



# Solhybrid och bergvärme- Förnybart med ny systemlösning



# Solhybrid och bergvärme

Förnybart med ny systemlösning

Pernilla Gervind<sup>1</sup>

Jessica Benson<sup>1</sup>

Åsa Jardeby<sup>1</sup>

Roger Nordman<sup>1</sup>

<sup>1</sup> SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut





## Förord

*"E2B2 Forskning och innovation för energieffektivt byggande och boende" är ett program där akademi och näringsliv samverkar, både strategiskt och praktiskt.*

*I Sverige står bebyggelsen för cirka 35 procent av energianvändningen och det är en samhällsutmaning att åstadkomma verklig energieffektivisering så att vi ska kunna nå våra nationella mål inom klimat och miljö. I E2B2 bidrar vi till energieffektivisering på flera sätt. Vi säkerställer långsiktig kompetensförsörjning i form av kunniga människor. Vi bygger ny kunskap i form av nyskapande forskningsprojekt. Vi utvecklar teknik, produkter och tjänster och vi visar att de fungerar i verkligheten.*

*I programmet samverkar över 200 byggtreprenörer, fastighetsbolag, materialleverantörer, installationsleverantörer, energiföretag, teknikkonsulter, arkitekter etcetera med akademi, institut och andra experter. Tillsammans skapar vi nyttiggörande av den kunskap som tas fram i programmet.*

*"Solhybrid och bergvärme – förnybart med ny systemlösning" är ett av projekten som har genomförts i programmet med hjälp av statligt stöd från Energimyndigheten. Det har letts av SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut och har genomförts i samverkan med Energiförbättring i Väst AB.*

*I projektet analyseras en solhybridlösning kopplad till ett gemensamt borrhållslager och värmepump som en alternativ systemlösning för en bostadsrättsförening eller ett radhusområde. Systemet nyttjar alltså två förnybara energikällor och producerar el. Konceptet uppnår hundra procent förnybart och bör kunna användas både inom nybyggnation och befintlig bebyggelse, och har därmed ett brett användningsområde och en hög energirelevans.*

*Stockholm, 14 april 2016*

*Anne Grete Hestnes,*

*Ordförande i E2B2*

Rapporten redovisar projektets resultat och slutsatser. Publicering innebär inte att E2B2 har tagit ställning till innehållet.



## Sammanfattning

*Bostadsrättsföreningen Vårlöken i Kungälv bytte 2013 ut fjärrvärme mot ett helt nytt uppvärmningssystem. Systemet består av solhybrider där solvärmen är kopplad till tre bergvärmepumpar. SP har utvärderat systemet under 2014/2015 med fokus på energi- och kostnadseffektivitet.*

*Systemet i sin helhet har ett SPF-värde (Seasonal Performance Factor) på 2,7. I detta SPF ingår förutom el till värmepumparna även el till köldbärarpumpar och el till spetsvärme. Att SPF-värdet hamnar under 3 beror främst på att det under de kallaste perioderna krävs spetsvärme från den installerade elpannan. Räknas spetsvärmen bort så har systemet ett SPF på 3,0.*

*Solvärmen ger ett visst bidrag till att höja värmepumparnas verkningsgrad, sambandet är synligt främst under hösten när solvärmen fortfarande levererar värme samtidigt som det finns ett värmebehov i byggnaden. För att öka effektiviteten året runt skulle solvärmen behöva lagras och användas under vintermånaderna. Tyvärr så är borrhålen placerade för glest för att fungera som ett lager och den solvärme som lagras ner påverkar inte temperaturen i borrhålet. Dock ger den nedladdade solvärmen troligen en positiv effekt genom att ge borrhålen längre livstid.*

*Investeringen på sikt är lönsam för Vårlöken jämfört med att behålla fjärrvärmen, mycket tack vare det låga priset på el.*

*Hur de boende upplever bytet av uppvärmningssystem har fångats upp genom enkäter och intervjuer. Generellt så är föreningen mycket nöjd med den nya installationen.*

*Nyckelord: solhybrid, bergvärmepump, solenergi, fältmätning, förnybar energi, energisystemlösning för bostadsrättsförening*



## Summary

*A housing association consistent of 70 terraced houses has installed a new system solution for heating. The system consists of 330 m<sup>2</sup> solar hybrid panels mounted on the roof, and ground source heat pumps with eleven bore holes. The new system replaces the district heating that served the buildings before.*

*During the year of 2015 measurements on this full scaled system was performed. The analysis aimed at quantifying the energy and cost efficiency of the system.*

*The entire system, including pumps and additional heating has a SPF-value of 2.7. The SPF ends up below 3 since there is a need for additional heating during the coldest periods.*

*The solar heating gives a certain contribution to increase the efficiency of the heat pumps. The correlation between the solar heating and an increased SPF can be seen primarily during the months when there is a heating demand and the solar heating still produces heat. One way to increase the efficiency all year around would be to store the solar heating, this was also the intention when planning the system, unfortunately the bore holes in the system are placed with to large intervals to function as heat storage.*

*The low price on electricity makes the investment feasible in the long run compared to keeping the district heating.*

*In parallel to the monitoring the experiences from the housing association have been investigated by interviews and enquiries. Most habitants are positive about the new system mainly since it decreases the energy demand and the energy costs.*

*Key words: solar hybrid panels, ground source heat pump, solar energy, field measurement, renewable energy, energy solution*







## Innehållsförteckning

1	INLEDNING	9
1.1	SYFTE OCH MÅL	10
2	BAKGRUND	11
2.1	VÄRMEKÄLLOR – BERGVÄRME OCH SOLVÄRME	12
2.1.1	SOLVÄRME	12
2.1.2	BERGVÄRME	12
2.2	LEVERERAD VÄRME	13
3	SYSTEMGRÄNSER	15
4	METOD - FÄLTMÄTNING	18
4.1	VÄRME	18
4.2	EL TILL SYSTEMET	18
4.3	OSÄKERHETER	19
5	METOD - KOSTNADSBERÄKNINGAR	20
5.1	INVESTERINGSKOSTNADER	21
5.2	ENERGIPRISER	22
6	METOD - MJUKA FAKTORER	24
7	RESULTAT - FÄLTMÄTNINGAR	25
7.1	LEVERERAD VÄRME FRÅN VÄRMEPUMPAR	25
7.2	ANVÄND EL FÖR ATT DRIVA SYSTEMET	26
7.3	SOLVÄRME OCH SOLEL	27
7.4	ENERGIEFFEKTIVITET	29
7.5	KÖLDBÄRARKRETSAR OCH BORRHÅL	31
7.6	IDEALT SYSTEM	35
8	RESULTAT - KOSTNADSBERÄKNINGAR	37
9	RESULTAT - MJUKA FAKTORER	39
9.1	VÅRLÖKEN - DET GODA EXEMPLET	39
9.2	ENKÄTER	40
9.3	HINDER OCH MÖJLIGHETER MED GEMENSAMT ÄGANDE	42



9.4 UPPHANDLING	42
10 SLUTSATSER	43
11 LITTERATURFÖRTECKNING	44
BILAGA 1	45
BILAGA 2	46
BILAGA 3	47





## 1 Inledning

Solenergi och geotermisk energi är båda förnyelsebara och miljövänliga energikällor. Dessa kan kombineras och bilda energieffektiva systemlösningar för uppvärmning av bostäder, lokaler etc. Denna typ av system kan bidra till omställningen till ett långsiktigt hållbart energisystem. Brist på takyta i rätt vädersträck medför ofta ett val mellan solceller och solvärme. Teknikutveckling inom solenergiområdet har lett fram till effektiva solceller och skatteavdrag för egenproducerad förnybar el som förväntas komma inom kort ger solceller en fördel. Detta leder redan i dag till att solvärme väljs bort då beställaren nöjer sig med en form av solenergi trots att även solvärmen skulle kunna spela en viktig roll i ett system. En solhybrid som är en kombination av solcell och solfångare kan då vara ett alternativ. Hybrider har funnits på marknaden en tid, men det är först det senaste året som man t.ex. kunnat certifiera en hybrid med den Europeiska kvalitetsmärknings Solar Keymark.

En nackdel med solhybrider är att de ofta levererar värme vid lägre temperaturer än vad solfångare gör. För utnyttja värme till t.ex. tappvarmvatten krävs att temperaturen höjs, ett sätt att göra det är att koppla solhybriden till en värmepump.



Figur 1. Bild från montering av solhybrider på Värlokens tak, juni 2013.

Ett system med konceptlösningen solhybrid och bergvärme installerades 2013 hos bostadsrättsföreningen Värloken i Kungälv. Till konceptlösningen är också tre stycken värmepumpar kopplade för att höja temperaturen på den tillvaratagna sol och geoenergin. Den nya konceptlösningen förser bostadsrättsföreningen med



värme, varmvatten och en del av föreningens el. Systemet är ett av de första i sitt slag i Sverige och är därför av stort intresse att utvärdera.

Systemet har projekterats och installerats av entreprenören Energiförbättring Väst AB (Efvab). Efvab har även haft en aktiv roll i detta forskningsprojekt.

### 1.1 Syfte och mål

Syftet med det här forskningsprojektet är att utreda energi- och kostnadseffektivitet samt utvecklingspotential hos en ny konceptlösning bestående av solhybridteknik, borrhål i lagerformation och värmepump.

Syftet är också att undersöka sociala faktorer för implementering, t.ex. upphandlingstips och bostadsrättsföreningens syn på att äga sitt uppvärmningssystem.

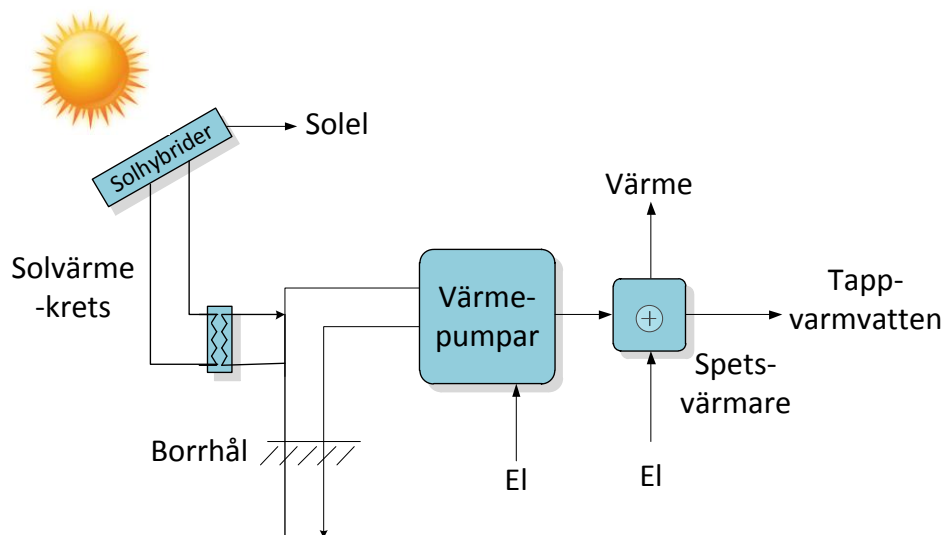
Målet med projektet är att bestämma energi- och kostnadseffektiviteten genom fältmätning. Vidare avser projektet att identifiera utvecklingspotential i form av ökad effektivitet och minskade kostnader hos systemlösningen genom analys av mätning och beräkningar.



## 2 Bakgrund

Bostadsrättsföreningen Vårlöken är beläget i centrala Kungälv. Byggnaderna uppfördes 1959 och består av 70 lägenheter. Tidigare försörjdes lägenheterna med fjärrvärme men 2010 började föreningen att undersöka möjligheterna att byta uppvärmningssätt. Målet var att minska energikostnaderna som ansågs vara orimligt höga. I ett första skede fördes dialoger med fjärrvärmebolaget i ett försök att minska taxan för fjärrvärme. Olika alternativ vägdes mot varandra men till slut valde föreningen att installera solhybrider kopplade till värmepumpar och borrhål.

