

Centrum för solenergiforskning

Solar Energy Research Center

**Mätning och utvärdering av nya
Mareco 1000 Solvärmefältet
i
Torsåker
Hösten 2003**

Bengt Perers

SERC

Inst. För matematik

naturvetenskap och teknik

Högskolan Dalarna

781 88 Borlänge

Tel: +46 23 778000

Tel: +46 23 778701

Besöksadress/Street adress:

Forskargatan 6

Borlänge



HÖGSKOLAN
Dalarna

ISSN 1401 - 7555

ISRN DU-SERC--83--SE

December 2003

Mätning och utvärdering av Mareco 1000 solfångarfältet i Torsåker, hösten 2003

Sammanfattning

I slutet av sommaren 2003 när de nya MaReCosolfångarna i Torsåker installerades monterades även flödesmätare på dessa kretsar för utvärderingsbruk. För utvärderingen utplacerades ett mätinsamlingssystem till vilket också anslöts givare till temperaturmätningar och solinstrålningsmätningar, vilka erfordras för prestandautvärdering.

Mätinsamlingssystemets kontinuerliga mätresultat överfördes dagligen till utvärderarna och uppvisade tillräckligt stor variation för adekvat utvärdering.

Under analysarbetet har framkommit att mätdata för värmebärarens flöde är orimligt och omöjliggör absolut bestämning av solfångarens prestanda.

Utvärderingen av det utbyggda Mareco solfångarfältet visar ändå att de nya solfångarna fungerar tekniskt och kvalitativt nära förväntningarna och har goda förutsättningar att nå de prestanda som förväntas ca 300kWh/m² vid 60 graders driftmedeltemperatur.

Även styrningen av flödet i fältet har fungerat kvalitativt bra och de utgående temperaturnivåerna har legat i rätt prestandaområde (upp mot 80C) , för det nu utbyggda Marecofältet.

Projektet föreslår därför en förnyad mätning för utvärdering av solfångarna nästa driftsäsong.

Antaget att utbytet uppgår till nivån 300 kWh/m²,år beräknas investeringskostnaden till 4 kr/kWh inklusive installationskostnader.

Inledning

De nya MaReCo-solfångarna vid Hofors Energi fjärrvärmecentral i Torsåker ställdes upp och monterades i början av sommaren. Arbetet utfördes som entreprenad av Industripartner AB i Fortumgruppen.

Efter semesterperioden slutfördes installationen med anslutning av solfångarna mot samlingsrör/kulvert. Flödesmätare för utvärderingsbruk monterades på båda av de nya kretsarna i samband med installationen som utfördes i egen regi av Hofors Energi AB.

Bakgrund

I två tidigare utvecklingsprojekt har MaReCo-solfångare utvecklats och senare tillverkats för installation i Torsåker. Den senaste leveransen genomfördes under hösten 2002 varför dessa solfångare ännu inte hunnit bli utvärderade i solfångarfältet. I samband med att dessa solfångare inkopplades föreslogs att mätutrustning för separat mätning och uppföljning skulle installeras och att de nya solfångarna skulle utvärderas. Projektet har drivits gemensamt mellan Hofors Energi AB och Vattenfall Utveckling AB och utvärderingen har genomförts av oberoende forskare med lång solvärme-systemerfarenhet vid SERC Högskolan Dalarna.

Vid Vattenfall Utveckling AB har i tidigare projekt utvecklats MaReCo solfångare avsedda för uppställning på stora plana ytor, både tak och mark. Solfångarna utgörs av en fast koncentrerande solfångare med dubbelsidig absorbatör och en underliggande reflektor. Solfångarna är en extremt osymmetrisk CPC-solfångare optimerad för nordliga latituder. (CPC= Compound Parabolic Concentrator)

Vid Hofors Energi AB's fjärrvärmeverk i Torsåker finns redan ca 500 m² Marecosolfångare installerade och ytterligare 60 m² av en vidareutvecklad typ har monterats på plats i fältet under våren 2003. De senare solfångarna, vilka utvecklades under åren 2001 och 2002 med medel från FUD solvärmeprogrammet, tillverkades under sommaren 2002 för installation under våren 2003.

