet i sitt hus efter att systemet installerats och jämfört den nya elförbrukningen med elförbrukningen 5 tidigare år. När han värmdes huset med enbart direktverkande elvärme låg årsförbrukning kring 78000 kWh/år, inklusive hushållsel. Med Enerflex Naturvärmepump i kombination med solfångare minskade han sitt årliga elbehov till 25240 kWh/år. Dessa siffror finns inte publicerade, men har skickats till oss vid förfrågan .

Uponor AB i Fristad

(Informationen i detta avsnitt bygger i huvudsak på hemsidan www.uponor.com samt broschyrer)

Uponor AB grundades 1952 och är idag en av Sveriges ledande plaströrstillverkare. De utvecklar förutom rör och rördelar även specialiserade produkter inom bland annat miljöteknik. Dessutom har de utvecklat en oglasad solfångare för pool-uppvärmning eller för återladdning av mark och bergvärme. Nyligen utsågs Uponor till segrare in en internationell tekniktävling om solvärmesystem för tappvattenberedning.

På Uponors hemsidor finns information om solvärmesystem (Uposun HW 300), men ingen ytterligare information om systemlösningar för solvärme och värmepump. I broschyren ”Uponor Energisystem” finns en solfångare (” Uposun”) som används för pool-uppvärmning eller för återladdning av mark och borrhål kopplade till värmepump. Solfångare är oglasad av typen ”gummiabsorbator” som är vanlig i flera länder för pool-uppvärmning.

I broschyren finns en skiss som visar principen för hur solfångare, värmelager och värmepump ska kopplas ihop. Solvärmes skickas direkt ner i värmelagret och värmen används senare av värmepumpen som tar värmen direkt från lagret. Syftet är, liksom i inkopplingsalternativ S-1A från Miljö-Konsult, att återladda värmelagret för att därmed möjliggöra högre temperatur till värmepumpen. Den stora skillnaden mellan Miljö-Konsult och Uponors system är att Uponor använder en oglasad solfångare.

I Energi & Miljö 3/2002 finns en beskrivning av ett installerat Uponorsystem. I en förskola

som hittills värmts med direktverkande el och som haft en årlig specifik elförbrukning på 200 kWh/m² har en 11 kW bergvärmepump i kombination med en 7 m² stor oglasad solfångare installerats. Värmepumpen är kopplad till både varmvattenberedning och ett nytt golvvärmesystem, och systemet innehåller även en 300 liters arbetstank för att ge värmepumpen bättre driftförutsättningar. Enligt artikeln kunde borrhålsdjupet minskas med omkring 40 m, från 200 m till cirka 160 m, genom att solfångarna kopplades till systemet. /14/

Varmitek AB i Helsingborg

(Informationen i detta avsnitt bygger i huvudsak på hemsidan www.varmittek.com)

Varmitek AB är ett företag som säljer värmepumpar, solfångare och tillbehör till värmesystem. Deras system skiljer sig delvis från andras genom att deras värmepumpar som standard har två kompressorer. Detta motiveras av energibesparingsskäl och att det ökar driftsäkerheten.

Informationen om systemlösningar för solfångare som kopplas till ett värmepumpssystem är sparsam. På deras hemsida sägs att de har lång och god erfarenhet av att koppla solfångare till en värmepumpssystem och de erbjuder sig att utarbeta systemförslag för en fastighet om man skickar in en förfrågan.

Enligt den systemlösning med solfångare och värmepump som Varmitek förordar är solfångarens primära funktion att producera varmvatten under sommaren. Då varmvattenberedaren nått inställd temperatur överförs resten av värmen till jord- eller bergslingan. Även under kalla vinterdagar då solen visar sig är det, enligt Varmitek, möjligt att överföra värme till berg och jord och därmed öka värmepumpens verkningsgrad.

5.2.2 Företag i kategori II

I kategori II finns några företag som är mer eller mindre intresserade av systemkombinationen solvärme och värmepump. De har funderat på hur man kan koppla ihop de olika komponenterna och ofta har de installerat några system som är förberedda för solvärme, men de marknadsför ej aktivt dessa system. Dessutom finns ingen information om kombinationen solvärme/värmepump på deras hemsidor.