Den nya installationen består av 330 m<sup>2</sup> solhybridpaneler och tre bergvärmepumpar med 11 borrhål placerade i en rektangel med 15 meters avstånd. Värmepumparna är av modellen IVT F55, en modell som inte längre säljs. En schematisk skiss av systemet, så som det ser ut efter förändring sommaren 2015, kan ses i figuren nedan.



Figur 2. Schematisk ritning av installationen

Under projektets gång upptäcktes förbättringsmöjligheter som har implementerats under projektiden. I detta kapitel beskrivs systemet så som det såg ut från början samt de förändringar som gjorts.



Systemet är uppbyggt kring de tre värmepumparna och i de följande kapitlen beskrivs systemet utifrån ett värmepumps perspektiv uppdelat på värmekällor, levererad värme och tillförd energi till systemet (el).

## 2.1 Värmekällor – bergvärme och solvärme

Värmepumparnas värmekälla är värme från solhybriden samt geoenergi från de 11 borrhålen.

### 2.1.1 Solvärme

Speciellt med solhybriden är, som tidigare beskrivits, att den producerar både el och värme. Den består av en solcell vars baksida kyls med vatten för att öka effekten. Eftersom vattnet måste vara tillräckligt kallt för att kunna kyla solcellerna håller värmen från solhybriden en lägre temperatur än vad en vanlig solfångare ger. Temperaturen i solkretsen är för låg för att kunna kopplas till värmepumpens varma sida. Istället värmeväxlas värmen från solhybriden mot den brinekrets som utgör värmepumpens värmekälla (se figur 2 och 4).



Figur 3. Närbild på solhybriderna.

Inledningsvis var solhybriden kopplad så att solvärmen fördes direkt ner i borrhålen. Under 2015 ändrades detta för att minska förluster och värmen är nu kopplad så att den i första hand förser värmepumpen med värme och i andra hand återladdar borrhålen.

### 2.1.2 Bergvärme

Under de perioder då solvärmen inte räcker som värmekälla tas värme från de 11 borrhål som systemet är kopplat mot. Tanken med borrhålen var att de skulle fungera som säsongslager för värme. Den solvärme som inte nyttjades under sommarmånaderna skulle lagras och tas upp under vintern. Rådande rekommendation förordar ett avstånd på 20 meter mellan enskilda borrhål baserat på beräkningar för att undvika termisk inverkan mellan borrhålen. Borrhål kan dock placeras tätare i en lagerkonfiguration för att få en önskad

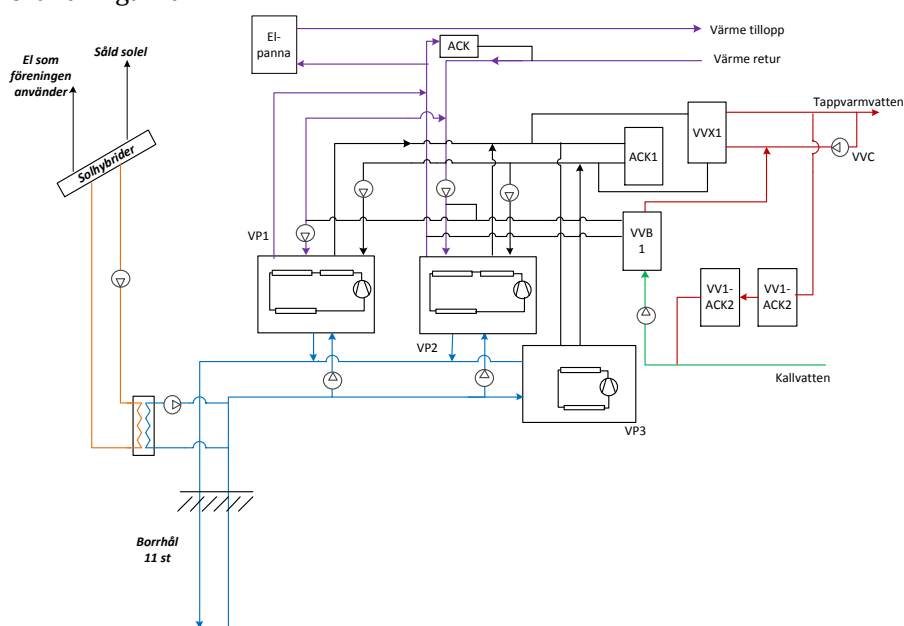


termisk inverkan mellan borrhållen. De kan då t.ex. återladdas med solvärme för att lagra värme eller för att hålla en termisk balans i berget. Att säsongslagra solvärme i ett borrhållslager kräver ett stort lager för att vara lönsamt, detta för att förlusterna inte ska vara oproportionerligt stora i förhållande till lagrad energimängd. Typiskt avstånd mellan borrhållen är då 3 till 4 meter. Ett mindre lager som laddas med sol innebär inte någon direkt säsongslagring men ger berget en termisk återhämtning. Att återladda enskilda utspridda borrhål ger ingen lagringseffekt utan kan i vissa fall till och med kosta mer i form av energi till pumpdrift än vad det ger tillbaka i lagrad värme (Kjellson, 2009).

Borrhålen som är gjorda i Vårlöken har ett avstånd på 15 meter placerade i rektangel. De har troligen ett för stort avstånd för att fungera som lager. Effekten av att koppla solvärmen till borrhållen kan därför antas vara att berget får en viss termisk återladdning på lång sikt och därmed längre livslängd.

## 2.2 Levererad värme

Den värme som levereras av värmepumparna används i föreningen för uppvärmning och tappvarmvatten. Koppling och reglering av den levererade värmen mot uppvärmning och tappvarmvatten har ändrats under projektet för att optimera systemets effektivitet. I figur 4 visas systemet så som det ser ut efter förändringarna.



Figur 4. Översiktlig ritning på systemet.





Ursprungligen växlade värmepumparna 1 och 2 mellan att leverera värme till värmesystemet och värme till tappvattenvärmning (VVB1). Värmepump 1 och 2 är också försedda med hetgasväxlare, vars slinga nyttjas för att spetsvärma värmevatten i Ack1.

Vid varmvattendrift laddas tanken VVB1, som har en slinga för genomströmmande tappvatten. Tappvatten förvärms i slingan och spetsvärms sedan i värmväxlare mot värmevatten från tanken Ack1. Till Ack1 finns även VVC inkopplad samt elpatron. Värmen från hetgasen nyttjas när det finns ett värmebehov. Elpatronen utgör reserv för värmedrift och värmevatten strömmar genom den. Den har tidsfördröjd start om behov uppstår.

En tredje värmepump som enbart tillverkar tappvarmvatten installerades under projekttiden för att minska behovet av direktverkande el. Avsikten var att låta den stå för spetsvärmning av tappvarmvatten och för att täcka VVC-förluster.

I det första steget innebär detta att värmepumparna 1 och 2 växlar mellan att leverera värme till värmesystemet och värme till VVB1 för tappvattenvärmning. I värmepump 1 nyttjas hetgasslinga för att spetsvärma värmevatten i Ack1. Spetsvärmning sker främst med hjälp av värmepump 3 som kopplats till Ack1, den täcker även upp VVC-förluster men elpatronen finns som reservkälla. Värmepump 2 levererar enbart värme till värmesystemet och hetgasslingan används inte.

Åtgärder har även gjorts i distributionssystemet för värme. Solhybrid-bergvärmesystemet levererar värme vid lägre temperatur än vad fjärrvärmens gjorde. De befintliga radiatorerna är designade för de högre temperaturerna och den termiska komforten i några av lägenheterna har drabbats av detta. Det finns inga mätningar på detta men de boende i framförallt gavellägenheterna har klagat på låga temperaturer. För att komma till rätta med detta och öka komforten har föreningen beslutat att byta ut radiatorerna till nya med design som är bättre anpassad till de nya temperaturerna i värmesystemet. Arbetet skedde kontinuerligt under 2015 och blev färdigt under hösten 2015.

Tabell 1. Sammanställning av de åtgärder som gjorts i systemet under det att forskningsprojektet har varit igång.

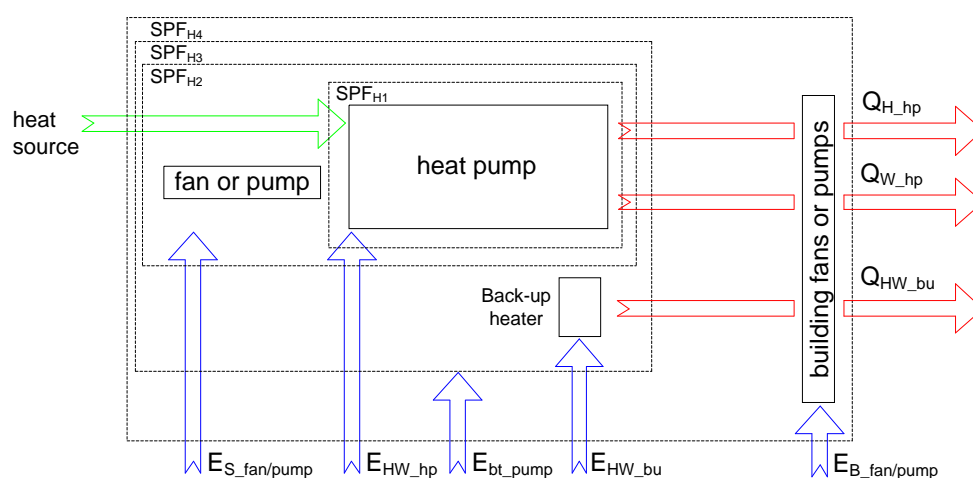
Åtgärd i systemet	Tidpunkt	Kommentar
Värmepump 3	2015-03	Installerad för spetsvärme av tvv och VVC
Hetgas från VP2 till värmedrift	2015-03	Vid installation av VP3
Flyttad solladdning	2015-03	Solvärme till VP sedan borrhål
Byte av radiatorer 70 lgh		Klart höst 2015



### 3 Systemgränser

Utvärderingen av systemet har främst gjorts utifrån ett värmepumpsperspektiv där solvärmens utgör en av värmekällorna.

Systemgränserna kring ett värmepumpsystem kan sättas på flera olika sätt och därför kan systemeffektiviteten eller Seasonal Performace Factor (SPF) beräknas på olika sätt och få olika resultat. SPF är ett mått på värmepumpsystemets effektivitet under ett helt år och beräknas genom att jämföra den nyttiga levererade värmen med inkommande driftsenergi (i det här fallet el). I detta projekt har systemgränserna som utvecklats inom EU-projektet SEPEMO använts vilka visas i figuren nedan. Systemgränserna ligger även till grund för det beslut som EU-kommissionen (The European Commission, 2013) tagit gällande hur SPF ska beräknas för värmepumpar.



Figur 5. Schematisk skiss över olika systemgränser runt en värmepump (Zlotli & Nordman, 2012).

Följande förkortningar har använts i figur 5:

$E_{s\_fan/pump}$ =	Energi som används för driva fläkt eller pump som cirkulerar köldmedium
$E_{HW\_hp}$ =	Energi för att driva själva värmepumpen
$E_{HW\_bu}$ =	Energi som används för att driva eventuell spetsvärme
$E_{bt\_pump}$ =	Energi för att driva pump som cirkulerar media som absorberar omgivande energi (inte relevant för alla värmepumpar)
$E_{B\_fan/pump}$ =	Energi som används av fläkt eller pump för att distribuera energin till slutanvändaren





$Q_{H\_hp}$ =	Värme som levereras från värmekällan via värmepumpen
$Q_{W\_hp}$ =	Värme som fås från den mekaniska energin som används för att driva värmepumpen (inte relevant för alla värmepumpar)
$Q_{HW\_bu}$ =	Värme som levereras från spetsvärmare (inte relevant för alla värmepumpar)

Syftet med detta forskningsprojekt är att utvärdera systemet i sin helhet och därför inkluderas spetsvärme från t.ex. elpanna. Systemet kan då jämföras med andra värmekällor som t.ex. den fjärrvärme som föreningen hade tidigare.