Förväntat solfångarutbyte för dessa nyutvecklade solfångare är beräknat till 300 kWh/m² och år vid en driftmedeltemperatur av 60 grader.

MaReCo-projektets långsiktiga målsättning är att kunna uppföra ett komplett solfångarfält inklusive värmeväxlare, för en investeringskostnad av 3 kr per årligt producerad kWh vid ca 60 graders driftmedeltemperatur. (T.ex 50 grader in och 70 grader ut från solfångaren i medeltal över året). Detta projekt utgör således ett viktigt delmål i dessa strategier.

MaReCo-Solfångaren i verklig installation.

Långa MaReCo solfångare finns idag installerade i Falun (100 m²), Älvkarleby (100+50m²), Torsåker (500 m² + 60 m²), se figur 1, och Fränsta (500 m²). Solfångarna har tillverkats av tre olika företag, Finsun AB, Arnes Plåt samt SCA i samarbete med Lindbergs Bygg AB. De senaste levererade solfångarna om 60 m² installeras under våren 2003 av Hofors Energi AB.



Figur 1 visar långa MaReCo solfångare installerade vid Hofors Energis fjärrvärmenät i Torsåker. Varje solfångare är 40 meter lång och 2 sådana solfångare är kopplade i serie. I detta system arbetar solfångarna vid temperaturnivåerna 55° intemperatur och 85° uttemperatur. Systemet togs i drift under våren 1999.

Syfte och mål

MaReCo har den principiella fördelen i förhållande till en plan solfångare att den har ett extremt lågt materialinnehåll och mycket låga materialkostnader.

Syftet med detta projekt är att utvärdera de senaste utvecklingen av MaReCo-solfångare.

- Utvärdera de nya MaReCo solfångarna vid olika solförhållanden och temperaturkrav på värmekretsen.
- Bedöma de nya förenklade stöd och ihopkopplingssystemen.

Målet i detta projekt har varit att verifiera att det nya solfångarfältet av markuppställda MaReCo- solfångare har utlovad funktionen och prestanda.

Plan och genomförande

Ettapp 1. genomförd 2001-04-15 -- 2001-10-31

Solfångaren i Torsåker monterades och ansluts till det befintliga fjärrvärmesystemet av Hofors Energi AB. I samband med detta installerades även utrustning för mätning av energi, effekt, temperatur och flöden. Integreringsverk installerades inomhus i värmecentralen. Här placerades även utrustning för loggning och lagring av mätdata som överförs till Vattenfall Utveckling, Älvkarlebylaboratoriet, via telefon där de bearbetades.

Etapp 2. plan 2003-04-15 -- 2003-10-31

Mätningar skall redovisa de nya solfångarnas prestanda, samtidigt som de nya flexibla lösningarna för ihopkoppling och de nykonstruerade stöden skall värderas.

Mätutrustning placeras i solfångarfältet för att specifikt kunna studera prestanda för den nyinstallerade delen.

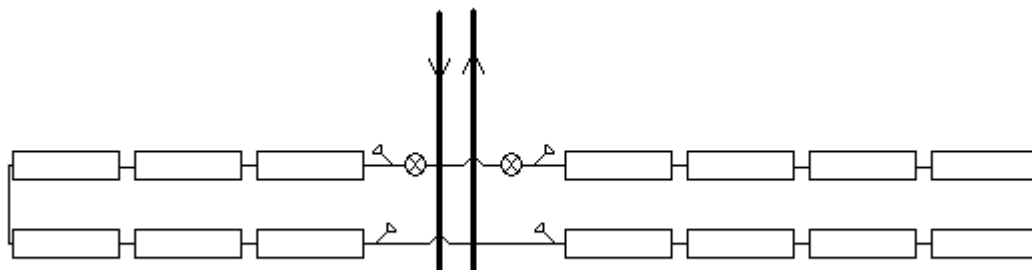
Under projektet kommer också reflektorns beteende att studeras.