Ecotherm AB från Malmö säger att de har systemlösningar för både inkoppling av solvärme till ackumulatortanken samt för inkoppling av solvärme på köldbärarsidan. De menar dock att efterfrågan är liten och att de bara erbjuder de beskrivna systemlösningarna på begäran.

Samma erfarenheter har Megatherm AB från Växjö. I deras standardsortiment av värmepumpsprodukter är den enda anknytningen till solvärme att de säljer ackumulatortankar med inbyggd solslinga så att kunden kan docka solfångare till sitt system vid ett senare skede.

De tror dock att solvärme i kombination med värmepumpar kommer att vara attraktivt för en viss typ av kunder framöver och de planerar att ta fram ett sådant koncept i framtiden.

Thorén Värmepumpar från Ramvik har installerat ett tiotal anläggningar som är förberedda för solvärmesystem, genom att en extra slang för återladdning med solfångare har lagts in i energibrunnen eller rörgraven. Samtliga av dessa system är direktförågningsystem och syftet är att dels att kunna använda solenergi redan vid 0 grader, dels att minimera eller helt eliminera köldpåverkan på energikällan t.ex. tjälhävning vid ytjordsförläggning.

De har också levererat ett antal traditionella jord- och bergvärmesystem som är förberedda för att kombinera med solvärme. För dessa system har de samarbete med Energiboden AB från Stockholm.

Nibe AB i Markaryd marknadsför både värmepannor och värmepumpar. I deras sortiment finns både frånluftsvärmepumpar och mark- eller bergvärmepumpar. Hittills har de ej aktivt marknadsfört system där både solfångare och värmepump ingår. Om kunderna frågar efter det brukar de dock lämna systemförslag.

Vanligtvis bygger dessa förslag på att solfångarna ska förvärma tappvarmvatten. Andra alternativ bygger på att solfångarna används för att återladda borrhål- eller jordkollektor. Nibe planerar att utveckla fler systemlösningar för denna kombination i framtiden, men något projekt kring detta pågår inte i dagsläget.

5.2.3 Företag i kategori III

Denna kategori innehåller alla företag som endast har lite eller inget intresse för systemkombinationen solvärme och värmepump eller som inte svarat på vår förfrågan. I flera fall beror detta på att en del företag bara sysslar med luft-luft värmepumpar och att det inte finns något bra sätt att integrera dessa med solvärme idag.

6 Simuleringar av kombination solfångare och värmepump

Inom EMA-projektet har olika värmesystem med solfångare och värmepump simulerats. En fördel med datorsimuleringar är att komplicerade system kan ”provköras” på ett enkelt och snabbt sätt vilket gör det möjligt att optimera systemen genom att jämföra resultaten från olika systemkombinationer. Ett problem med beräkningar på dessa systemtyper är dock att det finns många möjligheter att koppla ihop de olika komponenterna. Detta gör, tillsammans med att systemet kan dimensioneras på olika sätt beroende på värmebehov och andra randvillkor, att systemsimuleringar för att optimera system kan bli mycket omfattande. /15/. I beräkningarna har det modulära simuleringsprogrammet TRNSYS använts /16/. Den värmepumpsmodell som använts kommer från Schweiz /17/. Datormodellen för borrhålslager är utvecklad vid Lunds tekniska högskola /18,19/.

Simuleringarna gjordes för värmepumpssystem med glasade och oglasade solfångare. Vidare gjordes beräkningar på värmepumpssystem utan solfångare för att få ett referenssystem.

Två olika värme- och tappvarmvattenlaster antogs; dels för ett nybyggt typhus med årliga värmebehovet 8650 kWh och en tappvattenlast på 3000 kWh (”låg värmelast”) samt för ett hus med ett värmebehov på 16500 kWh och tappvattenlast på 3000 kWh (”medelhög värmelast”). Beräkningarna gjordes för Stockholms-klimat. Radiatorsystemet i typhuset antogs vara dimensionerat för 55°/45° fram- och returtemperatur, men även ett mycket bra lågtemperaturvärmesystem (30°/25°) simulerades. Alla simuleringarna gjordes för en tre-årsperiod.