Optimalt skulle vara att utvärdera värmepumpssystemet med systemgränsen H3, d.v.s. med spetsvärme som krävs för att klara leveransen av värme men utan distributionspumpar ut till fastigheten. Eftersom elmätarna för värmepumparna är monterade så att de även mäter distributionspumparna ( $E_{B\_fan/pump}$ ) går det inte att bryta ut denna energi. Därför har systemgränsen SEPEMO-H4 använts men utan VVC-pumpen.

I systemgränsen SEPEMO-H4 ingår el till värmepump, pumpar för att tillgängliggöra värmekälla, tillsatsel samt distributionspumpar i värmesystemet.

$$SPF_{H4} = \frac{Q_{H\_hp} + Q_{W\_hp} + Q_{HW\_bu}}{E_{S\_fan/pump} + E_{HW\_hp} + E_{HW\_bu} + E_{B\_fan/pump}} \quad (\text{ekv. 1})$$

Parallellt med utvärderingen av systemgränsen SEPEMO-H4 har SPF även beräknats för systemgränserna SEPEMO-H1 och H2.  $SPF_{H1}$  har främst beräknats för att kunna användas i jämförelser mot andra värmepumpar som enbart redovisar SPF för värmepumpen i sig utan spetsvärme och pumpar.

$$SPF_{H1} = \frac{Q_{H\_hp} + Q_{W\_hp}}{E_{HW\_hp} + E_{B\_fan/pump}} \quad (\text{ekv. 2})$$

$$SPF_{H2} = \frac{Q_{H\_hp} + Q_{W\_hp}}{E_{S\_fan/pump} + E_{HW\_hp} + E_{B\_fan/pump}} \quad (\text{ekv. 3})$$



Egentligen ska inte  $E_{B\_fan/pump}$  ingå i systemgränserna H2 och H1 men då det inte går att bryta ut elenergin till distributionspumparna har denna energi tagits med för att göra beräkningen möjlig. Att använda märkeffekter för att räkna bort energin skulle inte gett ett tillförlitligt resultat så istället har varianter på H1 och H2 använts.

För beräkningar av effektivitet under kortare perioder än ett år används COP (coefficient of performance). I projektet beräknas månadsmedel av COP med hjälp av samma systemgränser som används för beräkningarna av SPF. COP beräknas på samma sätt som SPF men med momentana värden.



## 4 Metod - fältmätning

För att få fram de data som behövs för utvärderingen av systemet gjordes mätningar i fält under drygt ett år.

Mätningarna har i första hand utgått från de mätare som redan fanns installerade i systemet vid projektets start. Vid projektstart gjordes en översyn över vilken komplettering av mätpunkter som behövdes och nya mätare installerades utifrån detta. I bilaga 1 finns en beteckning över systemets samtliga mätpunkter. Eftersom vissa mätare installerades efter projektstart så finns inte fullständiga mätdata över hela systemet förrän i november 2014. I bilaga 2 redovisas vilka mätare som lagts till i efterhand.

### 4.1 Värme

Både levererad värme från värmepumpen och värme som levereras från borrhål och solvärme har mätts. Mätpunkterna presenteras i tabellen nedan.

Tabell 2. Mätpunkter för mätning av värme

Mätpunkt	Förklaring
$Q_{kond1}$	Levererad värme kondensering värmepump 1
$Q_{hg1}$	Värme från hetgasväxlare värmepump 1
$Q_{kond2}$	Levererad värme från kondensering värmepump 2
$Q_{hg2}$	Värme från hetgasväxlare värmepump 2
$Q_{hp1}$	Levererad värme från värmepump 3
$Q_{kbvp1}$	Värme inlevererad till värmepump 1
$Q_{kbvp2}$	Värme inlevererad till värmepump 2
$Q_{PVT}$	Tillverkad värme i solhybrid

### 4.2 El till systemet

För att utvärdera energieffektivitet behövs kännedom om total el för att driva systemet. I detta fall utgörs den av el till värmepumpar, el till panna, el till elpatron i tanken Ack1 och el till cirkulationspumpar på kalla sidan av värmepumpen, vilka gör värmekällan tillgänglig för systemet. Samtliga mätpunkter för el presenteras i tabell 3.



Tabell 3. Mätpunkter för elmätning

Mätpunkt	Förklaring
E <sub>hp1</sub>	El till värmepump 1 inkl. cirkulationspumpar
E <sub>hp2</sub>	El till värmepump 2 inkl. cirkulationspumpar
E <sub>hp3</sub>	El till värmepump 3 inkl. cirkulationspumpar
E <sub>ump</sub>	El till stora köldbärarpumpen
E <sub>solpump</sub>	El till solhybridens köldbärarpump
E <sub>panna</sub>	El spetsvärmning med el
E <sub>aux</sub>	El till ack 1. Spetsvärme tappvarmvatten
E <sub>PVT</sub>	El tillverkad av solhybriden

Total el till värmepumpar mäts med elmätare i värmepumpen vilket innebär att även cirkulationspumpar ingår i mätningen. Värmepump 1 och 2 har tre pumpar; en pump för köldbärare, en för hetgaskrets och en för radiatorkrets.

### 4.3 Osäkerheter

Mätarna som använts för projektet är främst de befintliga mätare som installerats av Efvab. Över värmepump 1 och 2 har energibalanser per månad gjorts som en kontroll av att mätningen ger rimliga värden. Felmarginal på energibalanserna har varit 0-2 % av den total avgivna värmen från värmepumparna. Mätningarna över värmepumparna kan därför anses tillförlitliga.



## 5 Metod - kostnadsberäkningar

Den nya systemlösningens kostnadseffektivitet beräknas genom att jämföra dess livscykelkostnader med fjärrvärmens. I Vårlöken görs nu uppföljande åtgärder för att förbättra den termiska komforten. Radiatorerna i samtliga lägenheter kommer att bytas ut. Men detta tar inte beräkningarna hänsyn till. Inte heller andra ändringar i distributionssystemet tas med.

Installationen av solhybrid-bergvärmepumpssystemet innebär en stor initial kostnad. För att kunna jämföra dess kostnad med att behålla fjärrvärme som fanns installerad innan användes LCC-beräkningar. LCC står för "Life cycle cost" eller livscykelkostnad och är ett mått på hur mycket installationen kostar totalt under en viss period. Livscykelkostnaden tar hänsyn till alla kostnader som uppkommer i en installations tekniska liv. I detta projekt har nuvärdemetoden använts.

$$LCC_{total} = C_{investering} + C_{energi} + C_{underhåll} - C_{restvärde}$$

Nuvärde underhållskostnader:

$$C_{underhåll} = a_{underhåll} \cdot \frac{1 - (1 + i)^{-n}}{i}$$

Nuvärde av energikostnad:

$$C_{energi} = Q \cdot \frac{1 - \left(\frac{1+q}{1+i}\right)^n}{\frac{1+i}{1+q} - 1}$$

Nuvärde av restvärde:

$$C_{restvärde} = c_{restvärde} \cdot (1 + i)^{-n}$$

Där :

$C_{investering}$  = Investeringens initiala kostnad [kr]

$a_{underhåll}$  = Årlig underhållskostnad [kr/år]

$Q$  = Årligt energibehov [kWh/år]

$e_{energi}$  = Dagens energipris [kr/kWh]

$C_{restvärde}$  = Investeringens värde vid kalkylperiodens slut [kr]

$n$  = Kalkylperiod [år]

$i$  = Real kalkylränta [%]

$q$  = Real årlig energiprisökning [%]



LCC-beräkningarna har gjorts med automatisk återinvestering av utrustning.

I beräkningar av LCC i detta projekt har främst tekniska livslängder enligt standard SS-EN 15459:2007 Byggnaders energiprestanda (Swedish Standard Institute, 2007) använts. Undantag har gjorts för solhybriden eftersom den tekniska livslängden på solfångare och solceller har förbättrats markant under de senaste åren och standarden från 2007 är därför inte aktuell. Istället har livslängden uppskattats med hjälp av garantitider för solhybrider.

Eftersom det är svårt att säga om energiprisernas utveckling i framtiden är en LCC-beräkning alltid osäker. För att inte ge något energislag fördel i beräkningarna i detta projekt har energiprisökningen satts till samma på både fjärrvärme och el.

Beroende på energiprisökningen kommer livscykelkostnaden ändras. LCC-kostnader har beräknats för tre olika energiprisökningar för att visa på tre olika scenarion. Kalkylperioden har satts till 30 år vilket är i enlighet med EU-kommissionens direktiv om byggnaders energiprestanda (Europaparlamentet och europeiska unionens råd, 2010).

Tabell 4. Underlag för beräkningar i de tre scenarion som använts.

	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3
Kalkylränta (exkl. inflation) [%]	5	5	5
Energiprisökning, el [%]	1	3	5
Energiprisökning, fjärrvärme [%]	1	3	5
Kalkylperiod [år]	30	30	30

### 5.1 Investeringskostnader

LCC beräkningar har gjorts för att jämföra skillnaden i kostnad för att installera det nya solhybrid-bergvärmesystemet mot att behålla fjärrvärmen. Inga jämförelser vad det skulle kosta att installera de olika systemen i en nybyggd bostadsrättsförening har gjorts.

Det kostar ingenting att behålla fjärrvärmen och eventuella reparationer på systemet i framtiden skulle bekostas av fjärrvärmebolaget.

Kostnader för solhybrid-bergvärmesystemet har hämtats från Efvab. I beräkningar separeras kostnaderna så att det går att ta hänsyn till de olika delarnas olika tekniska livslängder.





Tabell 5. Livslängder för de olika komponenterna i solhybrid-bergvärmesystemet

	Livslängd medel (år)	Källa
Luftvärmare/kylare etc.	17,5	standard SS-EN 15459 2007
AC	15	standard SS-EN 15459 2007
Fläktar	17,5	standard SS-EN 15459 2007
Radiatorer, vattenburet	35	standard SS-EN 15459 2007
Termostater radiatorer	15	standard SS-EN 15459 2007
Ack tank vatten	20	standard SS-EN 15459 2007
Värmepump	17	standard SS-EN 15459 2007
Solceller	25	Jämförelse med garantitider
Solfångare	25	Jämförelse med garantitider
Pumps - cirkulation	15	standard SS-EN 15459 2007
Pumps - reglerade	12,5	standard SS-EN 15459 2007

I rapporten presenteras inte investeringskostnaderna i detalj utan på aggregerad nivå.

Tabell 6. Investeringskostnader för solhybrid-bergvärmepumpssystemet. Kostnaderna redovisas exkl. moms.

	Kostnad (kk.)	
Solhybrider	2 000	
Värmepumpar, cirkulationspumpar, ack. tankar, borrhål m.m.	2 258	inkl. kostnad för markarbeten och schaktning
Summa	4 258	

## 5.2 Energipriser

Föreningen betalar ett abonnemang med fast elpris till år 2017 och betalar 38,3 öre/kWh. I de scenarion som presenteras antas elpriset var rörligt under hela kalkylperioden. Överskottet av solel säljs till elnätet till pris som är 2,9 öre lägre än spotpriset enligt Nordpols elhandel. Medelspotpris för el har under 2015 varit 29 öre/kWh vilket har använts i beräkningarna.

För beräkningar av fjärrvärmepriset har priser från fakturor till Vårlöken 2012/2013 använts. Från mängden köpt värme och total kostnad har ett energipris per MWh beräknats. Vårlöken har egentligen ett abonnemang som





även baseras på energi, flöde samt effekttaxa men den förenkling som gjorts för beräkningarna anses ge ett tillräckligt bra värde för kostnadsberäkningarna.