Utvärdering och simulering av normalårsutbyte genomförs enligt gällande standard. Projektet skall rapporteras i FUD-programmets rapportserie. Uppgift om drifterfarenheter, energiutbyte samt specifik kostnad anges i rapporten.

Mätningar

Mätningar påbörjades omgående då de nya solfångarna anslöts till systemet och driftsattes i september 2003. Ett fristående mätsystem med logger, temperatur- och solinstrålningsgivare sattes upp av Vattenfall Utveckling. Till detta kopplades även de flödesmätare som Hofors Energi monterade på de nya solfångarkretsarna.

De nya solfångarna är placerade i två rader vardera, öster respektive väster om matningskulverten. Mätningar i båda kretsarna erfordras då de är sammansatta till olika storlek med sex respektive åtta moduler vardera, se figur 2.

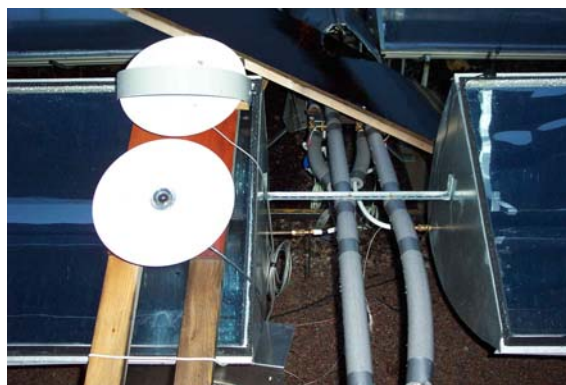


Figur 2 visar de nya solfångarnas inkoppling mot kulvert samt mätsystemets givarplacering.

Temperaturgivarna är monterade i direkt anslutning till solfångarnas in- respektive utlopp. Eventuella rörförluster som skulle störa utvärderingen kan därigenom uteslutas.

För flödesmätningarna används värmemätare ABB, SVM F2. Det är den mätartyp som Hofors Energi AB använder som debiteringsmätare hos sina fjärrvärmekunder, se figur 3.

Givarna för solinstrålning, Kipp o Zohnen CM5, placerades direkt på solfångarens glas för att korrekt mäta instrålningen i mottagande ytas plan, se figur 3. Vid beräkning av solfångarens utbyte togs särskild hänsyn till den skuggeffekt detta ger upphov till.



Figur 3, till vänster: värmemätaren SVM F2 på den östra delen av de studerade kretsarna till höger: instrålningsmätarna, överst för diffus och under för global instrålning

Med hjälp av en GSM-telefon direkt ansluten till loggern erhöles med minimalt installationsarbete möjlighet till fjärrkontroll av mätsystemet. Dagligen överfördes mätdata till Älvkarlebylaboratoriet för att kontinuerligt kunna följa upp mätningarna. Det var en förutsättning för att, den på säsongen, sena starten av mätningarna inte skulle äventyra resultatet.

Resultat

De nya MaReCo-solfångarna är uppbyggda som 6m långa moduler med ett optiskt tvärsnitt likt den sedan tidigare befintliga typen.

Modulerna seriekopplas i rader och ansluts mot central kulvert i fältet som tidigare. Sammanfogningen mellan modulerna är utförd med böjt prisolrör för att medge erforderligt termiskt rörelseutrymme. Den rörböj som tillämpats är inte med säkerhet tillräckligt rörlig och kunde utförts med en mer utpräglad Ω - eller lyrform, se figur 4. Ett alternativ kunde också varit att använda kompensationskopplingar mellan solfångarmodulerna.



Figur 4, sammankoppling av modulerna med prisolrör.

Användning av kompensationskopplingar skulle sannolikt underlätta arbetet med isolering av de sammankopplande rören.