I följande exempel presenteras beräkningar med data för samma värmepump för att möjliggöra att resultaten kan jämföras. Det antas att alla simulerade system är kopplade till ett 100 m djupt borrhålsvärmelager.

Två olika systemkombinationer simulerades vilka representerar de två huvudsakliga sätt som finns för att förbättra ett värmepumpssystem genom inkoppling av solvärme:

- 8 m² glasade solfångare kopplas in mot en ackumulatortank i systemet. Detta minskar driftstiden för värmepumpen. Speciellt kan tiderna då värmepumpen arbetar mot högre temperaturer med dålig värmefaktor reduceras.
- 50 m² oglasade solfångaren kopplas in mot borrhålet eller mot värmepumpens förångare. Det senare ger högre temperaturer mot förångaren vilket förbättrar värmefaktorn. Då värmepumpen inte är i drift leds istället värmen ned i berget som då fungerar som mellanlager av värme.

I det första fallet beror förbättringen på solvärmesystemets täckningsgrad vilket i sin tur är beroende av solfångarnas storlek. Förutom att driftstiden för värmepumpen minskar så

minskar även nerkyllningen av marken eller berget då mindre energi tas därifrån. Detta ökar värmepumpens värmefaktor. Vidare påverkas förbättringen av om solfångaren bara verkar mot tappvarmvattenberedningen eller om det är ett kombisystem där solvärmens också tillförs till radiatorsystemet.

Bästa resultaten får man om man kopplar ihop alla komponenter så att solfångaren kan ge värme direkt till en kombitank för både varmvatten och värme och att överskottsvärme skickas ner till berget eller marken. Då värmepumpen är i drift och temperaturen från solfångarna är för låg för att värma upp direkt bör värmen från solfångarna vara kopplad mot värmepumpens förångare.

6.1 Resultat

Vårt referensradiatorsystem med låg värmelast ger en värmefaktor på 2.86 för första året. Detta motsvarar ett elbehov på 4254 kWh, varav 26 kWh kommer från elpatronen som spetsvärme. Pga nedkyllningen av berget minskar dock värmefaktorn något år för år för att efter tre år vara nere i 2.77.

Med ett lågtemperatursystem förbättras värmefaktorn betydligt till 3.66. Elbehovet har minskat till 3415 kWh, varav elpatronens bidrag är 26 kWh. Även här sjunker värmefaktorn år efter år pga bergets nedkyllning.

I de följande simuleringarna antas ett lågtemperaturvärmesystem med värmefaktorn 3.66 som referens.

Genom att koppla 8 m² glasade solfångare direkt mot varmvattenberedaren i systemet med låg värmelast ökar värmepumpens värmefaktor endast marginellt då marktemperaturen under uppvärmningssäsongen i stort sett blir densamma som i ett traditionellt värmepumpssystem. Pga den förkortade drifttiden för värmepumpen ökar dock *systemets* värmefaktor till 4.28. Detta innebär att elbehovet sjunker till 2985 kWh vilket motsvarar en minskning av drygt 400 kWh per år.