Tabell 7. Vårlokens energikostnader

<b>Fjärrvärme</b>		
Abonnemangstaxa	1147	kr/år
Energipris	330	kr/MWh
Flödeskostnad	1,9	kr/m <sup>3</sup>
Effekttaxa	463	kr/kW

<b>EI</b>		
Abonnemangstaxa	6000	kr/år
Energipris - köpt el	383	kr/MWh
Energipris -såld el	269	kr/MWh



## 6 Metod - mjuka faktorer

Mjuka faktorer, såsom synen på gemensamt ägande i bostadsrättsföreningar, utreds med syfte att identifiera hinder och möjligheter för en bred implementering av liknande koncept. Detta utgör grund för upphandlingstips för t.ex. bostadsrättsföreningar.

De boendes syn på gemensamt ägande fångades genom en enkät som skickades ut till samtliga lägenheter i området. Målet med enkäten var att få överblick av de boendes åsikter, positiva eller negativa. Enkätfrågorna presenteras i sin helhet i bilaga 3.

För mer konkreta tips inför upphandling så genomfördes intervjuer med bostadsrättsföreningens ordförande och vice ordförande. I intervjun ställdes även frågor kring hur processen innan installationen hade gått till, och vad det var som gjorde att föreningen valde att koppla bort sig från fjärrvärmens och välja ett helt fristående värmesystem.

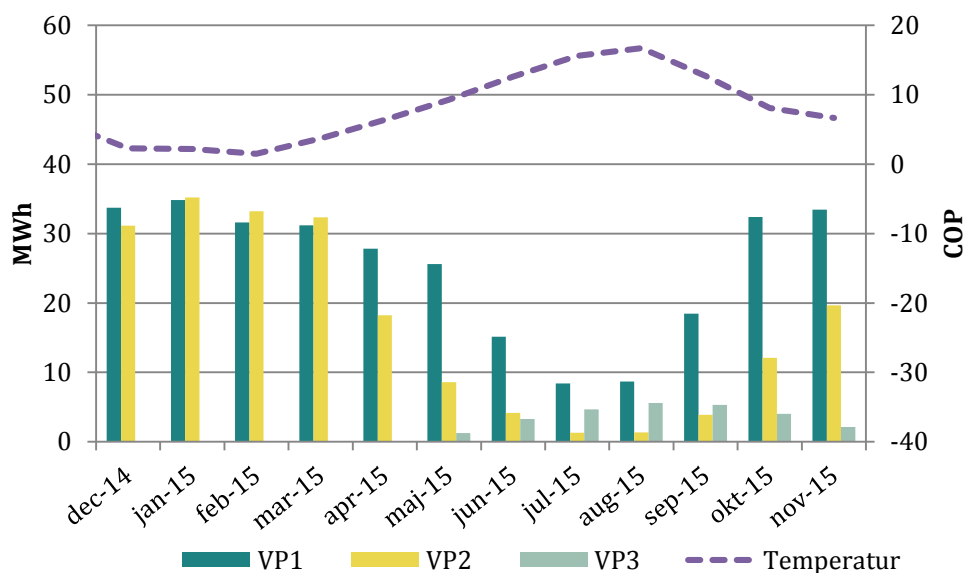


## 7 Resultat - fältmätningar

Målet med mätningarna är att få fram underlag för utvärdering av systemet under ett helt år. Resultaten presenteras därför främst på månads och årsbasis.

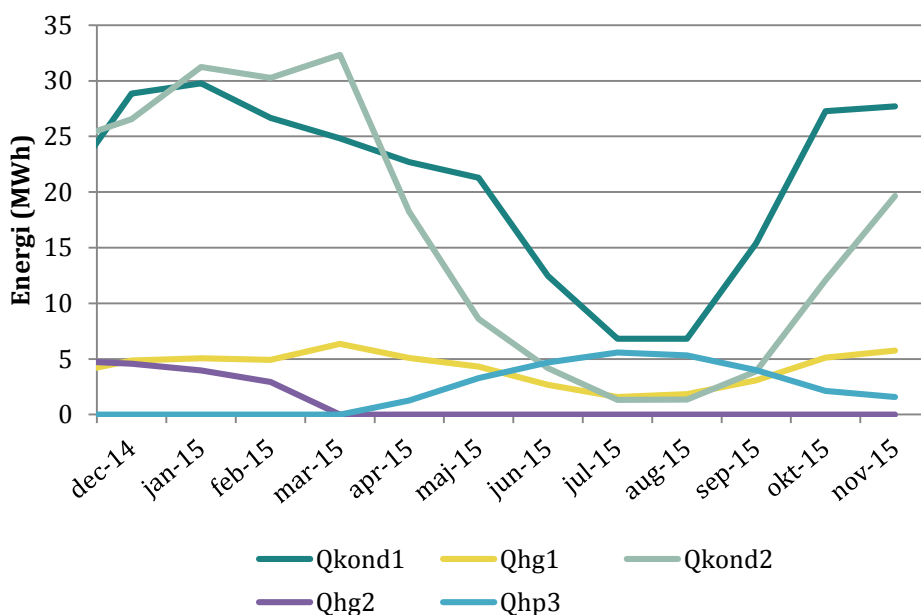
### 7.1 Levererad värme från värmepumpar

I systemet finns idag totalt tre värmepumpar. I figuren nedan presenteras hur mycket värme var och en av dem producerat per månad under ett år. Värmepump 3 (VP3) används enbart för att producera tappvarmvatten främst när det inte finns tillräckligt med hetgas att tillgå under sommarmånaderna när värmepump 1 och 2 (VP1 och VP2) producerar mycket lite värme. VP3 avlastar även VP1 under vintermånaderna när varmvatten störtlappas. I figuren presenteras även månadsmedelvärden för utomhustemperaturen.



Figur 6. Värme levererad från värmepumparna. Värmepump 3 (VP3) installerades i maj 2015. Temperaturen är månadsmedelvärden av utomhustemperaturen.

Energien som levereras från värmepumparna har mätts uppdelat på hetgas och kondenseringsvärme. I figuren nedan presenteras hur värmen fördelas på hetgas och kondenseringsvärme över året.



Qkond1= Kondenseringsenergi VP 1  
 Qhg1 = Energi från hetgaser VP1  
 Qkond2= Kondenseringsenergi VP 2  
 Qhg2 = Energi från hetgaser VP2  
 Qhp1= Värme från VP3 (enbart kondenseringsenergi)

Figur 7. Levererad värme från värmepumparna uppdelat på hetgas och kondenseringsenergi om möjligt.

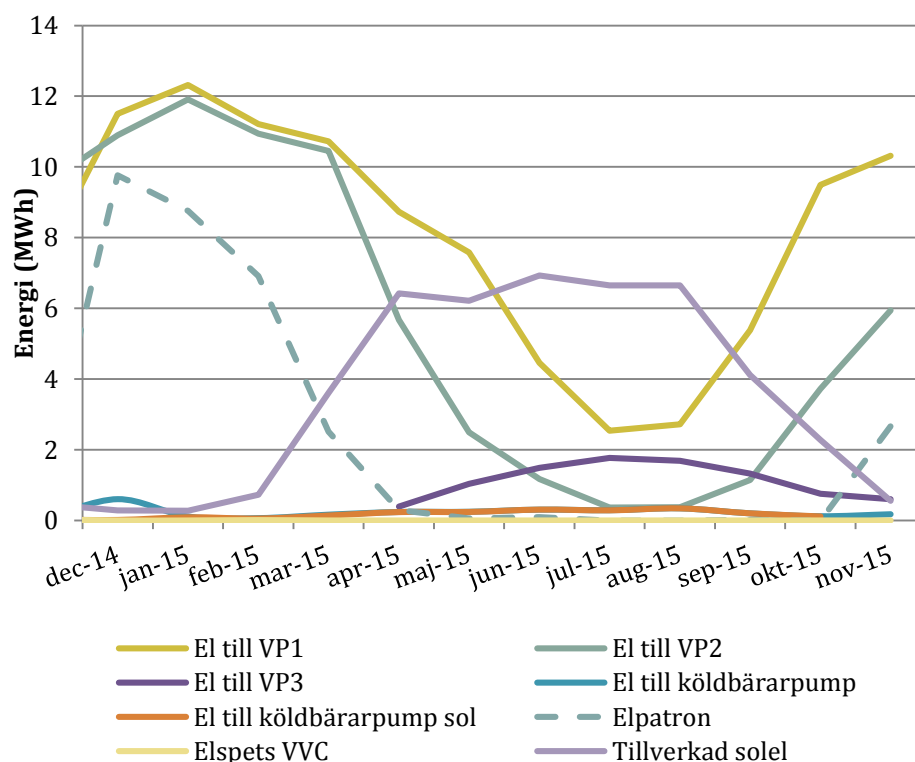
När värmepump 3 installerades i mars kopplades hetgasväxlaren i värmepump 2 bort, vilket syns tydligt i resultaten i figuren ovan. Efter förändringarna i systemet levererar värmepump 1 den största mängden värme med uppbackning av värmepump 2.

## 7.2 Använd el för att driva systemet

Elen till systemet har mätts i flera mätpunkter. I figur 8 syns tydligt att det fanns ett stort behov av spetsvärme under vintern 2014/2015. Behovet av spetsvärme för att klara värmeförsörjningen beror delvis på att systemet prioriterade att leverera värme för tillverkning av tappvarmvatten under störttappningar. Det var



denna insikt som ledde fram till beslutet att installera en tredje värmepump enbart för tappvarmvatten.

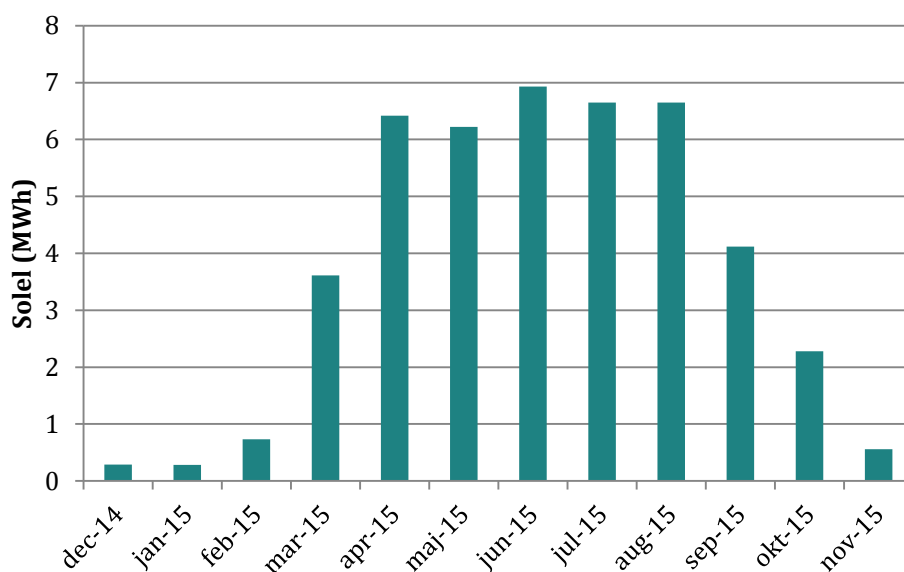


Figur 8. Systemets elbehov uppdelat på enheter.

Under hösten 2015, efter det att den tredje värmepumpen installerats, finns ett litet behov av spetsvärme vilket vid närmare undersökning visar sig bero på köldknäpp i november (-10 °C) vilket är enda tillfället då pannan gått igång under denna period. Även detta diskuteras längre fram i resultatet.

### 7.3 Solvärme och solet

Beräknad årsproduktion av solet vid projektering av anläggningen var 50 MWh solet. Utvärderingen visar att solhybriderna har levererat 45 MWh el, vilket nästan motsvarar förväntningarna. I figur 9 presenteras tillverkad solet per månad under perioden december 2014 till november 2015.



Figur 9. Tillverkad solel.