Den kortare modultekniken som tillämpats medger ett lindrigare montagearbete. Till detta bidrar också de betongfundament som tagits fram för ett enklare och mindre kostsamt montage, se figur 5.



Figur 5, till vänster visas betongupplaget som solfångaren vilar mot.
till höger ses de två sydligaste solfångarraderna som utgörs av den nya typen.

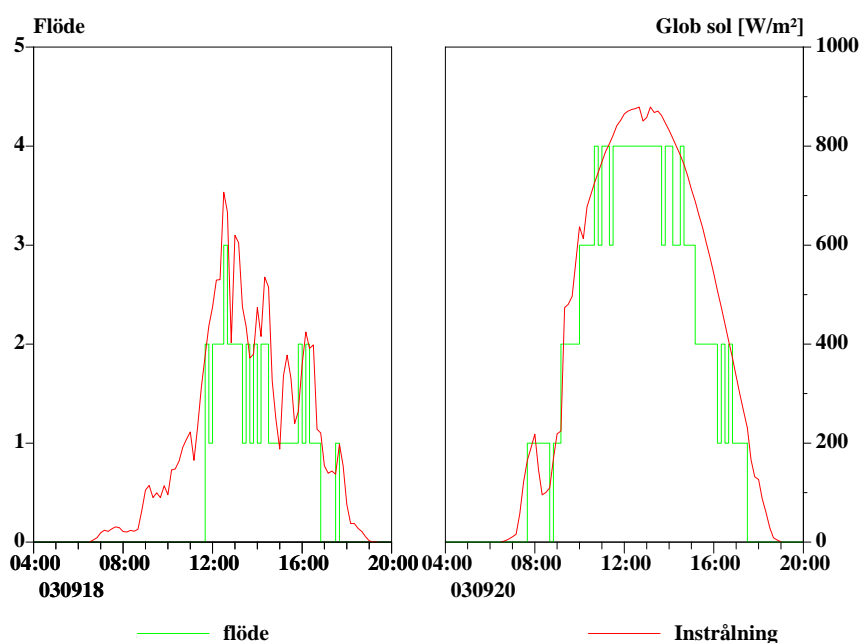
Visuellt är intrycket av de solfångarna gott. Jämfört den tidigare modellen är raderna inte lika snöräta men utan de tidigare solfångarna som referens är detta inte påtagligt, se figur 5.

Vid kontrollmätning var den fysiska orienteringen, solfångarnas lutning, mycket tillfredställande. Samtliga moduler befinner luta $31^{\circ} \pm 1^{\circ}$ mot horisontalplanet.

Beträffande solfångarfältet iaktogs förhållandevis högt uppvuxen markvegetation vilket anläggningsägaren dock var väl medveten om.