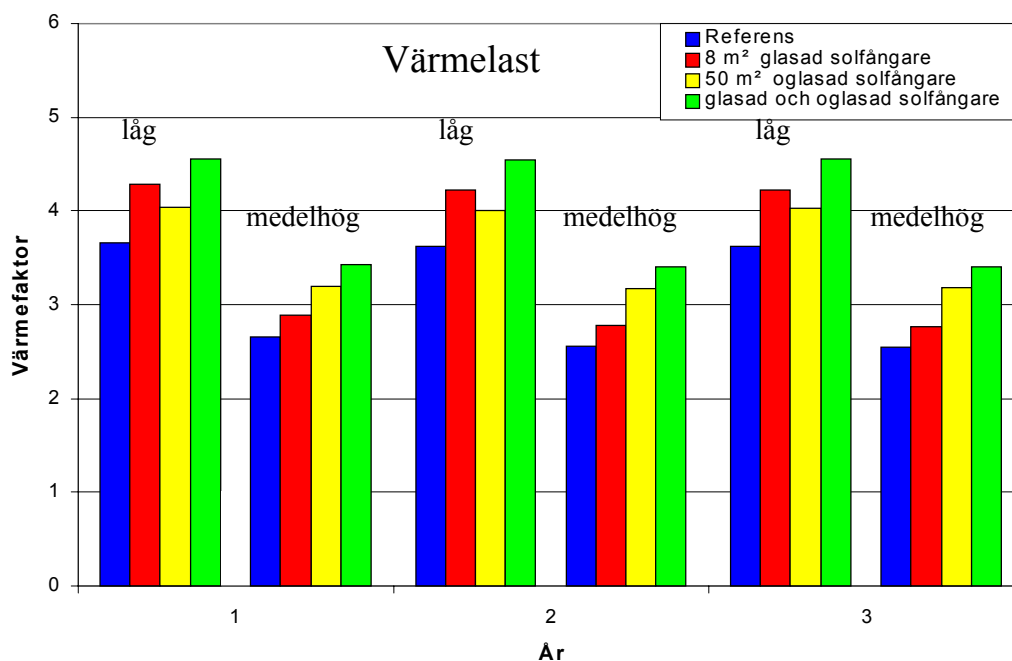
I det andra studerade systemalternativet kopplas solfångarna direkt mot värmepumpens förångare och/eller värmelagret. Detta går att göra med både oglasade och glasade solfångare. Det är dock troligen effektivast att använda oglasade solfångare då dessa i allmänhet har hög verkningsgrad vid låga temperaturer samtidigt som de är betydligt billigare än glasade solfångare. Avsikten med detta kopplingsalternativ är inte heller att skapa höga temperaturer med solfångarna utan att höja temperaturen i värmepumpens förångare och återladda värmelagret i berget eller marken. I detta fallet beror förbättringen på solfångareytan. Med 30 m² oglasade solfångare i systemet med låg värmelast får man en värmefaktor av 3.97, 50 m² ger 4.04 och 80 m² ger 4.08. Siffror visar att det inte är lönsamt att öka solfångarean för

mycket och att förbättringen av värmefaktorn är mindre än systemlösningen med solfångare kopplade mot varmvattenberedningen. Problemet med att koppla solfångarna direkt mot bergvärmelagret är att värmelagringseffekten i ett enkelt borrhållager är för liten för att spara värmen till höst och vinter.

Det går även att kombinera ett värmepumpssystemet med både oglasade och glasade solfångare. Beräkningar på en systemkombination med låg värmelast och med 30 m² oglasade och 8 m² glasade solfångare ger en värmefaktor av 4.56 vilket motsvarar ett årligt elbehov på 2782 kWh. Jämfört med referenssystemet betyder det en elreducering med 18.5 %.

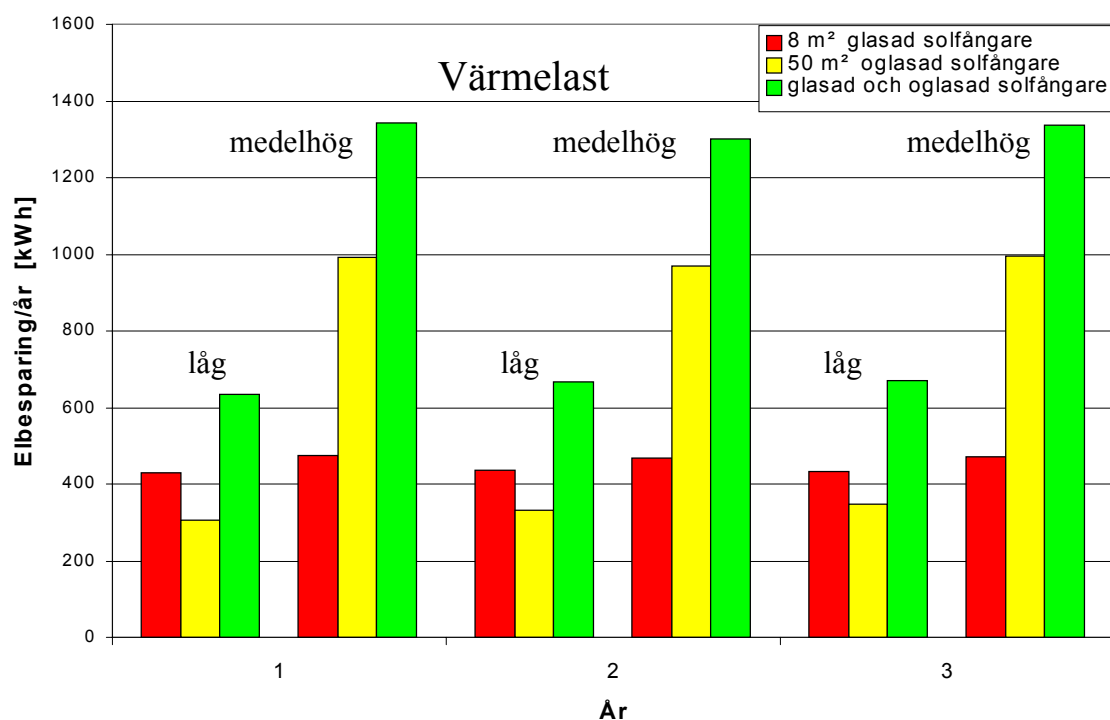
Figur 6.1 sammanfattar resultaten från simuleringar på två typhus med låg respektive medelhög värmelast och fyra olika systemkombinationer. Samtliga simuleringar har utförts för en tre-årsperiod. Förutom referenssystemet med enbart värmepump är systemen värmepump med 4 kW maxeffekt kombinerad med solfångare enligt följande:

1. 8 m² glasad solfångare kopplad enbart till tappvattenberedningen.
2. 50 m² oglasad EMA-solfångare kopplade till värmepumpens förångare om pumpen är i drift alternativt till borrhålet om värmepumpen står stilla.
3. En kombination av alternativ 1 & 2 (8 m² glasad och 50 m² oglasad solfångare i fallet med medelhög last och 8 m² glasad och 30 m² oglasad solfångare i fallet med låg last).



Figur 6.1: Värmefaktorer för olika systemkombinationer med olika värmelast

Figur 6.2 visar den motsvarande elbesparingen för de olika systemkombinationerna jämfört med referenssystem utan solfångare.



Figur 6.2: Elbesparingar för olika systemkombinationer med olika värmelast

Resultaten från simuleringsarbete kan sammanfattas med följande:

- COP för de undersökta värmepumpssystemen (utan solfångare) varierar mellan 2.7 – 3.7 beroende på värmelast. Huset med lägst värmelast har högst COP. Dessa två hus, med lågtemperaturvärmesystem och med låg respektive medelhög värmelast, fungerar som studiens referenssystem.
- COP för referenssystemen minskar med tiden pga att bergets temperatur sjunker. Under de tre första åren sjunker bergets temperatur med ca 1.2 °C (till 3.8 °C) för fallet med låg last och 2.4 °C (till 2.6 °C) med fallet med hög last. Sänkningen av bergets temperatur medför att anläggningens COP i fallet med medelhög last minskar med ca 4% under de tre första åren.
- Då lågtemperatursolfångare kopplas direkt till borrhålet så ökar borrhålets medeltemperatur något för att efter tre år befinna sig på 6-7 °C, beroende på värmelastens storlek. Den antagna solfångarytan räcker därför för att uppväga bergets nedkylning över tiden.
- Om huset har låg värmelast så ger systemet med 8 m² glasad solfångare kopplad till tappvattenberedningen större elbesparing (13%) jämfört med systemet med 50 m² oglasad solfångare kopplad till värmepumpens förångare/berget (10%). Detta beror på att

tappvattenförbrukningen står för en relativt stor andel av husets totala värmebehov. I detta fall lönar det sig alltså att ha system som kan kopplas direkt till tappvattenberedningen.

- Om huset har medelhög värmelast ger 50 m² oglasade solfångare större elbesparing (14%) jämfört med 8 m² glasade solfångare (6%). I detta fall står värmen för en större andel av den totala värme- och varmvattenlasten varför det lönar sig med system kopplade direkt mot förångaren/berget.
- Om både 8 m² glasade solfångare och 50 m² oglasade solfångare (8+30 m² i låglastfallet) kopplas till värmepumpssystemet kan elbesparingen jämfört med bergvärmepumpssystem utan solfångare öka till 19%.