Som en jämförelse så är mängden solel som tillverkas av systemet 22 % av det totala elbehovet för att driva värmepumpar inklusive köldbärarpumpar. Dock så sammanfaller inte elbehovet alltid med tillverkningen av el. Under sommarmånaderna så finns ett överskott av solel som säljs till nätet.

Tabell 8. Solel i jämförelse med det totala elbehovet i systemet

	Energi (MWh)	Kommentar
E tot	207	
E PVT	45	22 % av E tot

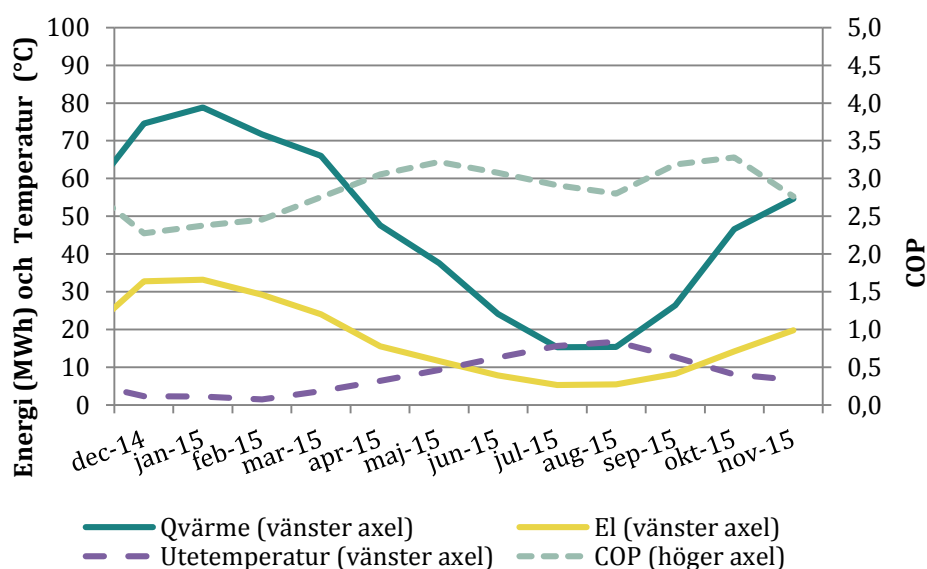
Analys av mätdata för solvärme visar på orimligt hög produktion av solvärme. Resultaten är inte tillförlitliga och redovisas därför inte i rapporten. Vad felet beror på är oklart, men det verkar uppkomma i januari 2015. Eftersom beräkning av SPF för systemet inte tar hänsyn till värmekällan påverkas inte utvärderingen av systemet i övrigt av att data för solvärme saknas. Dessutom mäts totalen värme in till värmepumpar (solvärme + värme från borrhåll) med egna mätare.





## 7.4 Energieffektivitet

För att bestämma systemets effektivitet så har värmepumparnas SPF och COP beräknats. I diagrammet presenteras den värme som levereras ut från värmepumparna tillsammans med det totala elbehovet i systemet inklusive el till spetsvärme (systemgräns H4). Resultat för beräkningar av COP presenteras också i diagrammet.

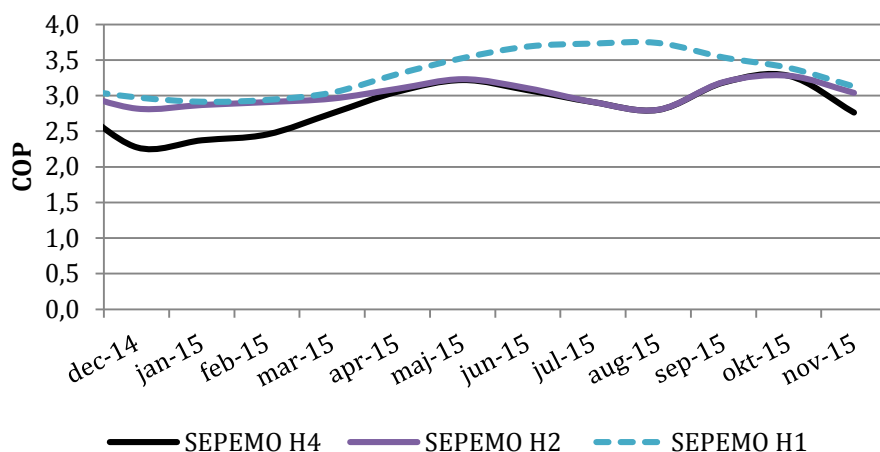


Figur 10. Månadsmedelvärden COP (systemgräns H4), värme från värmepump el till systemet.

I figur 10 syns att effektiviteten i systemet är högst under sen vår och under vinter. Under vintern sänker behovet av spetsvärme COP och under sommarmånaderna så är värmebehovet litet samtidigt som förlusterna är stora och pumpenergin till solkretsen ökar.

Som tidigare beskrivits så får COP få olika resultat beroende på vilken systemgräns som används. I figuren nedan så presenteras COP H4 tillsammans med COP för systemgränserna H1 och H2.





Figur 11. COP beräknat med olika systemgränser.

I figuren syns tydligt skillnaden mellan systemgränserna. H4 som tar hänsyn till eventuell spetsvärme sjunker tydligt i förhållande till H2 så fort det finns ett behov av extra värme från elpannan.

För systemgränsen H1 så räknas varken spetsvärme eller el till cirkulationspumpar i köldbärarkretsar. Det ökade COP för H1 under sommaren beror på att cirkulationspumparna för brine utgör en stor andel av elbehovet, räknas denna el bort så ökar effektiviteten.

COP där eventuellt bidrag från solex har räknats bort har inte beräknats. Solelens bidrag används däremot som parameter vid beräkning av kostnadseffektiviteten.

Årseffektiviteten (SPF) för systemet har beräknats för systemet under perioden december 2014 till november 2015 och presenteras i tabell 9.

Tabell 9. SPF för de olika systemgränserna under december 2014 till november 2015.

	H1	H2	H4
SPF	3,1	3,0	2,7

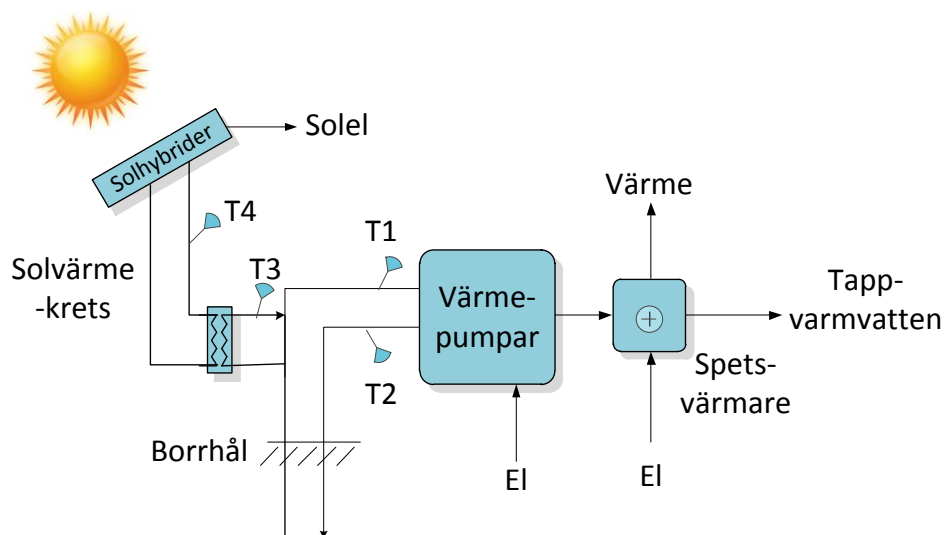
Vid projektering så angavs en årsvärmefaktor på 3,1 för värmepumparna vid 0 °C på kalla sidan och 45 °C på varma sidan vilket stämmer med de uppmätta värdena. SPF för hela systemet (H4) ligger under 3 vilket förklaras av behovet av



spetsvärme för att klara värmeförsörjningen. Bostadsrättsföreningen består av flera huskroppar och värmen leds genom kulvertar mellan husen. Då husen är byggda 1959 är isoleringen i dessa kulvertar ganska dålig och troligen förloras en hel del värme vid distribution.

### 7.5 Köldbärarkretsar och borrhål

I mars 2015 gjordes förändringar i hur solvärmen kopplades till värmepumpens köldbärarkrets. I figuren syns hur systemet är kopplat idag, tidigare var solvärmen kopplat till returen från värmepumpen och gick direkt ner i borrhålet. I figuren syns också de temperaturgivare som använts vid utvärdering av temperaturer i systemet.



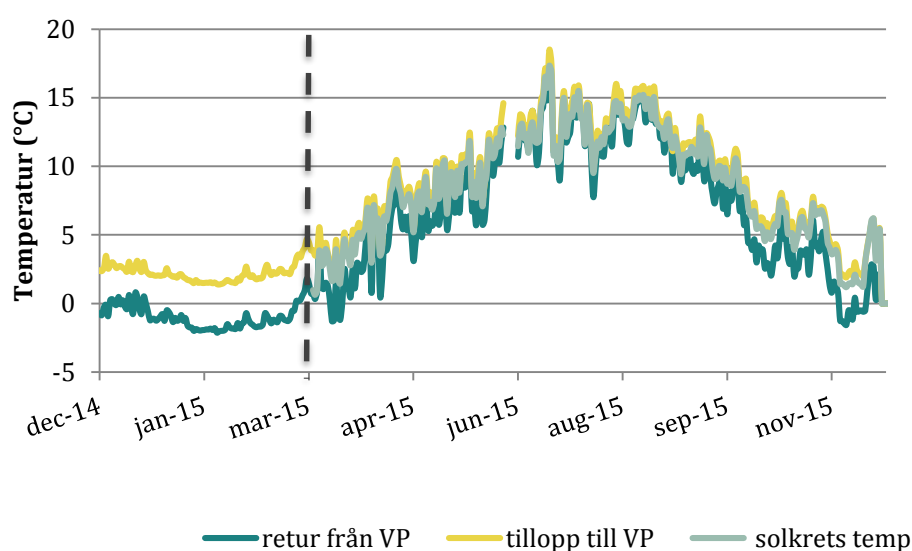
- T1 – Temperatur tilllopp värmepumpar
- T2 – Temperatur retur värmepumpar
- T3 – Temperatur solvärmekrets efter värmeväxlaren
- T4 – Temperatur på solvärmen in i värmeväxlaren

Figur 12. Schematisk skiss av systemet med de temperaturgivare som använts i utvärderingen av temperaturer i köldbärarkretsar.

I figuren nedan syns tydligt hur temperaturen in till värmepumparna ökar kraftigt med den nya styrningen. Innan förändringen låg temperaturen på en relativt konstant nivå med små svängningar men efter omkopplingen ändras detta och temperaturen på brinen varierar betydligt mer.



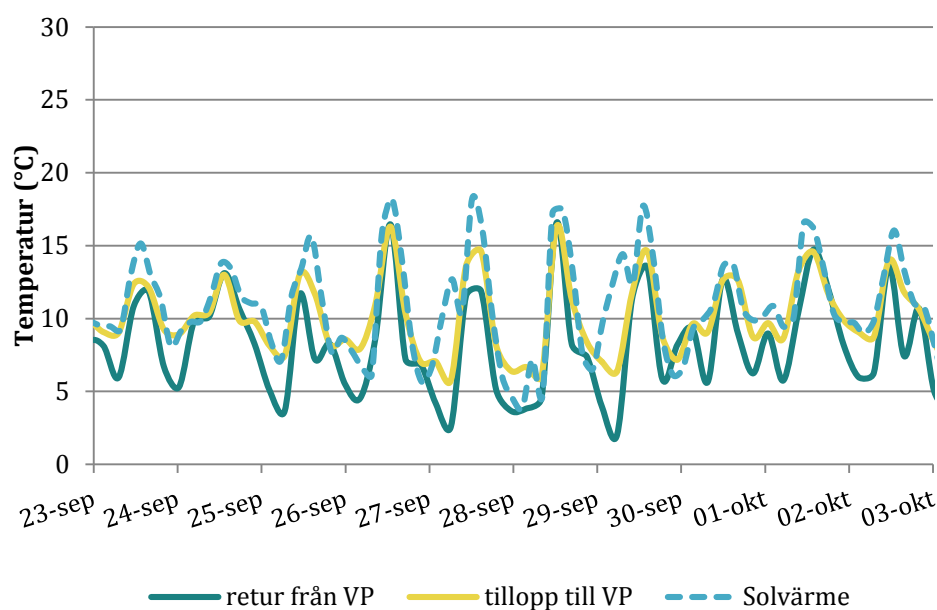
En generell tumregel är att bergets medeltemperatur är lika med årsmedeltemperaturen på orten. För Kungälv ligger årsmedeltemperaturen på ungefär 7 °C.