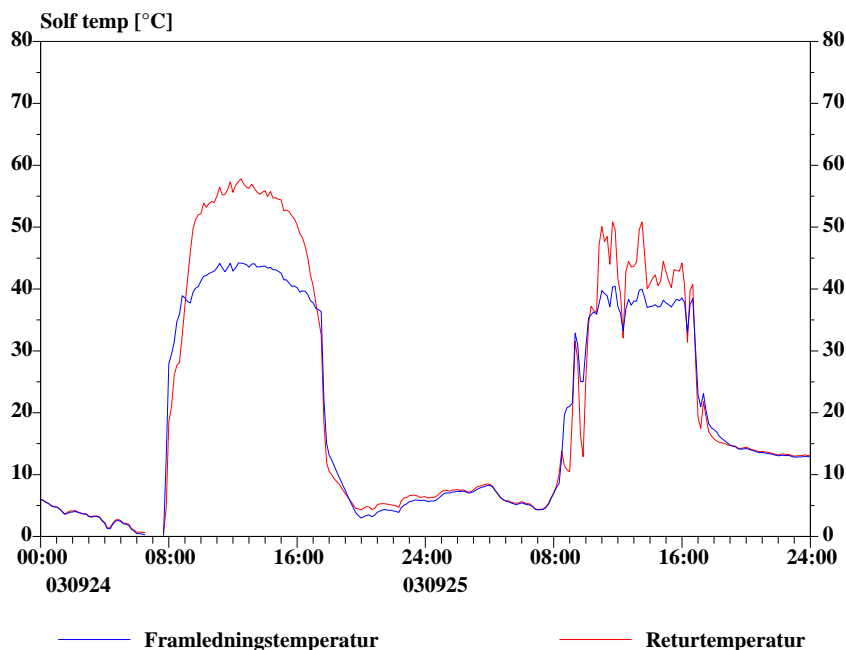
Analys

Solfångaranläggningen är utrustad med instrålningsstyrt värmebärarflöde. Mätningarna visade omgående att denna styrning fungerar väl, se figur 6.



Figur 6 visar uppmätt instrålning och korresponderande värmebärarflöde vars enhet visas dimensionslös. Den låga upplösningen på flödet var förväntad varför inget oroande initialt sågs i denna bild.

Temperaturnivåerna uppvisade för fjärrvärmesystemet förväntade nivåer, se figur 7.



Figur 7 visar fram- och returtemperaturerna till solfångarna under två dagar med klart respektive växlande väder.

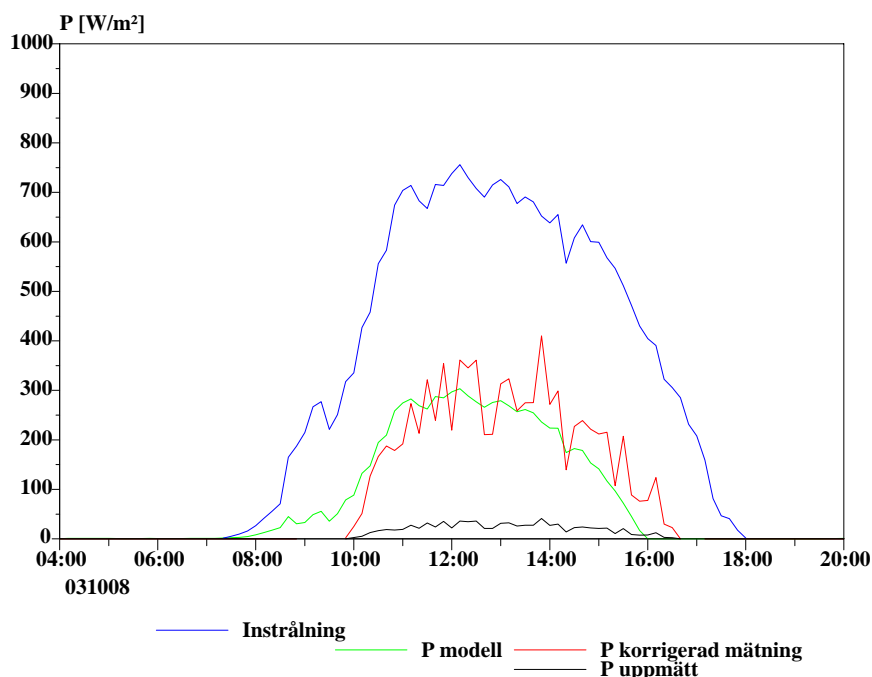
Under analysarbetet framkommer vid jämförelse av modellerat och uppmätt utbyte att orimligt resultat erhållits från mätningarna på båda kretsarna med nya solfångare.

Vidare visar analysarbetet av mätdata att det är mycket sannolikt att detta fel i utdata för uppmätt effekt är orsakat av ett internt fel i flödesmätarna. Den avvikelse som nu erhålls med spårbara skalfaktorer för givarna är mer än en faktor 3 ! Detta har aldrig inträffat förut vid utvärdering av solfångarfält där de enskilda solfångarna är prototypstade och alla grenar i fältet är kopplade i serie så entydigt som i detta fall, så att okylda delar/ytor av fältet är uteslutet.