Det ska poängteras att simuleringarna innebär en förenklad styrning där det finns potential till förbättringar. T ex skulle det vara en fördel att koppla ihop komponenterna på sådant sätt att solfångarna kan verka direkt mot varmvattenberedaren och radiatorkretsen men även mot värmepumpen eller bergvärmelagret när temperaturen är för låg för att värma upp direkt.

Beräkningarna visar också att värmelagringseffekten i berget är begränsad och att solfångarna endast förmår höja bergets temperatur med någon grad. Förhållandena skulle vara annorlunda om man bygger ett stort system för många bostäder där fler borrhål är ihopkopplade till ett stort värmelager. Med lämpliga borrhålsgeometrier kan värmeförlusterna till omgivningen minskas. Detta skulle ge en större potential att lagra värme i berget under sommaren för att senare ta ut värme under höst och vinter.

7 Kostnadsberäkning

På grundval av simuleringsresultaten gjordes en enkel ekonomisk uppskattning av systemkombinationernas ekonomiska potential. I dessa beräkningar antogs följande:

- Merkostnaden för 8 m² glasade solfångare i värmesystemet är 34000:-. Denna kostnad fördelar sig på 22 000:- för solfångare, 2000:- för värmeväxlare och pump, 10 000:- för installationsarbete. Den sista kostnaden är en relevant kostnad för en typisk installation av solvärmesystem i ett värmesystem med ackumulatortank.
- Merkostnaden för 50 m² oglasade solfångare i värmesystemet är 11700:- Denna siffra är i enlighet med de beräkningar som presenterats i EMA-projektets slutrapport.
- Elpriset är 68 öre/kWh
- Investeringskostnaderna ska betalas under 20 år.

Resultaten visas i tabell 7.1 och 7.2.

Kombination	Elbesparing [kWh]	Elbesparing [kr]	Tillåten merinv. [kr]	Invest.-behov [kr]	Differens [kr]
1	434	325	6510	34000	-27490
2	349	262	5235	11700	-6465
3	670	502	10050	41020	-30970

Tabell 7.1 Kostnadsberäkning för olika systemkombinationer med låg värmelast

Kombination	Elbesparing [kWh]	Elbesparing [kr]	Tillåten merinv. [kr]	Invest.-behov [kr]	Differens [kr]
1	459	344	6885	34000	-27115
2	1131	848	16965	11700	5265
3	1499	1124	22485	45700	-23215

Tabell 7.2 Kostnadsberäkning för olika systemkombinationer med medelhög värmelast

Beräkningarna baserade på de givna förutsättningarna visar att varken system med glasade eller oglasade solfångare är lönsamma i värmesystem med låg värmelast. I system med medelhög värmelast är oglasade solfångare lönsamma, medan merinvesteringen för de glasade solfångarna inte hinner betala sig under en 20-årsperiod.

Det måste dock noggrant poängteras att denna studie är mycket begränsad och bara gäller ett par typs-system; resultatet är mer ämnat att visa på de principiella skillnaderna och

möjligheterna med att använda glasade respektive oglasade solfångare i värmepumpssystem. I de undersökta systemkombinationerna har ingen optimering gjorts, vare sig värmetekniskt eller ekonomiskt. Detta gäller t ex optimering av solfångareareor, styrningsstrategi, flöden, värmepumpstyp och -storlek samt borrhålsdjup. T ex finns möjligheten att använda glasade solfångare direkt mot radiatorkretsen i lågtemperatursystem vilket kan reducera värmepumpens driftstid och därmed elförbrukning. Med en noggrann optimering borde det därför vara möjligt att minska elanvändningen med 30% eller mer, jämfört med värmepumpssystem utan solfångare. Detta kommer därför att påverka den ekonomiska analysen av tekniken.