Figur 13. Temperatur i brinekretsen in till värmepumparna, dygnsmedel. Den streckade linjen markerar tidpunkten då solvärmerna kopplades om.

Utan kopplingen av solvärme direkt in till värmepumparna skulle inte temperaturen på brinen in till värmepumpen kunna komma upp till de höga dygnsmedeltemperaturerna på uppåt 18 °C under sommaren. Även under augusti och september så får brinekretsen ett påtagligt tillskott av värme från solhybriderna.

Innan omkopplingen ligger temperaturerna på både tilloppet och returen på relativt konstanta temperaturer. Efter att systemet kopplats om så varierar temperaturerna i köldbärarkretsen kraftigt. Under ett dygn i september så är temperaturskillnaden på inkommande brinetemperatur ca 10 °C mellan dag och natt eftersom det brinekretsen inte får något tillskott av solvärme under natten.

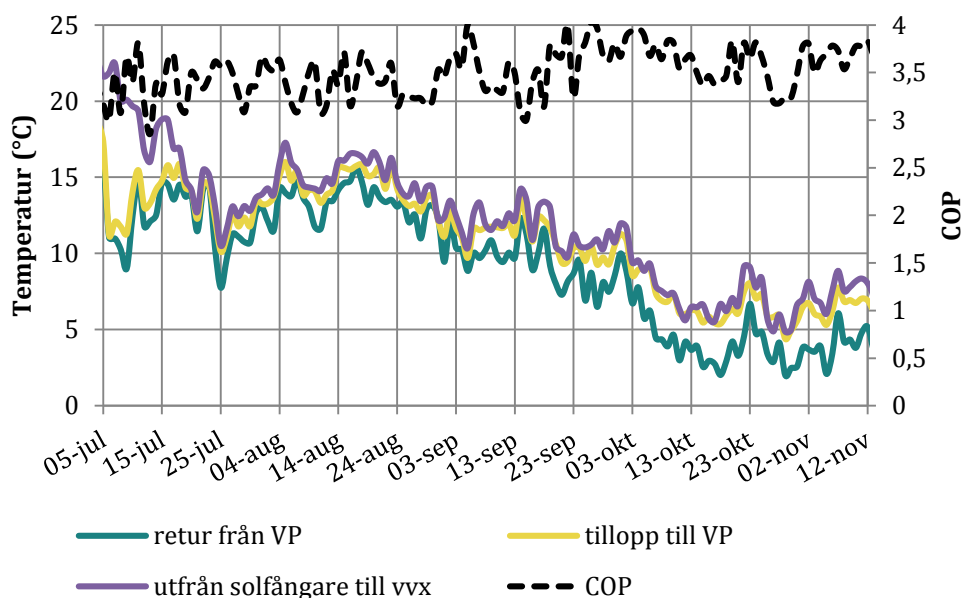


Figur 14. Temperaturlinor i solvärmen samt i brinekretsen till och från värmepumparna under hösten 2015.

Under perioden i september som visas i figuren ovan finns ett värmebehov och den högre temperaturen under perioden skulle kunna antas ge ett högre COP för värmepumparna. Eftersom den högsta upplösningen för mätningar av energi är på dygnsbasis så går det inte att göra någon mer detaljerad analys av hur COP varierar under dagen.

En analys av dygnsmedelvärden i förhållande till brinetemperaturer visar inget självklart samband mellan höjda brinetemperaturer och höjt COP under stora delar av året, se figur 15. Under tidig höst verkar det snarare som att verkningsgraden stiger när brinetemperaturen sjunker. Detta kan förklaras med att en lägre brinetemperatur beror på sämre väder som både leder till lägre produktion av solvärme samtidigt som byggnadens värmebehov ökar. Systemets effektivitet ökar då förluster och pumpdrifter inte längre utgör en oproportionerlig del av energin i systemet.

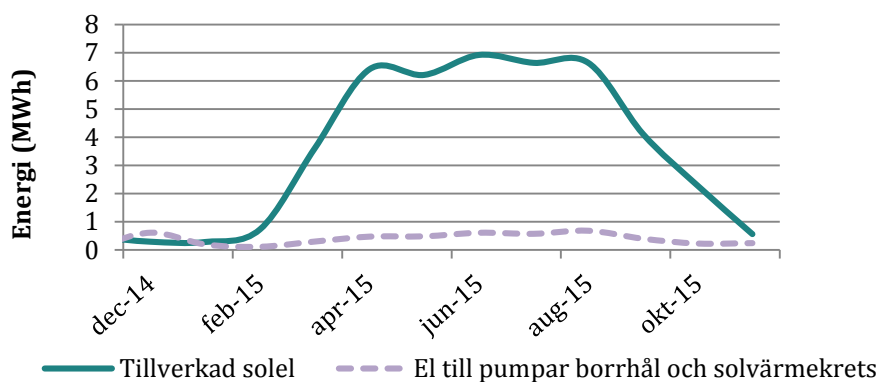
Under hösten när värmesäsongen börjat ordentligt kan ett positivt samband mellan höjda brinetemperaturer och ökad effektivitet urskiljas. Tydligast syns detta i slutet av oktober där COP sjunker från ca 3,7 till 3,2 när brinetemperaturen sjunker från 10 °C till 5 °C.



Figur 15. Temperaturer i brinekrets, solhybrid och COP. COP är beräknat med systemgränsen SEPOMO- H1.

Det finns ingen mätare som visar vilken temperatur som köldbäraren håller upp från borrhålet innan den går igenom solvärmväxlaren. Under vintern när solhybriderna inte ger något tillskott av värme så bör temperaturen upp från borrhålet vara samma som den temperaturen som tilloppet till värmepumparna har (2-3 °C). Det går inte att se att temperaturen i borrhålet skulle ha stigit någonting p.g.a. nerladdning av värme under sommarmånaderna. I början på november ger solhybriden inte något tillskott av värme och temperaturen in till värmepumpen sjunker då till 2 °C vilket är samma temperatur som borrhålet höll under vintern 2014/2015. Antagandet att borrhålen är placerade med för stort avstånd för att fungera som ett lager verkar således stämma.

En frågeställning kring att använda solvärme för återladdning är om det går åt mer energi åt att föra ner solenergin i borrhål jämfört med hur mycket sol som fås ut. I diagrammet nedan redovisas den sol som systemet levererar tillsammans med den el som krävs för pumparbete till brinekretsarna borrhålet samt i solhybriden.

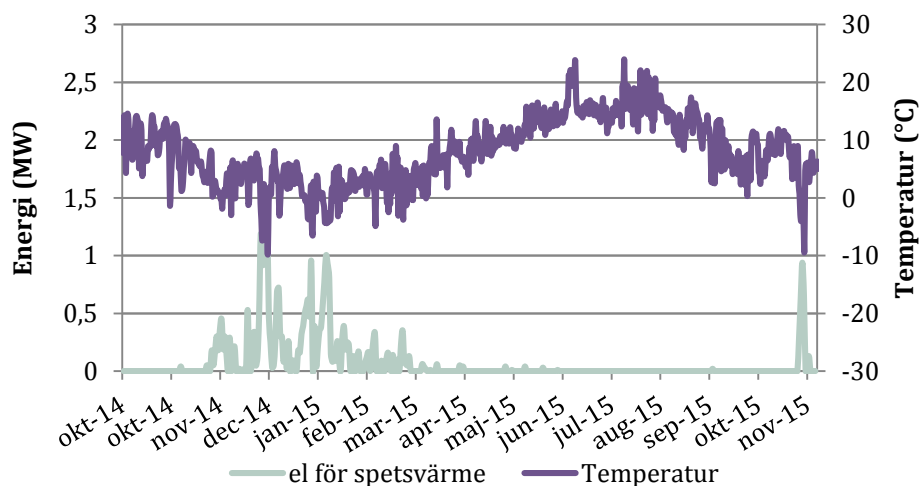


Figur 16. Tillverkad soles jämfört med den el som används av köldbärarpumpar i borrhålet och solkretsen.

### 7.6 Idealt system

Under projektets gång har förändringar gjorts för att optimera systemet. Detta har gett tillfälle att i fält se om förändringarna leder till ett system som är närmare det ideala jämfört med den ursprungliga installationen.

Analyseras den el som används för spetsvärme så har användningen av denna ändrats under året, resultatet visas i figur 15.



Figur 17. Behovet av spetsvärme tillsammans med utomhustemperaturen under 2014 och 2015.





Under vintern 2014/2015 så gick spetsvärmen i gång regelbundet under hela uppvärmningssäsongen. Under hösten 2015 har spetsvärmen slagit till vid ett enda tillfälle och det var under en köldknäpp i november när temperaturen gick ner mot -10 °C. Inte heller när temperaturen har legat runt +5 °C så har värmen gått i gång vilken den gjorde under vintern 2014. Tanken med att installera värmepump 3 var att undvika spetsvärme vid störttappningar. Utifrån resultatet som presenteras i figur 15 så verkar det som om detta har åstadkommit.

Installationen av den tredje värmepumpen har gjort att effektiviteten på värmepump 2 har ökat då den inte längre går i on-off läge lika mycket under sommarmånaderna.

Tabell 10. Jämförelse SPF för 2014 och 2015. Systemgräns H1

SPF (SEPEMO H1)	2014	2015
VP1	3,3	3,2
VP2	3,0	3,3
VP3	-	3,0

Förändringen av kopplingen av solvärme till köldbärarkretsen gör också att systemet blir bättre då eftersom värmen höjs på värmepumpens tillopp. I ett förbättrat system skulle värmen kunna lagras på ett effektivt sätt och ge ett bidrag även under vintermånaderna. Ett  $SPF_{H1}$  på 3,5 skulle minska elbehovet med 20 % per år.

$$COP_{H1} = \frac{Q}{E} \quad \rightarrow \quad E_{H1} = \frac{559}{3,5} = 160 \text{ MWh}$$

Ett förbättrat system skulle inte heller kräva tillsats av spetsvärme och övrig el förutom den till värmepumparna och den el som köldbärarpumparna drar (5 MWh/år).

$$\Delta E = 207 - (160 + 5) = 42 \text{ MWh/år}$$

42 MWh är i sin tur ca 20 % av de 207 MWh som köpts in under det senaste året.





## 8 Resultat - kostnadsberäkningar

För att förenkla beräkningar har Vårlokens rörliga kostnad för fjärrvärme beräknats om så att den enbart är beroende av mängden inköpt energi. Priser för el och fjärrvärme har erhållits från Vårlokens kassör. Den kostnad som beräknats per MWh stämmer även bra överens med den kostnad som anges av Nils Holgersson sammanställningen 2013, 863 kr/MWh (Nils Holgersson gruppen, 2014).