Man kan även se i data, att om man gör en rimlig justering av pulstalen för flödesmätaren från angivet 2,5 liter per puls till ca 12,5 liter/puls så kommer uteffekten att följa modellerat utbyte över dagen på ett rimligt sätt, se figur 8.

Vid en efterkontroll som genomfördes med hjälp av personal från Hofors Energi, släpptes flöde på i systemet varvid 2,2 m³/h registrerades på systemets primärsida. Temperaturprofilen på primär och sekundär sida sägs från Hofors Energi stå i balans varför motsvarande flöde kan antas på sekundärsidan. Med tolv stycken solfångarkretsar beräknades detta ge ett flöde om ungefär 180 l/h per krets. På monterad flödesmätare kunde blott 18 l/h avläsas vilket stöder hypotesen om för lågt registrerade värden på flödet.

Verifiering av den hypotetiska pulsvolymer kräver dock en ingående kontroll och kalibrering av just dessa exemplar av flödesmätarna vilket inte rymts varken tids- eller kostnadsmissigt i detta projekt. I en fortsättning av mätningarna måste detta dock klaras ut.



Figur 8 visar den orimligt låga uppmätta uteffekten från solfångaren med den svarta undre kurvan. Med rimlighetskorrigering av mätning erhålls ett resultat enligt den röda kurvan som korrelerar väl mot den modellering av solfångaren som visas i den gröna kurvan. Blå kurva, överst, visar instrålning vid den aktuella tiden.

Genom att uppföra en solfångaryta om 60 m² erhålls en god uppfattning om de tekniska förutsättningarna men det ger inte tillräckligt underlag för bestämning av tillverknings- och uppförandekostnader i större skala.

Enligt tidigare utvecklingsprojekt för MaReCo 1000 solfångaren uppgår kostnaderna till närmare 1200 kr/m² inklusive montering i solfångarfält av storleken 5000-10 000 m². Då inkluderas komponenter (solfångare, rörledningar samt markförankring) och installationskostnader. Med utbyte i nivå på cirka 300 kWh/ m², år blir investeringskostnaden då 4 kr per årlig kWh.

Diskussion och slutsatser

Fördelarna i grundkonceptet med lågt materialinnehåll per m² solfångare och enkel installation i fält med minimalt med externa rörledningar gör tekniken intressant. De nu använda betongfundamenten ger billigt och enkelt montage vilket visat sig även i andra större anläggningar som till exempel solfångarfältet i Kungälv.

Energimätdata, visuella kontroller (bla kontroll av optik och tendenser till degradering av material) och bedömningar från bland annat uppmätta levererade temperaturnivåer visar att prestanda i solfångarfältet i Torsåker bör vara jämförbart med prototypprestanda.

Vid uppförandet av de tidigare delarna av solfångarfältet uppgavs den specifika energikostnaden till 4,5 kr/kWh årligen. Under förutsättning att utbytet uppgår till den normalårsberäknade nivån 300 kWh/m²,år kan kostnaden reduceras till i runda tal 4 kr/kWh. Då inkluderas komponenter (solfångare, rörledningar samt markförankring) och installationskostnader.

En kvalitetsbrist i flödesmätarnas interna pulsbehandling försvårade en noggrann kvantifiering av det nya fältets prestanda på +/-10% osäkerhetsnivå. Detta upptäcktes inte före detaljanalys av mätdata och var inte möjligt att förutse vid design och installation av mätsystemet. Det framgick inte heller i den inledande kontrollen av tidiga mätdata.

Vid försök att bestämma felkällan gjordes en kontroll mot central flödesmätning vid solvärmeväxlaren i värmecentralen. Detta gav en indikation av nivån på felräkningen som också stärks av modelleringen av solfångarprestanda.

Det har således varit svårt att verifiera utvecklingssteget i prestanda från prototyptesterna och simuleringar av årsutbyten. En rekommendation är därför att en ny/fortsatt mätning genomförs till våren, med kontrollerad flödesmätutrustning.