Vidare har den ekonomiska uppskattningen brister. T ex har ingen hänsyn tagits till förändring i framtida elpris, eller att installationskostnaden kan reduceras genom att värmepumpssystemet är förberett för detta. Ett par företag i Sverige marknadsför idag värmepumpssystem som är förberedda för solvärme vilket minimerar solvärmens installationskostnad. Vidare har ingen hänsyn tagits till ev. statliga bidrag för solvärme, vilket med dagens bidragssystem kan reducera kostnaden med 20-25%. Ytterligare en faktor som kan påverka den ekonomiska bedömningen är att värmepumpens driftstid (samt antalet tillslag) reduceras med solfångare kopplade till systemet. Detta ökar kompressors livslängd, vilket förbättrar anläggningen totalekonomi.

Förhoppningen är därför att gå vidare med dessa studier med att optimera system med solvärme och värmepump för att se vilka systemkombinationer som har potential att bli ekonomiskt lönsamma.

8 Referenser

- /1/ Karlsson F., Lindberg U.: Certifieringsregler för värmepumpar. Proving & Forskning Nr 4 2001. SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut. Borås 2001
- /2/ Tepe R. et al: Façade and Roof Integrated Solar Collectors with a Combination of Elastomer Tubes and Metal Form Sheet Elements. EU-Project JOE3 CT98 0236. Proceedings of NorthSun 2001, Leiden, The Netherlands, 6th to 8th of May 2001
- /3/ Statens Energimyndigheten STEM: Energistatistik för småhus, flerbostadshus och lokaler. Sammanställning avseende år 1999-2000. Sveriges officiella statistik Statistiska Meddelanden EN 16 SM 0104. Statens Energimyndigheten och Statistiska Centralbyrån
- /4/ Statens Energimyndigheten STEM: Energiläget 2001. Rapport ET 35: 2001. Eskilstuna 2001
- /5/ Statens Energimyndigheten STEM: Elmarknaden 2001. Rapport ET 28: 2001. Eskilstuna 2001
- /7/ Bush E., Nipkow J., Eicke-Hennig W.: Feldmessungen offenbaren Schwächen. Sonne Wind & Wärme Heft 1/2000. Bielefelder Verlagsanstalt GmbH & Co. KG. Bielefeld Tyskland 2000
- /8/ Margen P.: Lagring av värme i mark vid låg temperatur. Bfr rapport R105: 1983. Statens råd för byggnadsforskning. Stockholm 1983
- /9/ Eléhn G.: Solvärt tappvarmvatten för Krokoms sjukhus. Utvärdering av installation och drift. Bfr rapport R25: 1985. Statens råd för byggnadsforskning. Stockholm 1985
- /10/ Eek H.: Solvärt småhus. Utvärdering av ett solvärmesystem med luft som värmemedium. Bfr rapport R78: 1981. Statens råd för byggnadsforskning. Stockholm 1981
- /11/ Zenkert R.: Sol – jordvärme för 120 markbostäder i Ytterhogdal. Bfr rapport R3: 1989. Statens råd för byggnadsforskning. Stockholm 1989
- /12/ Schulz H.: Wärme aus Sonne und Erde. Energiesparende Heizungssysteme mit Erdwärmespeicher, Solarabsorber und Wärmepumpe. ökobuch Verlag. Staufen Tyskland 1995
- /13/ Krögerström L.: låter solen värma berget – Jag vill köpa så lite el som möjligt. Vi i Villa 2/2002. Lidingö 2002
- /14/ Kretz M.: Konvertering av direktelvärmade föskolor sänker elbehovet. Energi & Miljö 3/2002. Stockholm 2002
- /15/ Engholm P., Lindgren S., Tammisto O.: Reglering av värmepumpar. Kunskapsammanställning. . Bfr rapport R37: 1986. Statens råd för

byggnadsforskning. Stockholm 1986

- /16/ Klein S.A., et al.: TRNSYS (1996) A Transient System Simulation Program, TRNSYS Version 14.2, September 1996 Manual, SEL, University of Wisconsin, Madison, USA
- /17/ Wetter M., Afjei Th.: Kompressionswärmepumpe inklusive Frost- und Taktverluste. Modellbeschreibung und Implementation in TRNSYS. Zentralschweizerisches Technikum Luzern. Schweiz 1996
- /18/ Hellström G., Pahud D., Mazzarella L.: Duct ground heat storage model for TRNSYS (TRNVDST). Department of Mathematical Physics, University of Lund. Lund 1996
- /19/ Pahud D.: Development of system simulation tools for central solar heating plants with a seasonal duct store in the ground. Department of Mathematical Physics, University of Lund. Lund 1995