Tabell 11. Enerkipriser som använts i LCC-kalkylen

Enerkipriser		
Fjärrvärme - fast kostnad	1147	kr/år
Fjärrvärme - rörlig kostnad	885	kr/MWh
El- fast kostnad	8000	kr/år
Köpt el - rörlig kostnad	383	kr/MWh
Såld el - rörlig kostnad	269	kr/MWh

Mängden köpt fjärrvärme baseras på det behov av fjärrvärme som Vårloken hade under 2012/2103. Mängden köpt och såld el baseras på de mätningar som gjort under 2015. För att möjliggöra beräkningarna så har det antagits att all el som tillverkas säljs på nätet och att hela elbehovet som värmepumparna m.m. har täcks av köpt el.

Tabell 12. Energimängder per år som används i LCC-beräkningarna

Energislag	Mängd	
Köpt fjärrvärme	712	MWh
Köpt el	207	MWh
Såld el	45	MWh

I verkligheten så används ju solel där det finns ett behov av det i systemet, men för att kunna göra en beräkning för att räkna bort tillgodogörandet av solel skulle minutdata om elanvändningen behövas. Då den köpta elen är dyrare än vad den sålda elen är så leder förenklingen till att elkostnaden blir något högre i beräkningarna.



Tabell 13. Resultat för kostnadsberäkningar: ett lägre nuvärde innebär en bättre investering.

	<b>Scenario 1</b>	<b>Scenario 2</b>	<b>Scenario 3</b>
	Nuvärde (kk.)	Nuvärde (kk.)	Nuvärde (kk.)
Solhybrid-bergvärme	5 918	6 267	6 267
Fjärrvärme	10 676	13 873	12 136

Beräkningarna visar att för samtliga scenarion så är solhybrid-bergvärmepumpen det mer kostnadseffektiva alternativet. Vilket inte är förvånande då kostnaden för elen är betydligt lägre än för fjärrvärmens.

Bidraget för såld solel har ingen reell inverkan på resultatet för kostnadseffektiviteten.

Jämförs mängden fjärrvärme som köpts 2012/2013 med den mängd värme som levererats för värmepumpen 2014/2015 så är värmebehovet större under 2012/2013. 712 MWh jämfört med 559 MWh levererad värme 2014/2015. Mängden el som köpts för drift av värmepumpar under 2014/2015 kan därför antas vara något låg. En känslighetsanalys av LCC-beräkningen beroende på kostnaden har därför gjorts genom att jämföra nuvärdet för den elkostnad som används i LCC-kalkylen jämfört med det nuvärde som fås om elkostnaden skulle varit 3 ggr så hög. Resultatet visar att även om elbehovet skulle varit 3 ggr så stort så skulle nuvärdet för solvärme- bergvärmesystemet vara lägre än för fjärrvärme i samtliga scenarion.

Tabell 14. Känslighetsanalys elkostnad.

	<b>Scenario 1</b>
	Nuvärde (kk.)
El - ursprunglig kostnad	5 918
El – 3 ggr så hög	9 847



## 9 Resultat - mjuka faktorer

En av målsättningarna med arbetet har varit att analysera sociala faktorer så som bostadsrättsföreningens syn på gemensamt ägande av uppvärmningssystem. Hos bostadsrättsföreningen Vårlöken har en enkätstudie genomförts hos medlemmarna och en djupare intervju med styrelsen.

### 9.1 Vårlöken - Det goda exemplet

Genom intervjun med Gustav Hessfelt i Vårlokens styrelse så har bostadsrättsföreningen Vårlokens syn på arbetet med att installera solhybrid-bergvärmesystem inhämtats.

Gustav Hessfelt förklarar att arbetet med att byta uppvärmningssystem började när föreningen tröttnade på de höga uppvärmningskostnaderna. Styrelsen började då se över olika alternativ för att sänka kostnaderna på ett eller annat sätt. Från början var föreningen inne på att enbart installera en bergvärmepump. Styrelsen kontaktade företaget Peekab som utför borrhning för bl.a. bergvärme. Det var i sin tur Peekab som rekommenderade Vårlöken att ta kontakt Energiförbättring Väst.

Vårlöken har även tagit in konsulter som tittade på byggnadsskalet men dessa har konstaterat att det inte går att göra några åtgärder som skulle sänka energianvändningen drastiskt.

Det var sedan Energiförbättring Väst som föreslog att Vårlöken skulle satsa på kombinationen solhybrid och bergvärme. Gustav Hessfelt beskriver att styrelsen tyckte att det lät som en spännande lösning och att föreningen tillsammans bestämde sig för att installera systemet. Han säger också att han idag är glad över att föreningen vågade satsa, "det kunde ju gått fel men nu har det faktiskt blivit väldigt bra!".

Men vägen till färdig installation tog tid. Innan allt var på plats så hade styrelsen "enormt" mycket möten. För att förstå systemet och tekniken hade man många möten med Energiförbättring Väst. Gustav Hessfelt säger att ett av hindren för installationen var svårigheten att förstå tekniken, att det finns en tröskel att ta sig över innan man börjar se möjligheterna med systemet. Han säger vidare att han skulle behövt en solhybridguide för "dummies" när man startade igång det här projekt och han tror att det är fler än han som sitter i samma sits.



För att beslutet skulle kunna fattas var hela styrelsen tvungen att vara enig om beslutet. För att nå denna enighet träffades styrelsen och diskuterade tills dess att alla samtyckte. Föreningen åkte även på studiebesök till andra föreningar för att se på installationer av bergvärme. Av förklarliga skäl var det svårt att besöka solhybrider då dessa fortfarande är sällsynta på marknaden.

Kommunikationen med övriga boende i förningen skedde bland annat genom möten. Styrelsen fick bland annat i uppdrag att undersöka om fjärrvärmebolaget kunde sänka priset på fjärrvärmeleveransen för att på så sätt minska uppvärmningskostnaden utan att göra några åtgärder alls.

Gustav Hessfelt förklarar att installationen tog längre tid än planerat och att den fysiskt tog mer plats än vad man trott. En del utrustning fick därför placeras i den gemensamma tvättstugan. Det var också problematiskt med hål i asfalten och brunnblock som stod på sniskan i ett område där det finns mycket barnfamiljer.

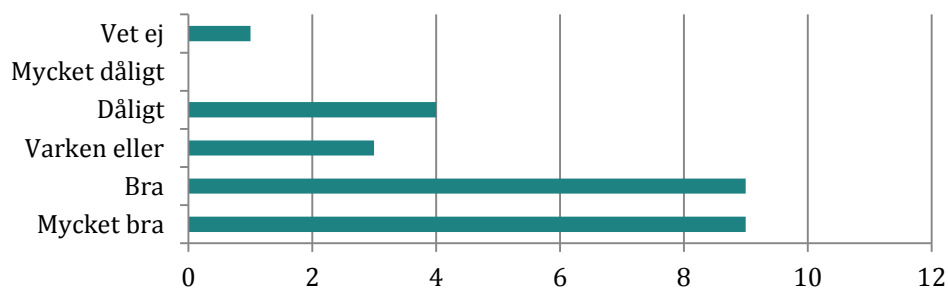
Gustav Hessfelt upplever att det inte var några problem alls med systemet när det väl hade installerats. Föreningen och Energiförbättring Väst insåg att radiatorerna i husen inte var dimensionerade för de temperaturer som solhybrid-bergvärmepumpen levererade vilket ledde till att de boende upplevde att det blev kallt under vintern. Åtgärden blev då att ersätta de gamla radiatorerna med nya som är dimensionerade för de lägre temperaturerna i det nya systemet.

## 9.2 Enkäter

En enkätundersökning genomfördes för att ta del av åsikter från hyresgäster som inte sitter i styrelsen. Enkäterna delades ut till samtliga hushåll i bostadsrättsföreningen under våren 2015. Under hösten 2015 skickades en påminnelse ut. Totalt har 24 av 70 hushåll svarat.



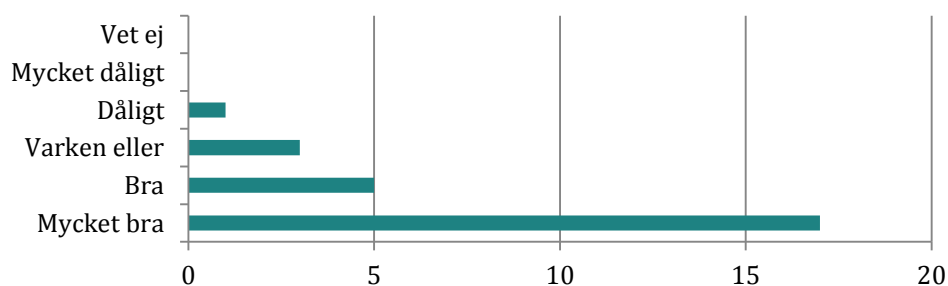
### Hur tycker du att uppvärmning i huset fungerar nu med solhybrid och bergvärme?



Figur 18. Resultat enkätfråga

Majoriteten av de boende anser att det nya uppvärmningssystemet fungerar tillfredsställande och majoriteten tycker att det är mycket positivt att föreningen själva äger systemet. Här redovisas endast svaren på vissa frågor, men resultatet från enkäten finns i sin helhet i bilaga 3.

### Hur ser du på att föreningen nu äger och ansvarar för sitt eget uppvärmningssystem?



Figur 19. Resultat enkätfråga

De som svarat på enkäten uppger att de är intresserade av föreningens arbete med energi. Denna grupp kan då tendera att vara mer positiva än genomsnittet av de som bor i föreningen.



### 9.3 Hinder och möjligheter med gemensamt ägande

Utifrån svaren i intervjuer och enkäter verkar föreningen ha en positiv syn på det gemensamma ägandet av uppvärmningssystemet. Skillnaden mot tidigare är att föreningen nu har en helhetssyn på sin uppvärmning och inte är lika beroende av en enda leverantör. Föreningen är fortfarande beroende av en elleverantör men kan välja att byta om den inte är nöjd. Värmepumpen kräver visserligen också service vilket för fjärrvärmeundercentralen ingick i fjärrvärmeabonnemanget. Föreningen upplever inte heller detta som ett problem eftersom de anser att det finns bra marknad av entreprenörer som kan hjälpa dem med service av värmepumpen.

### 9.4 Upphandling

För andra bostadsrättsföreningar som funderar på att byta uppvärmningssystem oavsett vilken typ det handlar om så ger Gustav Hessfelt i Vårlökens styrelse ett par konkreta tips:

- Åk på studiebesök till andra bostadsrättsföreningar som redan har installerat ett system. Åk flera gånger! Ställ frågor och ta vara på deras erfarenheter.
- Avsätt två personer i bostadsrättsföreningens styrelse som enbart jobbar med upphandling och installation. Det tar otroligt mycket tid och kraft att göra ett sådant här jobb.
- Ta in offerter från flera aktörer
- Få in tydliga tidsramar i kontraktet
- Tydliggör vem som tar eventuella oväntade extrakostnader, t.ex. extra grävning som behöver göras.





## 10 Slutsatser

Värmepumparnas SPF på systemnivån H1 är 3,1 vilket stämmer med det projekterade värdet. På systemnivå H4, dvs. över hela uppvärmningssystemet, så är SPF bara 2,7 vilket beror på att det finns ett behov av spetsvärme under vintermånaderna.

Det finns utvecklingspotential för systemlösningen gällande ökad effektivitet och minskade kostnader genom att lagra solvärme i berget och genom att ytterligare reducera elbehovet. Behovet av spetsvärme och därmed behovet av el har minskat genom installation av en värmepump för värmning av tappvarmvatten, på så vis klaras störttappningar vintertid bättre samtidigt som det ger effektivare värmning av varmvatten sommartid. Även efter ombyggnation av systemet under 2015 så har det under november och början av december krävts spetsvärme från elpannan vid tillfällig köldknäpp. Bostadsrättsföreningen består av flera huskroppar och värmen dras via kulvertar mellan dessa. Värmeförluster i kulvertar kan också bidra till behovet av spetsvärme under vintern.