9 Bilagor:

1 Lista över värmepumpsföretag

Företagsnamn address Postadress	Email Hemsida
AB Kyl & Värmepumpar Box 99 564 22 Bankeryd	ab.kyl.o.vp@swipnet.se
Autoterm AB info@autotherm.se Box 304 641 23 Katrineholm	http://www.autotherm.se
Avanti System AB Ensta Gård 195 92 Märsta	info@avantisystem.se http://avantisystem.se
Bentone AB Box 309 341 26 Ljungby	bentone@bentone.se http://www.bentone.se
Birka Marknad AB Hemel 115 77 Stockholm	jan.norberg@birkaenergi.se http://www.birkaenergi.se
Carrier AB Box 8946 402 73 Göteborg	http://www.carrierab.se
Clima AB Exportgatan 3 http://www.clima.se 262 73 Ängelholm	info@clima.se
Förenade Comfort-företagen AB Turebergsvägen 5 191 47SOLLENTUNA	Info@comfort.se http://www.comfort.se
ECONomic THERMology AB Amiralsgatan 29 211 55 Malmö	eco.therm@swipnet.se http://www.ecotherm.se
Energiboden AB S:t Eriksgatan 77 http://www.energiboden.se/ 113 32 Stockholm	info@energiboden.se

ETA System Energiteknik AB
Box 114
193 23 Sigtuna

eta@etasystem.se
<http://www.etasystem.se>

IVT Industrier AB
Box 1012
573 28 Tranås
Kinnan AB
Traktorgatan 2
745 37 Enköping

mailbox@ivt.se
<http://www.ivt.se>

kinnan.ab@kinnan.se
<http://www.kinnan.se>

Mecmaster Energi AB
Prästgatan 64
831 33 Östersund

info@mecmaster.se
<http://www.mecmaster.se>

Megatherm i Osby AB
Box 149
283 23 Osby

info@megatherm.se
<http://www.megatherm.se>

MK Miljö-Konsult
Box 152
konsult.com/
24 Ludvika

miljo-konsult@telia.com
<http://www.miljo->

Mitsubishi Electric AB
Box 750
191 27 Sollentuna

info@se.mee.com
<http://www.mitsubishi.se>

NIBE AB
Box 14
<http://www.nibe.se>
285 21 Markaryd

info@nibe.se

Rörekonomi Medlemsservice i Örebro AB
Radiatorvägen 11
702 27 Örebro

rorekonomi@reko.se
<http://www.reko.se>

STT Svensk Tork & kylTeknik AB
Box 130
614 22 Söderköping

info@sttab.com
<http://www.sttab.com/>

Thermia Värme AB
Box 950
671 29 Arvika

info@thermia.se
<http://www.thermia.se>

Thorén i Veda AB
Veda
<http://www.thoren.nu>
870 15 Utansjö

info@thoren.nu

Uponor/Rörknallen AB

infose@uponor.com

Industrivägen
<http://www.uponor.se>
513 81 Fristad

Varmitek värmepumpar
Sturegatan 34
<http://www.varmitek.com>
252 27 Helsingborg

mail@varmitek.com

Ventilationsutveckling AB
KEMISTVÄGEN 2
<http://www.ventilationsutveckling.se/>
183 79 TÄBY

info@ventilationsutveckling.se

Z-Energi Kylteknik AB
Volvägen 24
831 48 Östersund

Z-ekyltek@telia.com

2 Branschorganisationer

Geotec (Svenska Brunnsborrares Branschorganisation)

drill@geotec.se

Box 174
<http://www.geotec.se>
243 23 Höör

SGU Sveriges geologiska undersökning
Box 670
<http://www.sgu.se/>
751 28 Uppsala

sgu@sgu.se

SVEP Svenska Värmepumpföreningen
Box 17537
<http://www.svepinfo.se>
118 91 Stockholm
E-post: info@svepinfo.se

info@svepinfo.se

Värme och Energitekniska Föreningen VET-Gruppen
Marinensväg 30
data.se/vet/
136 40 Haninge

info@vet.se

<http://hem.s->