Solvärmen ökar brinetemperaturen till värmepumparna i första hand och värmer berget i andra hand. För att få en bättre effektivitet skulle brinetemperaturen behöva ökas under den del av året då det finns värmebehov och inte bara under de perioder då det finns solvärme. Tanken var att borrhålen skulle fungera som lager för solvärmen men eftersom hålen är för glest placerade uppnås inte någon lagereffekt. I ett förbättrat system skulle värmen kunna lagras på ett effektivt sätt och ge ett bidrag även under vintermånaderna.

Solhybriderna har levererat 44 MWh solel per år att jämföra med projekterat värde som var 50 MWh. Sommaren 2015 var regnig vilket så klart påverkar resultatet.

På det hela taget så är bostadsrättsföreningen Vårlöken nöjd med sitt nya uppvärmningssystem. De tycker att det är positivt att äga sitt eget uppvärmningssystem. Framförallt säger de att det är bra att energikostnaderna har minskat. LCC-kalkylerna visar att investeringen är lönsam för de tre energiprisscenarion som har studerats.



## 11 Litteraturförteckning

- Europaparlamentet och europeiska unionens råd. (2010). *DIREKTIV 2010/31/EU om byggnaders energiprestanda*. Bryssel: EUROPAPARLAMENTET OCH EUROPEISKA UNIONENS RÅD.
- Kjellson, E. (2009). *Solar Collectors Combined with Ground-Source Heat Pumps in Dwellings. Analyses of System Performance*. Lund: Building Physics LTH.
- Nils Holgersson gruppen. (den 18 03 2014). *Fjärrvärme - Kommunvis*. Hämtat från <http://www.nilsholgersson.nu/rapporter/rapportarkiv/undersokning-2014/fjaerrvaerme/kommunvis-pris/> den 23 10 2015
- Swedish Standard Institute. (2007). *SS:EN 15459:2007 Byggnaders energiprestanda - Ekonomisk utvärdering av byggnaders energisystem*. Swedish Standard Institute.
- The European Commission. (2013). *COMMISSION DECISION - establishing the guidelines for Member States on calculating renewable energy from heat pumps from different heat pump technologies pursuant to Article 5 of Directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the Council*. Hämtat från Official Journal of the European Union: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32013D0114&from=EN> 2015
- Zlotl, A., & Nordman, R. (2012). *D4.2./D2.4 Concept for evaluation of SPF hydronic version 2.2*. Hämtat från <http://sepemo.ehpa.org/deliverables/wp4/> 2015



# Bilaga 1

## Sammanställning mätpunkter

Nummer	Beteckning	Kommentar
	Värme	
	Qkond1	Värmemängdsmätare VP1
	Qkond2	Värmemängdsmätare VP2
	Qhetgas1	Värmemängdsmätare VP1
	Qhetgas2	Värmemängdsmätare VP2
	Qhp3	Värmemängdsmätare VP3
	EI	
	E HP1	E HP, elmätare för VP 1, inklusive styr och 3 pumpar
	E HP2	E HP, elmätare för VP 2, inklusive styr och 3 pumpar
	E HP3	E HP, elmätare för VP3?
	E aux	Undermätare för elpatron i Ack 1
	E KB2-P1	Grundfos pump brinekrets
	E Sol2-P1	Grundfos pump solkrets
	E panna	1 st. mätare för elpanna, stegar in efter 1 h
	EPVT	EI från solhybrid, ingår ej i H3
	QPVT	Via Sol2-P1, ingår ej i H3
	Qkb vp1	Värme till vp1
	Qkb vp2	Värme till vp2



## Bilaga 2

### Kompletterande mätare

Sammanställning över de mätare som installerats för att komplettera de befintliga mätarna i systemet.

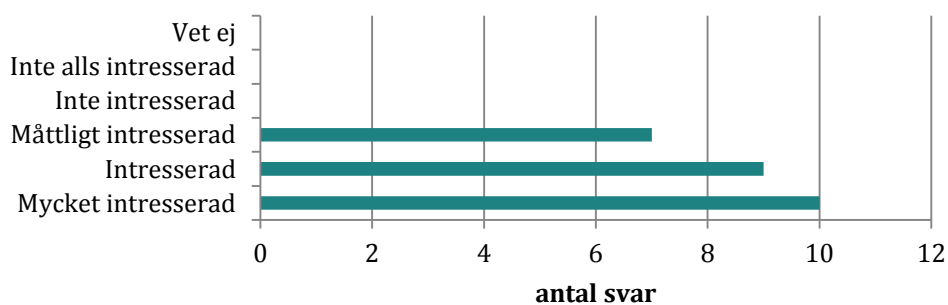
<b>Mätare</b>	<b>Tidpunkt</b>
Pumpenergi Sol	2014-10
Pumpenergi KB	2014-10
Värmemängdsmätare kb VP1	2015-02
Värmemängdsmätare kb VP2	2015-02
Värmemängdsmätare VP3	2015-02
Elmätare VP3	2015-07



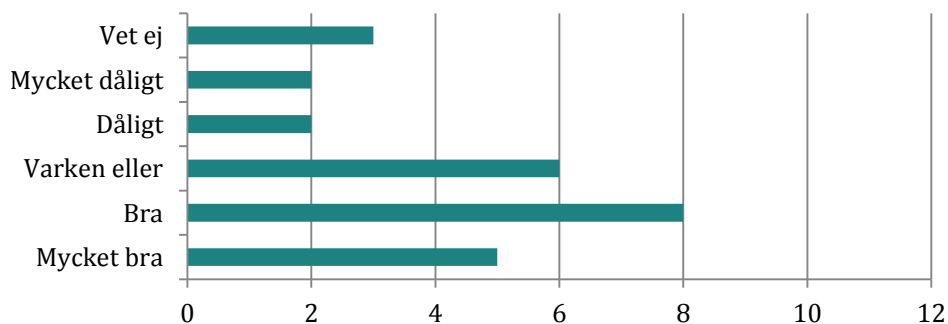
## Bilaga 3

Resultat från enkätundersökningen i bostadsrättsföreningen.

### Hur intresserad är du av föreningens arbete kring energi?

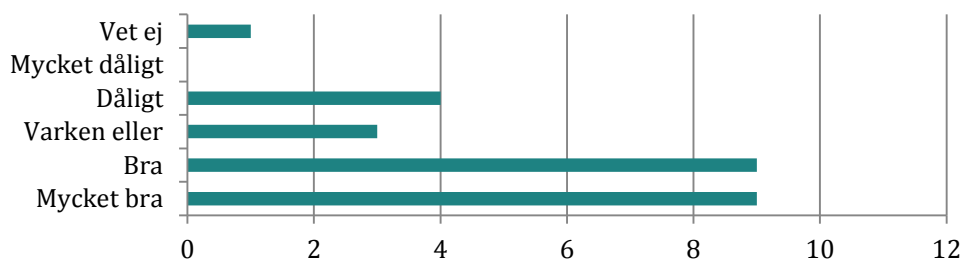


### Hur tyckte du att uppvärmningen i huset fungerade när ni hade fjärrvärme?

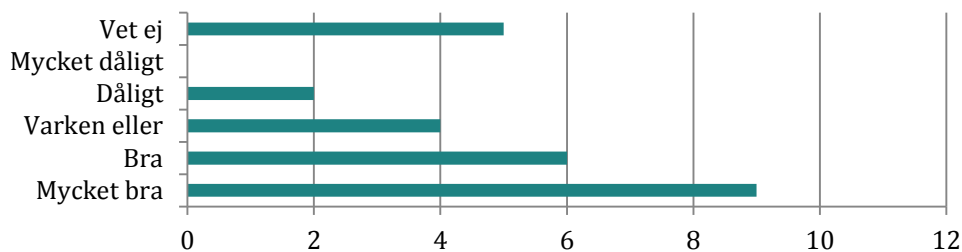




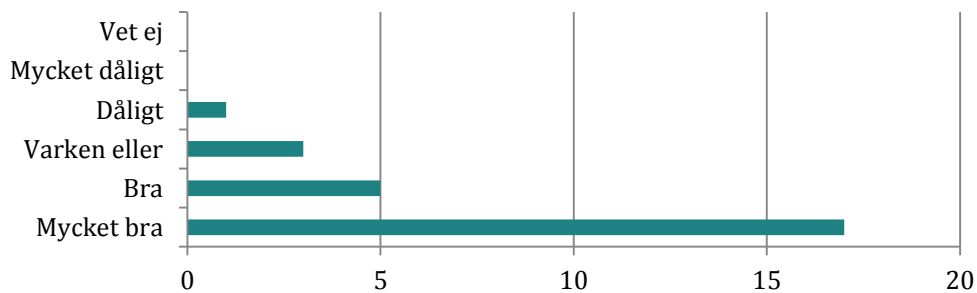
### Hur tycker du att uppvärmning i huset fungerar nu med solhybrid och bergvärme?



### Hur har kommunikationen och informationen om solhybriden och bergvärmepumpen fungerat inför bytet från fjärrvärme?



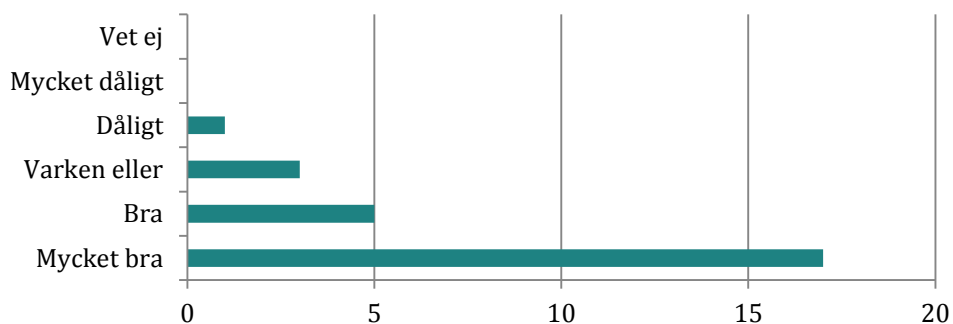
### Hur ser du på att föreningen nu äger och ansvarar för sitt eget uppvärmningsystem?



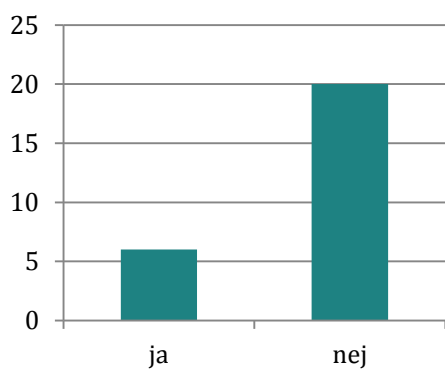




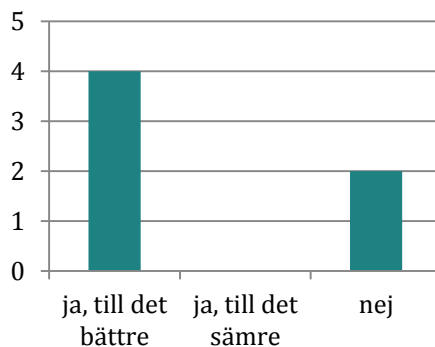
**Vad anser du om att föreningen även gör andra åtgärder kopplade till energi (så som som byte av radiatorer)?**



**Radiatorerna i min lägenhet är redan utbytta**



**Om du redan fått dina radiatorer utbytta. Upplever du någon förändring med de nya radiatorerna?**





» Runt 35 procent av all energi i Sverige används i bebyggelsen. I forskningsprogrammet E2B2 arbetar forskare och samhällsaktörer tillsammans för att ta fram kunskap och metoder för att effektivisera energianvändningen och utveckla byggandet och boendet i samhället. I den här rapporten kan du läsa om ett av projekten som ingår i programmet.

E2B2 genomförs i samverkan mellan IQ Samhällsbyggnad och Energimyndigheten åren 2013-2017. Läs mer på [www.E2B2.se](http://www.E2B2.se).

